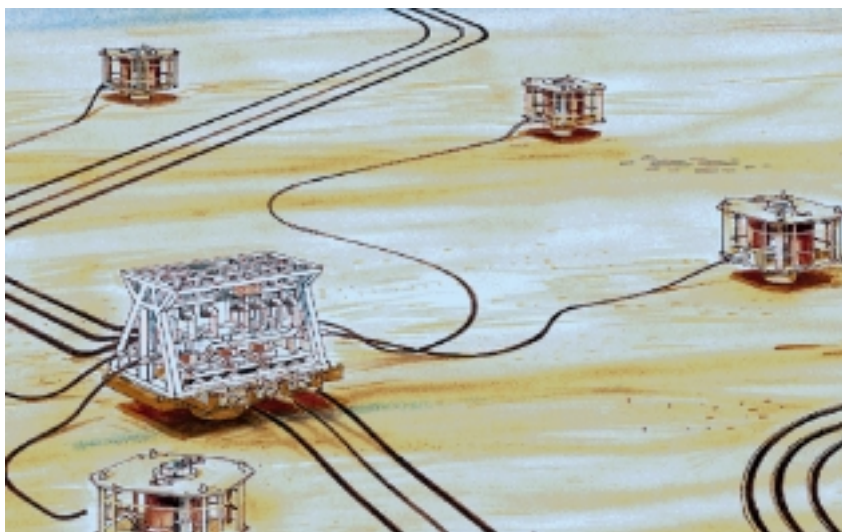


HIPPS optimiert

Druck in Unterwasser

Jacob G. Hoseth, Bernard Humphrey

Die verhältnismäßig einfach abbaubaren Unterwasser-Öllagerstätten sind größtenteils bekannt; die Erschließung künftiger Vorkommen dürfte deshalb schwieriger werden. Für Lagerstätten, bei denen ein hoher Druck die entscheidende technische Herausforderung darstellt, hat ABB das Rohrleitungs-Schutzsystem HIPPS (*High Integrity Pipeline Protection System*) entwickelt. Durch Beschränkung der hohen Drücke auf die Bohrlochzone lässt sich die vorhandene Infrastruktur weiter benutzen, und die Wanddicke der Förder- und Steigleitungen braucht nur entsprechend dem Strömungsdruck bemessen zu werden. Das modular aufgebaute und flexible Schutzsystem HIPPS hilft also, bei Unterwasser-Rohrleitungssystemen ohne Beeinträchtigung der Sicherheit die Kosten zu senken.



B Bohrlöcher für die Offshore-Ölförderung sind normalerweise über dem Meeresgrund verstreut und über Unterwasser-Rohrleitungen, den sogenannten Förderleitungen, mit einem Sammelrohrverteiler verbunden, der das geförderte Öl zu den Aufbereitungsanlagen oberhalb des Meeresspiegels leitet ¹. Die Förderleitungen zwischen dem Rohrverteiler und den Überwasseranlagen können Dutzende von Kilometern lang sein.

Solange die Bohrlöcher produzieren, ist der Druck in der Rohrleitung vom Betriebsdruck der Überwasseranlage und von den dynamischen Verlusten entlang der Rohrleitung abhängig. Wenn der Durchfluss unterbrochen wird, speist das Bohrloch solange weiter Öl in die Rohrleitung ein, bis der Druck mit dem statischen Druck in der Lagerstätte im Gleichgewicht steht. Die Rohrleitungen sind normalerweise so bemessen, dass sie diesem erhöhten Druck (dem Schließdruck, der erheblich höher ist als der Strömungsdruck) standhalten.

¹ Typische Unterwasseranlage mit Anschluss an die Aufbereitungsanlage über dem Meeresspiegel

Überdruck- Rohrleitungen

Die Überwasser-Aufbereitungsanlagen werden in der Regel nicht für den Schließdruck ausgelegt. Denjenigen Punkt entlang der Förderleitung, an dem ein niedrigerer Konstruktionsdruck zulässig ist, nennt man den Druckbemessungs-Knickpunkt. An dieser Stelle ist ein Notabschaltventil eingebaut, das – zusammen mit einem nachgeschalteten Prozessentlastungsventil – jeden auftretenden Überdruck an einen Abfackelmast ableitet. Dort wird die durch den Überdruck austretende brennbare Flüssigkeit abgefackelt.

Das erhöhte Umweltbewusstsein hat dazu geführt, dass das Abfackeln auf das Notwendigste beschränkt werden muss. Da in der Anlage die Sicherheit des Personals aus naheliegenden Gründen höchste Priorität hat, müssen alle Alternativen zum Abfackeln mindestens ebenso sicher arbeiten wie die gegenwärtige Lösung. Die bisher beliebteste Methode ist der Einbau eines Überwasser-HIPPS an der Stelle, an der die Förderleitungen von der Überwasseranlage übernommen werden, und zwar in Reihe mit dem Notabschaltventil. In einem solchen Fall enthält HIPPS ein oder mehrere schnellwirkende Absperrventile sowie eine autonome Steuerung, die die Ventile schließt, wenn der

Druckregelung in Unterwasser-Rohrleitungen mit HIPPS

Von den Gesamtkosten für die Erschließung von Unterwasser-Erdöl- und Gasvorkommen entfällt ein großer Teil auf die Rohrleitungen. Das hängt damit zusammen, dass die Förderleitungen vom Bohrloch bis zur Aufbereitungsanlage über dem Meeresspiegel gewöhnlich für den hohen Schließdruck bemessen werden, auch wenn der Druck in der Rohrleitung unter normalen Betriebsbedingungen viel niedriger ist. Der Einbau dieses «Druckpuffers» kann derartige Erschließungsprojekte sogar unrentabel machen.

