

WHITEPAPER

FÜLLSTANDSENSOREN:
VERFAHREN UND
TECHNISCHE LÖSUNGEN
ZUR FÜLLSTANDABFRAGE
UND -KONTROLLE

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung	3
2 Messprinzipien zur Abfrage von Füllständen	3
2.1 Kapazitive Füllstandkontrolle	3
2.1.1 Für Medientemperaturen bis +100° C	4
2.1.3 Sehr gute Kompensation von Materialanhaftungen	5
2.1.4 Wesentliche Vorteile im Überblick	6
2.2 Konduktive Füllstandkontrolle	6
2.2.1 Für höhere Umgebungs- und Medientemperaturen	7
2.2.2 Flexible Erfassung von Füllstand oder Grenzstand	7
2.2.3 Wesentliche Vorteile im Überblick	8
2.3 Füllstandüberwachung mit geführter Mikrowelle	9
2.3.1 Höchste Präzision durch Parallelstab	9
2.3.2 Sonderlösung auch für Pulver und Granulate	9
2.3.3 Wesentliche Vorteile im Überblick	10
2.4 Hydrostatische Füllstandkontrolle	11
2.4.1 Wartungsfreie „One-for-all“-Lösungen für einfache Abfragen	11
2.4.2 Füllstandüberwachung mit Drucksensoren	12
2.4.3 Wesentliche Vorteile im Überblick	12
2.5 Füllstandkontrolle mit Ultraschall	13
2.5.1 Flexible Lösungen mit breitem Reichweitenspektrum	13
2.5.2 Mehr Freiheiten durch IO-Link-Schnittstelle	14
2.5.3 Wesentliche Vorteile im Überblick	15
2.6 Optische Füllstandkontrolle	16
2.6.1 Optische Taster mit Hintergrundausblendung	16
2.6.2 Lasertaster mit hoher Reichweite für präzise Füllstandabfragen	18
2.6.3 Hochleistungslichtschranken	18
2.6.4 Wesentliche Vorteile im Überblick	20
2.7 Induktive Füllstandmessung	21
2.8 Kalorimetrische Füllstandkontrolle	21
2.8.1 Kompaktgerät oder zweiteilige Lösung?	22
2.8.2 Wesentliche Vorteile im Überblick	22
3 Applikationsbeispiele	23
3.1 Ultraschallsensor in Kombination mit einem Analogwandler	23
3.2 Präzise Kontrolle selbst durch kleinste Öffnungen	24
3.3 Stets zuverlässig auch in rauer Umgebung	26
4 Zusammenfassung und Fazit	28

1 EINLEITUNG

Füllstandsensoren dienen zur Niveauekontrolle von flüssigen Medien oder Schüttgütern in offenen sowie geschlossenen Behältern. In vielen Industriebereichen ergeben sich für solche Geräte eine ganze Reihe an sehr unterschiedlichen Aufgabenstellungen. Nicht immer sind jedoch die entsprechenden Anforderungen an eine zuverlässige technische Lösung einfach zu erfüllen.

Gut zu wissen, dass sich in diesem Zusammenhang aber auch verschiedenste Verfahren mit ebenso breitgefächert und zum Teil hochspezialisierter Sensortechnik anbieten. Mit Blick auf das Produktangebot an Sensorlösungen für Füllstandabfragen gehört ipf electronic wohl zu den vielseitigsten Anbietern. Ergänzt wird das reichhaltige Produktspektrum durch langjährige Erfahrungen auf diesem Gebiet, flankiert von einer Vielzahl an erfolgreich realisierten Projekten in kundenspezifischen Applikationen.

Dieses Whitepaper liefert einen Überblick über die verschiedensten Messprinzipien zur Füllstandkontrolle und stellt hierzu konkrete Sensorlösungen vor. Je nach Applikation, Aufgabe und abzufragendem Medium sollen die nachfolgenden Informationen vor allem als eine mögliche Hilfestellung bzw. Orientierung bei der Suche nach einem passenden Gerät oder System dienen. Für weitergehende Fragen stehen die Sensorexperten von ipf electronic zur Verfügung.

Einige ausgewählte Beispiele unterstreichen am Ende des Whitepapers zudem, welche Potenziale sich in der Praxis angesichts recht unterschiedlicher Aufgabenstellungen und auch Herausforderungen u.a. durch kundenspezifische Applikationslösungen ergeben.

2 MESSPRINZIPIEN ZUR ABFRAGE VON FÜLLSTÄNDEN

Zur Abfrage von Füllständen oder Medienniveaus existiert eine Fülle an Sensorlösungen. Die Auswahl eines geeigneten Gerätes hängt in erster Linie von dem zu erfassenden Medium oder auch Material sowie den am Einsatzort vorherrschenden Umgebungsbedingungen ab. Hierzu bieten sich verschiedene Lösungen an, die nach unterschiedlichen Messprinzipien arbeiten und nachfolgend vorgestellt werden.

2.1 KAPAZITIVE FÜLLSTANDKONTROLLE

Kapazitive Sensoren zur Füllstandkontrolle funktionieren nach dem Prinzip eines Plattenkondensators. Die aktive Fläche der Sensoren besteht aus zwei konzentrisch angeordneten Elektroden bzw. Feldplatten (aufgeklappter Plattenkondensator), zwischen denen sich ein elektrisches Feld aufbaut. Die Kapazität eines Kondensators wird u. a. durch die Permittivität des Materials zwischen den Feldplatten beeinflusst. Demzufolge hängt die Kapazität der Elektrodenanordnung eines kapazitiven Sensors auch von dem Material ab, das sich in seinem elektrischen Feld befindet. Nähert sich ein Objekt (z. B. ein flüssiges Medium) der aktiven Fläche des Sensors, ändert sich das elektrische Feld vor den Elektrodenflächen und damit die Kapazität. Diese Kapazitätsänderung wird über eine Auswerteeinheit in ein Schaltsignal umgesetzt.

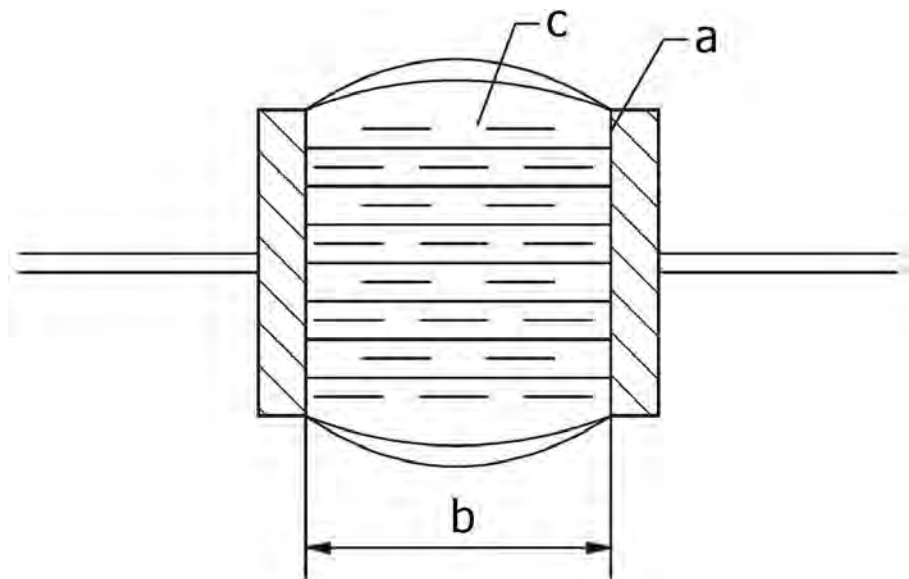


Abb. 1: Berechnung der Kapazität eines Plattenkondensators: a: Plattenlänge (A), b: Plattenabstand (d), Permittivität von Vakuum ϵ_0 und c: Permittivität des Materials ϵ_r . Die Formel lautet: Kapazität = $\epsilon_0 \times \epsilon_r \times A / d$

2.1.1 FÜR MEDIENTEMPERATUREN BIS +100° C

Gewissermaßen zu den „Klassikern“ unter den kapazitiven Füllstand- und Niveausensoren von ipf electronic gehören die Geräte der Reihe **FK92E**. Die Sensoren mit M12-Steckverbinder für den elektrischen Anschluss verfügen über Messsonden in verschiedenen Längen (235mm bis 1185mm) und eignen sich für Medientemperaturen von -25° C bis +100°C. Über den integrierten Digitalausgang (2 x 100mA) können flexibel verschiedene Schaltpunkte gesetzt werden. Der Analogausgang (4 bis 20mA) liefert hingegen ein kontinuierliches Signal zur permanenten Abfrage einer Füllstandhöhe. Diese vielfach bewährten Sensoren eignen sich insbesondere für klassische Füllstandabfragen in Vorratsbehältern, z. B. für Kühlemulsionen von Maschinen.



Abb. 2: Ein „Klassiker“ für die kapazitive Füllstandmessung: Ein Sensor der Reihe **FK92E**, über dessen Digitalausgang flexible verschiedene Schaltpunkte gesetzt werden können.

2.1.2 KONTINUIERLICHE FÜLLSTANDABFRAGE

Die kapazitiven Füllstandsensoren **FK300100** und **FK900400** zeichnen sich durch eine große Sensorfläche und damit hohe Empfindlichkeit aus. Die Sensoren werden in der Praxis zur Abfrage von Füllstandniveaus an der Einbaustelle eingesetzt. Dabei kann beim **FK30** die Empfindlichkeit manuell eingestellt werden, wohingegen diese beim **FK90** voreingestellt ist. Daher werden diese Sensoren z. B. häufiger für den Trockenlaufschutz von Pumpen oder Überfüllsicherung in Behältern eingesetzt.



Abb. 3: Der **FK300100** (oben) und **FK900400** zeichnen sich durch eine hohe Empfindlichkeit aus.

2.1.3 SEHR GUTE KOMPENSATION VON MATERIALANHAFTUNGEN

Ein hervorragendes Abtropfverhalten selbst bei zähflüssigen Medien bieten die kapazitiven Füllstandsensoren der Reihe **FK92** durch ihr auffälliges kolbenförmiges Teflongehäuse, das überdies anti-elektrostatisch sowie säure- und laugenfest ist. Die Spezialelektrode im Gerät ermöglicht es, eventuelle Anhaftungen am Sensor, z. B. Rückstände von zähflüssigen oder pastösen Medien, bei der Füllstandabfrage sehr gut zu kompensieren.

