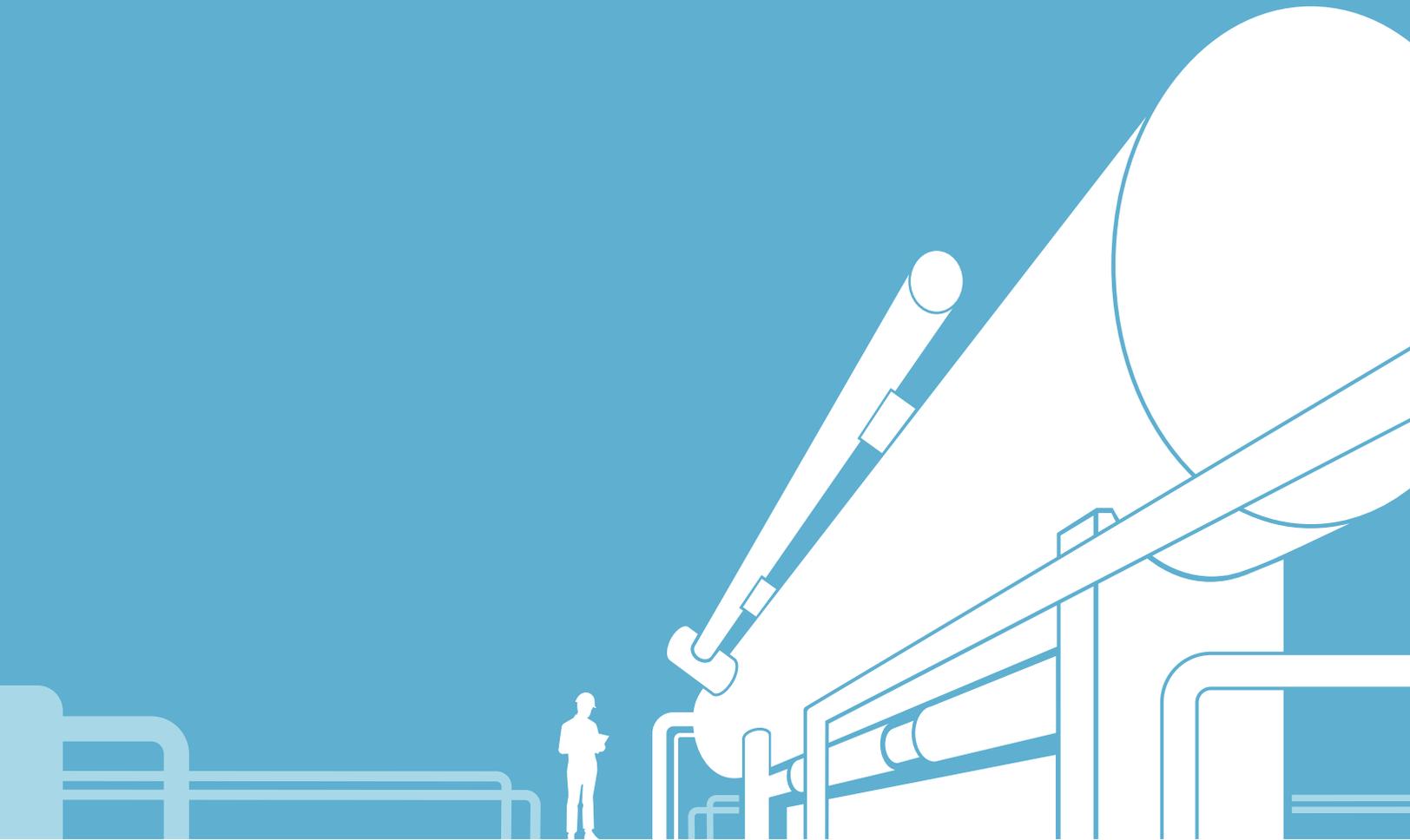


TRENNSCHICHTMESSUNG IN DER PRAXIS

Prozessoptimierung und höhere Verfügbarkeit
durch eine verlässliche Trennschichtmessung



Ein Whitepaper aus der Magnetrol®-Serie Level Matters



TRENNSCHICHTMESSUNG IN DER PRAXIS

Prozessoptimierung und höhere Verfügbarkeit durch eine verlässliche Trennschichtmessung

Ziel

Trennschicht- oder Mehrphasen-Füllstandmessungen kommen überall in Öl-, Gas- und petrochemischen Anlagen vor. Während jedoch die Techniken zur effektiven Füllstandmessung von Flüssigkeiten und Feststoffen eine lange, erfolgreiche Entwicklung genommen haben, stellt die Mehrphasen-Füllstandmessung weiterhin die größte Herausforderung und Chance dar, für die es aktuell noch keine perfekte Technologie gibt.

Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass durch zuverlässige, branchenweit führende Füllstandstechnik in vielen Abscheideranwendungen dennoch der Prozess optimiert und die Verfügbarkeit erhöht werden kann.

Dieses Dokument gibt einen Überblick über die Herausforderungen der Trennschichtmessung, die aktuell für die Messung von Trennschichten verwendeten Techniken, die praktischen Erfahrungen, die bei der Prozessoptimierung und Erhöhung der Verfügbarkeit bei verschiedenen Anwendungen gemacht wurden, und die Zukunft der zuverlässigen Trennschichtmessung.



Abbildung 1: Verschiedene Arten vorgeschalteter Abscheider

Überblick

Dieses Whitepaper geht auf folgende Themen ein:

- Herausforderungen der Trennschichtmessung (Emulsion)
- Aktuell zur Trennschichtmessung eingesetzte Füllstandstechnologien
- Praktische Erfahrungen bei der Prozessoptimierung und Erhöhung der Verfügbarkeit
- Die Zukunft der zuverlässigen Trennschichtmessung

Herausforderungen der Trennschichtmessung (Emulsion)

In der Öl-, Gas- und petrochemischen Industrie ist die Trennschichtmessung immer dann erforderlich, wenn sich nicht mischbare Flüssigkeiten im selben Behälter befinden. Das leichtere Medium steigt nach oben und das schwerere sammelt sich am Boden. Bei der Ölförderung wird beispielsweise Wasser oder Dampf eingesetzt, um das Öl aus einem Bohrloch zu fördern. Die geförderten Flüssigkeiten werden dann Produktionsabscheidern zugeführt, wo sich ihre primären Bestandteile absetzen – Kohlenwasserstoff über Wasser mit entsprechender Trennschicht.

