

WHITEPAPER

FLUIDTECHNIK

BREITGEFÄCHERTE TECHNOLOGIEN

FÜR VIELFÄLTIGE AUFGABEN

Autor: Dipl.-Ing. Christian Fiebach
Geschäftsführer ipf electronic gmbh

Christopher Bobolz
Produktmanagement Fluidsensorik

IPF ELECTRONIC

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung	3
2 Drucksensoren: Verfahren für Druckmessungen	3
2.1 Bewährte Messzellenkonzepte	3
2.2 Drucksensoren für Luft	5
2.2.1 Einfache Integration in Schlauchleitungen	5
2.2.2 Besonders kompakte Drucktransmitter	6
2.2.3 Flexibel parametrierbare Drucksensoren mit Display	7
2.2.4 Hohe Verfügbarkeit von Druckluftanlagen sicherstellen	8
2.3 Drucksensoren für Luft, neutrale Gase, gasförmige und flüssige Medien	8
2.3.1 High-End mit vielseitigem Farbdisplay	9
2.3.2 Wirtschaftlich und unverwüstlich	11
2.3.3 IO-Link-Druckwächter für Medientemperaturen von -40 °C...+100 °C	11
2.4 Drucksensoren in der Übersicht	13
3 Temperatursensoren: Verfahren zur Temperaturmessung	14
3.1 Optische Infrarotsensoren für Objekttemperaturen bis +2000°C	14
3.2 Sensoren mit Messfühler für Medientemperaturen bis +150 °C	15
3.3 Temperatursensoren in der Übersicht	16
4 Strömungssensoren: Verfahren zur Messung von Strömungen	17
4.1 Vielseitige Messungen von Durchfluss, Verbrauch und Temperatur plus Leckageortung	18
4.1.1 Robuste Durchflusssensoren für hochgenaue Messergebnisse	18
4.1.2 Kompaktgeräte oder hochflexible Sensoren mit separater Auswertung	20
4.1.3 Immense Einsparpotenziale durch Druckluftmonitoring	21
4.1.3.1 Kompaktsensoren für Durchfluss und Betriebsdruck	21
4.1.3.2 Vielfältig parametrierbare Geräte für nahezu jede Situation	22
4.1.3.3 Leckageortung in Druckluft- und Vakuumsystemen	23
4.2 Strömungssensoren in der Übersicht	24
5 Füllstandsensoren: Verfahren zur Messung von Füllständen	25
5.1 Konduktive Füllstandsensoren: sehr robust und temperaturbeständig	26
5.2 Kapazitive Füllstandsensoren: Von klassisch bis kompensierend	27
5.3 Füllstand – Mikrowelle: Hohe Genauigkeit durch Parallel- oder Koaxialstab	28
5.4 Füllstand – Hydrostatischer Druck: Besonders einfach für viele Standardaufgaben	29
5.5 Füllstand – Ultraschall: Ultraflexible Abfrage mit hohen Reichweiten	30
5.6 Füllstand – Radar: Besonders präzise und schnelle Alternative	31
5.7 Füllstandsensoren in der Übersicht	32
6 Applikationsbeispiele	33
6.1 Selbst in extrem rauer Umgebung stets zuverlässig	33
6.2 Präzise Überwachung an einer Dosierstation	34
7 Zusammenfassung	36

1 EINLEITUNG

Die Fluidtechnik umfasst als zentrales industrielles Teilgebiet alle technischen Anwendungen, in denen flüssige oder gasförmige Medien z. B. durch Leitungen transportiert oder Kräfte sowie Bewegungen durch Fluide übertragen, gesteuert und geregelt werden. Sie gliedert sich primär in die Bereiche Hydraulik, in denen Flüssigkeiten eingesetzt werden, und die Pneumatik, die auf komprimierte Gase zurückgreift. Als Oberbegriff fasst die Fluidtechnik somit auch sämtliche Verfahren zusammen, in denen der Zustand, z. B. Druck, Temperatur, Füllstand, Strömung, etc. von Flüssigkeiten und Gasen erfasst werden soll.

Fortschritte insbesondere in der Sensorik tragen maßgeblich dazu bei, dass auf Fluidtechnik basierende Systeme hinsichtlich Zuverlässigkeit, Effizienz, Wirkungsgrad, Umweltverträglichkeit, Prozessintegration und Wirtschaftlichkeit kontinuierlich optimiert werden können.

Das Portfolio an Sensoren von ipf electronic für den Bereich Fluidtechnik ist überaus umfangreich und deckt verschiedenste Einsatzbereiche ab. Angesichts der Vielzahl an Möglichkeiten und Verfahren, die die Geräte abdecken, gibt dieses Whitepaper einen Überblick über einzelne Technologien, deren Funktionsweise, Vorteile und potenzielle Einsatzgebiete in der Praxis.

Die Themenschwerpunkte dieses Whitepapers behandeln:

- / Drucksensoren für Luft, neutrale Gase sowie gasförmige und flüssige Medien
- / Temperatursensoren für flüssige und gasförmige Medien u.a. für erweiterte Temperaturbereiche
- / Strömungssensoren für flüssige und gasförmige Medien
- / Druckluftverbrauchsmessungen inkl. Leckageortung
- / Füllstandsensoren für flüssige Medien

2 DRUCKSENSOREN: VERFAHREN FÜR DRUCKMESSUNGEN

Unter dem Begriff „Druck“ wird physikalisch der Quotient einer Kraft zur Größe einer Fläche verstanden, auf die diese Kraft einwirkt.

Generell wird in der Druckmesstechnik zwischen Absolutdruck und Relativdruck unterschieden. Der Absolutdruck wird gegen ein Vakuum gemessen, wohingegen der Relativdruck gegen den Umgebungsdruck, meist bezogen auf den atmosphärischen Luftdruck, gemessen wird.

2.1 BEWÄHRTE MESSZELLENKONZEPTE

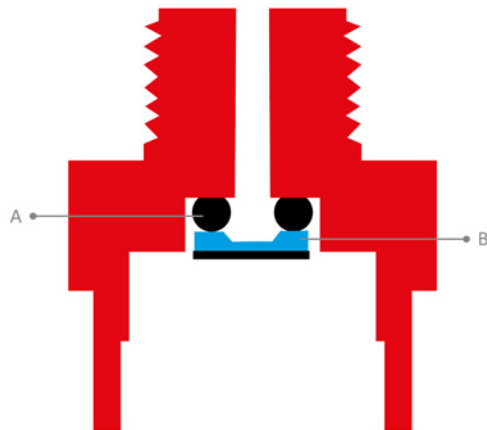
Die Drucksensoren von ipf electronic basieren auf vier vielfach bewährte Messzellenkonzepten, von denen drei aus Membrankonstruktionen bestehen.

Die Membranen verformen sich unter Druck. Hieraus resultiert auf der Membranrückseite eine Widerstandsänderung von Dehnungsmessstreifen oder im Dickschicht- bzw. Dünnschichtverfahren aufgedruckten Widerständen. Das Ergebnis ist eine druckproportionale Spannungsänderung der zu einer Messbrücke verschalteten Dehnungsmessstreifen bzw. Widerstände.