Die Größe der aktiven Fläche eines kapazitiven Sensors lässt sich gemäß der folgenden Formel berechnen: $A = r^2 \times 3,14$, wobei r dem Radius der aktiven Fläche entspricht. Die Größe der aktiven Fläche eines Gerätes in Baugröße M30 für den nicht-bündigen Einbau beträgt daher $490,6\text{mm}^2$. Aufgrund des kolbenförmigen Designs des **FK92** lässt sich die im Schaft des Sensors befindliche aktive Fläche anders gestalten. Für deren Größenberechnung gilt daher die Formel für Halbkugelflächen: $A = 2r^2 \times 3,14$. Bei einem Durchmesser von nur 26mm verfügt der **FK920420** daher über eine aktive Fläche von 904mm^2 und ist somit im Vergleich zur aktiven Fläche eines herkömmlichen Sensors in Baugröße M30 (nicht-bündig) nahezu doppelt so groß.

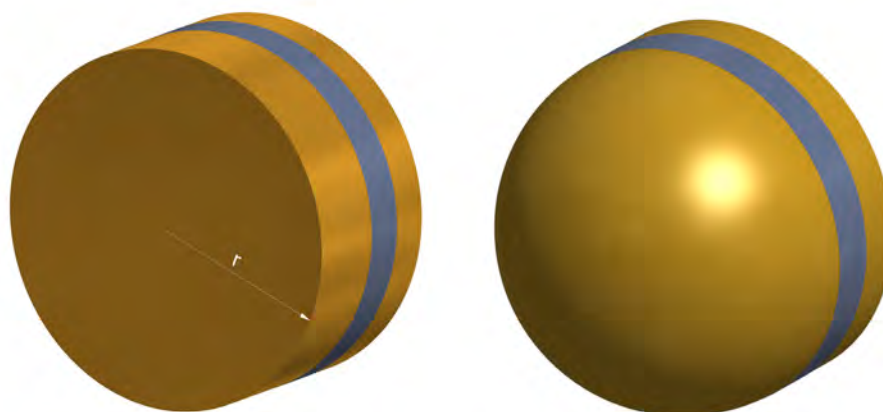


Abb. 4: Größenunterschiede einer klassischen Elektrode (links) im Vergleich zu einer halbkugelförmigen Elektrode, deren Fläche nahezu doppelt so groß ist.

Da sich die Größe der aktiven Fläche direkt auf die Kapazität des Sensors auswirkt, lassen sich mit diesem Sensortyp auch kritische Werkstoffe erfassen. Die Sensoren der Reihe **FK92** sind daher geradezu dafür prädestiniert, die Füllhöhe in Behältern z. B. mit Kühl- oder Schmiermitteln für Werkzeuge von Maschinen oder den Füllstand in Behältern etwa mit Säuren, Ölen, Laugen bzw. Reinigungsmitteln zu überwachen.



Abb. 5: Die kapazitiven Füllstandsensoren der Baureihe **FK92** haben ein sehr auffälliges kolbenförmiges Teflongehäuse.



Abb. 6: Sensoren der Baureihe **FK92** in einem Vorratsbehälter zur Permanent schmierung von Stanzwerkzeugen.

2.1.4 WESENTLICHE VORTEILE IM ÜBERBLICK

Die wesentlichen Vorteile der kapazitiven Füllstandsensoren von ipf electronic können wie folgt zusammengefasst werden. Die Geräte eignen sich für eine Vielzahl von Medien, verfügen über eine hohe Empfindlichkeit durch eine große Sensorfläche und ermöglichen einen äußerst flexiblen Einsatz durch die wahlweise Einstellung fester Schaltpunkte oder eines kontinuierlichen Füllstandsignals. Selbst schwierige Medien können mit den Sensoren zuverlässig abgefragt werden, wobei sich ihre Ansprechempfindlichkeit über einen großen Einstellbereich exakt justieren lässt. Aufgrund ihrer sehr hohen Kapazität u.a. durch eine doppelt so große aktive Sensorfläche (z. B. im Vergleich zu Sensoren in Baugröße M30) sind sie auch ideal für zähflüssige Medien. Darüber hinaus sind die Lösungen (wahlweise als Stecker- oder Kabelgeräte) einfach zu montieren und intuitiv einstellbar.

2.2 KONDUKTIVE FÜLLSTANDKONTROLLE

Zu den einfachsten Verfahren zur Füllstandkontrolle von elektrisch leitfähigen Medien vorwiegend auf Wasserbasis gehört die konduktive Füllstandmessung, die nach dem Grundprinzip eines offenen bzw. geschlossenen Stromkreises funktioniert. Daher sind für die Messungen mehrere Sonden bzw. Elektroden erforderlich, zwischen denen der Wi-

derstand des zu kontrollierenden Mediums gemessen wird. Hierzu wird das Füllstandrelais über Signalleitungen mit einer Bezugsselektrode oder an einer metallischen Behälter- bzw. Rohrwandung (als Bezugsselektrode) und mit einer Messelektrode bzw. mehreren Messelektroden verbunden. Die von der integrierten Elektronik im Sondenrelais erzeugte Wechsellspannung liegt entweder zwischen der Einzel- oder den Messelektroden und der Bezugsselektrode an. Durch die Verwendung einer Wechsellspannung werden die Korrosion an den Messelektroden und die elektrolytische Zersetzung des Füllmediums vermieden. Sobald das elektrisch leitfähige Füllgut den Stromkreis zwischen der Einzel- oder den Messelektroden und der Bezugsselektrode schließt, fließt ein Wechselstrom und der Relaisausgang schaltet. Entsprechend bestimmt die Länge der Einzel- oder der Messelektroden im Behälter das Niveau, bei dem ein Schaltsignal ausgelöst wird.

Die Lösungen von ipf electronic für konduktive Füllstandmessungen lassen sich im Allgemeinen in robuste Lösungen für höhere Umgebungs- und Medientemperaturen sowie in sehr vielseitig einsetzbare Feldgeräte einteilen.

2.2.1 FÜR HÖHERE UMGEBUNGS- UND MEDIENTEMPERATUREN

Zur erstgenannten Kategorie gehören die Füllstandelektroden der Reihe **FS90** mit einer Sonde (Sondenlängen von 500mm bis 1000mm) sowie die Messelektroden der Reihe **FS92**, wahlweise mit zwei oder drei Sonden, ebenfalls in Längen von 500mm bis 1000mm. Beide Geräteserien sind für Umgebungstemperaturen von -40° C bis +150° C sowie Medientemperaturen von -20° C bis +100° C ausgelegt. Sämtliche Lösungen sind ausnahmslos druckfest bis 10bar und verfügen über einen Elektrodenstab aus Edelstahl 1.4571. Zu den potenziellen Einsatzbereichen der konduktiven Füllstandrelais in Kombination mit den Sondenreihen **FS90** und **FS92** zählt die Füllstandabfrage von elektrisch leitfähigen Medien auch in Kunststoffbehältern.



Abb. 7: Die konduktiven Füllstandsonden der Reihen **FS90** und **FS92** sind sehr robust und eignen sich für höhere Umgebungs- und Medientemperaturen

2.2.2 FLEXIBLE ERFASSUNG VON FÜLLSTAND ODER GRENZSTAND

In Verbindung mit den Sonden, erfassen die Füllstandrelais den Füllstand oder Grenzstand von leitfähigen Medien, wobei sich die Lösungen durch eine Zweipunktregelung zur Pumpensteuerung oder als Überfüllsicherung bzw. Trockenlaufschutz, einsetzen lassen. Die verschleiß- und wartungsfreien Feldgeräte verfügen über einstellbare Schaltverzögerungen (um Wellenbewegungen des Mediums auszublenden) und eine integrierte Funktionsüberwachung.

Neben der Füll- oder Grenzstand erfassung von elektrisch leitfähigen Medien auch in Kunststoffbehältern können die Sondenrelais **FV56** zur Überfüllsicherung von Behältern mit nicht brennbaren, wassergefährdenden Flüssigkeiten eingesetzt werden. Wie bereits erwähnt, empfehlen sich die Lösungen überdies für den Trockenlaufschutz von Pumpen sowie für die Zweipunktregelung von Anlagen.



Abb. 8: Neben der Füll- oder Grenzstand erfassung von elektrisch leitfähigen Medien auch in Kunststoffbehältern, sind die Feldgeräte **FV56** in Verbindung mit den Sonden zur Überfüllsicherung von Behältern mit nicht brennbaren, wassergefährdenden Flüssigkeiten einsetzbar.

2.2.3 WESENTLICHE VORTEILE IM ÜBERBLICK

Die entscheidenden Vorteile der konduktiven Füllstandsonden von ipf electronic bestehen in gleichsam robusten wie flexibel einsetzbare Geräteversionen mit bis zu drei Elektroden (einfache Schaltungsfunktion über spezifische Sondenlängen) für Medientemperaturen bis +100° C und Umgebungstemperaturen bis +150° C sowie Feldgeräte, die durch die Erfassung von Füll- oder auch Grenzstand vielfältige Einsatzpotenziale bieten. Zu den weiteren Pluspunkten zählen u.a.: hochwertige korrosionsbeständige Elektrodensonden, verschleiß- und wartungsfreie Niveauabfragen sowie die Möglichkeit, mit den Geräten auch pastöse Medien erfassen zu können.



Abb. 9: Ein Feldgerät der Baureihe **FV56** zur Steuerung einer Behälterbefüllung.

2.3 FÜLLSTANDÜBERWACHUNG MIT GEFÜHRTER MIKROWELLE

Dieses Verfahren basiert auf dem Prinzip der geführten Mikrowelle. Dazu werden die Mikrowellen in einem Messstab „geführt“. Bei Medienkontakt kommt es zu einer Reflexion der Wellen. Aus der Laufzeit vom Sensor durch den Messstab zur Medienoberfläche und zurück wird der Füllstand errechnet. Das untere Ende des Messstabes markiert gewissermaßen den Nullpunkt für die Füllstandmessung.

2.3.1 HÖCHSTE PRÄZISION DURCH PARALLELSTAB

Durch ihren Parallelstab (Sondenzlängen von 200mm bis 800mm) ermöglichen Füllstandssensoren der Reihe **FM9103** mit integrierter LED-Anzeige und Folientastatur hochpräzise Füllstandmessungen ohne vorherigen Medienabgleich. Die Geräte sind für Medientemperaturen von -20°C bis +80°C ausgelegt und verfügen über einen Schaltausgang. Lösungen wie der **FM910023**, **FM910024** oder **FM910025** integrieren zusätzlich einen Analogausgang. Die Ansprechempfindlichkeit der sehr einfach zu installierenden Lösungen ist über Taster einstellbar. Zu den potenziellen Aufgaben der Sensorreihe **FM91** gehört die Füllstandabfrage in Behältern mit Ölen, Laugen, Reinigungsmitteln oder Trennmitteln, um nur wenige Beispiele zum überaus breitgefächerten Einsatzspektrum zu nennen.