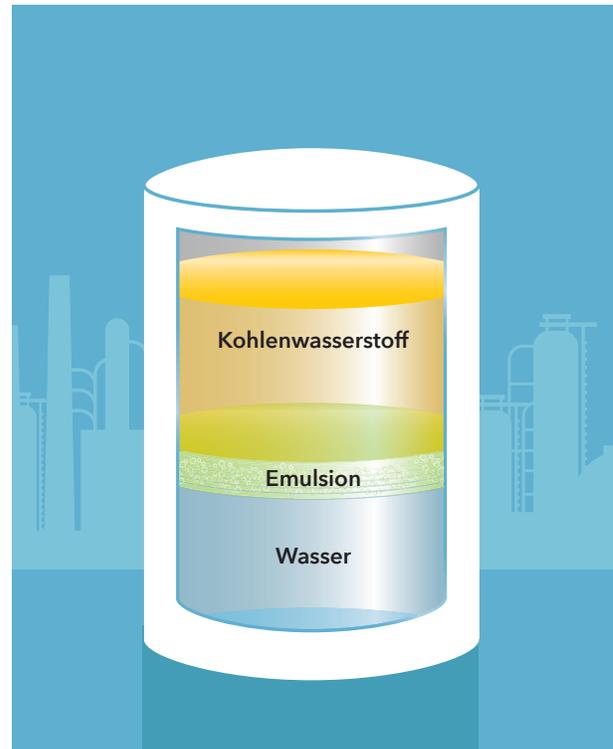


Abbildung 2: Mehrphasige Füllstände enthalten oft eine obere Schicht aus Kohlenwasserstoff, eine Emulsion in der Mitte und Wasser am Boden.

Obwohl sich Trennschichten auch zwischen Flüssigkeiten und Feststoffen, Flüssigkeit und Schaum sowie Flüssigkeit und Gas bilden können, liegt das Hauptaugenmerk hier auf Trennschichten, die zwischen zwei Flüssigkeiten entstehen (häufig mit einem Dampfraum über der oberen/leichteren Flüssigkeit). Nicht mischbare Flüssigkeiten treffen entlang einer Trennschicht aufeinander, an der sie bis zu einem gewissen Grad emulgieren. Diese Emulsionsschicht kann sich als schmale, ausgeprägte Grenzsicht ausformen, häufiger weist sie jedoch einen breiteren Verlauf der gemischten Flüssigkeiten auf. Generell gilt: je dicker die Emulsionsschicht, desto herausfordernder die Messung.

Während die Überwachung des oberen oder Gesamtfüllstands für die Sicherheit und die Überfüllsicherung von entscheidender Bedeutung ist, muss der Füllstand einer Trennschicht bekannt sein, um Produktqualität und Betriebseffizienz beizubehalten. Wenn sich Wasser in Öl befindet, das nicht effektiv abgeschieden wird, kann dies zu Verarbeitungsproblemen, Anlagenausfällen und außerplanmäßigen Abschaltungen führen. Wenn sich Öl in Wasser befindet, kann es zu Produktionsverlusten, Umweltstrafzahlungen, Sanktionen und Zwangsabschaltungen kommen.

Von allen verfügbaren Füllstandgrenzschildern und -messumformern eignen sich nur eine Handvoll für eine zuverlässige Trennschichtmessung. Zu den führenden Technologien der Trennschichtmessung zählen Guided Wave Radar (GWR), auftriebsbasierte Verdränger und Magnetostraktion, RF-Kapazität, Kern-/Gammastrahlung und thermischer Massedurchfluss. Idealerweise unterscheidet sich die für die Trennschichtanwendungen eingesetzte Technologie nicht von der anderer bereits in der Anlage installierter Füllstandmessgeräte, damit die Anwender bereits mit ihr vertraut sind. Durch eine Standardisierung der verwendeten Technologie sinken neben dem Aufwand für Ausbildung, Montage, Inbetriebnahme und Wartung auch die Ausfallzeiten. Diese sind natürlich alle mit entsprechenden Kosten verbunden.

Aktuell zur Trennschichtmessung eingesetzte Füllstandtechnologien

Für Trennschichtanwendungen gibt es keine perfekte, überall einsetzbare Technologie. Neben der Zuverlässigkeit und den Kosten spielt die Vertrautheit der Anwender mit der Technologie häufig eine zentrale Rolle, wenn eine Lösung zur Füllstandmessung gesucht wird. Dies gilt besonders für etablierte Technologien wie Differenzdruck (DP) und Produkte auf Verdrängerbasis.

Wie aus dem „Market Intelligence Report“ des Magazins *Control* vom März 2017¹ hervorgeht, ist DP immer noch die am häufigsten verwendete Technologie für die Füllstandmessung. In dem Bericht gaben 40 % der Messtechnikanwender/Befragten an, dass sie DP in mindestens einem Drittel ihrer Anwendungen bevorzugen und verwenden (in Prozent bezogen auf alle Instrumente). DP ist jedoch keine bevorzugte Technologie für die Trennschichtmessung. Sie erfordert neben einer umfangreichen Kalibrierung, dass Dichte und Gesamtfüllstand als konstant angenommen werden.

Die Nutzung dieser Technologie führt in der Regel zu einer abgeleiteten Trennschichtmessung nahe der Mitte der Emulsionsschicht im Gegensatz zur Messung von Gesamtfüllstand und Trennschicht. Veränderungen in der Dicke der Emulsionsschicht beeinflussen die Dichte und können daher zu erheblichen Ungenauigkeiten führen.

Von allen verfügbaren Füllstandgrenzschildern und -messumformern eignen sich nur eine Handvoll für eine zuverlässige Trennschichtmessung.

Gemäß dem bereits erwähnten Bericht des Magazins *Control* ist GWR die am zweithäufigsten verwendete Technologie (in Prozent bezogen auf alle Instrumente und Anwendungen). Mehr als 25 % aller Befragten bevorzugen GWR in ungefähr einem Drittel ihrer Anwendungen.

Da GWR sowohl für den Gesamtfüllstand (potentielle Überfüllsicherung) als auch für Trennschichtanwendungen verwendet werden kann, sind Anwender deutlich besser mit der Technologie vertraut. Damit ist die ordnungsgemäße Anwendung der Technologie gewährleistet, während gleichzeitig der Zeitaufwand für Ausbildung und Inbetriebnahme reduziert wird. Die Trennschichtmessung mittels GWR hat zwar auch Einschränkungen, diese werden jedoch häufig durch Demulgatoren oder eine Erhöhung der Prozesstemperatur zur Unterstützung der Trennung schwererer Öle abgeschwächt.

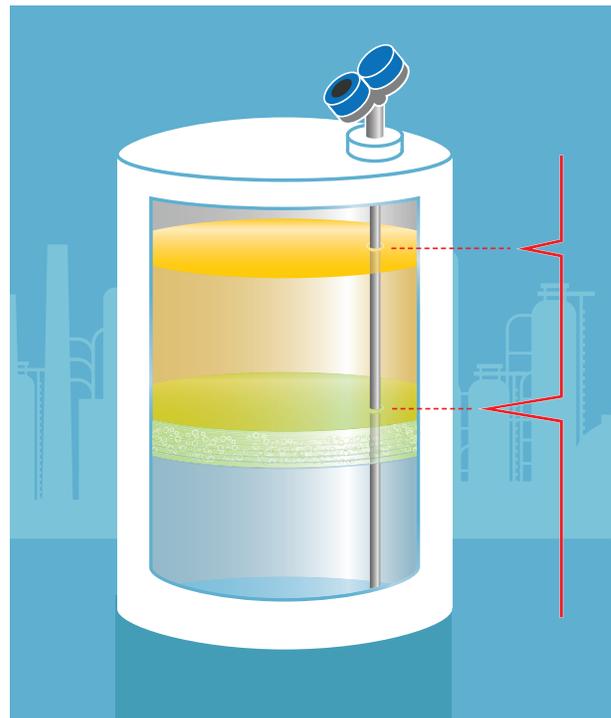


Abbildung 3: GWR mit Signalreflexionen entlang der Sonde

Die magnetostruktive Technologie wird ebenfalls zur Trennschichtmessung eingesetzt. Sie basiert auf dem Auftriebsprinzip, daher ergeben sich Dichte-bedingte Nachteile, besonders bei Anwendungen mit großen oder sich ausdehnenden Emulsionsschichten weist sie aber auch Vorteile auf. Aufgrund beweglicher Teile muss die Ablagerung von Feststoffen, wie die Anhaftung von Paraffin oder Asphaltene, berücksichtigt werden.