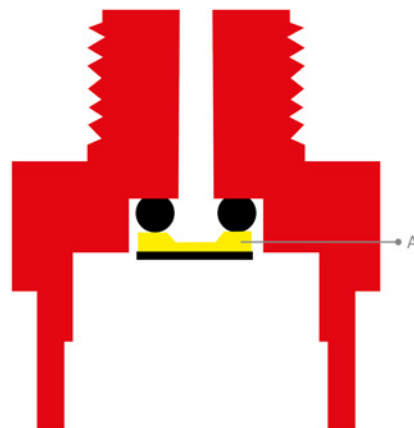
In Bezug zum Messzellenaufbau wird bei diesen Sensoren unterschieden zwischen:

- / Siliziummembran mit eindiffundierten Dehnungsmessstreifen
- / Keramikmembran mit rückseitig aufgedruckten Dickschicht-Widerständen
- / Edelstahlmembran mit aufgedruckten Dünnschicht-Widerständen und integrierter Signalverarbeitung mit digitaler Messwertausgabe

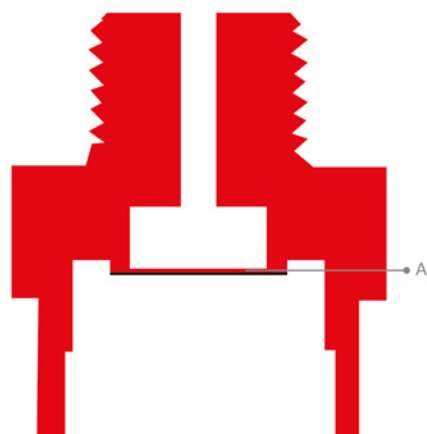
Die Grundlage für das vierte Verfahren bildet hingegen eine kapazitive keramische Messzelle, bei der sich eine Keramikmembran unter Druck verformt, wodurch sich der Abstand zwischen der Keramikmembran und einer Gegenelektrode ändert. Hieraus resultiert eine druckproportionale Kapazitätsänderung, die von der Drucksensorelektronik ausgewertet wird.



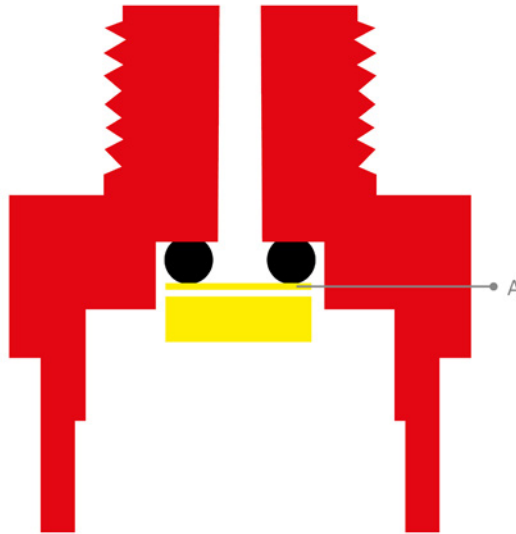
Aufbau einer Messzelle mit Siliziummembran und eindiffundierten Dehnungsmessstreifen. A: Dichtung, B: Siliziummembran.
(alle Bilder und Grafiken: ipf electronic gmbh)



Aufbau einer Messzelle mit Keramikmembran und Dickschicht-Widerständen. A: Keramikmembran



Aufbau einer Messzelle mit Edelstahlmembran und Dünnschicht-Widerständen (nicht-frontbündige Membran).
A: Edelstahlmembran



Aufbau einer kapazitiven Keramikmesszelle. A: Keramikmembran

Aufgrund des Aufbaus der Messzellen, den verschiedenen Materialien und nicht zuletzt des Gerätedesigns verfügen die Drucksensoren von ipf electronic über eine Reihe an verschiedenen zentralen und für die Praxis wichtigen Eigenschaften:

- / hohe Genauigkeit und Langzeitstabilität
- / hohe Überlastsicherheit
- / Messungen unabhängig vom Medium
- / geringer Signaldrift – auch nach vielen Lastwechseln
- / hohe Ansprechgeschwindigkeit
- / weiter Medientemperaturbereich
- / eindeutiges Klartext-Bedienkonzept
- / viele Möglichkeiten zum Condition Monitoring über IO-Link

Die Drucksensoren von ipf electronic eignen sich je nach Gerätetyp für alle Medien der Fluidgruppe 2 und neutrale Gase. Die Fluidgruppe 2 umfasst alle Medien, die nicht als gefährlich eingestuft werden. Hierzu gehören bspw. Wasser, Wasserdampf, Druckluft, Luft und hydraulische Öle (sofern nicht anders klassifiziert).

Neutrale Gase werden auch als Inertgase bezeichnet, da sie reaktionsträge (inert) sind. Inertgase wie bspw. Argon oder Stickstoff reagieren kaum mit anderen Stoffen. Sie sind daher sehr stabile Gase, die nahezu keine chemischen Reaktionen eingehen.

2.2 DRUCKSENSOREN FÜR LUFT

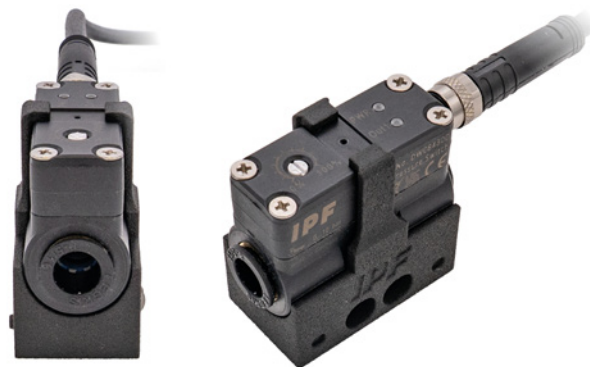
Zum Portfolio an Drucksensoren von ipf electronic für Luft zählen besonders leichte InLine-Geräte der Reihen **DW04**, **DW06** und **DW08** mit Schnellanschluss, die sehr kompakten Drucktransmitter der Reihe **DT16** und die flexibel parametrierbare Drucksensoren der Reihe **DW16**. Hinzu kommt der Differenzdrucksensor **DW46**; eigens entwickelt zur Überwachung von Druckluft-Filteranlagen.

2.2.1 EINFACHE INTEGRATION IN SCHLAUCHLEITUNGEN

Die InLine-Drucksensoren der Reihen **DW04**, **DW06** und **DW08** für Pneumatikanwendungen haben einen Push-In-Fluidanschluss, mit dem sich die Geräte einfach auf einen Schlauchanschluss aufstecken lassen. Der Anschluss erfolgt quasi „Plug & Play“. Die Drucksensoren sind besonders leicht (20g bzw. 30g), verfügen alle über die Schutzklasse IP68 und sind für einen weiten Druckbereich von -1...10bar ausgelegt. Die Einstellung der Sensoren erfolgt entweder über ein Poti (**DW0443xx**, **DW0643xx**, **DW0843xx**) oder über IO-Link (**DW0446xx**, **DW0646xx**, **DW0846xx**). Die Sensoren, ausgelegt für Schlauchdurchmesser von 4mm, 6mm und 8mm eignen sich besonders für Einsätze in der Vakuumtechnik oder Robotik.



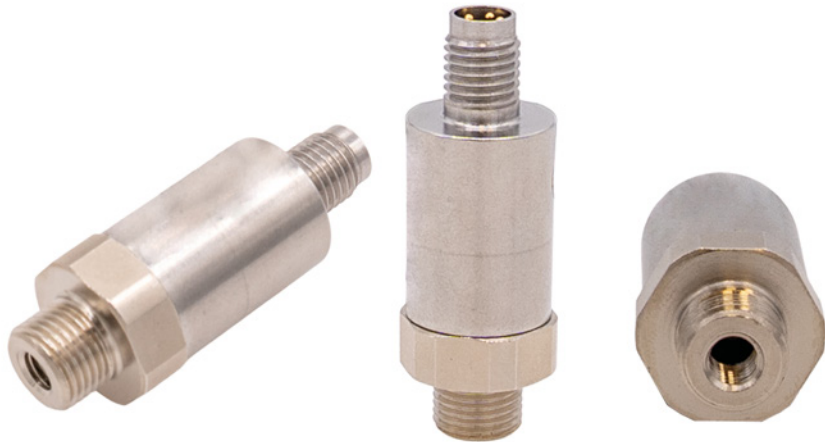
Ein InLine-Drucksensor für die schnelle Integration in Schlauchleitungen.



Über den Push-In-Fluidanschluss wird der Druckluftschlauch einfach aufgesteckt.