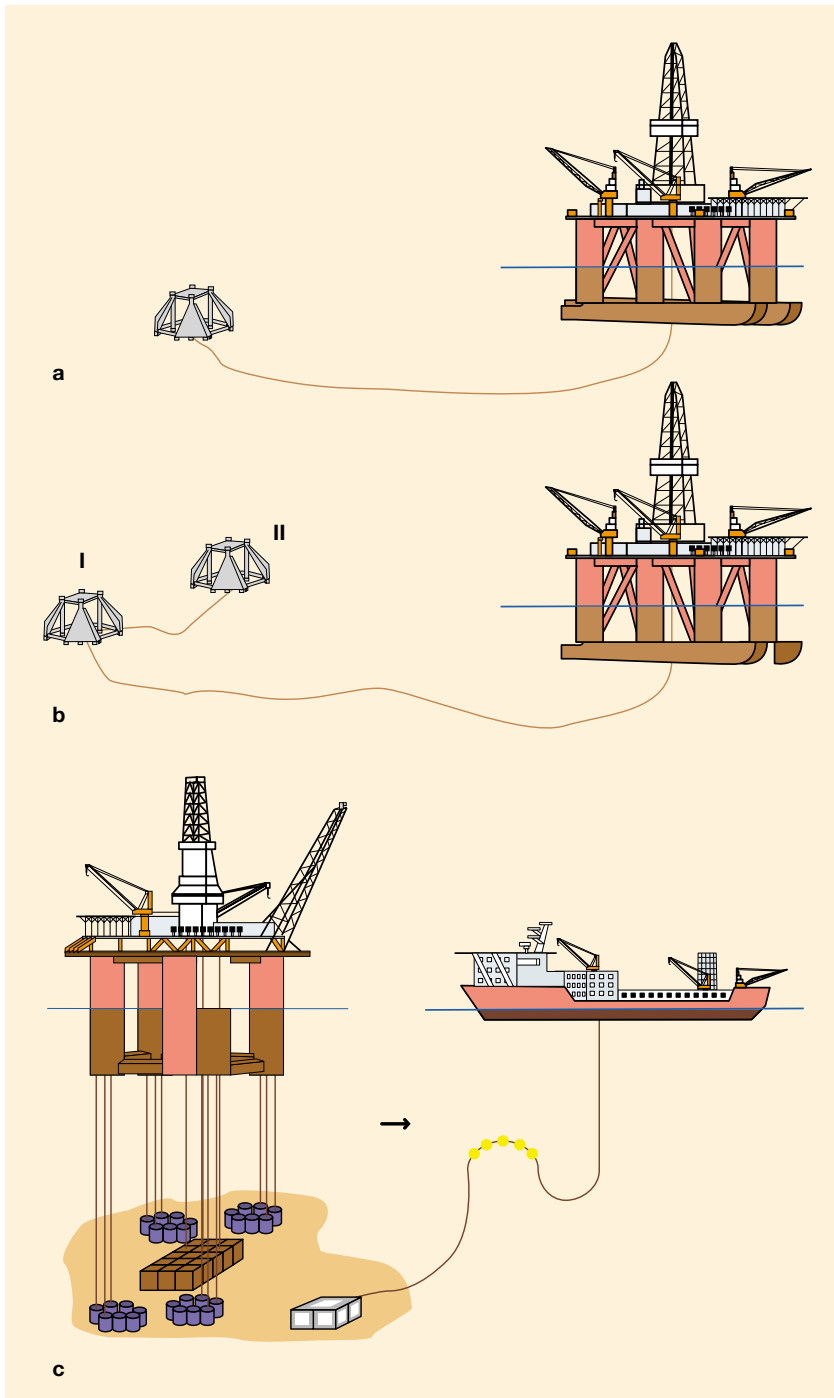
Das Rohrleitungs-Schutzsystem HIPPS (*High Integrity Pipeline Protection System*) löst dieses Problem, indem es den Rohrleitungsdruck auf einen sicheren Wert absenkt.

Das Unterwasser-HIPPS wird in der Unterwasser-Förderleitung in der Nähe des Bohrlochs montiert. Unter normalen Bedingungen fließt der Förderstrom unbehindert hindurch. Der Förderdruck wird dabei ständig überwacht und mit dem Grenzdruck verglichen. Wenn der Grenzdruck überschritten wird, löst HIPPS schnell ansprechende Absperrventile aus, die die Förderleitung schließen.