Abb. 10: Durch ihren Parallelstab ermöglichen Füllstandssensoren der Reihe **FM91** hochpräzise Füllstandmessungen ohne vorherigen Medienabgleich.

2.3.2 SONDERLÖSUNG AUCH FÜR PULVER UND GRANULATE

Eine Sonderbauform der nach dem Prinzip der geführten Mikrowelle arbeitenden Sensoren ist die Gerätereihe **FM9101** mit einem Messstab (Sondenzlängen von 120mm bis 400mm), die auf die Medienberührung an der Messspitze reagieren. Die Ansprechempfindlichkeit der Sensoren mit M12-Anschluss und integrierter LED-Anzeige lässt sich über die Folientastatur einstellen, wobei in Behältern zwischen verschiedenen Flüssigkeiten wie z. B. Wasser und Öl unterschieden werden kann. So ließe sich bspw. bei der Füllstandkontrolle ein auf einer Wasseroberfläche schwimmender Ölfilm ausblenden, sodass der Sensor nur auf die Füllstandhöhe des Wassers anspricht. Darüber hinaus eignen sich die Geräte zur Füllstandmessung von pulverförmigen Medien und Granulaten. Für die Inbetriebnahme ist kein Medienabgleich erforderlich. Der Messfühler der Sensoren besteht aus Edelstahl 1.4571, die Sensorspitze aus PTFE. Die Geräte sind zudem unempfindlich gegenüber Medienanhaftungen. Daher lassen sich diese Lösungen zur Überwachung der Füllstände in Kunststoff- oder Metallbehältern bspw. mit Hydraulikölen, Emulsionen, Pulvern, Granulaten etc. einsetzen.



Abb. 11: Sonderbauform der Reihe **FM9101**, die auf die Medienberührung an der Messspitze reagiert.

2.3.3 WESENTLICHE VORTEILE IM ÜBERBLICK

Die einfach zu installierenden Füllstandsensoren der Reihen **FM9103/FM9100** und **FM9101** eignen sich für Anwendungen in einem breiten Medientemperaturbereich. Sie sind druckfest bis 10bar und mit Sondenlängen bis 800mm erhältlich. Die Geräte mit G3/4“-Prozessanschluss verfügen über Analogausgänge und konfigurierbare bzw. programmierbare Schaltausgänge. Die integrierte Folientastatur, u.a. zur Einstellung der Ansprechempfindlichkeit, ermöglicht eine besonders einfache Bedienung. Am Display lässt sich der aktuelle Füllstand in „cm“ oder „%“ ablesen. Die Lösungen der Reihe **FM9103/FM9100** überzeugen aufgrund ihres Parallelstabes als Messsonde durch besonders präzise Füllstandmessungen. Neben flüssigen sowie zähflüssigen Medien lassen sich mit diesen Sensoren auch Füllstände in Behältern mit Feststoffen wie Pulver und Granulate messen.



Abb. 12: Niveaubefragung bei einem Vorratsbehälter für Hydrauliköl mit einem Sensor der Reihe **FM9103**.

2.4 HYDROSTATISCHE FÜLLSTANDKONTROLLE

Sensoren die nach diesem Funktionsprinzip arbeiten, ermitteln den Füllstand anhand des hydrostatischen Drucks, der durch die Höhe einer Flüssigkeitssäule in einem Behälter auf die Messmembrane im Gerät einwirkt. Die Ermittlung des Füllstandes ist außerdem von der spezifischen Dichte eines Mediums und der sogenannten Gravitationskonstante ($9,81\text{m/s}^2$) abhängig. Aufgrund der Gravitation nimmt mit steigender Höhe einer Flüssigkeitssäule in einem Behälter der hydrostatische Druck zu. Die entsprechende Formel hierzu lautet: $h = p / \rho \times g$ (h = Füllstandhöhe, p = Druck, ρ = Dichte des Mediums, g = Gravitationskonstante).

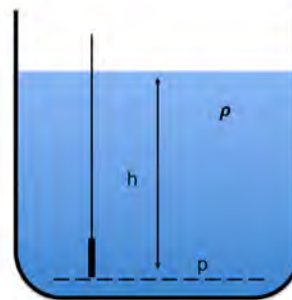


Abb. 13: Berechnung der Füllstandhöhe über den hydrostatischen Druck: $h = p / \rho \times g$
(h = Füllstandhöhe, p = Druck, ρ = Dichte des Mediums, g = Gravitationskonstante ($9,81\text{m/s}^2$))

2.4.1 WARTUNGSFREIE „ONE-FOR-ALL“-LÖSUNGEN FÜR EINFACHE ABFRAGEN

Die Sensoren zur hydrostatischen Füllstandabfrage **FY98** von ipf electronic sind gewissermaßen „One-for-all“-Lösungen, weil sie sich für ein sehr breitgefächertes Einsatzfeld eignen und außerdem überaus einfach zu installieren sind. So benötigen Anwender für ihre hochpräzisen spezifischen Füllstandabfragen nur einen einzigen Sensor plus Auswerteeinheit. Die wartungsfreien hydrostatischen Drucksensoren sind auf eine Wassersäule von 1,5m oder für einen Druckbereich von 0 bis 0,4bar abgestimmt und lassen sich ohne weitere Einstellungen problemlos durch eine „hängende“ Montage installieren. Wie bereits einleitend zur hydrostatischen Füllstandüberwachung beschrieben, integrieren die Sensoren eine Druckmesszelle mit nachgeschalteter Elektronik, die den statischen Druck einer Flüssigkeitssäule in ein analoges Messsignal umwandelt. Da hier messtechnisch der statische Druck ermittelt wird, können auch gelartige oder pastöse Medien abgefragt werden. Die Einsatzfelder dieser Sensoren sind zumeist in Füllstandabfragen von flüssigen Medien wie z. B. Wasser, Abwasser, Lösungsmittel, Ölschlamm, Fette, etc. zu finden.



Abb. 14: Sogenannte Seilsonden der Baureihe **FY98** lassen sich als „One-for-all“-Lösungen überaus einfach installieren und sind sehr vielseitig einsetzbar.

2.4.2 FÜLLSTANDÜBERWACHUNG MIT DRUCKSENSOREN

Wenn über die hydrostatische Füllstandüberwachung gesprochen wird, dann müssen auch Drucksensoren wie der **DW363111** von ipf electronic genannt werden. Das Funktionsprinzip des Gerätes ähnelt dem von Seilsonden und basiert auf einer in der elektronischen Druckmesstechnik weit verbreiteten Membrankonstruktion. In piezoresistiven Dünn- und Dickfilmsensoren sind hierzu Widerstände auf einer Membrane aufgebracht, deren Werte sich unter einer druckbedingten mechanischen Spannung ändern. Jede Druckmessung ist eine Differenzdruckmessung zwischen den beiden Flächen der Membrane, wobei zwischen Absolut- und Relativdruck unterschieden wird. In den meisten Fällen wird in der Praxis der Relativdruck eines flüssigen oder gasförmigen Mediums gemessen- und zwar bezogen auf den atmosphärischen Luftdruck.

Der Drucksensor **DW363111** ist für einen Messbereich von 0 bis 1bar ausgelegt und lässt sich für die Füllstandüberwachung mit einem entsprechenden Anschluss seitlich im unteren Bereich eines mit einem flüssigen Medium gefüllten Behälter installieren. Eine Besonderheit des Drucksensors ist seine skalierbare Anzeige, mit der nicht nur der Druck in Millibar, sondern alternativ auch die hierzu korrelierende Füllhöhe in einem Behälter in Millimeter angezeigt werden kann. Das ist vor allem dann von Vorteil, wenn bspw. ein Behälter mit Öl statt mit Wasser gefüllt ist. Da Öl leichter ist als Wasser, ist die Umrechnung von Druck in die entsprechende Füllhöhe umständlich. Eine Prozedur, die indes mit dem Drucksensor **DW363111** nicht erforderlich ist.



Abb. 15: Der Drucksensor **DW363111** verfügt über eine skalierbare Anzeige, die nicht nur den Druck in Millibar, sondern alternativ auch die hierzu korrelierende Füllhöhe in Millimeter anzeigt.

2.4.3 WESENTLICHE VORTEILE IM ÜBERBLICK

Sensoren bzw. sogenannte Seilsonden für die hydrostatische Füllstandüberwachung bestehen aus sehr einfach zu handhabenden Gerätelösungen mit einem medienresistenten Gehäuse aus Edelstahl (Schutzklasse IP68), die sich für viele flüssige und pastöse Medien eignen, wobei für die kontinuierliche Füllstandabfrage nur ein einziger Sensor benötigt wird. Die Lösungen mit G1/2 Zoll- oder 1 Zoll-Prozessanschluss sind in Anhängigkeit zur jeweiligen Behälterhöhe mit unterschiedlichen Leitungslängen erhältlich und liefern hochpräzise Messergebnisse.

Alternativ zu solchen Geräten lassen sich aber auch Drucksensoren wie der **DW363111** für die Füllstandüberwachung einsetzen, vorausgesetzt, es besteht ein entsprechender Anschluss an einem Behälter. Da das Display des Drucksensors in der Lage ist, die Füllhöhe in Millimeter anzugeben, entfällt eine umständliche Umrechnung von Millibar auf Millimeter.



Abb. 16: Hydrostatische Bestimmung des Füllstandniveaus bei einem Laugenbehälter.

2.5 FÜLLSTANDKONTROLLE MIT ULTRASCHALL

Ultraschallsensoren bzw. Ultraschalltaster für die Füllstandüberwachung arbeiten nach dem sogenannten Echo-Laufzeit-Verfahren. Hierbei sendet der Schallwandler des Gerätes, der gleichzeitig als Empfänger dient, zyklisch einen hochfrequenten Schallimpuls aus, der von einer Medienoberfläche reflektiert wird. Anhand der Zeit, die der Schallimpuls vom Sensor zu Oberfläche und zurück zum Gerät benötigt, lässt sich das Füllstandniveau in einem Behälter ermitteln.