2.2.2 BESONDERS KOMPAKTE DRUCKTRANSMITTER

Die Drucktransmitter der Reihe **DT16** von ipf electronic für Druck- und Vakuumanwendungen zeichnen sich durch ihre besonders kompakte Bauform aus und haben eine Länge von 44,5mm sowie einen Durchmesser von lediglich 15,5mm – bei einem Gewicht von nur 25g. Konzipiert für Umgebungstemperaturen von -10° C bis +70 °C halten die Drucktransmitter im robusten Edelstahlgehäuse (Schutzart IP67) mit M8-Steckverbinder und G1/8“-Prozessanschluss auch anspruchsvollen Einsatzbedingungen stand.



Die mit 25g besonders leichtgewichtigen Sensoren der Reihe DT16 im Edelstahlgehäuse (Durchmesser 15,5mm) eignen sich für viele Druck- sowie Vakuumanwendungen.

Die Messzelle ist für gefilterte, trockene oder geölte Druckluft ausgelegt, wodurch sich die **DT16** u.a. ideal für Pneumatikanwendungen in der Robotik eignen. Weiterhin erwähnenswert: Bei der Herstellung der Sensoren wurden ausschließlich Materialien verwendet, die frei von sogenannten „Lackbenetzungsstörenden Substanzen“ (LABS) wie bspw. Silikone oder fluorhaltige Stoffe sind. Die Drucktransmitter der Reihe **DT16** mit Analogausgang (4...20mA) bieten sich für Druckbereiche von -1...+10bar an.

2.2.3 FLEXIBEL PARAMETRIERBARE DRUCKSENSOREN MIT DISPLAY

Dank ihrer IO-Link-Schnittstelle sind die kompakten Vakuum- und Drucksensoren der Reihe **DW16** (Durchmesser 16mm) bedarfsspezifisch parametrierbar. Via IO-Link erhalten Anwender außerdem wertvolle Zusatzinformationen im Einsatz (etwa zur Bedämpfung, Schalthäufigkeit, etc.).

Die Sensoren mit sehr gut ablesbarem Display für die menügeführte Konfiguration integrieren ein Manometer, zwei Schaltausgänge und einen G1/8"-Prozessanschluss. Der Druckbereich der **DW16** reicht von -1...+10bar. Mit einer Ansprechzeit von <2,5ms finden die Geräte ihre Aufgaben in allen erdenklichen Handling- und Automatisierungssystemen, bei denen gefilterte, trockene oder geölte Druckluft verwendet wird. Beispiele hierfür sind die Drucküberwachung, die Vakuumkontrolle bei Unterdrucktraversen oder die Ansteuerung von Kompressoren.



Bedarfsspezifisch parametrierbar: ein Drucksensor der Reihe DW16.

2.2.4 HOHE VERFÜGBARKEIT VON DRUCKLUFTANLAGEN SICHERSTELLEN

Der Differenzdrucksensor **DW46310L** von ipf electronic mit Analogausgang hat nur eine zentrale Aufgabe und die erledigt er perfekt: die kontinuierliche Überwachung der Filter von Druckluftanlagen.

Hierzu hat der Sensor zwei Push-In-Fluidanschlüsse für Druckluftschläuche (6mm) über die eine Messleitung vor und eine unmittelbar hinter der Filteranlage installiert wird. Die Druckdifferenz zwischen den beiden Messpunkten wird unmittelbar im Gerät im Bereich von 0 bis 1,6bar skaliert und als Analogsignal (4...20mA) ausgegeben. Der maximal zulässige Betriebsdruck beträgt 10bar.

Da der **DW46310L** fix und fertig an einem Befestigungswinkel vormontiert ist, kann er schnell in Betrieb genommen werden, um eine konstant hohe Druckluftqualität mit einer permanent hohen Verfügbarkeit der Druckluftanlage sicherzustellen.



Schnell einsatzbereit da schon vormontiert: der Differenzdrucksensor **DW46310L** zur kontinuierlichen Überwachung der Filter von Druckluftanlagen.

2.3 DRUCKSENSOREN FÜR LUFT, NEUTRALE GASE, GASFÖRMIGE UND FLÜSSIGE MEDIEN

Natürlich ist das Angebot an Drucksensoren von ipf electronic nicht allein auf Geräte für das Medium Luft beschränkt. Allen voran sind in diesem Zusammenhang die Drucksensoren der Reihe **DW5x** mit TFT-Farbdisplay zu nennen, die einen sehr weiten Druckbereich abdecken und per IO-Link-Schnittstelle oder über drei Bedientasten plus Klartextmenüführung viele Einstellmöglichkeiten bieten. Flankiert werden diese „Generalisten“ unter den Drucksensoren durch die Geräte der Reihe **DT24** und **DW25** für Medientemperaturbereiche von -25 °C...+100 °C bzw. -40 °C bis +100 °C.

2.3.1 HIGH-END MIT VIELSEITIGEM FARBDISPLAY

Im wahrsten Sinne „Alleskönner“ sind die Drucksensoren der Reihe **DW5x** von ipf electronic für Druckmessungen von gasförmigen und flüssigen Medien in einem sehr weiten Druckbereich von -1bar bis +600bar. Die Sensoren mit digitaler Volledelstahlmesszelle und integriertem Prozessor liefern nicht nur den Druck, sondern auf Wunsch auch einen relativen Temperaturwert des jeweils zu überwachenden Mediums. Daher sind die Geräte u.a. ideal für ein Condition Monitoring, sodass etwa in Kühlkreisläufen nicht nur der Systemdruck, sondern auch die Kühlleistung überwacht werden kann. Auch in anderen Anwendungen kann die Temperatur eines Mediums zudem Rückschlüsse auf den Prozessstatus ermöglichen.

Eingestellt bzw. parametrieren werden die Drucksensoren entweder über drei im Gehäuse (Schutzart IP67) integrierte Tasten mit Klartext-Menüführung im Display oder über die IO-Link-Schnittstelle, die bei Bedarf zudem zusätzliche Diagnoseinformationen bereitstellt. Für die Praxis besonders sinnvoll: die integrierte Testfunktion mit vollständiger „Offline-Prüfung“. Alle Einstellungen lassen sich somit bereits vor dem konkreten Einsatz der Sensoren prüfen, ohne die Geräte mit Druck beaufschlagen zu müssen.

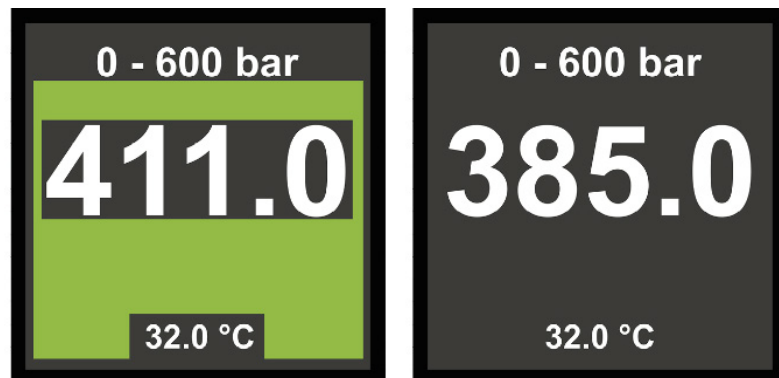


DW50 mit 1/4-Zoll-Außengewinde (oben), DW51 mit 1/4-Zoll-Innengewinde (Mitte) und DW52 mit 1/2-Zoll-Außengewinde und frontbündiger Membran (unten).

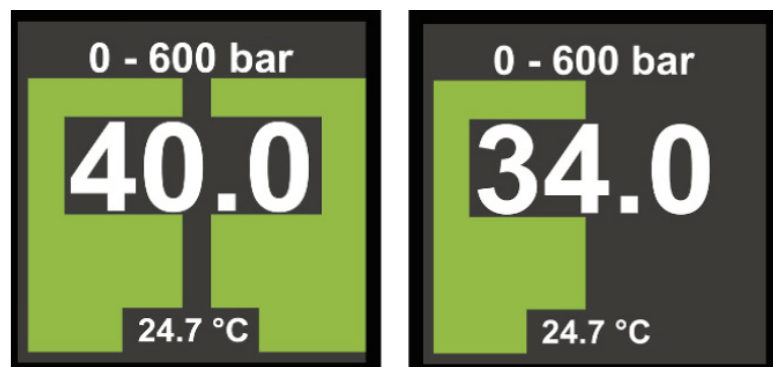
Die **DW5x** integrieren insgesamt zwei Ausgänge: einen Schaltausgang und einen zweiten Ausgang, der flexibel via IO-Link als Schalt-, Analog- oder Alarmausgang parametrierbar ist. Der Analogausgang lässt sich überdies als Stromausgang (0...20mA, 4...20mA) oder als Spannungsausgang (0...10V, 0...5V) definieren.