HIPPS ist modular aufgebaut und lässt sich an die unterschiedlichsten Bedingungen anpassen. HIPPS und das zugehörige Auswertungsprogramm, mit dem sich die für jede Rohrleitung erforderliche Werkstoffqualität ermitteln lässt, helfen den Betreibern, die Kosten eines Projekts bis zu 30% zu senken.

2 Unterschiedliche Szenarien für den Einsatz von Unterwasser-HIPPS

- a Hochdruck-Bohrloch mit Anbindung an eine mehr als 20 km entfernte Aufbereitungsanlage
- b Hochdruck-Bohrloch mit Anbindung an eine vorhandene Niederdruck-Förderleitung von Bohrloch
- c Eine teure Plattform mit Abspannung zum Meeresboden (TLP-Bauform) kann durch ein kostengünstigeres FPSO-Vessel mit biegsamen Steigleitungen ersetzt werden. Das Unterwasser-HIPPS schützt die biegsamen Steigleitungen vor zu hohen Drücken.



Druck über den zulässigen Grenzwert hinaus ansteigt.

Ein natürlicher nächster Schritt bei der Weiterentwicklung des Offshore-Druckschutzes ist die Verlegung des Schutzsystems HIPPS näher an das Bohrloch. In diesem Fall schützt es auch die Förder- und Steigleitungen.

Vorteile von Unterwasser-HIPPS

Als Schutz der Förder- und Steigleitungen unter dem Meeresspiegel gegen einen zu hohen Schließdruck dürfte HIPPS bei der Erschließung bestimmter Lagerstätten häufig sogar der einzig gangbare Weg sein. Wie Untersuchungen über den Einsatz von Unterwasser-HIPPS zeigen, kristallisieren sich vor allem drei verschiedene Szenarien heraus, bei denen HIPPS beträchtliche wirtschaftliche Vorteile bringt **2**:

- Anbindung marginaler Hochdruck-Lagerstätten über große Entfernungen an vorhandene Überwasseranlagen
- Anbindung marginaler Hochdruck-Lagerstätten an eine vorhandene Unterwasserinfrastruktur
- Hochdruck-Lagerstätten, bei denen ein FPSO-Vessel (Floating Production Storage and Offloading) mit biegsamen Steigleitungen von Vorteil ist

Bei einer Anbindung von *Hochdruck-Lagerstätten* über große Entfernungen entstehen wegen der großen Rohrwanddicken und Rohrleitungslängen erhebliche Kosten. Hinzu kommen die Kosten für korrosionsbeständige Legierungen, wenn die Flüssigkeiten in der Lagerstätte chemisch aggressiv sind. Bei Verwendung eines HIPPS kann die Wanddicke häufig um rund 30% vermindert werden, sodass die Einsparungen bei einer langen Rohrleitung erheblich ins Gewicht fallen. Für ein HIPPS bei chemisch aggressiven Flüssigkeiten gilt folgende Daumenregel: Kostengleichheit tritt bei einer Anbindungslänge von rund 20 km und bei Drücken über 350 bar ein (Kostengleichheit in diesem Zusammenhang bedeutet, dass die Einsparungen die Lebensdauerkosten für die Installation eines HIPPS mehr als ausgleichen). Bei einer Lagerstätte mit chemisch aggressiven Flüssigkeiten, einer Anbindungslänge von 30 km, einem Rohrdurchmesser von 300 mm und einem Druck von

700 bar ergibt sich beispielsweise bei den Verrohrungskosten durch das Unterwasser-HIPPS eine Einsparung von rund 25 Mio US- $\text{\$}$.

Beim zweiten Szenario der *Anbindung an eine vorhandene Unterwasserinfrastruktur* ist eine bereits aus der Zone hinausführende Rohrleitung für einen niedrigeren Druck bemessen, als für die Neuerschließung erforderlich wäre. Mit HIPPS kann das neue Bohrloch trotzdem über die vorhandene Rohrleitung fördern. Die Kosten sowohl für das Rohrleitungsmaterial als auch für die Verlegungsarbeit werden dabei eingespart.

Das dritte Szenario betrifft eine *Hochdruck-Lagerstätte, für die wegen der großen Wassertiefe keine feste Plattform* in Frage kommt. Hier ist ein mit Halteseilen oder Ketten verankertes FPSO-Vessel erforderlich. Letzteres ist zudem kostengünstiger als eine feste Plattform und deshalb häufig vorzuziehen. Bei rauer See gerät es jedoch in erhebliche Bewegung, sodass biegsame Steigleitungen erforderlich sind. Biegsame Steigleitungen lassen sich nur für einen bestimmten Höchstdruck herstellen. Wenn der aktuelle Druck höher ist, verbleibt dem Betreiber deshalb nur die teurere Lösung mit Verankerung durch Halteseile. Hier erweist sich der Vorteil des Unterwasser-HIPPS: Da es die biegsamen Steigleitungen gegen zu hohe Bohrlochdrücke schützt, wird die weniger teure Bauweise mit der Verankerung durch Ketten eine gangbare Alternative.