Ultraschallsensoren erzielen hohe Reichweiten und arbeiten berührungslos, ergo verschleißfrei. Überdies sind sie für Füllstandmessungen aus größeren Entfernungen geeignet. Einsetzbar sind die Sensoren in diesen Zusammenhang bei allen Medien, die in der Lage sind, den Schall in ausreichender Menge zu reflektieren. Dabei ist es unerheblich, ob das Material klarsichtig oder undurchsichtig ist. Somit werden Ultraschallsensoren besonders dort eingesetzt, wo z. B. hochtransparente Flüssigkeiten abgefragt werden müssen.

2.5.1 FLEXIBLE LÖSUNGEN MIT BREITEM REICHWEITENSPEKTRUM

Ultraschallsensoren zur Füllstandkontrolle der Reihen **UT12**, **UT18**, **UT30**, **UT36** und **UT80** von ipf electronic erzielen je nach Geräteversion hohe Reichweiten (bis zu 6m, z. B. in Silos) und arbeiten ausnahmslos berührungslos. Somit lassen sich mit den verschleißfreien Sensoren auch Füllstandabfragen in Behältern mit äußerst aggressiven Medien realisieren. Die temperaturkompensierte Füllstandmessung ist hierbei generell im Umgebungstemperaturbereich von -20°C bis $+70^{\circ}\text{C}$ möglich. Der Einsatz in Warmluft-Konvektionsströmungen muss allerdings gesondert bewertet werden, da turbulente Strömungen die Echolaufzeit stark beeinflussen. Mitunter sind hier dem Einsatz der Geräte Grenzen gesetzt. Die Einstellung der Sensoren ist denkbar einfach und erfolgt mittels Teach-In. Der Schallaustritt kann dabei je nach Gerätevariante entweder axial oder seitlich erfolgen.



Abb. 17: Verschiedene Ultraschallsensoren von ipf electronic zur berührungslosen Füllstandüberwachung.

Neben den „Standardlösungen“ für die Füllstandüberwachung, bietet das Portfolio von ipf electronic zudem Geräte für ganz spezifische Einsatzbereiche. In diesem Zusammenhang sind vor allem Lösungen wie die Reihe **UT12** zu nennen, deren Schallwandler einen Öffnungswinkel von lediglich 6° aufweist. Darüber hinaus lassen sich diese Sensoren mit einer Schalldüse bzw. einem Schallreduzierstück ausstatten, das den Schallimpuls des Gerätes zusätzlich fokussiert. Diese Geräte sind insbesondere für die Füllstandkontrolle von Behältern mit besonders kleinen Öffnungen (z. B. Reagenzgläser) konzipiert worden. Erwähnenswert sind außerdem besonders robuste und extrem dichte Geräteausführungen mit Vollmetallgehäuse wie der **UT30E278**, bei dem auch der Schallwandler komplett metallisch geschlossen ist.

Angesichts derart vielfältiger technischer Eigenschaften sind die Ultraschallsensoren für Einsätze in allen erdenklichen Industriebereichen ausgelegt, z. B. zur Füllstandabfrage in Silos, in Behältern mit aggressiven Medien oder Behältern mit extrem kleinen Öffnungen, wie sie z. B. in der Medizin-, Pharma- oder Labortechnik verwendet werden.

2.5.2 MEHR FREIHEITEN DURCH IO-LINK-SCHNITTSTELLE

Aus dem reichhaltigen Angebot an Ultraschallsensoren von ipf electronic können außerdem die IO-Link-Geräte mit Analogausgang hervorgehoben werden. Diese Lösungen lassen sich über die IO-Link-Schnittstelle sehr flexibel parametrieren und bieten somit ein Maximum an Freiheiten für ganz individuelle Aufgabenstellungen. In der Standardeinstellung liefert der Analogausgang ein abstandsproportionales Messsignal im Bereich von 4-20mA. Dank IO-Link kann das Signal aber auch auf 0-20mA oder 0-10V umgeschaltet werden. Der Anwender ist somit völlig frei in der Wahl der jeweils für eine Anwendung geeigneten Messsignale. Zusätzlich zum Analogausgang integrieren die IO-Link-Ultraschallsensoren einen vielseitigen Teach-Eingang, dem über die IO-Link-Schnittstelle gleich mehrere Funktionen zugewiesen werden können, z. B. Schaltausgang, Synchronisationsausgang oder Multiplexeingang.

Wird der Teach-Eingang via IO-Link zum Schaltausgang, lassen sich sämtliche Funktionen und Einstellungsoptionen nutzen, die auch die Sensoren mit Schaltausgang bieten. Zusätzlich steht jedoch auch noch der Analogausgang für Messsignale zur Verfügung.



Abb. 18: Ein Ultraschallsensor **UT800320** zur Abfrage des Wasserstandes in einer Zisterne.

Müssen mehrere Sensoren nebeneinander betrieben werden, z. B. bei der Niveauekontrolle an einer Abfüllstation, kann der Teach-Eingang als Synchronisationseingang genutzt werden. Wie bereits weiter oben beschrieben, dient der Schallwandler von Ultraschallsensoren als Sender und Empfänger. Er ist daher nicht in der Lage, gleichzeitig einen Schallimpuls zu senden und dessen Echo zu empfangen. Sind mehrere Sensoren nebeneinander im Einsatz, kann somit der Schallimpuls eines Sensors den Schallwandler des benachbarten Sensors stören. Mit dem Teach-Eingang als Synchronisationseingang erzeugen jedoch alle Sensoren zur gleichen Zeit einen Schallimpuls und schalten danach auf Empfang. Die Geräte arbeiten somit perfekt im Einklang und somit störungsfrei miteinander.



Abb. 19: Füllniveauekontrolle mit mehreren IO-Link-Ultraschallsensoren an einer Abfüllstation.

Im Multiplexbetrieb erzeugt indes immer nur ein Sensor einen Schallimpuls und schaltet anschließend zur Auswertung des Echos auf Empfang, bevor der nächste Sensor aktiv wird. In diesem Fall ist somit beim gleichzeitigen Einsatz mehrerer Geräte nebeneinander jeweils immer nur ein Sensor in Betrieb, wodurch zuverlässig eine gegenseitige Beeinflussung verhindert wird.

2.5.3 WESENTLICHE VORTEILE IM ÜBERBLICK

Ultraschallsensoren für die Füllstandabfrage arbeiten verschleiß- und damit völlig wartungsfrei. Hierbei lassen sie sich u.a. aufgrund ihrer einstellbaren Arbeitsabstände von 2mm bis 6m sehr flexibel einsetzen, von der Füllstandüberwachung in einem Silo bis hin zum Reagenzglas. Da die Geräte berührungslos arbeiten, eignen sie sich ideal für besonders anspruchsvolle Füllstandabfragen z. B. von aggressiven Medien oder Flüssigkeiten.

Zu den weiteren Vorzügen der Ultraschallsensoren gehören u.a. hohe Auflösungen von 0,25mm bis 1,5mm und kurze Ansprechzeiten von 100ms bis 400ms. Ultraschallsensoren mit IO-Link-Schnittstelle und Analogausgang bieten darüber hinaus ein hohes Maß an Einsatzflexibilität, da sie sich auch im Hinblick auf ganz individuelle Aufgabenstellungen via IO-Link völlig frei parametrieren lassen und zudem wahlweise ein Messsignal (4-20mA, 0-20mA oder 0-10V) zur Verfügung stellen.

2.6 OPTISCHE FÜLLSTANDKONTROLLE

Für die optische Füllstandüberwachung bieten sich Taster mit Hintergrundaussblendung, Lastertaster sowie Einweg-Lichtschranken an. Optische Taster mit Hintergrundaussblendung arbeiten berührungslos und überzeugen durch eine hohe Schaltgenauigkeit. Die Sensoren verfügen über einen genau definierten Tastbereich, innerhalb dessen sie Objekte nahezu unabhängig von deren Oberfläche und Farbe erkennen. Außerhalb dieses scharf abgegrenzten Messbereichs, also im Hintergrund, werden hingegen alle Objekte unabhängig von deren Beschaffenheit oder Oberfläche vom Gerät ignoriert. Optische Taster integrieren Sender und Empfänger in einem Gerät. Das gesendete Licht wird vom abzufragenden Medium oder Material reflektiert und vom Empfänger erfasst, woraufhin im definierten Erfassungsbereich der Schaltausgang des Sensors seinen Zustand ändert.

Lasertaster integrieren ebenfalls Sender sowie Empfänger in einem Gerät und eignen sich aufgrund des fokussierten Laserlichts für besonders präzise Füllstandabfragen. Vor diesem Hintergrund weisen spezifische Lösungen von ipf electronic einige Besonderheiten auf, die weiter unten näher beschrieben werden.

Führen optische Taster aus vielerlei Gründen in bestimmten Applikationen indes nicht zum gewünschten Ziel, sind Hochleistungslichtschranken möglicherweise eine Option. Als Einwegsysteme bestehen Hochleistungslichtschranken aus einem separaten Sender und Empfänger sowie einem zusätzlichen Verstärker. Diese Gerätekombination eröffnet vor allem in Anwendungen mit besonders hoher Staub- und Schmutzbelastung interessante Potenziale bei der Füllstandüberwachung, wie noch deutlich wird.

2.6.1 OPTISCHE TASTER MIT HINTERGRUNDAUSBLENDUNG

Der Einsatz von optischen Tastern mit Hintergrundaussblendung verfolgt bei Füllstandabfragen stets das Ziel, ab einem bestimmten Füllniveau (minimaler oder maximaler Füllstand) eines Behälters ein eindeutiges Schaltsignal zu erhalten. Die Wahl eines geeigneten Tasters hängt daher u.a. maßgeblich von der Art des abzufragenden Mediums bzw. Materials sowie der für eine spezifische Applikation erforderlichen Reichweite des Sensors ab. Welche Lösung sich letztendlich für eine Anwendung als ideal erweist, lässt sich daher nur durch eine genauere Betrachtung der konkreten Aufgabenstellung unter Berücksichtigung aller beeinflussenden Faktoren in der Praxis beurteilen. Im Allgemeinen empfehlen sich im Zusammenhang mit der optischen Füllstandüberwachung aber insbesondere Geräte mit vergleichsweise höheren Reichweiten wie z. B. der **OT430423** mit Hintergrundaussblendung von ipf electronic, der mit sichtbarem Rotlicht arbeitet und über einen Schaltabstand von maximal 500mm verfügt.



Abb. 20: Optische Sensoren mit Hintergrundaussendung wie der **OT430423** verfügen über eine maximale Reichweite von bis zu 500mm.