Schweröle können erhebliche Ungenauigkeiten verursachen, wenn sie Beläge auf Sonden bilden oder sich auf Schwimmern ablagern, was zudem zu kürzeren Wartungsintervallen führen kann.

Andere Trennschichttechnologien, wie Verdränger (mechanisch) und RF-Kapazität werden nur von 12,6 % bzw. 8,2 % der Befragten in einem Drittel ihrer Anwendungen bevorzugt.

Schweröle können erhebliche Ungenauigkeiten verursachen, wenn sie Beläge auf Sonden bilden oder sich auf Schwimmern ablagern, was zudem zu kürzeren Wartungsintervallen führen kann. Dennoch werden diese Technologien besonders im Öl- und Gassektor gerne genutzt.

Tabelle 1 auf der nächsten Seite zeigt zusammenfassend eine komprimierte Ansicht der wichtigsten Technologien, die in der Trennschichtmessung Verwendung finden, und deren Stärken und Schwächen.

Eine Abbildung zeigt zudem, wie wichtig es bei Überlegungen hinsichtlich der Technologie ist, Dichte oder API-Grad zu berücksichtigen. Schwere Rohöle mit hoher Dichte (niedrigem API-Grad) beeinflussen die Emulsionsschicht und können unter Umständen zu einem erhöhten Wartungsaufwand führen.

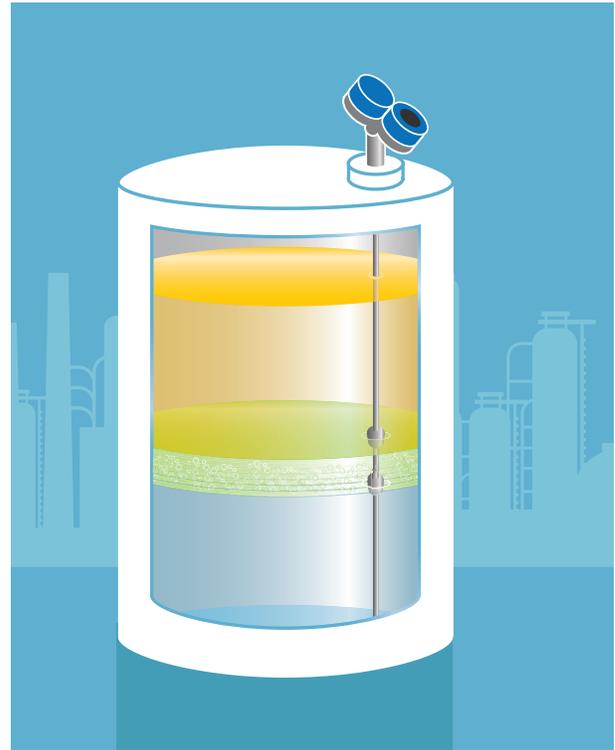


Abbildung 4: Magnetostruktiver Direktbau-Messumformer zur Messung der Emulsionsschicht

Vergleich der Trennschichtfüllstand-Technologien *Tabelle 1*

Technologie	Messung	Stärken	Einschränkungen
Geführtes Radar	<ul style="list-style-type: none"> -Erfasst den oberen Füllstand und den Bereich der Oberseite der Emulsionsschicht -Oberer Füllstand mit niedrigem Epsilonwert und unterer Füllstand mit hohem Epsilonwert -Direkte Füllstandmessung, selbst bei niedrigem Epsilonwert, gegenüber abgeleiteten Füllstand (einige GWR- und andere Techniken) 	<ul style="list-style-type: none"> -Kein Abgleich erforderlich -Unabhängig von der Dichte -Ablagerungserkennung und Diagnose -Weniger Wartung (keine beweglichen Teile) -Überfüllsicherung (Gesamtfüllstandmessung) -Über alle Anwendungen hinweg geläufig 	<ul style="list-style-type: none"> -Dicke Emulsionsschichten und Energieverlust vor dem Boden -Leistungsschwankungen je nach Hersteller, wie bei abgeleiteten Füllständen und Analyse des Sondenendes -Gefahr der Verstopfung von Koaxialsonden
Verdränger	<ul style="list-style-type: none"> -Erfasst nahe der Mitte oder des Durchschnitts der Emulsionsschicht -Auftriebskräfte ändern sich mit dem Flüssigkeitstyp -Kann Trennschichten messen, deren obere Flüssigkeit einen höheren Epsilonwert aufweist 	<ul style="list-style-type: none"> -Über alle Anwendungen hinweg schon lange geläufig -Schalter und Messumformer 	<ul style="list-style-type: none"> -Bewegliche Teile, die Wartung erfordern -Dichte-abhängig -Nur Trennschichtfüllstand oder Gesamtfüllstand und Bereich sind festgelegt
Magnetostriktive Messumformer	<ul style="list-style-type: none"> -Auftriebsbasierte Schwimmer, beschwert für unterschiedliche Füllstände, einschließlich Gesamtfüllstand und Unterseite der Emulsion -Kann Trennschichten messen, deren obere Flüssigkeit einen höheren Epsilonwert aufweist 	<ul style="list-style-type: none"> -Mehrfachschwimmer (Dichte)-Konfigurationen für Gesamtfüllstand und Emulsionsschicht -Dicke oder zunehmende/sich ausdehnende Emulsionsschichten -In der Regel kein Abgleich erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> -Bewegliche Teile, die Wartung erfordern, besonders aufgrund von Ablagerungen -Dichte-abhängig -Durch Schwimmerabmessungen Mindestabstand erforderlich
Kapazität	<ul style="list-style-type: none"> -Misst nahe der Unterseite der Emulsionsschicht -Kapazitätsveränderungen zwischen niedrigem/hohem Epsilonwert 	<ul style="list-style-type: none"> -Vertrautheit mit Trennschichtmessung -Weniger Wartung ohne bewegliche Teile -Schalter und Messumformer -Kostengünstig 	<ul style="list-style-type: none"> -Abgleich erforderlich -Dichte/Dielektrikum/Viskositätsleistungsschwankung -Geringer Einsatz bei anderen Anwendungen -Ablagerung auf Sonde/Belagbildung
Nuklear (Gamma/Radiometrisch)	<ul style="list-style-type: none"> -Schwankungen der Kernstrahlung durch unterschiedliche Dichten -Emulsionsprofile 	<ul style="list-style-type: none"> -Abgeleitete Profile der Emulsionsschicht -Einige Typen sind berührungslos zum Prozess -Kann Sand und Schaum profilieren für Kontaktgeräte 	<ul style="list-style-type: none"> -Hohe Anfangskosten mit zusätzlichen Richtlinien, Wartung und Kosten für Sicherheit -Ablagerungen an den Wänden und Schwankungen der Dichte können Fehler verursachen -Berührungslos nur bei Behältern mit kleinerem Durchmesser
Thermischer Massedurchflussmesser	<ul style="list-style-type: none"> -Schaltpunkt abhängig von Kalibrierung -Unterschied der Wärmeleitfähigkeit zwischen Flüssigkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> -Wirtschaftlich -Weniger Wartung ohne bewegliche Teile oder Verstopfung -Schaumerkennung möglich -Analogausgang Emulsionserfassung 	<ul style="list-style-type: none"> -Nur Schalter -Abgleich erforderlich -Geringere Vertrautheit