Bei allen drei Szenarien bringt HIPPS Einsparungen, die die Entscheidungen beeinflussen werden, wenn Alternativmethoden für eine rentable Förderung zur Diskussion stehen.

Arbeitsweise

Das Unterwasser-HIPPS wird in der Unterwasser-Förderleitung in Nähe des Bohrlochs montiert. Unter normalen Bedingungen fließt der Förderstrom unbehindert hindurch. Der Förderleitungsdruck wird dabei ständig überwacht und mit dem Grenzdruck verglichen. Wenn der Grenzdruck überschritten wird, löst HIPPS schnellansprechende Absperrventile aus **3**, die die Förderleitung schließen. Für die Drücke wird eine Zwei-aus-drei-Mehrheitsauswahllogik benutzt, um eine höchstmögliche Sicherheit zu gewährleisten und Fehlauslösungen möglichst zu vermeiden.

Als Ursachen für Druckerhöhungen können weiter stromabwärts auftretende Durchflussbegrenzungen oder aber eine Durchflusserhöhung irgendwo stromaufwärts vom HIPPS in Frage kommen (*Tabelle 1*).

Bei Blockierungen im stromabwärts liegenden Teil des Förderrohrs muss HIPPS sehr schnell ansprechen – besonders dann, wenn die Entfernung bis zur Blockierstelle kurz ist und der Druck schnell ansteigt. Die gegenwärtige Ausführung hat eine Ansprechzeit von annähernd 2 s, gemessen vom

geöffneten bis zum geschlossenen Zustand. Auf den Blockierstellenabstand umgerechnet, entspricht dies einer Entfernung von ungefähr 200 m, je nach der Verdichtbarkeit der Flüssigkeit. Innerhalb dieses kurzen Abstands – der sogenannten verstärkten Zone – muss die Förderleitung für den vollen Druck ausgelegt sein, damit ein sicherer Betrieb gewährleistet ist. Stromabwärts von der verstärkten Zone kann eine erheblich geringere Wanddicke vorgesehen werden.

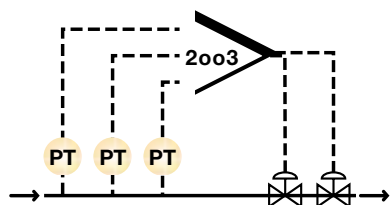
Wie alle anderen Sicherheitssysteme muss HIPPS zum Nachweis der Funktionsfähigkeit in regelmäßigen Zeitabständen getestet werden. Für nachfolgende Prüfungen sind eine Reihe von Hilfsfunktionen vorhanden, die dafür sorgen, dass die laufende Förderung möglichst wenig gestört wird.

- Die Elektronik wird mit Hilfe von Überwachungsfunktionen ständig kontrolliert.
- Die Funktionsfähigkeit des Systems lässt sich durch partielles Schließen der Ventile prüfen.
- Die Funktionsfähigkeit der einzelnen Ventile kann durch Schließen und anschließendes Prüfen der Sperrfähigkeit nachgewiesen werden.

Unterwasser-HIPPS nach Maß

Systemkonfiguration

Das ABB-Sortiment auf dem Offshore-Gebiet umfasst



3 Schematische Darstellung der Konfiguration des Gesamtsystems

PT Druckmessfühler

2oo3 Zwei-aus-drei-Mehrheitsauswahllogik und Druckvergleich mit Auslösungsgrenze

Tabelle 1:

Ereignisse, die eine unerwünschte Erhöhung des Förderleitungsdrucks verursachen und einen Eingriff des Unterwasser-HIPPS erforderlich machen können.