Das sehr gut ablesbare TFT-Farbdisplay unterstützt entscheidend die intuitive Bedienung der Sensoren und bietet darüber hinaus eine breite Palette an verschiedenen Anzeigemodi. Hier einige Beispiele:

- / Visualisierung des Drucks mit exaktem Messwert und farblicher Trendanzeige sowie genauer Kennzeichnung der Schaltpunkte
- / Farbliche Darstellung zum aktuellen Zustand eines Schaltausgangs respektive beider Schaltausgänge, mit gleichzeitiger Anzeige des Messbereichs, des aktuellen Druckmesswertes und der Medientemperatur



Beispiel zum aktuellen Zustand eines Schaltausgangs: Schaltausgang aktiv (links), Schaltausgang inaktiv (rechts)



Beispiel zum aktuellen Zustand von zwei Schaltausgängen: Beide Schaltausgänge aktiv (links), Schaltausgang 1 aktiv - Schaltausgang 2 inaktiv (rechts)



Drucksensoren der Reihe DW5x an einem Hydraulikaggregat. Nach der Montage lässt sich das Display in 90-Grad-Schritten drehen, um es in jeder Einbaulage einfach ablesen zu können. Auch das Sensorgehäuse ist stufenlos um 305 Grad drehbar.

Überdies stehen weitere farbige Anzeigeoptionen für den Analogausgang zur Auswahl. Die wenigen Beispiele vermitteln aber schon einen Eindruck zu den zahlreichen Möglichkeiten, die das einfach umschaltbare Farbdisplay parat hält. Im Einsatz genügt dann nur noch ein Blick auf die Anzeige, um über sämtliche wichtige Parameter im Bilde zu sein.

2.3.2 WIRTSCHAFTLICH UND UNVERWÜSTLICH

Die nahezu unverwüstlichen Drucktransmitter der Reihe **DT24** von ipf electronic sind kostengünstig und eignen sich nicht zuletzt aufgrund ihres breiten Medientemperaturspektrums von -25 °C...+100 °C und ihres weiten Druckbereichs von 0...400bar für eine Vielzahl an Applikationen.

Je nach Geräteversion halten die Drucktransmitter einen Überlastdruck von 20bar (**DT24310D**) bis maximal 500bar (**DT243106**) stand, was beim **DT24310D** ungefähr dem Faktor 2 entspricht. Beim Berstdruck erreicht der **DT24310D** sogar den Faktor 3,5. Überzeugend ist zudem das extrem kleine Langzeitdrift von $\leq 0,1\%$ pro Jahr.

Die Messwerte der Drucktransmitter lassen sich entweder über den integrierten Analogausgang auf einer Steuerung (SPS) oder einem externen Anzeigegerät ausgeben.



Besonders robuste Geräte der Reihe DT24 im Edelstahlgehäuse (Schutzart IP67, Durchmesser 23,9mm) eignen sich für einen weiten Medientemperaturbereich von -25 °C bis +100 °C.

2.3.3 IO-LINK-DRUCKWÄCHTER FÜR MEDIENTEMPERATUREN VON -40 °C...+100 °C

Im Vergleich zu herkömmlichen Druckwächtern zeichnen sich die Drucksensoren der Reihe **DW25** von ipf electronic durch ihre robuste kapazitive Keramikmesszelle und einen besonders großen Medientemperaturbereich von -40 °C bis +100 °C aus. Aufgrund ihrer Messbereiche von -0,1...+0,1bar (**DW25310N**) und 0...0,25bar (**DW25310P**) sind die Geräte vor allem für statische Füllstandmessungen von Flüssigkeiten (z. B. Hydrauliköl, Kühlschmieremulsionen, etc.) in besonders anspruchsvollen Umgebungen einsetzbar. Denkbar ist in diesem Zusammenhang aber u.a. auch die Ansteuerung einer Pumpe im Betriebsmodus 2-Punkt-Regelung. Wie die Drucksensoren der Reihe **DW5x** haben die Geräte der Reihe **DW25** zwei Ausgänge, einen Schaltausgang und einen weiteren Ausgang, der sich dank IO-Link variabel als Schalt-, Analog- (0...20mA, 4...20mA) oder Alarmausgang parametrieren lässt.

Die IO-Link-Schnittstelle liefert zudem eine Fülle an weiteren Optionen für individuelle Einstellungen: z. B. die einfache Umschaltung von Schließer auf Öffner, die Parametrierung von Schalt- und Rückschaltpunkt, die Einstellung der Hysterese, die Verwendung einer Fensterfunktion, die Definition einer Einschalt-/Ausschaltverzögerung, die Speicherung von Minimal- und Maximalwert oder die Einstellung einer Dämpfung, um z. B. die Messwerte bei sehr dynamischen Druckschwankungen zu glätten.



Ein Drucksensor der Reihe **DW25** (Medientemperaturbereich von -40 °C bis +100 °C) an einem Behälter für flüssige Medien.

2.4 DRUCKSENSOREN IN DER ÜBERSICHT

REIHE	MEDIUM	DRUCKBE- REICH	TEMPERATUR- BEREICH UMGE- BUNG	EINSTEL- LUNG	AUSGÄNGE	BESONDERHEITEN
DW04/ DW06/ DW08	Luft	-1... +10 bar	-10 °C...+60 °C	Poti oder IO- Link je nach Gerätereihe	1 Schaltausgang	Push-In: einfacher und schneller An- schluss, IP68, beson- ders leicht
DT16	Luft	-1... +10 bar	-10 °C...+70 °C	-	1 Analogaus- gang (4...20 mA), druckproportio- nales Signal zur direkten Auswertung auf einer Steuerung	Kompakt, Edelstahl- gehäuse, LABS-frei
DW16	Luft	-1... +10 bar	-10 °C...+60 °C	IO-Link, Display	2 Schaltaus- gänge	Menügeführte Konfi- guration, integriertes Display
DW46310L	Luft (Filter- überwachung von Druckluft- anlagen)	0...1,6 bar (Differenz)	-20 °C...+80 °C	-	1 Analogaus- gang (4...20 mA), druckproportio- nales Signal zur direkten Auswertung auf einer Steuerung	Vormontiert, schnelle Inbetrieb- nahme, entwickelt zur Überwachung von Filteranlagen in Druckluftnetzen
DW5x	Luft, neutrale Gase, gasför- mige und flüs- sige Medien	-1... +600 bar	-25 °C...+100 °C	IO-Link, Dis- play, Bedien- tasten	1 Schaltausgang, 1 variabler Ausgang para- metrierbar als Schalt-, Analog- oder Alarmaus- gang. Analog: 0...20mA, 4...20mA oder 0...10V, 0...5V	TFT-Farbdisplay mit vielen verschiedenen Anzeigemodi, Edel- stahlmesszelle, An- zeige von Druck und Medientemperatur
DT24	Luft, neutrale Gase, gasför- mige und flüs- sige Medien	0...400 bar	-25 °C...+80 °C	-	1 Analogaus- gang (4...20 mA), druckproportio- nales Signal zur direkten Auswertung auf einer Steuerung	Sehr robust, Über- lastdruck bis 500 bar, weiter Medientem- peraturbereich (-25 °C...+100 °C)
DW25	Luft, neutrale Gase, gasför- mige und flüs- sige Medien	-0,1... +0,25 bar	-40 °C...+100 °C	IO-Link	1 Schaltausgang 1 variabler Ausgang para- metrierbar als Schalt-, Analog- oder Alarmaus- gang. Analog: 0...20mA, 4...20mA	Sehr weiter Medien- temperaturbereich (-40 °C ... +100 °C)

3 TEMPERATURSENSOREN: VERFAHREN ZUR TEMPERATURMESSUNG

Temperaturmessungen mithilfe von Temperatursensoren können generell berührungslos oder berührend erfolgen. Um möglichst viele Anwendungsbereiche abzudecken, hat ipf electronic sowohl medienberührende Geräte mit Messfühler als auch berührungslos arbeitende Sensoren mit Infrarottechnologie im Angebot.