Messumformervergleich nach Dichte/API des Öls *Abbildung 5*

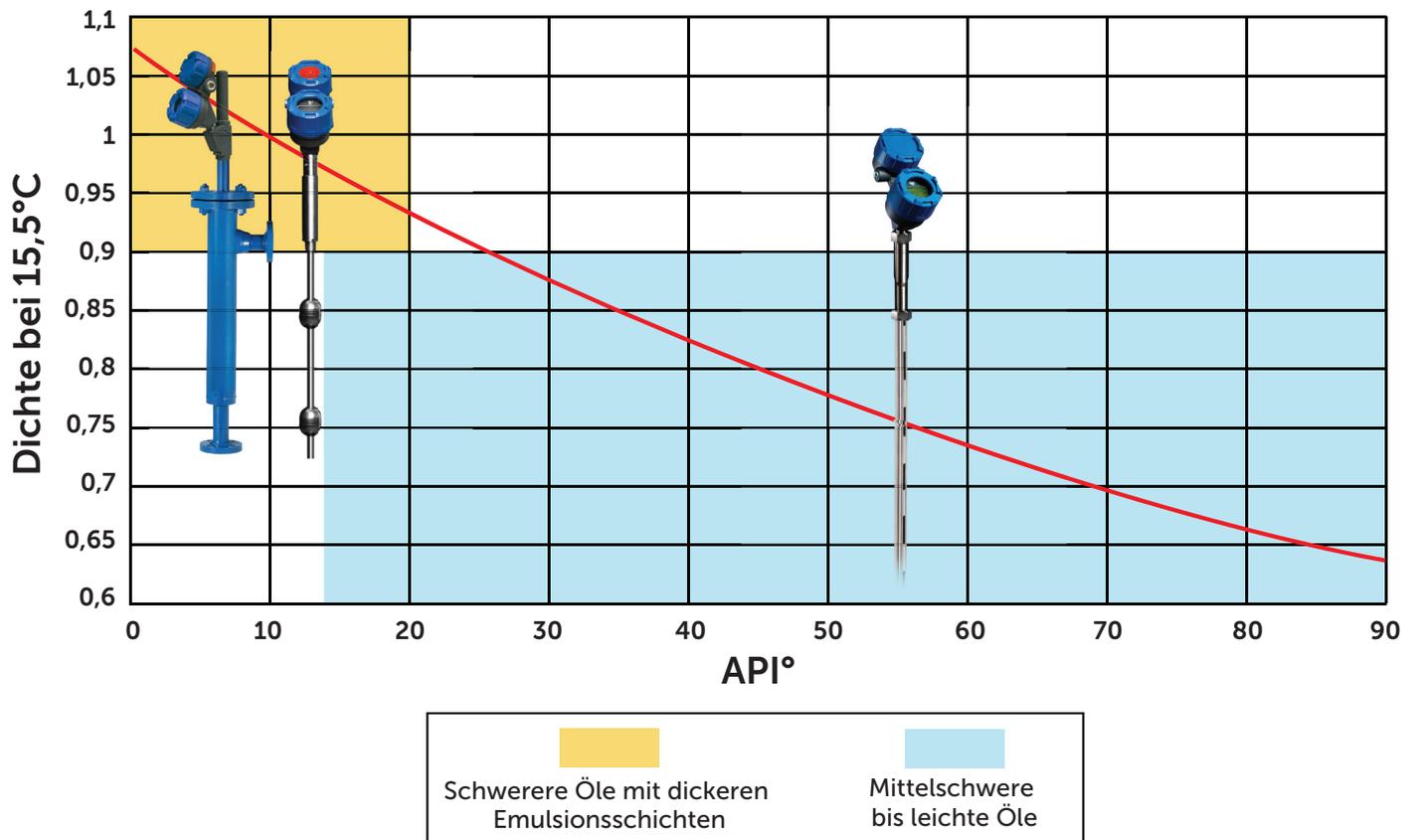


Abbildung 5: Magnetrol-Empfehlungen mit auftriebsbasierten Technologien (Verdränger und magnetostruktive Messumformer) für schwerere Öle mit dickeren Emulsionsschichten auf der linken Seite, und GWR-Messtechnik für mittelschwere bis leichte Öle auf der rechten Seite.

Beachten Sie, dass es sich hier um allgemeine Leitlinien handelt, und dass zwischen den Technologien Überschneidungen vorhanden sind, die von dieser Darstellung abweichen können. Wenden Sie sich für eine optimale Anpassung von Technologie und Anwendung an Magnetrol.

Praktische Erfahrungen bei der Prozessoptimierung und Erhöhung der Verfügbarkeit

In der Öl-, Gas- und petrochemischen Industrie gibt es eine Vielzahl von Trennschichtanwendungen, bei denen unter Umständen eine Emulsionsschicht entsteht. Eine zuverlässige Füllstandmessung trägt in diesen Fällen zur Prozessoptimierung und Erhöhung der Verfügbarkeit bei. Die nachfolgenden Anwendungen und Fallstudien verdeutlichen die Herausforderungen, die sich für Füllstandstechnologien ergeben, und heben die Wichtigkeit dieser Messung hervor.

Es ist zu beachten, dass, unabhängig von der verwendeten Technologie, optimale Montagebedingungen zu einer Maximierung der Geräteleistung beitragen. Wenn beispielsweise Rohöl aus einem Bohrloch einem Abscheider zugeführt wird, ist die Verweilzeit möglicherweise der wichtigste Faktor, um die gewünschte Leistung der Messtechnik und die damit einhergehende Prozessoptimierung zu erzielen. Mit anderen Worten, wenn die Zuleitung in einen horizontalen Abscheider führt, ist der optimale Einbauort für ein Gerät zur Füllstandmessung weiter vom Zulauf entfernt (näher am Wehr), wo die Trennung von Rohöl und

Wasser homogener wird. Demulgatoren helfen beim Aufbrechen von Emulsionen, können aber reduziert werden (geschätzt 1 300 - 1 800 € pro Tonne), wenn sie zusammen mit einer zuverlässigen Trennschicht-Füllstandmessung verwendet werden.