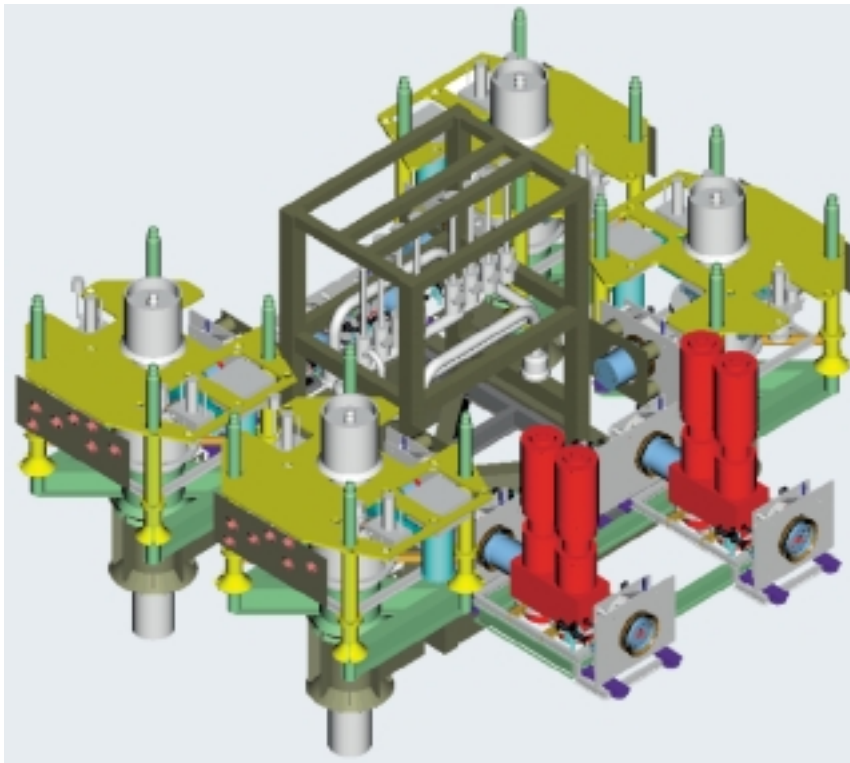
Ereignisse vor HIPPS

Ausfall der Förderdrossel
Ausfall des Sandfilters o. ä.



Ereignisse hinter HIPPS

Ventil über dem Meeresspiegel geschlossen
Förderleitung durch Hydrate o. ä. blockiert



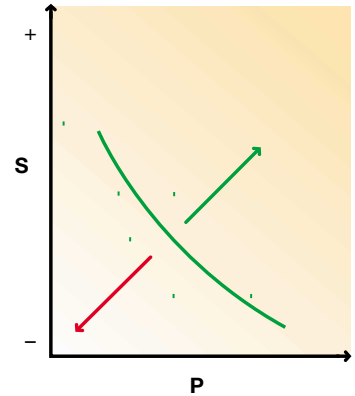
4 Unterwasser-Förderanlage mit vier Bohrlöchern und einem auf den Rohrverteilerköpfen montierten HIPPS-System

komplette Unterwasser-Förderanlagen. HIPPS ist dabei ein wichtiger Baustein in Systemen für Hochdruck-Lagerstätten. Die Erstellung von Verfahren zum Nachweis des erfolgreichen Zusammenspiels dieser Systeme mit HIPPS war deshalb ein wichtiger Teil des Entwicklungsprogramms.

Unterwassersysteme sind modular aufgebaut, damit sie das Auswechseln von Teilen mit Hilfe von speziellen Unterwasserwerkzeugen ermöglichen. Die Zusammenstellung der Module ermöglicht zahlreiche verschiedene Lagerstätten-Architekturen, während die Anzahl der Modulmodifikationen von einem Projekt zum anderen vermindert werden kann. HIPPS wurde mit dem Ziel entwickelt, in dieses Konzept hineinzupassen. Ein Beispiel für eine Realisierung ist eine Unterwasser-Förderanlage mit vier Bohrlöchern und einem auf den Rohrverteilerköpfen montierten HIPPS-System **4**. Letzteres (im Bild rot dargestellt)

ist freitragend in der Bodenkonstruktion des Sammelvertailers angebracht. Jeder HIPPS-Block mit zwei hintereinander liegenden Absperrventilen lässt sich bei Bedarf mit Hilfe spezieller Unterwasserwerkzeuge zur Reparatur bergen. Die Förderleitungen sind mit der Außenbordnabe jeden Blocks verbunden.

Zwei kritische Parameter bei Auswahl der besten Unterwasser-HIPPS-Variante sind die technische Sicherheit des Systems und die Produktionsverfügbarkeit. Die Sicherheit wird durch einen quantitativen Nachweis der kritischen Sicherheits-Nichtverfügbarkeit (CSU = Critical Safety Unavailability) ermittelt, während sich die Produktionsverfügbarkeit aus der Analyse von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Wartbarkeit (RAM = Reliability, Availability and Maintainability) ergibt. Die Architektur der Förderanlage muss hinsichtlich dieser beiden Parameter optimiert werden.



5 Verhalten von Unterwasser-HIPPS hinsichtlich Sicherheit (S) und Produktionsverfügbarkeit (P)

Grüner Pfeil Höherer Systemwirkungsgrad

Roter Pfeil Niedrigerer Systemwirkungsgrad

Damit HIPPS ebenso sicher arbeitet wie ein Prozess-Sicherheitsventil oder ebenso sicher ist wie eine Förderleitungswand für den vollen Nenndruck, muss es einen CSU-Wert in der Größenordnung von 10^{-4} Ausfällen pro Jahr haben. Um diese Eigenschaft zu dokumentieren, hat man erhebliche Anstrengungen darauf verwendet, die Zuverlässigkeit der Systemkomponenten durch Analysen und Erstellung hauseigener Dateien nachzuweisen. Das Systemverhalten wird in Bezug auf die Sicherheit und Verfügbarkeit simuliert, indem diese Daten eingegeben und die gewonnenen Ergebnisse dazu benutzt werden, die gemäß Erfahrungen von ABB beste Lösung zu empfehlen **5**. Der Streubereich zeigt Punktschätzungen unterschiedlicher Systemkonfigurationen. Die eingezeichnete Trendlinie gibt das Optimum zwischen Sicherheit und Produktionsverfügbarkeit für einen

vorgegebenen Anlagentyp an. Eine höhere Sicherheit bedeutet, dass das System mehr in Richtung Schließen optimiert ist, was zu einer höheren Anzahl von Produktionsausfällen führt. Bei der Entscheidung über die Systemkonfiguration kommt es darauf an, das richtige Gleichgewicht zwischen diesen Eigenschaften zu finden. Eine Verschiebung des Verhaltens in Richtung des grünen Pfeils bringt einen höheren Wirkungsgrad des Systems, während eine Verschiebung in Richtung des roten Pfeils das Gegenteil bedeutet.