Sind indes höhere Reichweiten erforderlich, können die mit Infrarotlicht arbeitenden optischen Taster der Reihe **OT59** mit Schaltabständen bis maximal 2500mm eine Alternative sein. Diese Geräte eignen sich schon allein aufgrund des relativ großen Lichtflecks sehr gut für Füllstandabfragen, bei denen z. B. Materialien mit eher unregelmäßigen Oberflächenstrukturen sicher erfasst werden müssen. Da die Sensoren der Reihe **OT59** überdies mit integrierten Zeitfunktionen erhältlich sind, lässt sich z. B. auch eine vordefinierte Einschaltverzögerung einstellen, um bspw. Fehlsignale des Sensors beim Nachfüllen eines Behälters mit Material zu vermeiden.

Für die kontinuierliche optische Füllstandkontrolle über ein Analogsignal (4...20mA) empfiehlt sich z. B. der **OT450021** mit einer Messreichweite von 550mm. Der optische Taster arbeitet nach dem Triangulationsverfahren. Dabei wird der Abstand zu einem Objekt indirekt über den Einfallswinkel des vom Objekt reflektierten Lichtsignals gemessen und durch die interne Elektronik in ein Messsignal umgewandelt. Dieses Funktionsprinzip ermöglicht eine nahezu farb- und oberflächenunabhängige Entfernungsmessung.



Abb. 21: Der **OT595905** verfügt über einen maximalen Schaltabstand von 2500mm und eignet sich insbesondere für Materialien mit eher unregelmäßigen Oberflächenstrukturen.

2.6.2 LASERTASTER MIT HOHER REICHWEITE FÜR PRÄZISE FÜLLSTANDABFRAGEN

Für zuverlässige, berührungslose Füllstandabfragen aus größeren Entfernungen empfehlen sich zudem Lasertaster mit Hintergrundausbldung. Aus dem Portfolio an Lösungen sind hier z. B. der **PT370520** (Laserklasse 1) mit einer Reichweite von maximal 400mm, der **PT490375** (Laserklasse 2) mit maximal 550mm Reichweite, der **PT440304** (Laserklasse 2) mit einer Reichweite bis zu 600mm und der **PT630525** (Laserklasse 1) mit einem maximalen Schaltabstand von 1750mm zu nennen.

Für die kontinuierliche Füllstandabfrage hat ipf electronic ebenfalls eine Reihe an Lösungen mit Analogausgängen (0...10V/4...20mA) im Portfolio, z. B. die nach dem Triangulationsverfahren arbeitende Baureihe **PT64**. In der Baureihe weisen die Geräte **PT640026** (Laserklasse 2) mit einem punktförmigen Lichtstrahl und der **PT643026** (Laserklasse 2) mit linienförmiger Laserstrahlausprägung hohe Reichweiten bis 1000mm auf.

Gewissermaßen aus dem Rahmen fällt indes der Lasertaster **PT900021** von ipf electronic, der nicht nur durch eine enorme Reichweite von bis zu 35.000mm überzeugt, sondern sich insbesondere für Medien mit hohen Oberflächentemperaturen und somit einer hohen Wärmeabstrahlung eignet. Ein gutes Beispiel hierfür liefern Betriebe, die Flüssigaluminium verarbeiten, wie etwa Hersteller von Armaturen oder Fahrzeugfelgen. Das Rohmaterial, zumeist in Form von Aluminiumbarren, wird in der Regel in einem zentralen Ofen aufgeschmolzen und anschließend in Transportbehälter zur Weiterverarbeitung abgefüllt. Der **PT900021** überwacht hierbei aus sicherer Entfernung den Füllstand der Behälter und wird auch durch die hohe Infrarotstrahlung der Oberfläche des flüssigen Aluminiums in seiner Funktionsweise nicht beeinträchtigt.



Abb. 22: Ideal für Medien mit hohen Oberflächentemperaturen und damit hoher Infrarotstrahlung, der Lasertaster **PT900021**.

2.6.3 HOCHLEISTUNGSLICHTSCHRANKEN

Hochleistungslichtschranken werden im Grunde in Applikationen eingesetzt, wo andere optische Systeme zur Füllstandüberwachung scheitern, wobei sie vor allem in Anwendungen mit hoher Staub- und Schmutzbelastung ihre Stärken zeigen. Wie bereits weiter oben beschrieben, bestehen diese Lichtschranken als dreiteilige Systeme aus einem Sender, Empfänger und einem Verstärker als zentrale Komponente. Je nach Zusammenstellung der Einzelkomponenten erzielen Hochleistungslichtschranken von ipf electronic Reichweiten von bis zu 70 Metern. Diese Reichweiten werden jedoch zumeist nicht ausgeschöpft, sondern die Systeme stattdessen mit ähnlichen Reichweiten genutzt, die von klassischen Lichtschranken bekannt sind. Die durch die hohe Sendeleistung verfügbaren Leistungsreserven von Hochleistungslichtschranken dienen auf kürzeren Distanzen vor allem zur hocheffizienten Verschmutzungskompensation.

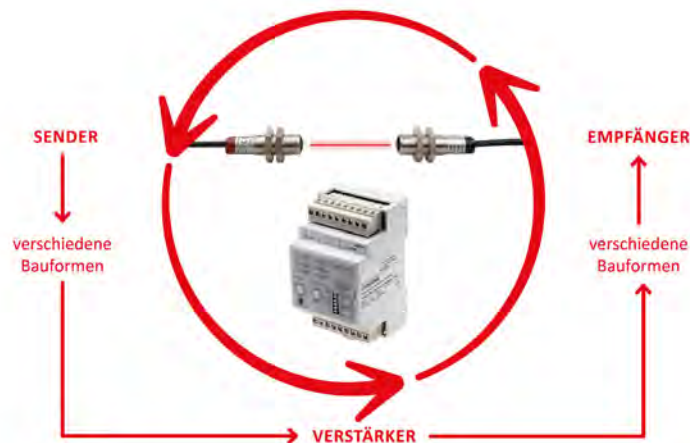


Abb. 23: Als dreiteilige Systeme bestehen Hochleistungslichtschranken aus einem Sender, Empfänger und einem Verstärker. Das Portfolio von ipf electronic ermöglicht mehr als 5.400 verschiedene Gerätekombinationen.

Das Angebot an Hochleistungslichtschranken von ipf electronic ist überaus breitgefächert und umfasst mehr als 50 Produkte, die mehr als 5.400 verschiedene Gerätekombinationen ermöglichen. Die Lichtschranken arbeiten mit nicht sichtbarem Infrarotlicht als Sendesignal mit einer Wellenlänge von 880nm, das über hervorragende Durchdringungseigenschaften verfügt.

Welches System bestehend aus Sender, Empfänger und Verstärker sich letztendlich für eine spezifische Anwendung eignet, ist ähnlich wie bei den optischen Tastern mit Hintergrundausbldung vor allem von der jeweiligen Applikation und den dort vorherrschenden Umgebungsbedingungen abhängig. Vor diesem Hintergrund wird an dieser Stelle darauf verzichtet, konkrete Produkte bzw. Systemlösungen aus dem Portfolio von ipf electronic vorzustellen.

Im Zusammenhang mit verschiedensten Füllstandabfragen, vor allem in Umgebungen mit hohem Schmutzaufkommen, ist es jedoch wichtig, dass die Einkanal- und Multiplexverstärker zum Anschluss von einer Lichtschranke oder mehreren Lichtschranken (Multiplexbetrieb) u.a. eine manuelle oder automatische Leistungsregelung der Systemlösungen ermöglichen. Für die Füllstandkontrolle werden in der Regel Einkanalverstärker mit manueller Leistungsregelung eingesetzt. Der Vollständigkeit halber soll hier aber auch kurz die automatische Betriebsart beschrieben werden. In dieser Betriebsart regelt der Verstärker eine anfänglich einmal vorgegebene Sendeleistung je nach den vorherrschenden Umgebungsbedingungen automatisch nach, wobei er hierzu die Lichtschranke einsatzbezogen auf eine minimale, aber kontinuierlich überwachte Sendeleistung hält. Verringert sich die vorgegebene Signalstärke auf der Empfängerseite, z. B. durch eine zunehmende Verschmutzung der Sensoroptiken, führt der Verstärker die Sendeleistung automatisch so weit nach, bis das Empfangssignal wieder den vorhergehenden Ausgangswert erreicht. Der Signaldrift wird demnach durch eine entsprechende Erhöhung des Sendesignals ausgeglichen.

In der manuellen Betriebsart, die vorzugsweise bei Füllstandabfragen zum Einsatz kommt, wird dem Sender der Lichtschranke eine fest eingestellte und somit für die Anwendung konstante Leistung vorgegeben. Daher eignet sich diese Betriebsart vor allem für Abfragen, bei denen Restanhaftungen von Medien an den Sensoren zuverlässig ausgeblendet bzw. kompensiert werden sollen oder aber, um keine Schaltfunktion beim Nachfüllen durch einen Materialstrom auszulösen. Beispiele hierfür finden sich etwa bei der Überfüllsicherung von Behältern oder bei der Füllstandkontrolle in Silos, wie die nachfolgenden Abbildungen verdeutlichen.



Abb. 24: Lichtschanke mit Einkanalverstärker (manuelle Betriebsart) zur Überfüllsicherung an einem Steinbrecher. Der Materialstrom löst beim Nachfüllen keine Schaltfunktion aus.



Abb. 25: Lichtschanke mit Einkanalverstärker (manuelle Betriebsart) zur Füllstandkontrolle in einem Silo.

2.6.4 WESENTLICHE VORTEILE IM ÜBERBLICK

Taster mit Hintergrundausbldung sind bei der optischen Füllstandüberwachung zu meist die erste Wahl, da sich die Geräte als Einzellösung einfach in eine Applikation integrieren lassen. Aufgrund des sichtbaren Rotlichts bzw. Laserlichts (Laserklasse 1 oder 2) können die optischen Taster während der Montage einfach justiert werden und sind nach dem Teach-in sofort betriebsbereit. Optische Taster von ipf electronic mit Hintergrundausbldung ermöglichen Reichweiten bis 500mm (sichtbares Rotlicht) bzw. bis maximal 1750mm (Lasertaster). Müssen noch größere Schaltabstände realisiert werden, empfehlen sich die optischen Taster der Reihe **OT59** mit Reichweiten bis maximal 2500mm. Diese Taster eignen sich vor allem zur Abfrage von Materialien mit eher unregelmäßigen Oberflächenstrukturen und sind je nach Geräteversion auch mit Zeitfunktionen verfügbar. Eine gewisses Alleinstellungsmerkmal bei der optischen Füllstandüberwachung hat der Lasertaster **PT900021** von ipf electronic. Eine hohe Reichweite bis 35.000mm und die Möglichkeit, den Sensor auch bei Medien mit hohen Oberflächentemperaturen einsetzen zu können, prädestinieren diesen Taster für ganz spezielle Aufgabenbereiche.