Zur medienberührenden Temperaturmessung wird die temperaturabhängige Änderung des elektrischen Widerstandes in Leitern und Halbleitern genutzt.

Soll die Temperaturmessung indes berührungslos erfolgen, kann die Temperatur einer Oberfläche über deren Wärmestrahlung bestimmt werden, sofern der Emissionsgrad des spezifischen Mediums ausreichend genau bekannt ist. Das Messobjekt muss in diesem Zusammenhang über eine gleichmäßige Temperaturverteilung verfügen und den Erfassungsbereich des Sensors komplett ausfüllen. Solche Messungen erfolgen mit sogenannten Pyrometern. Detaillierte Informationen zu diesem Thema liefert das Whitepaper „Infrarotsensoren: Grundlagen zur berührungslosen Temperaturmessung“.

3.1 OPTISCHE INFRAROTSSENSOREN FÜR OBJEKTTEMPERATUREN BIS +2000°C

Für berührungslose Temperaturmessungen entwickelte ipf electronic z. B. die besonders kompakten „All-in-One“-Geräte der Reihe **OI81** mit integrierter Elektronik und die besonders flexibel einsetzbaren optischen Infrarotsensoren der Reihe **OI98** mit separatem Verstärker. Diese Geräte arbeiten selbst dann noch zuverlässig, wenn es anderen Sensoren aufgrund der Medien- oder Umgebungstemperaturen buchstäblich zu heiß wird.

Die zylindrischen Sensoren der Reihe **OI81** sind in der Lage, die Strahlungswärme von Medien in einem äußerst weiten Temperaturbereich von +300 °C bis +2000 °C zu erfassen. Die verschiedenen Geräteversionen unterscheiden sich vor allem durch die eingebauten Optiken mit verschiedenen Öffnungswinkeln (2° oder 5°), die maximal einstellbaren Schaltschwellen (+300 °C bis +800 °C) sowie die Messbereiche (0 °C bis +750 °C).

Die Infrarotsensoren der Reihe **OI98** bestehen aus einem Messkopf, der über eine Leitung an eine separate Auswerteelektronik angeschlossen wird. Im praktischen Einsatz kann somit die Auswerteelektronik in einem thermisch weniger kritischen Bereich installiert werden, während sich der eigentliche Sensor bzw. Messkopf gewissermaßen am Ort des Geschehens befindet. Die Messköpfe der Reihe **OI98** halten daher im Vergleich zu den Kompaktgeräten weitaus höheren Umgebungstemperaturen bis +180° C stand. Der genau einstellbare Messfleck der Geräte mit einem Messbereich von -50 °C bis +1800 °C ermöglicht sowohl präzise punktuelle als auch großflächige Messungen.

Die Infrarotsensoren der Reihen **OI81** und **OI98** eignen sich insbesondere für Einsätze in Schmieden, Walzwerken und im Allgemeinen in metallverarbeitenden Industrien.



Kompaktgerät der Reihe **OI81** (oben) und Gerät der Reihe **OI98** mit Messkopf und Auswerteelektronik.

3.2 SENSOREN MIT MESSFÜHLER FÜR MEDIENTEMPERATUREN BIS +150 °C

Zur medienberührenden Temperaturmessung hält ipf electronic die Sensorreihe **YT4** mit PT100 und LED-Anzeige bereit, die sich vor allem durch ihre hohe Druckfestigkeit auszeichnet. Hinzu kommen die Kompaktgeräte der Reihen **YT90012x** und **YT90022x** mit PT100, konzipiert für Medientemperaturen bis +150 °C.

Die parametrierbaren Sensoren der Reihe **YT4** mit G1/2-Zoll Prozessanschluss werden einfach über frontseitige Tasten (Folientastatur) eingestellt und verfügen über einen einstellbaren Schaltpunkt sowie einen skalierbaren Analogausgang (4...20mA). Die Geräte sind besonders druckfest bis 100bar und für Medientemperaturen von -40 °C bis +120 °C ausgelegt. Der Messaufnehmer der Sensorreihe besteht aus Edelstahl 1.4571.

Die Geräte werden vornehmlich für Temperaturmessungen von Flüssigkeit in Rohrleitungen eingesetzt, wobei sich u.a. kurzzeitige Temperaturschwankungen mit einer Ein- bzw. Ausschaltverzögerung ausgleichen lassen.

Temperatursensoren der Reihen **YT90012x** und **YT90022x** (G1/2-Zoll Prozessanschluss) verfügen ebenfalls über einen Analogausgang (4...20mA) und können für Medien mit Temperaturen von -50 °C bis +150 °C eingesetzt werden. Die bis 50bar druckfesten Geräte werden in sechs Versionen mit zwei Messfühlerlängen (50mm und 100mm) angeboten. Der Messaufnehmer besteht wie bei den **YT4** aus Edelstahl 1.4571. Die Reihen **YT90012x** und **YT90022x** eignen sich u.a. ideal für Einsätze in Kühlkreisläufen, Vorratsbehältern, Abgas- und Lüftungssystemen sowie Absauganlagen, um wenige Beispiele zu nennen.



Parametrierbarer Temperatursensor der Reihe **YT4** (oben links) und Sensoren der Reihen **YT90012x** (Mitte) sowie **YT90022x** (unten) mit PT100.

3.3 TEMPERATURSENSOREN IN DER ÜBERSICHT

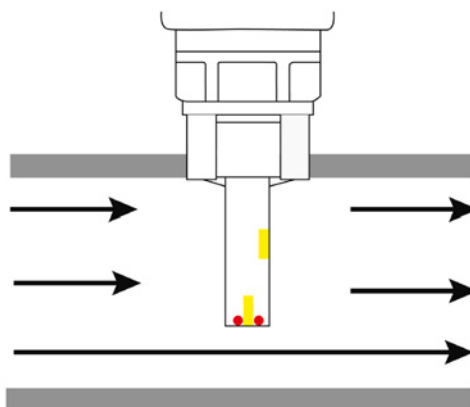
Reihe	MESSPRINZIP	TEMPERATURBE- REICH	UMGEBUNGS- TEMPERATUR	DRUCKFESTIG- KEIT	BESONDERHEITEN
OI81	Optisch (Infrarot)	+300 °C...+2000 °C	–20 °C...+75 °C	–	„All-in-One“, Öff- nungswinkel 2°/5°
OI98	Optisch (Infrarot)	-50 °C...+1800 °C	bis +180 °C	–	Separate Auswerte- elektronik, präziser Messfleck, für hohe Umgebungstempe- raturen
YT4	PT100 (medien- berührend)	--40 °C...+120 °C	-20 °C...+60 °C	bis 100 bar	LED-Anzeige, einstell- barer Schalterpunkt
YT90012x	PT100 (medien- berührend)	-50 °C...+150 °C	-40 °C...+85 °C	bis 50 bar	Kompakt, 2 Mess- fühlerlängen (50/100 mm)
YT90022x	PT100 (medien- berührend)	-50 °C...+150 °C	-40 °C...+85 °C	bis 50 bar	Kompakt, 2 Mess- fühlerlängen (50/100 mm)

4 STRÖMUNGSSENSOREN: VERFAHREN ZUR MESSUNG VON STRÖMUNGEN

Wenn es um die Messung von Strömungen bzw. Strömungsgeschwindigkeiten in geschlossenen Systemen (z. B. Rohrleitungen) geht, dann überzeugen die Strömungssensoren von ipf electronic durch eine besonders hohe Präzision, da die Funktionsweise der Geräte entweder auf dem kalorimetrischen Prinzip oder dem magnetisch-induktiven Verfahren beruhen.