Absperrventile

Die Absperrventile haben die Aufgabe, den Zufluss zur Förderleitung zu sperren, wenn das Überwachungssystem einen zu hohen Druck meldet. Da der Förderstrom normalerweise aus verschiedenen Bohrlöchern stammt und sich in einem Sammelrohrverteiler vereinigt, bevor er in die Förderleitung eintritt, können die Ventile auf dem Verteilerkopf oder in den Abzweigungen der einzelnen Bohrlöcher angebracht sein.

Die HIPPS-Ventile sind in der bewährten und betriebssicheren Absperrschieber-Bauweise mit passiver Schließung konstruiert. Sämtliche Abdichtungen arbeiten nach dem Metall/Metall-Prinzip mit Unterstützung durch spezielle Schaftdichtungen und Elastomeren zwischen Sitz und Absperrorgan. Dies ist der heutige Stand der Dichtungstechnik für Unterwasserventile; er gewährleistet eine hohe Funktionsfähigkeit während einer langen Lebensdauer.

Bei normaler Förderung wird das Ventil durch den über die Regeleinrichtung erzeugten hydraulischen Druck in geöffnetem Zustand gehalten. Ein zu hoher Druck wird über den Verstellkolben ausgeglichen, und der Prozessdruck schließt das Ventil durch direkte Einwirkung auf den Schaft. Diese Verstellmethode sorgt dafür, dass im Regelkreis nur eine Mindestzahl von Komponenten vorkommt, was die Sicherheit erhöht. Die Stellglieder verfügen zudem über große Öffnungen, sodass sie schnell ansprechen.

Als mit dem HIPPS-Projekt begonnen wurde, waren Absperrschieber für hohe Drücke, beispiels-

weise 1035 bar, nur für Bohrungsdurchmesser bis 180 mm verfügbar. Dieser Durchmesser eignet sich für den Durchfluss aus einem oder zwei Bohrlöchern, ist aber für die Produktion aus mehreren Bohrlöchern zu klein. In einer Sicherheitsstudie wurde deshalb untersucht, ob die Absperrventile direkt den Bohrlochzweigen zugeordnet werden können. Es gab einige Fälle, bei denen es erforderlich ist, Ventile (also solche mit großer Bohrung) auf dem Rohrverteilerkopf anzubringen. Um zu ermitteln, welche Ventilgröße hierfür gebraucht wird, hat man in einer Marktuntersuchung die zu erwartende Entwicklung auf dem Gebiet der Hochdruck-Lagerstätten zu erfassen versucht. Wie die Untersuchung ergab, würde ein Ventil mit einer 250-mm-Bohrung in den

meisten Betriebsfällen genügen. Da man sich innerhalb der praktischen Begrenzungen der heutigen Absperrschiebertechnik befand, entschloss man sich, dieses Ventil zu konstruieren und Eignungsprüfungen zu unterwerfen **6**.

Die Schließdrücke werden im Laufe der Zeit wahrscheinlich sinken – bis zu einem Punkt, wo ein HIPPS-Schutz für den sicheren Betrieb der Förderleitung nicht mehr erforderlich ist. Es muss deshalb möglich sein, die Systemfunktionen ohne Beeinträchtigung der Betriebssicherheit unwirksam zu machen. Der Ventiltrieb ist zu diesem Zweck an seinem Ende mit einem Spezialdorn versehen. Wenn die HIPPS-Ventile nicht mehr benötigt werden, kann man in diesen Spezialdorn mit Hilfe eines fernge-



6 In ein Prototypventil (250 mm, 1035 bar) eingesteckter Absperrschieber

steuerten Fahrzeugs eine Entriegelungsvorrichtung einsetzen.

Die Eignungsprüfung dieses neuen Absperrventils wurde inzwischen abgeschlossen. Unterwasser-HIPPS lassen sich damit durch Aufteilung der Sperrfähigkeit zwischen den einzelnen Bohrlöchern und den Rohrverteilerköpfen optimieren.

Wahl der Regeleinrichtung

In den meisten Fällen ist die HIPPS-Regeleinrichtung als zusätzliche Funktion in einem der Module für die Unterwasser-Förderregelung untergebracht. Die für HIPPS verwendete Regelungstechnik wird durch das Förderregelungssystem bestimmt, und hier wird gegenwärtig in den meisten Fällen die elektrohydraulische Technik benutzt. Auf Grund seiner Flexibilität könnte HIPPS jedoch auch zusammen mit elektrisch betätigten Ventilen verwendet werden, wie sie in modernen Aufbereitungsanlagen häufig vorkommen, wenn auch bisher noch nicht im Unterwasserbetrieb.