Die Füllstandkontrolle mit Hochleistungslichtschranken empfiehlt sich insbesondere für Applikationen, in denen optische Taster an Grenzen stoßen. Die Leistungsreserven, die die Hochleistungslichtschranken aufgrund der hohen Sendeleistung zur Verfügung stellen, ermöglichen eine hocheffektive Kompensation von Schmutz oder anderen störenden Bedingungen, die Sender- und Empfängeroptiken im Betrieb beeinflussen können. In der manuellen Betriebsart lässt sich durch die Vorgabe einer konstanten Leistung das Gesamtsystem in jedem Fall optimal auf die jeweilige Applikation einstellen.

2.7 INDUKTIVE FÜLLSTANDMESSUNG

Induktive Füllstandsensoren eignen sich ideal für die Füllstandüberwachung in sogenannten Rütteltöpfen bzw. Schwingförderern. Insofern handelt es sich hier gewissermaßen um hochspezialisierte Lösungen. Induktive Näherungsschalter erkennen auf kurze Distanz alle leitfähigen Metalle und werden von anderen Materialien nicht beeinflusst. Und genau diese Eigenschaft machen sich die induktiven Füllstandsensoren der Reihe **FI52** von ipf electronic zu nutze. Sie bestehen aus einem Halter mit integriertem induktiven Näherungsschalter und einem beweglichen Pendel, in dem sich ein Metallteil zur Abfrage befindet. In seiner Ausgangslage folgt das Pendel der Schwerkraft und hängt demnach senkrecht nach unten. Hierbei hat das im Pendel eingelassene Metallteil Kontakt mit der aktiven Fläche des induktiven Sensors, der daraufhin ein Schaltsignal ausgibt.

Das System wird so über einen Schwingförderer angebracht, dass das Pendel in den Behälter hineinragt. Ist der Förderer eingeschaltet, bewegt sich das darin befindliche Material durch die Schwingungen in eine bestimmte Richtung, wobei das Pendel vom Material mitgeführt wird. Das im Pendel integrierte Metallteil bewegt sich daher vom Sensor weg, der kein Schaltsignal ausgibt. Ist nur noch wenig oder gar kein Material mehr im Schwingförderer, bewegt sich das Pendel in seine senkrechte Ausgangslage zurück. Der Sensor schaltet daraufhin und signalisiert somit, dass der Förderer mit neuem Material aufgefüllt werden muss.

ipf electronic bietet mit den **FI52** eine ganze Reihe an induktiven Füllstandsensoren an, die sich im Wesentlichen durch die verwendeten Materialien für das Pendel und das Gelenk am Halter unterscheiden.



Abb. 26: Füllstandssensor FI520172 für einen Schwingförderer. Das Pendel besteht aus Edelstahl. Zu erkennen ist auch die Verdickung im oberen Bereich, die zur Abfrage mit dem im Halter integrierten induktiven Näherungsschalter dient.

2.8 KALORIMETRISCHE FÜLLSTANDKONTROLLE

Ein weniger bekanntes Verfahren ist die Füllstandkontrolle mit Strömungssensoren, die nach dem kalorimetrischen Prinzip arbeiten, das hier kurz im Zusammenhang mit der eigentlichen Funktionsweise der Geräte erläutert werden soll. Strömungssensoren bzw. sogenannte thermodynamische Strömungssensoren verfügen über einen Messfühler bzw. ein Sensorelement, das von innen heraus um einige Grad Celsius gegenüber dem Medium, in das der Messfühler hineinragt, aufgeheizt wird. Die im Sensorelement erzeugte Wärme wird durch das Medium abgeführt. Dieser Wärmeabfuhr- bzw. Kühleffekt ist umso stärker, je schneller das Medium an dem Sensorelement vorbeiströmt. Die im Messfühler entstehende Temperatur wird gemessen und mit der ebenfalls erfassten Medientemperatur verglichen. Aus der hieraus resultierenden Temperaturdifferenz lässt sich nun für jedes Medium der Strömungszustand ableiten.

Bei der Füllstandkontrolle misst ein solcher Sensor jedoch nicht die Strömung im eigentlichen Sinne. Dennoch ermöglicht es das spezielle Funktionsprinzip, bei dem das aufgeheizte Sensorelement die erzeugte Wärme an ein zu kontrollierendes Medium abgibt, den Füllstand in einem Behälter zu überwachen. Voraussetzung hierfür ist, dass das Medium in der Lage ist, genügend Wärme von dem Sensorelement aufzunehmen. In diesem Fall wird das Sensorelement in Kontakt mit einem Medium gekühlt, wohingegen dieser Effekt unterbleibt, wenn kein Kontakt bzw. Medienfüllstand vorhanden ist. Der Sensor „interpretiert“ daher einen anstehenden Medienfüllstand gewissermaßen als Strömung und liefert ein Schaltsignal. Sinkt der Füllstand dagegen unterhalb des Sensorelementes, ist dieses bspw. von der Luft in einem Behälter umgeben. Luft verfügt über sehr gute Isolationseigenschaften. Daher wird weniger Wärme über das Sensorelement abgeführt, was im Prinzip einer „fehlenden Strömung“ gleichkommt. Der Sensor liefert somit kein Schaltsignal.

2.8.1 KOMPAKTGERÄT ODER ZWEITEILIGE LÖSUNG?

Für die Füllstandkontrolle mit Strömungssensoren kommen sowohl Kompaktgeräte der Reihe **SS40**, **SS41** und **SS42** mit Messfühler als auch zweiteilige Systeme der Reihe **SS89** sowie **SS90** von ipf electronic in Frage. Welche Lösung in einer spezifischen Anwendung zum Einsatz kommt, hängt einerseits vom zu kontrollierenden Medium und andererseits von der Einbausituation am Installationsort des Sensors ab.



Abb. 27: Strömungssensoren: Kompaktgerät (oben) und ein Sensorelement eines zweiteiligen Systems, zu dem noch eine separate Auswerteeinheit gehört.

Während die Kompaktgeräte bereits die Auswerteeinheit integrieren und daher die Einstellung des Sensors unmittelbar vor Ort erfolgen kann, bestehen die zweiteiligen Systeme aus einem Sensorelement, das in einen zu kontrollierenden Behälter mit einem Medium hineinragt, sowie einem hiervon getrennten Auswertegerät für Einstellungen und für die Signalbewertung. Die zweiteiligen Systeme mit getrennter Auswerteelektronik bieten sich vor allem für die Füllstandkontrolle von Medien mit höheren Temperaturen an. Darüber hinaus ist ihr Einsatz immer dann sinnvoll, wenn das Platzangebot am Einbauort für ein Kompaktgerät nicht ausreicht oder aber der Sensor nach der Montage zur Parametrierung nicht erreichbar ist.

2.8.2 WESENTLICHE VORTEILE IM ÜBERBLICK

Strömungssensoren für die kalorimetrische Füllstandüberwachung werden eher selten eingesetzt, da die Technologie für dieses Einsatzfeld vielfach noch zu wenig bekannt ist. Dennoch bietet die als Kompaktgeräte oder zweiteilige Systeme erhältlichen Lösungen für die Füllstandkontrolle einige entscheidende Vorteile. Die Kompaktgeräte sind einfach zu installieren, weil sie alle notwendigen Funktionen für eine präzise Füllstandüberwachung

in einer einzigen Lösung integrieren. Die zweiteiligen Systeme aus Sensor und separatem Anschlussverstärker wiederum können für die Füllstandabfrage von Medien mit höheren Temperaturen eingesetzt werden. Darüber hinaus bieten sie die Möglichkeit, den Sensor, sollte er nach der Montage für die Parametrierung nicht mehr oder nur noch schwer zugänglich sein, weiterhin einfach über den Anschlussverstärker einzustellen. Strömungssensoren verfügen über Messfühler aus Edelstahl V4A und eignen sich daher für den Einsatz in einer Vielzahl von Medien, die für andere Sensoren eher problematisch sein können, z. B. Laugen, Öle, leichte Säuren, etc. Darüber hinaus halten Strömungssensoren Drücken bis 100bar stand und sind daher auch zur Niveauekontrolle in Behältern prädestiniert, die unter Druck stehen.

3 APPLIKATIONSBEISPIELE

In den nachfolgenden Applikationsbeispielen werden verschiedene Lösungen für die Füllstandkontrolle in unterschiedlichen Anwendungen vorgestellt. Hierbei wird deutlich, dass die vielfältigen Erfahrungen eines Sensoranbieters in diesem Bereich bei der Auslegung eines geeigneten Systems für die Füllstandüberwachung von besonderem Vorteil sein können.

3.1 ULTRASCHALLSENSOR IN KOMBINATION MIT EINEM ANALOGWANDLER

Für die Füllstandüberwachung von großen Behältern sind insbesondere Sensoren mit analoger Auswertung notwendig. Als eine ideale Lösung für diese Aufgabe erwies sich ein Ultraschalltaster der Reihe **UT30** in Kombination mit dem vielseitigen Analogwandler **BA050100** von ipf electronic.



Abb. 28: Clevere Kombination: Einfache und effektive Füllstandüberwachung mit dem Ultraschalltaster **UT309023** (rechts) mit einer maximalen Reichweite von 6.000mm und dem Messumformer **BA050100**.

Der Ultraschalltaster **UT309023** (Messbereich von 600mm bis 6.000mm) ist hierzu im Deckelbereich eines Silobehälters so montiert, dass der Schallwandler des Sensors und somit die Schallkeule nach unten auf das zu detektierende Material ausgerichtet ist. Der Taster arbeitet nach dem bereits in Kapitel 2.5 beschriebenen Echo-Laufzeit-Verfahren, wobei das Gerät aus der benötigten Zeit, die die Ultraschallwellen vom Sensor zur Materialoberfläche im Behälter und zurück zum Gerät benötigen, den genauen Abstand berechnet und diesen Wert über ein abstandsproportionales analoges Signal ausgibt. Über den Teachmodus oder die integrierte IO-Link-Schnittstelle des **UT309023** kann einfach zwischen Strom- und Spannungssignal umgeschaltet werden. Zur Auswertung des Füllstandes ist hierbei nicht zwingend eine SPS notwendig, da das auch direkt über den Messumformer **BA050100** erfolgen kann.



Abb. 29: Der Ultraschalltaster wurde im Deckelbereich eines Silobehälters montiert (rechts). Der Messumformer (links) befindet sich in einem Schaltschrank, in der Nähe des Silos (Mitte).