Wenn die Geräteleistung optimiert wird, ist eine engere Regelung des oberen Füllstands der Emulsionsschicht möglich. Die obere Schicht einer Emulsion ist ein Indikator für im Öl enthaltenes Wasser. Da die primäre Aufgabe des Abscheiders die Abscheidung des Wassers aus dem Öl ist, erlaubt die Füllstandmessung nun einen Betrieb näher am oder weiter entfernt vom Wehr, um die Effizienz der Abscheidung und die Verweilzeit zu optimieren. Wenn die Art des Abscheiders primär der Wasserspeicherung dient, mit einer dünnen Schicht Öl auf dem Wasser, liefert eine engere Regelung der Trennschicht auch eine präzisere Darstellung der in dem Behälter vorhandenen Wassermenge (reines Wasser). Dies ermöglicht eine bessere Tankwagen-Auslastung und gewährleistet voll beladene Tankwagen bei der Wasserentnahme aus den Lagerbehältern.

Diese ideale Montage mag bei Nachrüstungen nicht immer möglich sein, idealerweise wird der Einbauort der Messtechnik aber bereits bei der Konstruktion des Abscheiders berücksichtigt.

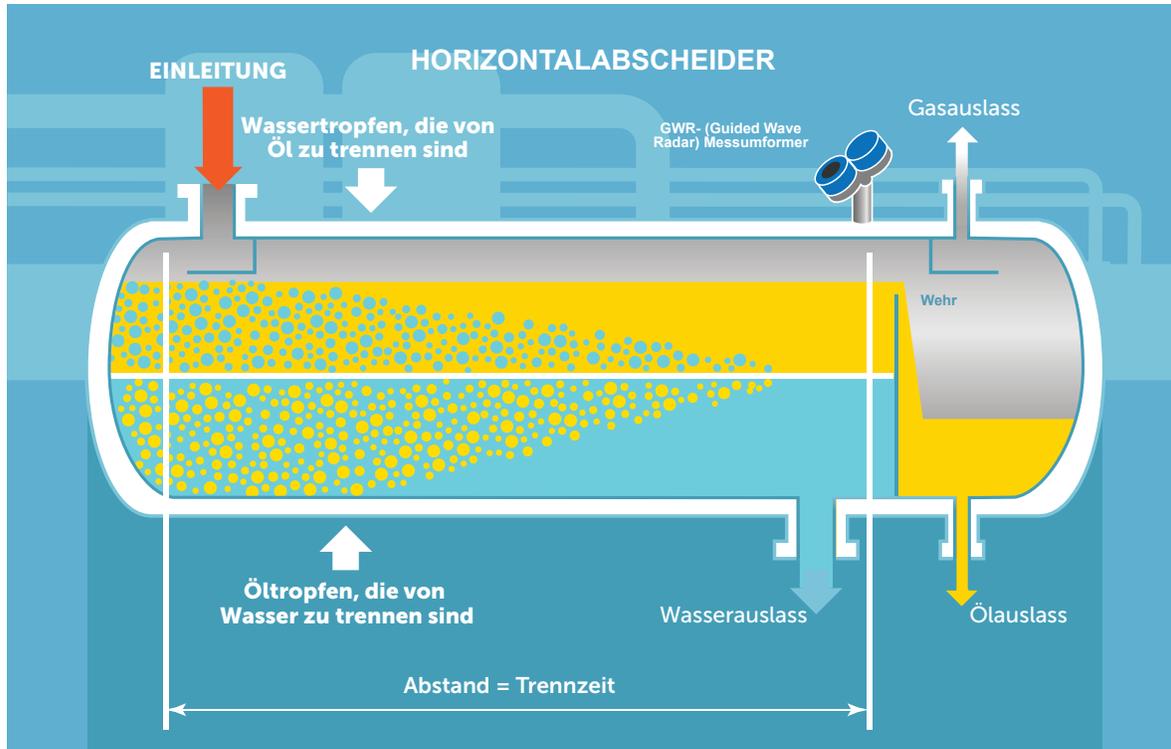


Abbildung 6: Verweilzeit ermöglicht eine verbesserte Abscheidung und Leistung der Messtechnik. Beachten Sie den Einbauort des dunkelblauen GWR-Füllstandmessumformers.

Unabhängig von der Art der Anwendung – Trennschicht oder Gesamtfüllstand – ist zu berücksichtigen, was bei Störungen oder Inbetriebnahme und Abschaltung passieren kann.

Die meisten Geräte arbeiten im normalen Trennschichtbetrieb tadellos; zuverlässige Messungen sind aber auch in diesen Störfällen erforderlich:

- Wenn nur eine Flüssigkeit vorhanden ist (nur Wasser oder nur Öl)
- Wenn das Bezugsgefäß geflutet ist (nur Öl und Wasser – keine Gasphase vorhanden)
- Mehrphasen Öl, Wasser und Gas einschließlich Überfüllsicherung

Die erste Industrie, die einem im Zusammenhang mit Trennschichtmessung in den Sinn kommt, ist die vorgelagerte Öl- und Gasindustrie oder Exploration und Förderung (E&P). Die Herausforderungen beginnen bereits an den Bohrlochkopf-Abscheidern und setzen sich durch die verbleibenden Kohlenwasserstoffströme fort. Neben dieser ersten Abscheidung, findet die Trennschichtmessung in zunehmendem Maße in Salzwasser-Entsorgungsanlagen (SWD) Anwendung, die im Zusammenhang mit der Erschließung unkonventioneller Lagerstätten durch hydraulisches Brechen notwendig sind.

Unabhängig von der Art der Anwendung ist zu berücksichtigen, was bei Störungen oder Inbetriebnahme und Abschaltung passieren kann.

Diese Arten von Herausforderungen der Trennschichtmessung treten in Midstream-Tanklagern und Lagerterminals, in nachgelagerten Gravitationsabscheidern und Entsalzern von Raffinerien und sogar in den Quench-Absetzern/ Quench-Wasserabscheidertrommeln der Quench-Türme petrochemischer Anlagen auf.

TRENNSCHICHTANWENDUNG FALLSTUDIE Nr. 1

Vorgelagerte Salzwasser-Entsorgungsanlage (SWD)

Situation

In einer SWD-Anlage liefern Frac-Tankwagen Salzwasser und Frac-Rückfluss vom Feld, die über eine Aufbereitungsanlage in einen Entsorgungsbrunnen geleitet werden. Das aus dem Tankwagen abgelassene Abwasser wird sofort in einen Vertikalabscheider (Anlage) geleitet, wo Wasser und Restöl auf natürliche Weise getrennt werden. Zusätzliches Schweröl aus dem nachgelagerten Teil der Anlage wird zurück in den Vertikalabscheider geleitet und erzeugt eine dynamische Emulsionsschicht. Es ist zwingend erforderlich, dass das Öl vor der Injektion in den trockenen Brunnen vom Salzwasser getrennt wird.