Geräte, die nach dem kalorimetrischen Prinzip arbeiten, verfügen über einen Messfühler mit zwei Temperatursensoren. Zur Durchfluss- bzw. Verbrauchsmessung ist der Fühler im Massestrom eines Mediums installiert.

Der in der Fühlerspitze integrierte Temperatursensor wird mittels Heizelemente von innen auf eine konstante Übertemperatur aufgeheizt. Der zweite Sensor im Messfühler misst die Temperatur des vorbeiströmenden Mediums. Somit entsteht eine Temperaturdifferenz zwischen den Messwerten beider Sensoren als Delta. Weil das vorbeiströmende Medium den beheizten Sensor abkühlt, muss dieser wieder aufgeheizt werden, um das zuvor ermittelte Delta zwischen den Temperaturmesswerten der beiden Sensoren weiterhin konstant zu halten. Das Mehr an hierfür erforderlicher Heizenergie ist proportional zur Strömungsgeschwindigkeit des Mediums.



Wesentliche Elemente des kalorimetrischen Prinzips:

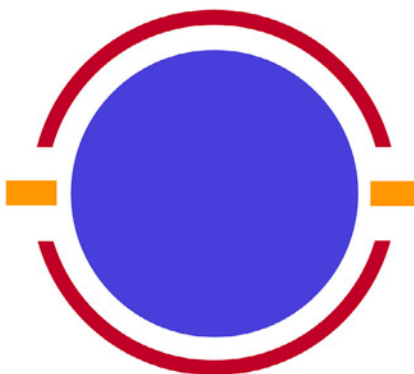
Der Messfühler integriert zwei Temperatursensoren (gelbe Elemente). Der Temperatursensor 1 in der Fühlerspitze wird über Heizelemente (rot) von innen auf eine konstante Übertemperatur aufgeheizt. Der Sensor 2 im Messfühler misst die Temperatur des vorbeiströmenden Mediums.

Weder der Druck, noch die Temperatur des Mediums haben bei diesem Messprinzip Einfluss auf die Messergebnisse. Daher lassen sich die Durchflussmessgeräte bzw. Verbrauchszähler von ipf electronic problemlos bei unterschiedlichen Drücken und Temperaturen ohne weitere Kompensation einsetzen.

Die nach dem kalorimetrischen Prinzip arbeitenden Strömungssensoren sind sowohl als Kompaktgeräte und Geräte mit separater Auswerteeinheit erhältlich. Kompaktgeräte sind als Sensoren mit Messfühler (Einschraubgeräte für Rohrstutzen) und als Inline-Sensoren ausgeführt, die selbst geringste Strömungen erfassen.

Geräte mit separater Auswerteeinheit empfehlen sich bspw. zur Messung von Medien mit höheren Temperaturen oder wenn der Sensor selbst nach der Montage zur Parametrierung nicht mehr erreichbar ist.

Sensoren basierend auf dem magnetisch-induktiven Verfahren integrieren ein Magnetfeld. Bewegt sich horizontal, also in Längsrichtung zu diesem Magnetfeld, eine elektrisch leitfähige Flüssigkeit, wird senkrecht zu diesem Feld eine von der Durchflussgeschwindigkeit des Mediums abhängige Spannung generiert. Diese wird mit in der Wandung des Messrohres befindlichen Elektroden gemessen. Mikrocontroller werten diese Spannung aus, berechnen die Durchflussmenge und visualisieren sie auf einem Display.



Schematische Darstellung einer Durchflussmessung nach dem magnetisch-induktiven Verfahren: Messrohr (blau), Elektroden (gelb) und Magnetspulen (rot).

4.1 VIELSEITIGE MESSUNGEN VON DURCHFLUSS, VERBRAUCH UND TEMPERATUR PLUS LECKAGEORTUNG

Für hochpräzise Messungen von elektrisch leitfähigen Medien (wasserbasierende Medien) stehen die parametrierbaren Strömungssensoren der Reihen **SM89x** - **SM9xx** und **SM43** (magnetisch-induktiv) sowie die Reihe **SS50** (kalorimetrisch) mit IO-Link-Schnittstelle bereit.

Die Kompaktgeräte der Reihen **SS40-SS42** lassen sich stattdessen für Flüssigkeiten und Luft einsetzen, während die Reihen **SS89** sowie **SS90** mit separater Auswerteeinheit für Anwendungen konzipiert wurden, bei denen hohe Drücke vorherrschen oder wenig Einbauraum zur Verfügung steht.

Für die Verbrauchsmessung speziell von Druckluft empfehlen sich wiederum die Geräte-reihen **SL5507x** und die parametrierbaren Sensoren der Reihen **SL** sowie **SY**. Ergänzend hierzu bietet es sich an, auch den Kostentreibern in Druckluft- und Vakuumsystemen durch eine Leckageortung z.B. mit dem Gerät **UY000003** auf die Spur zu kommen.

4.1.1 ROBUSTE DURCHFLUSSSENSOREN FÜR HOCHGENAUE MESSERGEBNISSE

Für die exakte Messung geringerer und mittlerer Durchflussmengen werden im Markt bereits eine Reihe an Geräten offeriert. Oftmals sind diese Lösungen aber hinsichtlich ihrer Funktionalität und Montage zu unflexibel. Die Reihen **SM89x-SM9xx** von ipf electronic repräsentieren verschiedenste magnetisch-induktive Gerätevarianten mit Messbereichen von 0,01 l/min bis 100 l/min für die Durchflussmessung sowie Dosierung und Temperaturmessung von leitfähigen Medien, die für den hochflexiblen Einsatz selbst unter anspruchsvollen Umgebungsbedingungen entwickelt wurden.

Die Gehäuse der Geräte sind komplett in Edelstahl ausgeführt und setzen sich aus einer kompakten Einheit aus Sensor sowie Auswerteelektronik zusammen, die z. B. bei der Überwachung von Dosierungen Ansprechzeiten von teilweise unter 100ms ermöglichen. Sämtlich Sensoren integrieren einen Analogausgang (0...10V, 0...20mA, 4...20mA, 2...10V) und zwei Schaltausgänge.

Nahezu alle Einstellungen können über die vier Tasten des gut ablesbaren Farb-Digital-displays vorgenommen und hierbei u.a. Funktionen für die Dosierung oder Temperaturmessung auf Schnellwahltasten gelegt werden, um bei der Auswahl nicht immer durch einzelne Menüebenen navigieren zu müssen.

Das Display bietet zudem zahlreiche Optionen für die Vor-Ort-Konfiguration und -Kalibrierung, um die Sensoren auf nahezu jede Messsituation vorzubereiten.

Die Anzeige visualisiert neben dem Messwert der entsprechenden Einheit (l/min, l/h, m³/h, l/s, gal/m, gal/h, °C, °F) auch Zusatzinformationen und zeigt auf Wunsch Grenzwert-überschreitungen durch einen Farbwechsel an.

Da das Farbdisplay in 90°-Schritten digital drehbar ist, können die Geräte in nahezu jeder Einbaulage mit stets gut bedienbarem und ablesbarem Display installiert werden.



Hochpräzise Durchfluss- und Verbrauchsmessungen mit PT100 ermöglichen die parametrierbaren Sensorreihen **SM89x-SM9xx**.

Die Strömungssensoren der Reihe **SM43** mit LED-Display für elektrisch leitfähige Medien lassen sich über eine frontseitige Folientastatur konfigurieren. Die bis 10bar druckfesten Inline-Geräte mit Messbereichen für die Strömungsgeschwindigkeit von 0,2 bis 40m/s (Wasser) haben eine Ansprechzeit von 8000ms und eignen sich daher für hochgenaue Messungen innerhalb von Rohrleitungen. Zu den weiteren technischen Merkmalen gehört außerdem ein Analogausgang (4...20mA) und Schaltausgang (PNP).