Mit den zwei 16-Bit-Analog-Eingängen sowie den vier digitalen Ausgängen des **BA050100** ließ sich diese Applikation mit nur wenig Aufwand realisieren. Parametriert wird der sowohl auf ein Strom- als auch Spannungssignal einstellbare Messumformer über den frontseitigen Touchscreen. Zusätzlich lassen sich die vier digitalen Ausgänge den analogen Eingängen frei zuordnen und für jeden Ausgang einzeln ein Ereignis einstellen. Im konkreten Fall steuern die Digitalausgänge verschiedenfarbige Segmente einer Signalleuchte sowie ein akustisches Signal an, die über die Impulsausgabeeinstellung bei 90 Prozent der Tankbefüllung für kurze Zeit geschaltet werden. Durch eine zusätzliche Einstellung lassen sich zudem auf dem Display des **BA050100** die Schaltvorgänge der Meldeleuchten parallel durch Farbwechsel wiedergeben.



Abb. 30: Das Display des **BA050100** gibt die Schaltvorgänge der Meldeleuchten parallel durch entsprechende Farbwechsel wieder.

3.2 PRÄZISE KONTROLLE SELBST DURCH KLEINSTE ÖFFNUNGEN

Ein Chemieunternehmen füllt an einer automatischen Dosierstation Produkte in kleine Glasflaschen ab. Die Flaschen mit Öffnungen in der Größe eines Reagenzglases werden hierzu mit einer Transporteinheit zu einer Dosiereinheit transportiert und dort mit einer exakten Menge einer klaren, transparenten Flüssigkeit befüllt. Die jeweils abgefüllte Produktmenge pro Flasche muss absolut identisch sein. Daher soll jedes Behältnis vor dem Verschließen auf den korrekten Füllstand hin geprüft werden. Für diese Aufgabe testete das Unternehmen zunächst eine abdeckungsproportional arbeitende Lichtschranke (Sender-/Empfängersystem) mit linienförmigem Lichtstrahl, die den Füllstand seitlich durch

die Glaswand der Flaschen erfassen sollte. Die darin befindliche transparente Flüssigkeit ermöglichte jedoch keine ausreichende Bedämpfung und lieferte daher kein eindeutiges Signal. Lichtbrechungen erschwerten zusätzlich eine zuverlässige Füllstandkontrolle. Aufgrund der unterschiedlichen Herausforderungen entschied sich das Chemieunternehmen als nächstes für einen Ultraschallsensor. Der Vorteil: Mit Ultraschall lassen sich u.a. Füllstände in Behältnissen nahezu völlig unabhängig von den spezifischen Medieneigenschaften erfassen. Zur Füllstandkontrolle ist es erforderlich, den Sensor oberhalb der Flaschenöffnung zu positionieren, die in diesem Fall einen Durchmesser von lediglich 10mm hat.

Doch auch diese Lösung lieferte keinen Erfolg. Der Grund: Wie bereits in Kapitel 2.5 näher beschrieben, übernimmt der Schallwandler des Gerätes gleichzeitig die Funktion des Senders und Empfängers. Nach der Erzeugung des Schallimpulses fungiert der Schallwandler daher für einen kurzen Zeitraum als Empfänger. Da die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schall in Luft bekannt ist, lässt sich durch die Laufzeitmessung des Impulses vom Senden bis zum Empfang der Abstand einer Objektfläche zum Sensor und damit die Füllhöhe in einem Behältnis bestimmen. Ausgewertet wird dabei immer das erste Echosignal, also das Signal der Reflexionsfläche, die dem Sensor am nächsten liegt, und das unabhängig davon, ob noch weitere Reflexionssignale von weiter entfernten Flächen empfangen werden.

Entscheidend ist in diesem Zusammenhang die Fläche des Schallwandlers und der Öffnungswinkel der austretenden Schallkeule. Da Standard-Ultraschalltaster in Abhängigkeit zur Baugröße über Schallwandler mit einer vergleichsweise großen Fläche verfügen, erfasste die hieraus resultierende Schallkeule des eingesetzten Sensors aufgrund ihres großen Öffnungswinkels auch den Rand der engen Flaschenöffnungen. Das vom Flaschenrand erzeugte Echosignal war somit das erste Empfangssignal und wurde zur Abstandsbestimmung herangezogen. Dabei erfasste der Ultraschallsensor aber lediglich den Abstand vom Sensor bis zum Flaschenrand.

Wenn auch die Versuche mit dem Standardgerät scheiterten, die Wahl der Technologie wies gleichwohl den richtigen Weg. Letztendlich wurde ein Ultraschallsensor der Reihe **UT12** eingesetzt, der einen Durchmesser von lediglich 12mm aufweist. In der Abfüllanlage des Chemieunternehmens wurde zur Erfassung des Füllstandes der **UT129021** von ipf electronic unmittelbar hinter der Dosiereinheit montiert.



Abb. 31: Die Schalldüse am Sensorkopf des **UT129021** fokussiert den Ultraschall, sodass Füllstände in Behältnissen mit sehr kleinen Öffnungen abgefragt werden können.

Die Besonderheit bei diesem Gerät ist die am Sensorkopf angebrachte Schalldüse, die den Ultraschall fokussiert und hierdurch eine nahezu lineare Schallkeule erzeugt. Dadurch reduziert sich der Austritts- bzw. Öffnungswinkel des Schalls im Vergleich zu einem Gerät ohne Schalldüse nochmals. Auf diese Weise ist es möglich, Füllstände in Behältnissen mit sehr kleinen Öffnungen abzufragen. Das resultierende füllstandproportionale Analysignal des Sensors wird durch die übergeordnete Steuerung ausgewertet. Der Vorteil: Der Referenzwert und die zulässigen Toleranzen für den Füllstand können in der Steue-

rung flexibel gesetzt werden, sodass sich unterschiedliche Chargen mit abweichenden Füllhöhen produzieren lassen. Flaschen mit einer zu großen oder zu geringen Füllmenge werden durch die Anlagensteuerung aus der Produktion ausgeschleust. An der Dosiereinheit selbst ist außerdem ein **UT129520** mit digitalem Schaltausgang zur Anwesenheitskontrolle installiert, um vor dem Abfüllprozess sicherzustellen, dass sich auch eine Flasche an der gewünschten Position befindet.



Abb. 32: Die Ultraschallsensoren der Reihe **UT12** in der automatisierten Dosieranlage: Ein Sensor mit Schaltausgang dient zur Anwesenheitskontrolle. Das Gerät hinter der Dosiereinheit kontrolliert von oben die Füllstände durch die kleinen Flaschenöffnungen.

3.3 STETS ZUVERLÄSSIG AUCH IN RAUER UMGEBUNG

Ein auf Stahlprodukte spezialisiertes Unternehmen behandelt u.a. Edelstahl draht in der hauseigenen Beizeanlage. Die Abwässer der Beize werden in einer speziellen Anlage neutralisiert und müssen hierzu über einen hohen pH-Wert verfügen. Dies wird durch die Zugabe von Kalkmilch erreicht, die das Unternehmen selbst herstellt und hierzu den in Pulverform angelieferten Kalk in einem Behälter mit Wasser anmischt. Da die Kalkmilchaufbereitung vollautomatisch erfolgt, muss der Behälter über eine Füllstandkontrolle verfügen, die mit der Anlagensteuerung (SPS) verbunden ist. Die zunächst für diese Aufgabe eingesetzten Schwimmerschalter hielten jedoch auf Dauer den rauen Einsatzbedingungen nicht stand. So bildeten sich auf den Schwimmerschaltern immer wieder starke Kalkablagerungen, sodass die Geräte verklemmten. Daher musste der Behälter für die Kalkmilchaufbereitung regelmäßig geöffnet werden, um die Schalter zu reinigen. Mitunter war es sogar notwendig, den Behälter für die erforderlichen Arbeiten leer zu pumpen, wodurch die Produktion unterbrochen wurde. Hinzu kam, dass auch die Kabel der Schwimmerschalter zur SPS angegriffen und zersetzt wurden.

Mit dem Füllstandsensor **FK92E117** hatte ipf electronic schließlich eine Lösung, die den aggressiven Umgebungsbedingungen stand hielt und sich in Kombination mit dem digitalen Messumformer **BA960900** zur Signalaufbereitung einfach in die automatisierte Kalkmilchaufbereitung integrieren ließ.

Das Gehäuse des kapazitiven Sensors mit M12-Anschluss besteht aus Edelstahl, die aktive Zone (Sonde) aus PTFE. Der **FK92E117** mit integrierter Auswerteelektronik ist äußerst resistent gegenüber Chemikalien, wobei sich die eigentliche Sonde (in dieser Anwendung mit einer Länge von 1100mm) in einem Umgebungstemperaturbereich von -25° C bis +100° C einsetzen lässt. Das Gerät stellt einen analogen Stromausgang 4...20mA sowie zwei programmierbare Schaltpunkte bereit.



Abb. 33: Gehäuse und Anschluss des kapazitiven Füllstandsensors bestehen aus Edelstahl. Deutlich erkennbar sind die Kalkablagerungen auch auf dem Behälter der Aufbereitung.



Abb. 34: Blick in den Kalkmilchbehälter. Links vom Mischer ist die Stabsonde zu sehen, an der sich auch nach längerem Betrieb nur wenig Kalk ablagert.

Der digitale Messumformer **BA960900** verarbeitet die für die maximalen und minimalen Füllstände voreingestellten Stromsignale des Füllstandsensors und gibt bei Erreichen dieser Werte über seine Relaisausgänge die entsprechenden Signale an die SPS der Kalkmilchaufbereitung. Dem Eingangssignal des Füllstandsensors können am Messumformer bis zu vier frei programmierbare Relaischaltpunkte zugewiesen werden. Hat der Behälter der Kalkmilchaufbereitung bspw. sein Füllstandminimum erreicht, wird über ein Schaltsignal an die SPS die automatische Anmischung neuer Kalkmilch initiiert. Hierbei wird vom Sensor ebenfalls die Zugabe der korrekten Menge an Wasser überwacht. Darüber hinaus kontrolliert die Sonde als Überlaufschutz das Füllstandmaximum der Kalkmilch und fungiert als Trockenlaufschutz für die Pumpen, die sich im Behälter der Kalkmilchaufbereitung befinden.



Abb. 35: Der digitale Messumformer BA960900 verarbeitet die für die maximalen und minimalen Füllstände voreingestellten Stromsignale des Füllstandsensors.