Unterwasser-Förderregelungssysteme sind nach dem Prinzip *„fail as is“* ausgelegt. Bei Störungen der Stromversorgung oder der Kommunikation im Allgemeinen lässt sich so die Produktion so lange aufrecht erhalten, wie ein vorübergehender Verlust der Regelfähigkeit nicht die Sicherheit beeinträchtigt. Ein solcher Lösungsansatz eignet sich jedoch nicht für HIPPS. Das Regelungssystem muss so konfiguriert sein, dass die Absperrventile bei einer Störung der Sicherheitsfunktion schließen. Es muss, mit anderen Worten, das *„Fail-safe-Prinzip“* gelten.

Bestimmte Störungen bei nicht sicherheitskritischen Teilen des Systems brauchen kein Schließen der Absperrventile auszulösen. Beispielsweise kann ein vorübergehender Verlust der Kommunikation, kürzer als eine vorgegebene Grenzdauer, zulässig sein, da die Rohrleitung ja weiterhin vom Unterwasserteil des Systems geschützt wird. Aus diesem Grund sollten Druckfühler, Entscheidungsschaltungen (Vergleich, Mehrheitsauswahl usw.) und Ventilsteuerungen in Nähe des Absperrventils angebracht sein, um eine hohe Sicherheitsverfügbarkeit zu erzielen. Auf diese Weise können

nämlich komplexe Kommunikationssysteme und Unterwasser-Versorgungseinrichtungen im sicherheitskritischen Herzteil des Systems entfallen.

Die Unterwasser-HIPPS-Regelung enthält folgende Elemente:

- Druckmessfühler zur Umwandlung des Rohrleitungsdrucks in elektrische Signale
- Schwellenvergleichs- und Mehrheitsauswahllogik, die anspricht, wenn eine bestimmte Anzahl der Druckmessfühler ein Überschreiten der vorgegebenen Grenze meldet
- Von der Mehrheitsauswahllogik ausgelöste Festkörper-Schaltglieder für die magnetisch betätigten Steuerventile
- Magnetventile zur Steuerung der Absperrventile, die in vollelektrischen Systemen durch Leistungsschalter ersetzt werden
- Nicht sicherheitskritische Funktionen für die Überwachung, Prüfung, Kommunikation und Stromversorgung

Druckmessfühler

Die Drucksignale werden durch bewährte Druckmessfühler nach dem Prinzip des Dehnungsmessstreifens erzeugt. Gründliche Untersuchungen, unterstützt durch ausführliche praktische Versuche, beweisen die hohe Zuverlässigkeit dieser Messanordnung. Spülmembrane ersetzen die kleinen Öffnungen, wie man sie auf einigen kleinen Messfühlern findet. Auf diese Weise werden Verstopfungen durch Hydrate, Wachs und Sand verhindert.

Hardware für Schwellenvergleich und Mehrheitsauswahl

Die Signale der Druckmessfühler werden vom SCCB (Safety Critical Control Board) verarbeitet. Diese Einheit vergleicht jedes Drucksignal mit einem vorgegebenen Wert. Wenn genügend viele Eingangssignale den vorgegebenen Grenzwert überschreiten, schaltet sie den Strom zu den Magnetspulen der Absperrventile ab.

Nach dem Vergleich verschiedener Möglichkeiten für die Mehrheitsauswahl wurden der Zwei-aus-drei-(2oo3)- und der Drei-aus-fünf-(3oo5)-

Bereich näher in Betracht gezogen. Mit einem mittleren Ausfallabstand (MTBF) in der Höhe von etwa 50 Jahren gelten die Druckmessfühler als die am wenigsten zuverlässigen Teile des Mehrheitsauswahlsystems. Ein 2oo3-Mehrheitsauswahlsystem kann einen Fehler bewältigen, und dieser tritt wahrscheinlich in 16,7 Jahren ein. Ein 3oo5-System kann zwei Fehler bewältigen, wobei der erste wahrscheinlich nach 10 und der zweite nach 20 Jahren eintritt. Der Übergang von 2oo3 auf 3oo5 bringt eine Verbesserung des MTBF um 3,3 Jahre für das System. Da diese geringfügige Verbesserung vermutlich durch die erhöhte Komplexität des Mehrheitsauswahlgeräts und die dadurch verminderte Zuverlässigkeit wettgemacht wird, wurde die Einheit für eine 2oo3-Mehrheitsauswahl konstruiert.

Eine sorgfältige Konstruktion trug dazu bei, dass nur eine Mindestanzahl von Teilen erforderlich ist. Die geringe Anzahl von Komponenten und die Tatsache, dass nur bewährte Teile Verwendung finden, gewährleisten die höchstmögliche Zuverlässigkeit. Alle SCCB-Funktionen werden dauernd überwacht. Die Überwachungskreise sind so konstruiert worden, dass Störungen im übrigen System keine falsche Betätigung des SCCB verursachen können. Die Mehrheitsauswahllogik verriegelt sich nach einem Auslöseereignis. Ehe die Absperrventile wieder geöffnet werden können, ist zur Rückstellung des Systems ein externes Signal von der Überwasseranlage erforderlich. Eine Benutzung der Rückstellung mit dem Ziel, ein korrektes Arbeiten des SCCB zu verhindern, ist ausgeschlossen.