Abbildung 7: Tankwagen beim Entladen in eine Tankanlage für die Lagerung und Abscheidung von Salzwasser und Öl



Abbildung 8: Standort der Injektionsbohrung

Kosten

Die Öl-Wasser-Abscheidung im Vertikalabscheider und allen nachgelagerten Einheiten ist kritisch. Wenn Öl in den Entsorgungsbrunnen gelangt, kann es den Brunnen beschädigen oder verstopfen. Die dann erforderlichen Nacharbeiten verursachen Kosten und Ausfallzeiten, außerdem fallen zusätzliche Kosten für die im Aufbereitungsprozess benötigten Chemikalien an.

Die Öl-Wasser-Abscheidung im Vertikalabscheider und allen nachgelagerten Einheiten ist kritisch.

Ein besseres Verständnis der täglichen Speicherung „unerwünschter“ Flüssigkeiten in der Tankanlage (vor der Entsorgung) im Vergleich zur Produktionskapazität ermöglicht ein besseres Management und eine bessere Nutzung der Ressourcen, wie etwa die Bereitstellung ausreichend großer Tankwagen an abgelegenen Standorten. Mit einer Messtechnik, die über die gewünschten Protokollen kommunizieren kann, schneller in Betrieb zu nehmen ist und zum schnellen Hoch- und Herunterfahren nur wenig Energie benötigt, wird die Automatisierung der Bohrstelle unumgänglich.

Neben der Gebühr für die Salzwasserentsorgung stellt das abgeschiedene Öl eine zusätzliche Einnahmequelle für das Unternehmen dar. Da die Injektionsbohrung von Natur aus porös ist, schränkt jedes Restöl im Salzwasser ihre Kapazität ein und führt dazu, dass die Bohrung nachbearbeitet werden muss, was erhebliche Kosten verursacht.

Lösung

Nach dem Vertikalabscheider wird die Öl-Wasser-Emulsion in eine Aufbereitungsanlage geleitet, während die obere Ölschicht einem separaten Lagertank zugeführt wird. Der Eclipse® Modell 706 Guided Wave Radar (GWR) Messumformer misst den Ölfüllstand im Vertikalabscheider ebenso effektiv wie die obere Schicht der Öl-Wasser-Emulsion und gewährleistet damit, dass die unterschiedlichen Produkte zu den entsprechenden Anlagen geleitet werden. Das wiederum verhindert eine mögliche nachgelagerte Verstopfung des Entsorgungsbrunnens und senkt die Kosten für die chemische Aufbereitung. Zusätzliche GWR-Messumformer oder berührungslose Radargeräte können dann für die üblichen Gesamtfüllstandmessungen verwendet werden.

TRENNSCHICHTANWENDUNG FALLSTUDIE Nr. 2

Abscheider-Boots (Raffinerie)

Situation

„Boots“ sind in Raffinerien eingesetzte Gravitationsabscheider, die typischerweise (aber nicht nur) in Alkylierungsanlagen, Wasserstoffbehältern, Kokereien und Aminanlagen zu finden sind. Auf der Unterseite dieser horizontalen Behälter ragt dort, wo sich eine Trennschicht zwischen den Prozess Kohlenwasserstoffen und Flüssigkeiten höherer Dichte, wie Restwasser, Flusssäure, Glykol oder Amin, bilden kann, der „Boot“ heraus.

Restwasser ist häufig in vielen Raffinerieanwendungen anzutreffen, wobei eine Raffinerie schätzt, dass bei etwa 25 % ihrer Füllstandanwendungen Trennschichten der ein oder anderen Art auftreten. Der „Boot“ ist quasi ein Endabscheider, der verhindert, dass bestimmte Flüssigkeiten nachgeschaltete Prozesse erreichen.



Abbildung 9: Boot zur Abscheidung in einer Raffinerie (GWR-Messumformer installiert im blauen Bezugsgefäß rechts)

Kosten

Die Folgen einer ineffektiven Trennschichtmessung im „Boot“ können von einer reduzierten Produktivität und Prozesseffizienz bis hin zu Totalausfällen nachgeschalteter Anlagen reichen.

Falls kleinste Wasserpartikel nachgeschaltete Anlagen erreichen, führt dies im Laufe der Zeit möglicherweise nur zu kleineren Wartungsarbeiten oder macht eine Reinigung erforderlich. Wenn jedoch eine größere Menge Wasser nicht abgeschieden wird und Destillationskolonnen oder andere Hochtemperaturanlagen erreicht, verdampft das Wasser aufgrund der thermischen Ausdehnung schlagartig und kann zu übermäßigen Vibrationen und Schäden an den Trennböden oder anderen Teilen der Destillationskolonnen führen. Dies führt natürlich zu großen Bedenken hinsichtlich Sicherheit und Produktivitätseinbußen, da der Ausfall eines Turms 500 000 € pro Stunde kosten kann; und es, je nach Schwere der Schäden, Tage dauern kann, bis er wieder einsatzfähig ist.

Die Folgen einer ineffektiven Trennschichtmessung im „Boot“ können von einer reduzierten Produktivität und Prozesseffizienz bis hin zu Totalausfällen nachgeschalteter Anlagen reichen.

Wenn beispielsweise Flusssäure über den „Boot“ abgeschieden wird, der Füllstand der Flusssäure aber nicht korrekt geregelt wird und sie in nachgeschaltete Anlagenteile gelangt, kann sie zu Korrosion an Edelstahlrohren, Ventilen, Anschlüssen und Messtechnik führen.

Falls in anderer Richtung Kohlenwasserstoff- Prozessflüssigkeiten den „Boot“ mit Restwasser verlassen, kommt es zu einer Beeinträchtigung der Effizienz der Wasseraufbereitung. Abwasserströme, die Kohlenwasserstoffpartikel enthalten, können zu Problemen in nachgeschalteten Anlagen führen, wie verstopfte Siebe und Filter.

Lösung

Der GWR-Messumformer ECLIPSE Modell 706 ist die ideale Lösung für „Boots“, oftmals kombiniert mit einem Magnetklappenfüllstandanzeiger (MLI) zur Sichtanzeige. Für die manuelle Prüfung und Kontrollgänge werden in Raffinerien weit verbreitet Schaugläser und MLIs verwendet.

Mit dem Aurora®-Design von Orion Instruments®, einem Magnetrol-Unternehmen, profitieren Anwender von der Redundanz eines GWR und MLI in einem einzelnen Bezugsgefäß. Diese Auslegung ist besonders in engen Räumen und kleinen Behältern, wie „Boots“, von Vorteil, wo der Anwender auf zwei Technologien zugreifen kann, während nur ein Prozessanschlusspaar nötig ist.

Falls die Emulsion zu dick ist, können Anwender am Bezugsgefäß extern einen magnetostriktiven Füllstandmessumformer Jupiter® Modell JM4 (ebenfalls ein Produkt von Orion Instruments) anbringen.