4 ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Die vorangegangenen Applikationsbeispiele belegen einmal mehr, wie breitgefächert und damit vielseitig die potenziellen Aufgabenfelder für Füllstandüberwachungen sein können. Die Auswahl einer wirklich optimalen Lösung hängt dabei im Wesentlichen vom abzufragenden Medium, dem Einsatzort und damit u.a. auch von den dort vorherrschenden Umgebungsbedingungen ab. Wie auch immer die Voraussetzungen sein mögen, die Sensortechnologien von ipf electronic stellen für alle erdenklichen Einsatzfälle eine ganze Reihe unterschiedlicher Verfahren und damit auch konkreter Lösungen zur Verfügung, die hier nochmals zusammenfassend genannt werden sollen.

Zu den klassischen Lösungen im Bereich der Füllstandkontrolle gehören kapazitive Sensoren, die wahlweise die Einstellung fester Schaltpunkte oder eines kontinuierlichen Füllstandsignals ermöglichen. Die Geräte eignen sich für eine Vielzahl an Medien mit unterschiedlichster Konsistenz und überzeugen vor allem durch eine hohe Ansprechempfindlichkeit und damit hohe Präzision. Lösungen mit Spezialelektrode sind darüber hinaus in der Lage, Medienanhaftungen am Sensor zu kompensieren.

Zu den einfachsten Verfahren zählt die konduktive Füllstandkontrolle zur Erfassung elektrisch leitfähiger Medien, für die sowohl äußerst robuste Elektroden für Medientemperaturen bis +100° C als auch vielseitig einsetzbare Feldgeräte bereitstehen. Neben der Füll- und Grenzstanderkennung bieten sich diese Lösungen u.a. zur Überfüllsicherung von Behältern mit nicht brennbaren, wassergefährdenden Flüssigkeiten sowie für Pumpensteuerungen oder als Trockenlaufschutz an.

Hochpräzise Füllstandmessungen ohne vorherigen Medienabgleich ermöglichen Sensoren der Reihen **FM9103** sowie **FM9100** von ipf electronic, die nach dem Prinzip der geführten Mikrowelle arbeiten. Geräte mit G3/4"-Prozessanschluss verfügen über konfigurierbare bzw. programmierbare Schaltausgänge und ggfs. über einen zusätzlichen Analogausgang für kontinuierliche Füllstandabfragen. Die integrierte Folientastatur, u.a. zur Einstellung der Ansprechempfindlichkeit, ermöglicht eine besonders einfache Bedienung. Als Sonderbauform hat der Sensorspezialist hier ein Gerät im Portfolio, das auf Medienberührung an der Messspitze reagiert und zwischen verschiedenen Flüssigkeiten unterscheiden kann. Alle Lösungen sind zudem unempfindlich gegenüber Medienanhaftungen. Neben flüssigen sowie zähflüssigen Medien wie Hydrauliköle oder Emulsionen, lassen sich mit diesen Sensoren auch Füllstände in Kunststoff- und Metallbehältern mit Feststoffen wie Pulver und Granulate messen.

Als One-for-all-Lösungen und damit für ein sehr breitgefächertes Einsatzfeld sind wiederum die überaus einfach zu installierenden Seilsonden geeignet, die den Füllstand anhand des hydrostatischen Drucks ermitteln. Sie sind daher häufiger in Applikationen zur Füllstandabfrage von flüssigen Medien wie z. B. Wasser, Abwasser, Lösungsmittel, Ölschlamm, Fette, etc. zu finden. Die einfach zu handhabenden Geräte mit einem medienresistenten Gehäuse aus Edelstahl sind somit für viele flüssige und auch pastöse Medien ausgelegt, wobei für die kontinuierliche Füllstandabfrage nur ein einziger Sensor benötigt wird. Mit dem in diesem Zusammenhang ebenfalls vorgestellten Drucksensor **DW363111** lässt sich eine zuverlässige Füllstandüberwachung mit einem entsprechenden Anschluss seitlich im unteren Bereich eines mit einem flüssigen Medium gefüllten Behälter realisieren. Der Sensor hat eine skalierbare Anzeige, mit der nicht nur der Druck in Millibar, sondern alternativ auch die hierzu korrelierende Füllhöhe in einem Behälter in Millimeter angezeigt werden kann.

Erfordert eine Applikation eine berührungslose Füllstandabfrage und zusätzlich eine hohe Reichweite der hierfür eingesetzten Lösung, dann kann das eine Aufgabe für Ultraschallsensoren sein. Sie arbeiten absolut verschleißfrei und ermöglichen Reichweiten von 2mm bis 6m. Die Einstellung der Sensoren erfolgt mittels Teach-In und ist daher denkbar einfach. ipf electronic hat zu dieser Technologie außerdem äußerst kompakte Geräte im Programm, die mittels Schallreduzierstück Füllstände selbst in Behältern mit sehr kleinen Öffnungen kontrollieren können. Ultraschallsensoren bieten sich daher für Einsätze in allen erdenklichen Industriebereichen an, z. B. zur Füllstandabfrage in Silos, in Behältern mit aggressiven Medien oder, wie bereits betont, in Behältern mit extrem kleinen Öffnungen, wie sie z. B. in der Medizin-, Pharma- oder Labortechnik zum Einsatz kommen. Aus dem reichhaltigen Angebot an Ultraschallsensoren von ipf electronic sind außerdem die sehr flexibel parametrierbaren IO-Link-Geräte mit Analogausgang hervorzuheben, die ein Maximum an Freiheiten für ganz individuelle Aufgabenstellungen ermöglichen.

Ebenfalls berührungslos und damit verschleißfrei arbeiten optische Sensoren, wobei für die Füllstandüberwachung Taster mit sichtbarem Rotlicht und Lasertaster, jeweils mit Hintergrundausblendung, sowie Einweglichtschranken (Hochleistungslichtschranken) zur Verfügung stehen. Bei der optischen Füllstandüberwachung sind Taster mit Hintergrundausblendung zumeist die erste Wahl, weil sie als Einzellösung besonders einfach in eine Applikation integrierbar sind. Das sichtbare Rotlicht bzw. Laserlicht (Laserklasse 1 oder 2) ermöglicht eine einfache Justierung der Geräte während der Montage, die nach dem Teach-in sofort betriebsbereit sind. Die optischen Taster ermöglichen Schaltabstände von 400mm bis 1750mm. Sind höhere Schaltabstände erforderlich, empfehlen sich die Geräte der Baureihe **OT59** mit Reichweiten bis maximal 2500mm. Sie haben einen relativ großen Lichtfleck und eignen sich somit für Füllstandabfragen, bei denen z. B. Materialien mit eher unregelmäßigen Oberflächenstrukturen sicher erfasst werden müssen.

Für die kontinuierliche optische Füllstandkontrolle über ein Analogsignal (4...20mA) empfiehlt sich z. B. der **OT450021** mit einer Messreichweite von 550mm. Der optische Taster arbeitet nach dem Triangulationsverfahren, bei dem der Abstand zu einem Objekt indirekt über den Einfallswinkel des vom Objekt reflektierten Lichtsignals gemessen und in ein Messsignal umgewandelt wird. Dieses Funktionsprinzip ermöglicht eine nahezu farb- und oberflächenunabhängige Entfernungsmessung.

Für die kontinuierliche Füllstandabfrage mit Lasertastern hat ipf electronic ebenfalls eine Reihe an Lösungen mit Analogausgängen (0...10V/4...20mA) im Portfolio, z. B. die ebenfalls nach dem Triangulationsverfahren arbeitende Baureihe **PT64**. Vor allem die Geräte **PT640026** (Laserklasse 2) mit einem punktförmigen Lichtstrahl und der **PT643026** (Laserklasse 2) mit linienförmigem Laserstrahl verfügen über hohe Reichweiten bis 1000mm.

Herausragend ist außerdem der Lasertaster **PT900021** mit einem Schaltabstand von maximal 35.000mm. Dieser Sensor lässt sich auch bei Medien mit hohen Oberflächentemperaturen einsetzen und empfiehlt sich daher für sehr spezielle Einsatzbereiche. Hochleistungslichtschranken sind ebenfalls optische Systeme mit ganz besonderen Eigenschaften. Die Leistungsreserven, die diese Einweglichtschranken aufgrund der hohen Sendeleis-

tung zur Verfügung stellen, ermöglichen eine hocheffektive Kompensation von Schmutz, Feuchtigkeit oder anderen störenden Bedingungen, die die Sender- und Empfängeroptiken im Betrieb beeinflussen können.

Mit dem kalorimetrischen Funktionsprinzip wurde in diesem Whitepaper zudem ein eher weniger bekanntes Verfahren zur Füllstandüberwachung mit Strömungssensoren vorgestellt. Da die Funktionsweise dieser Sensoren in Kapitel 2.8 bereits hinlänglich beschrieben wurde, sollen an dieser Stelle nochmals die wesentlichen Vorteile der Kompaktgeräte sowie zweiteiligen Systemlösungen genannt werden. Strömungssensoren von ipf electronic haben einen Messfühler aus Edelstahl V4A und eignen sich daher für den Einsatz in einer Vielzahl an aggressiveren Medien, die für andere Sensoren eher problematisch sein können, hierzu gehören u.a. Laugen, leichte Säuren, aber auch bestimmte Öle. Die Sensoren halten zudem sehr hohen Drücken von bis zu 100bar stand, wodurch sie sich auch in Behältern einsetzen lassen, die unter einem hohen Druck stehen. Diese vergleichsweise einzigartigen Eigenschaften von Strömungssensoren machen die Lösungen besonders interessant für Einsatzfälle, in denen andere Sensoren und damit Verfahren zur Füllstandkontrolle vermutlich sehr schnell an ihre Grenzen stoßen.

In Anbetracht des reichhaltigen Angebots an Geräten basierend auf sehr unterschiedlichen Technologien, kann ipf electronic sehr flexibel auf die vielfältigen Anforderungen an Sensoren zur Füllstand- und Niveauekontrolle reagieren. Nicht zuletzt die sehr vielschichtigen Herausforderungen, die ipf electronic im Laufe von Jahrzehnten in diesem Zusammenhang gemeinsam mit Kunden gemeistert hat, machen das Unternehmen zu einem Spezialisten auf dem Gebiet der Füllstandüberwachung.

© Dieses White Paper ist urheberrechtlich geschützt. Die Verwendung des Textes (auch in Auszügen) sowie der Bildmaterialien in diesem Dokument ist nur mit schriftlicher Genehmigung der ipf electronic gmbh gestattet. Änderungen vorbehalten.

ipf electronic gmbh
info@ipf.de • www.ipf.de

Änderungen vorbehalten! Stand: Mai 2023