Sicherheitskritisches Steuerventil

Das sicherheitskritische Steuerventil ist ein magnetisch betätigtes, mit Federkraft zurückfallendes hydraulisches Ventil. Wenn die Magnetspule erregt ist, schickt das hydraulische Ventil Flüssigkeit an den Stellantrieb des Absperrventils, sodass die Rohrleitung geöffnet wird; bei Ausfall des Spulenstroms schließt das Absperrventils. Wegen des großen Volumens ist eine schnelle Betätigung des



7 High Integrity Pipeline Protection System (HIPPS) während der Prüfung im Labor

Stellantriebs für das 250-mm-Absperrventil wesentlich. Aus diesem Grund wird ein Steuerventil mit 38-mm-Öffnungen verwendet.

Nichtsicherheitskritische Funktionen

Das SCCB passt in einen der Kartenschlitze eines standardmäßigen Unterwasser-Elektronikmoduls, das für einen Umgebungsdruck von 1 at sorgt und die erforderlichen Stromversorgungs-, Überwachungs- und Übertragungseinrichtungen enthält. Es handelt sich hierbei um nichtsicherheitskritische Eigenfunktionen, die für den Betrieb des HIPPS erforderlich sind. Ein Fehler in dieser Zone kann sich nicht so auswirken, dass das HIPPS gestört wird oder unsicher arbeitet.

Das System hat folgende nichtsicherheitskritischen Aufgaben:

- Regelung der Entlüftung und der Methanol-Einspritzventile an den Absperrventilen
- Dauerüberwachung der sicherheitskritischen Funktionen
- Periodische Prüfrouninen, wie Prüfung der Teilschließung und der Sperrschichtfunktion einschließlich Ergebnisprotokoll

- Erstellung eines Rückstellsignals für die sicherheitskritische Logik nach einem HIPPS-Auslöseereignis

Produktionsdrosseln

Auch wenn Drosseln normalerweise nicht zum HIPPS-System gehören, sind bei einer Hochdruckerschließung zuverlässige, hochleistungsfähige Drosselventile erforderlich. Aufgaben wie das Starten und Stillsetzen des Durchflusses aus den Bohrlöchern müssen von der Unterwasserdrossel ausgeführt werden, wenn die Förderleitung den Schließdruck nicht aufnehmen kann. Gegenüber der gegenwärtigen Praxis, bei der Unterwasserdrosseln bei niedrigeren Drücken betätigt und nur gelegentlich justiert werden, stellt HIPPS erheblich höhere Anforderungen an die Drosseln. Man entschloss sich deshalb dazu, im Entwicklungsprogramm eine neue Drosselkonstruktion vorzusehen.

Die neue Produktionsdrossel ist eine wieder auffindbare Unterwasser-Einsteckkonstruktion, die eine spezielle Trimmeinrichtung mit zweifachem Druckablass enthält. Um zu gewährleisten, dass die Drossel den hohen Druck aufnehmen kann und die große Anzahl von Schaltvorgängen bewältigt, hat

man überall Metall/Metall-Dichtungen vorgesehen. Außerdem hat die neue Schaftdichtung ein «elastomer back up» ähnlich wie ein Absperrschieber, sodass während der gesamten Lebensdauer eine hohe Zuverlässigkeit gewährleistet ist. Der Nenn-Druck ist der gleiche wie für die Absperrventile, nämlich 1035 bar, während die Wärmebeständigkeit bei 200 °C liegt.

Die Verwendung der Drossel zusammen mit HIPPS bietet den Vorteil, dass sie den Druck-erhöhungen im System aktiv entgegenwirken kann. Jede Hochdrucksituation, die durch Betätigung der Drossel vermieden wird, braucht nicht mehr vom HIPPS bewältigt zu werden. Die Drossel hat deshalb vorzugsweise einen motorisch betätigten Hochgeschwindigkeits-Stellantrieb anstelle des üblichen Stufenantriebs. Für diesen Stellantrieb können sowohl Hydraulik- als auch Elektromotoren niedriger Leistung verwendet werden.

Ausblick

Unterwasser-HIPPS gewinnen in der hochkonservativen Ölindustrie allmählich an Akzeptanz. Die Ausrüstung hat sich inzwischen als tauglich erwiesen, und es dürfte nur noch eine Frage der Zeit sein, bis für die Implementierung von Unterwasser-HIPPS geeignete Lagerstätten gefunden werden.

Adressen der Autoren

Jacob G. Hoseth

ABB Corporate Research
NO-1375 Billingstad, Norwegen
jacob.hoseth@no.abb.com
Telefax: +47 66 84 35 41

Bernard Humphrey

ABB Vetco Gray UK Ltd
Broadfold Road, Bridge of Don
Aberdeen, AB23 8EY
Großbritannien
bernard.humphrey@gb.abb.com
Telefax: +44 1224 852427