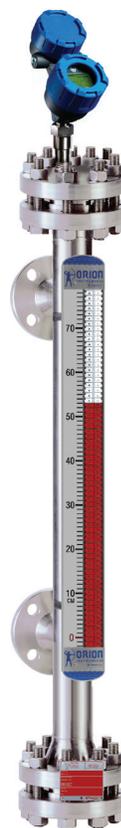


Abbildung 10: GWR mit MLI für Redundanz

TRENNSCHICHTANWENDUNG FALLSTUDIE Nr. 3

Petrochemie Stofffreisetzung (LOPC - Loss of Primary Containment)

Situation

Eines der weltweit größten Öl-, Gas- und Petrochemie-Unternehmen mit Sitz in Europa hatte Probleme mit der Mehrphasen-Füllstandmessung eines Kohlenwasserstoffs mit Wasserböden und einem Gas-Dampfraum. Zur Messung wurde ein GWR genutzt, das verwendete Gerät lieferte jedoch kein zuverlässiges Signal über die gesamte Länge der Sonde und durch die Trennschicht war es schwierig, zwischen oberem Füllstand und Wasserboden zu unterscheiden.

Kosten

Aufgrund des durch den Wasserboden eingetragenen Fehlers drohte eine Stofffreisetzung (LOPC) durch das eingesetzte GWR. Strikte Umweltschutz-, Gesundheits- und Sicherheitsverfahren sowie die bekannten Auswirkungen einer Überfüllung im Hinblick auf die Sicherheit des Personals, Reinigungsmaßnahmen, Strafzahlungen und den guten Ruf ließen einen Fortbestand dieser Art von Gefahr nicht zu.

Gemäß den „Injury Facts“ (Fakten zu Verletzungen) des National Safety Council, veröffentlicht im *Chemical Processing Magazin*, betragen die direkten Kosten eines arbeitsbedingten Todesfalls ca. 1.000.000 USD, die indirekten Kosten sind etwa vier Mal höher.²

Lösung

In diesem Fall war der Anwender daran interessiert, weiterhin GWR zu verwenden, da diese Technik aktuell für zahlreiche Anwendungen in der gesamten Anlage genutzt wird. Deshalb wurden Geräte unterschiedlicher Hersteller nebeneinander getestet.

Das ECLIPSE Modell 706 schnitt dabei am besten ab, da es selbst bei vorhandenen Wasserböden den oberen Füllstand bis zum Flansch des Prozessanschlusses des Geräts (100 % Füllstand) erfassen konnte. Das ECLIPSE Modell 706 eliminiert Totzonen an der Spitze der Sonde, lässt eine direkte Messung zu und verhindert damit eine Stofffreisetzung (LOPC). Die überragende Signalstärke ließ zudem eine Messung durch den Kohlenwasserstoff zu, um den Wasserfüllstand darunter zu erfassen.

Es wurde festgestellt, dass ein ECLIPSE Modell 706 GWR-Messumformer verwendet werden kann, unabhängig davon ob das Bezugsgefäß eine Gasphase hatte, vollständig mit Flüssigkeit gefüllt war, einen Füllstand auf der Sonde hatte, zwei Füllstände auf der Sonde hatte, oder ob kein Füllstand vorhanden war.

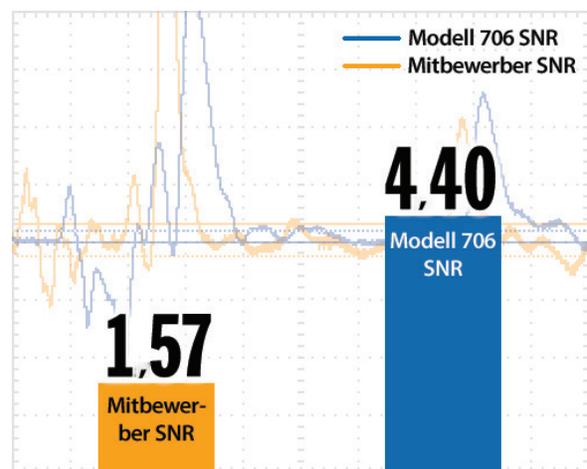


Abbildung 11: GWR Signal-Rausch-Verhältnis (SNR)

TRENNSCHICHTANWENDUNG FALLSTUDIE Nr. 4 Petrochemie Wasser und Benzol

Situation

Einer der größten deutschen Polyolefinhersteller hat einen Behälter mit einem Gemisch aus Benzol und Wasser. Benzol, ein aromatischer Kohlenwasserstoff und wichtiger Bestandteil von Benzin, weist eine sehr niedrige Dielektrizitätskonstante (niedrige Leitfähigkeit) auf, was bei bestimmten Techniken problematisch sein kann.

Die im vorliegenden Fall eingesetzte Technik zur Füllstandmessung basierte auf einem GWR-Füllstandmessumformer, der in einem Bezugsgefäß an der Seite des Behälters montiert war. Das Bezugsgefäß konnte sich vollständig füllen und es kam häufiger vor, dass der GWR-Messumformer aufgrund der niedrigen Dielektrizitätskonstanten des Benzols das Signal nahe der Oberseite der Sonde verlor.



Abbildung 12: Benzol und Wasser

Kosten

Neben einem Schauglas war der GWR-Messumformer die einzige Vorrichtung mit Füllstandstechnik im Behälter. Das vorhandene GWR-Signal ging zu verschiedenen Tageszeiten verloren – manchmal auch mitten in der Nacht – wodurch die Fernüberwachung des Prozesses praktisch unmöglich war. Ferner gab es Sicherheitsbedenken, da die Möglichkeit einer Überfüllung bestand. Manchmal fiel das Signal stundenlang aus; die einzige Methode, die Signalübertragung erneut zu starten bestand in diesem Fall darin, die Stromversorgung aus- und wieder einzuschalten.

Während der Zeiträume mit Signalverlust musste ein Techniker – sowohl tagsüber als auch nachts – zum betreffenden Behälter geschickt werden, um das Schauglas dort im Auge zu behalten.

Dies geschah mehrmals über einen Zeitraum von 18 Monaten, da der GWR-Hersteller die Probleme im Zusammenhang mit der Impedanzabweichung nicht beheben konnte. Hierdurch erhöhten sich zudem die Gesamtbetriebskosten der Vorrichtung erheblich.

Während der Zeiträume mit Signalverlust musste ein Techniker – sowohl tagsüber als auch nachts – zum betreffenden Behälter geschickt werden.

Lösung

Aufgrund der Ausfälle des GWR-Messumformers erwog der Betreiber einen Wechsel zu einem Verdränger, da die Zuverlässigkeit der Technologie historisch belegt ist. Mit der Installation des ECLIPSE Modells 706 wurde dem GWR jedoch eine letzte Chance eingeräumt.

Das Modell 706 mit seiner speziell entwickelten Sonde mit Impedanzanpassung hat sich im Betrieb als fehlerfrei erwiesen. Die Impedanzanpassung ermöglicht Füllstandmessungen bis über den oberen Prozessanschluss eines Bezugsgefäßes (100%) hinaus, wodurch eine Überfüllsicherung oder Messung auch in vollen Bezugsgefäßen möglich ist.

So konnten die Zeit für Wartung und Service des Behälters und die Unannehmlichkeiten infolge eines Signalverlusts eliminiert werden. Die Zuverlässigkeit wird durch „Safety Integrity Level (SIL)“-Dokumente, wie Zertifikate und FMEDA-Berichte, eindrucksvoll belegt.