Ideal für Messungen innerhalb von Rohrleitungen, Strömungssensor der Reihe **SM43**.

Via IO-Link-Schnittstelle parametrierbar sind die Strömungssensoren der Reihe **SS50**, die nach dem kalorimetrischen Verfahren arbeiten und vor allem durch eine schnelle Reaktionszeit (1.000ms) und einer hohen Unempfindlichkeit gegenüber Temperaturschwankungen überzeugen können. Das drehbare Display zeigt die Strömungsgeschwindigkeit (l/min, m³/h, m/s) und die Temperatur des Mediums in °C an.

Die bis maximal 60bar druckfesten Geräte verfügen zur Überwachung des Strömungszustands und der Temperatur wahlweise über zwei Schaltausgänge bzw. einen Analogausgang (4...20mA), die individuell einstellbar sind. Mit einem zusätzlichen Teach-In-Eingang lässt sich z. B. in einem Mehrstoff-Betrieb ein Schnellabgleich durchführen.



Der flexibel über IO-Link parametrierbare Sensor der Reihe **SS50** ist druckfest bis 60bar.

4.1.2 KOMPAKTGERÄTE ODER HOCHFLEXIBLE SENSOREN MIT SEPARATER AUSWERTUNG

Zu den Strömungssensoren von ipf electronic für Flüssigkeiten und Luft stehen mehr als 60 Gerätetypen zur Auswahl.

Kompaktgeräte der Reihen **SS40-SS42** mit Schaltausgang und Messbereichen von 0,01 bis 1,5m/s (Wasser) bzw. 0,03 bis 3m/s (Öl) sind für Hydraulik- und Pneumatikanwendungen (Druckfestigkeit bis 100bar) ausgelegt. Die Sensoren lassen bei Medientemperaturen von -20 °C bis +80 °C einsetzen und verfügen über eine Reaktionszeit von bis zu 2.000ms. Die Strömungsanzeige erfolgt über eine im robusten Edelstahlgehäuse integrierte LED-Zeile.



Kompaktgeräte der Reihen **SS40-SS42** eignen sich für Medientemperaturen bis +80 °C.

Strömungssensoren wie die Reihen **SS89** und **SS90** werden mit einer separaten Auswerteeinheit (**SV55**) eingesetzt. Die Messfühler aus Edelstahl bleiben daher selbst von höheren Medientemperaturen bis +160 °C unbeeindruckt. Identisch zu den Kompaktgeräten der Reihen **SS40-SS42** sind die Messbereiche für Wasser und Öl (0,01 bis 1,5m/s bzw. 0,03 bis 3m/s). Zu den besonderen Merkmalen der Gerätetreihen **SS89** und **SS90** zählen eine Ansprechzeit von 13.000ms und eine Druckfestigkeit bis 100bar.

Potenzielle Einsatzbereiche der Systemreihen **SS40-SS42** sowie **SS89** und **SS90** finden sich in Kühlwasserkreisläufen (z. B. Trockenlaufschutz), Hydraulik- oder Pneumatikanwendungen sowie Klima- und Lüftungssystemen.



Die Messfühler der Sensorreihen **SS89** (oben) sowie **SS90** (unten) werden mit einer separaten Auswerteeinheit (**SV55**) eingesetzt und bleiben selbst von höheren Medientemperaturen bis +160 °C unbeeindruckt.

4.1.3 IMMENSE EINSARPOTENZIALE DURCH DRUCKLUFTMONITORING

Druckluft gehört nach wie vor zu den teuersten Industriearbeitsressourcen und verursacht immens hohe Kosten, vor allem dann, wenn sie aufgrund von Undichtigkeiten oftmals unbemerkt und völlig sinnlos verpufft. Um einen genauen Überblick über den Druckluftverbrauch zu erhalten und darüber hinaus Leckagen in Druckluft- aber auch Vakuumnetzen gezielt aufzuspüren, hat ipf electronic eine ganze Reihe an sehr leistungsfähigen Geräten in das Sensorportfolio aufgenommen, darunter sehr genaue und multifunktionale Durchflusssensoren der Reihe **SL5507x** mit integriertem Drucksensor, die vielseitig parametrierbaren Strömungssensoren der Reihen **SL** und **SY** sowie u.a. das **UY000003** zur Ortung von Leckagen.

4.1.3.1 KOMPAKTSENSOREN FÜR DURCHFLUSS UND BETRIEBSDRUCK

Aufgrund ihrer kompakten Bauform eignen sich die Sensoren der Reihe **SL5507x** vor allem für die Installation direkt im maschinennahen Umfeld und ermöglichen somit eine hochauflösende Prozess- und Zustandsüberwachung, z. B. für ein gezieltes kontinuierliches Condition Monitoring. Hierzu bietet die Gerätereihe verschiedenste Prozessanschlüsse sowohl für Rohr- als auch Schlauchleitungen. Über einen Analogausgang (4...20mA) und zwei einstellbaren Schaltausgängen können die Geräte mit integriertem Drucksensor außerdem einfach in eine Anlagensteuerung eingebunden werden.

Ein herausragendes Merkmal der Reihe **SL5507x** ist das geräteinterne Display zur Darstellung der aktuellen Durchflussmenge (weiter Messbereich von 0 bis 2000 l/min) und des Betriebsdrucks (Messbereich von 0 bis 10bar). Wird ein zuvor eingestellter Schwellenwert erreicht, visualisiert das Display dies zusätzlich mit einem Farbwechsel.



Die Durchflusssensoren mit integriertem Drucksensor der Reihe **SL5507x** lassen sich durch verschiedenste Prozessanschlüsse einfach im maschinennahen Umfeld installieren.

4.1.3.2 VIELFÄLTIG PARAMETRIERBARE GERÄTE FÜR NAHEZU JEDE SITUATION

Die Strömungssensoren der Reihen **SL** und **SY** lassen hinsichtlich flexibler Parametrierung, Integration und kontinuierlicher Verbrauchsmessung von Luft und technischen Gasen kaum Wünsche offen.

Die Reihen **SL** und **SY** von ipf electronic bestehen daher aus einer sehr breitgefächerten Auswahl an unterschiedlichen Geräten. So lassen sich bspw. die sogenannten Einstichsensoren auch unter Druck, also bei laufendem Kompressor, einfach über einen Kugelhahn in eine bestehende Druckluftleitung integrieren. Solche Geräte mit verbrauchsproportionalem Analogausgang (4...20mA) werden daher oftmals als „Einstiegsgeräte“ genutzt.

Sensoren mit integrierter Messstrecke für Rohrgrößen von R 1/4“ bis R 2“ lassen sich ebenfalls einfach in vorhandene Rohrleitungen installieren. Ihre Funktionsweise ist mit den Einstichsensoren identisch. Daher muss bei der Montage eine ausreichend lange Rohrstrecke vor und nach dem Sensor (Ein- und Auslaufstrecke) für einen ungestörten Strömungsverlauf (laminare Strömung) eingehalten werden, um verlässliche Messergebnisse zu erhalten.

Kompaktgeräte mit Gleichrichter ermöglichen unabhängig von der Einbausituation eine stets optimale Anströmung ihrer Sensorelemente und benötigen keine Ein- und Auslaufstrecke. Sie sind somit vor allem für den Einsatz in unmittelbarer Nähe eines Druckluftverbrauchers (z. B. Maschine oder Anlage) geeignet und bieten sich überdies für Luftstrommessungen innerhalb von Schlauchleitungen an.

Zur intelligenten Datenübertragung sind die Geräte der Reihen **SY** und **SL** u.a. mit Digital-, Analog-, Impulsausgängen sowie Modbus-TCP (Ethernet) ausgestattet.



Strömungssensoren der Reihen **SY** und **SL**: Kompaktgerät mit integriertem Gleichrichter (oben), Gerät mit integrierter Messstrecke (Mitte) und Einstichsensor (unten)



Der parametrierbare Strömungssensor **SY98F002** wurde zur Verbrauchsmessung verschiedener Gase entwickelt und ist bereits ab Werk gemäß Kundenwunsch auf Wasserstoff kalibriert. Besonders auffällig: das auch für den Außeneinsatz ausgelegte, robuste Gehäusedesign des Sensors mit integriertem LED-Display.