TRENNSCHICHTANWENDUNG FALLSTUDIE Nr. 5 Petrochemie Quench-Absetzer

Situation

Rohmaterial wird der Ethylenanlage zugeführt und durch die Ethylenöfen geleitet (Pyrolyse). Nachdem es in unterschiedliche Kohlenwasserstoffe und Wasserstoff aufgespalten wurde, beginnt es sofort wieder mit der Neubildung größerer Moleküle. Um diese Reaktionen zu verhindern, wird der aufgespaltene Dampf zur Abkühlung mittels Öl oder Wasser durch Quench-Türme geführt.

Die schwersten Kohlenwasserstoffe werden mit dem Wasser dem Quench-Absetzer oder der Quench-Wasserabscheidetrommel (QWSD) zugeführt. Im Quench-Absetzer bildet sich eine Trennschicht und möglicherweise eine Emulsionsschicht, falls zu viel Lauge hinzugefügt wird.



Abbildung 13: Quench-Türme

Kosten

Die Trennschicht im Quench-Absetzer unter Kontrolle zu halten, ist aus vielerlei Gründen wichtig:

- Wasserrückführung zurück in den Quench-Turm. Der Eintrag von Kohlenwasserstoffen reduziert die Produktivität und führt möglicherweise zu einer Verschmutzung der Anlagen.
- Wird mehr Rohmaterial zugeführt, ist auch mehr Flüssigkeit zur Kühlung erforderlich, wodurch wiederum die Wasserrückführung an Bedeutung gewinnt.
- Ein Verlust der Trennschichtregelung führt letztendlich zu einer Reduzierung der Betriebseffizienz des Quench-Turms, was wiederum eine sinkende Produktivität zur Folge hat.
- Wenn sich die Zusammensetzung der Flüssigkeit im Quench-Turm negativ ändert, wird aus dem Rohmaterial weniger Ethylen produziert.
- Eine Regelung der Trennschicht kann auch zu einem geringeren Bedarf an Lauge beitragen, wodurch diese Kosten niedrig gehalten werden.

Ein Verlust der Trennschichtregelung führt letztendlich zu einer Reduzierung der Betriebseffizienz des Quench-Turms, was wiederum eine sinkende Produktivität zur Folge hat.

Lösung

Je nach Ausdehnung der Emulsionsschicht sind GWR- oder magnetostriktive Techniken Optionen, um die Flüssigkeitsabscheidung im Quench-Absetzer präziser zu regeln. Wenn die Emulsionsschicht ein schmaleres Fenster aufweist, ist in der Regel GWR zu empfehlen. Wenn die Emulsionsschicht jedoch dick ist, wird am besten eine magnetostriktive Technik mit einem Schwimmer verwendet, der der Unterseite der Emulsionsschicht folgt.

Die Zukunft der zuverlässigen Trennschichtmessung

Diese praktischen Erfahrungen stellen akzeptable Lösungen für viele der heute existierenden Herausforderungen dar. Die Produktivität in Anwendungen mit dickeren, sich stetig ändernden Emulsionsschichten muss jedoch noch verbessert werden. Dazu zählen Entsalzer in Raffinerien und, unter bestimmten Bedingungen, auch die oben hervorgehobenen Anwendungen.

Stellen Sie sich nun eine Zukunft vor, in der...

- Nachgeschaltete Anlagen minimale Wartung benötigen
- Die Produktion bei niedrigeren Kosten und weniger Ausfallzeiten maximiert ist
- Sicherheit und Zeit nicht unter einer mangelnden Zuverlässigkeit der Messtechnik leiden

Der Schlüssel zur Optimierung der Trennschichtmessung ist die Lösung des Emulsionsfaktors. Keine wirtschaftlich vertretbare Technologie bewältigt alle drei Füllstandmessungen: Messung des oberen Füllstands des Kohlenwasserstoffs (Gesamtfüllstand), bei gleichzeitiger Messung des oberen Füllstands der Emulsion (Wasser in Öl) und des unteren Füllstands der Emulsion (Öl in Wasser). Für das Füllstandmessgerät wird dies zu einer Mehrphasen (oder Dreiphasen)-Anwendung.

Es gab Versuche, das Problem der Mehrphasen-Füllstandmessung mit anderen Techniken zu lösen, die dabei jedoch häufig unwirtschaftlich waren. Mehrphasige Durchflussmessgeräte in der vorgelagerten Öl- und Gasindustrie werden beispielsweise gegen Drei-Phasen-Abscheider positioniert, die je nach Größe rund 900 000 € kosten, während ein mehrphasiger Durchflussmesser im Durchschnitt 200 000 € kostet.³

Mit Kerntechnologie kann die Emulsionsschicht effektiv gemessen werden, die Kosten sind aber ähnlich hoch. Zusätzlich sind Richtlinien hinsichtlich der Strahlungssicherheit und damit einhergehende Kosten zu beachten. Eine weitere auf dem Markt erhältliche Option, neben der Füllstandmessung, ist eine Mehrsonden-Anordnung, basierend auf Wasserkonzentrationen in Prozent. Diese Sondenanordnung ist teuer und erfordert bis zu vier Installationspunkte (einschließlich einem, der dem Abscheider vorgelagert ist).

Es ist einfach Probleme zu finden - sie zu lösen, ist weniger simpel. Der oben erwähnte Erfolg mit der GWR-Technik, besonders bei extrem herausfordernden Anwendungen, kann zukünftig zu weiteren Verbesserungen der Technologie führen. GWR misst die Trennschicht aufgrund der Impedanzveränderungen, die auftreten, wenn das Signal durch die Kohlenwasserstoffschicht in die Emulsion eintritt. Allerdings ist nur eine geringe Menge Wasser in Kohlenwasserstoff erforderlich, um ihn leitend zu machen, was dazu führt, dass nur eine Trennschichtmessung nahe der Oberseite der Emulsion erfolgt, ohne dass die Unterseite der Emulsion erfasst wird, da durch die Emulsionsschicht keine ausgeprägte Impedanzveränderung erfolgt. Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass selbst einfache Anwendungen mit einer relativ klar definierten Trennschicht für manche GWR-Hersteller, die sich bei Kohlenwasserstoffen mit niedriger Dielektrizitätskonstanten (aufgrund unzureichender Signalstärke) auf Softwaretricks oder abgeleitete Messungen verlassen, problematisch sein können.

Die Bewältigung dieser Mehrphasen-Messung ist eine wichtige Aufgabe der technologischen Entwicklung, da der Trennschichtfüllstand das effektivste Mittel zur Optimierung von Abscheideprozessen und Erhöhung der Verfügbarkeit in der Öl-, Gas- und petrochemischen Industrie ist.

Literatur:

1. „Market Intelligence Report“, *Control Magazin*, März 2017.
2. „National Safety Council's Injury Facts“, *Chemical Processing Magazin*, 2017.
3. „Module E—The World Market for Multiphase Flowmeters“, *Flow Research*, März 2012.



EUROPAZENTRALE & PRODUKTIONSSTANDORT

Heikensstraat 6 • 9240 Zele, Belgien • Tel.: +32-(0)52-45.11.11 • info@magnetrol.be

magnetrol.com