4.1.3.3 LECKAGEORTUNG IN DRUCKLUFT- UND VAKUUMSYSTEMEN

Wertvolle Druckluft wird in vielen Unternehmen verschwendet. Der Grund: unbemerkte Leckagen in Verbrauchsnetzen. Selbst wenn ungewöhnlich hohe Verbräuche durch den Einsatz z. B. von Durchflussmessgeräten identifiziert werden können, ist damit die eigentliche Undichtigkeit im Druckluftnetz noch nicht exakt lokalisiert. Unnötig hohe jährliche Zusatzkosten für die Druckluftherzeugung durch Leckagen können z. B. mit dem Leckagesuchgerät **UY000003** von ipf electronic vermieden werden.

Das Gerät ermöglicht die Leckagesuche selbst bei lauten Umgebungsgeräuschen und somit bei laufender Produktion.

Wie funktioniert das? Aus einer Undichtigkeit ausströmende Druckluft erzeugt unter anderem nicht hörbare Ultraschallwellen. Richtet man den Schalltrichter des **UY000003** auf eine mutmaßliche Undichtigkeit, werden die vom Leck erzeugten Ultraschallwellen gebündelt, in hörbare Frequenzen gewandelt und an einen Kopfhörer übertragen. Die 30 integrierten MEMS-Mikrofone nehmen die Intensitätsverteilung des von der Leckage erzeugten Ultraschallsignals auf. Durch die Umrechnung in eine Fehlfarbandarstellung lässt sich dann die Leckage auf dem Touch-Farbdisplay visualisieren.

Wurden zuvor entsprechende Werte im Suchgerät hinterlegt, lassen sich z. B. gleich vor Ort die konkreten Kosten der Leckage ermitteln und anzeigen.

Zu dem **UY000003** gehört außerdem eine kostenlose Reporting-Software zur Weiterverarbeitung und den Export, etwa zur Dokumentation gemäß ISO 50001.

Da sich die Kosten selbst von kleinen unentdeckten Undichtigkeiten in Druckluftnetzen mitunter auf mehrere Tausend Euro pro Jahr summieren können, amortisiert sich das Gerät durch die hohen Einsparpotenziale sehr schnell. Eine weitere Ausführung des Leckagesuchgeräts ist das **UY000002**.



Das **UY000003** macht Schluss mit kostspieliger Druckluftverschwendung und kann Undichtigkeiten selbst aus größeren Distanzen aufspüren und auf dem Farbdisplay visualisieren.

4.2 STRÖMUNGSSENSOREN IN DER ÜBERSICHT

REIHE	MEDIUM	MESSBEREICH	ANSPRECHZEIT	AUSGÄNGE	BESONDERHEITEN
SM89x–SM9xx	Leitfähige Flüssigkeiten	0,01l/min... 100l/min	Strömung 0,1s (Alarm-, Puls-, Frequenz- ausgang) 1s (Analogausgang)	1 Analogausgang (0...10V, 0...20mA, 4...20mA, 2...10V, 2 parametrierbare Schaltausgänge	Farb-Digitaldisplay, PT1000, Messung von Durchfluss und Temperatur, Dosie- rung
SM43	Leitfähige Flüssigkeiten	0,2...40m/s (Wasser)	8.000ms	1 Analogausgang (4...20 mA) 1 Schaltausgang	LED-Display, Folien- tastatur, Messung von Strömung und Temperatur
SS50	Flüssigkeiten/ Gase	0,05...3m/s (Wasser)	1.000ms	2 Schaltausgänge 1 Analogausgang (4...20mA)	IO-Link, Teach-In-Ein- gang mit Schnellab- gleich im Mehrstoff- betrieb
SS40–SS42	Wasser/Öl	0,01...1,5m/s (Wasser), 0,03...3m/s (Öl)	bis 2.000ms	1 Schaltausgang	Kompakt, für Hyd- raulik/Pneumatik
SS89/SS90 + Auswerteein- heit	Wasser/Öl	0,01...1,5m/s (Wasser), 0,03...3m/s (Öl)	-13.000ms	Separate Auswerte- einheit (SV55)	Für Medientempe- raturen bis +160 °C, Hydraulikanwen- dungen
SL5507x	Druckluft	0...2.000l/min	-	1 Analogausgang (4...20mA) 2 Schaltausgänge	Integrierter Druck- sensor, Farbdisplay mit Farbwechsel (z. B. bei Über- schreitung eines zuvor eingestellten Schwellenwertes)
SL/SY	Luft/techni- sche Gase	-	-	Digital, Analog, Im- puls, Modbus-TCP	Einstichsensoren, Geräte mit integ- rierter Messstrecke, Sensoren mit Gleich- richter
LECKAGEORTUNG					
UY000003	Leckageortung	-	-	Ultraschall-Detektion	Touch-Display, Visualisierung der Leckage, Reporting- Software

5 FÜLLSTANDSENSOREN: VERFAHREN ZUR MESSUNG VON FÜLLSTÄNDEN

Füllstände müssen tagtäglich in sehr unterschiedlichen Industriebereichen kontrolliert werden, und jede Anwendung hat andere Anforderungen an die entsprechende Sensorik. Daher basieren die Sensoren von ipf electronic zur Füllstandkontrolle auf einer ganzen Reihe verschiedener Verfahren, die hier kurz vorgestellt werden.

Konduktiv: Dieses Verfahren zur Füllstandkontrolle von leitfähigen Medien vorwiegend auf Wasserbasis gehört zu den einfachsten Technologien. Die konduktive Füllstandkontrolle funktioniert nach dem Prinzip eines offenen bzw. geschlossenen Stromkreises. Daher sind für die Messung mehrere Sonden bzw. Elektroden notwendig, zwischen denen der Widerstand des zu kontrollierenden Mediums ermittelt wird.

Die Signalleitung eines Füllstandrelais wird hierzu an einer Bezugselektrode und an einer Messelektrode bzw. mehreren Messelektroden angeschlossen. Als Bezugselektrode kann auch eine metallische Behälter- bzw. Rohrwandung dienen. Die von der integrierten Elektronik erzeugte Wechselspannung liegt entweder zwischen einer Elektrodensonde und der Bezugselektrode oder aber zwischen mehreren Messelektroden und der Bezugselektrode an. Sobald ein elektrisch leitfähiges Füllgut den Stromkreis zwischen den Messelektroden bzw. zwischen einer Elektrode und einer Bezugselektrode schließt, fließt ein Wechselstrom und der Relaisausgang schaltet.

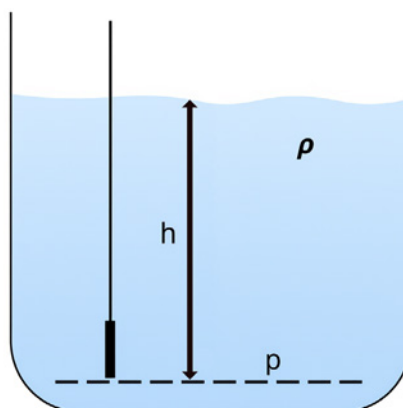
Kapazitiv: Kapazitive Sensoren für die Füllstandmessung funktionieren nach dem Prinzip eines Plattenkondensators. Die aktive Sensorfläche besteht aus zwei konzentrisch angeordneten metallischen Elektroden (aufgeklappter Plattenkondensator). Nähert sich ein metallisches oder nicht-metallisches Objekt der aktiven Fläche, so verändert es das elektrische Feld vor den Elektrodenflächen und damit die Kapazität. Die Kapazitätsänderung wird über eine Auswerteeinheit in ein Schalt- oder Analogsignal umgesetzt.

Mikrowelle: Das Verfahren basiert auf dem Prinzip der geführten Mikrowelle. Hierbei wird die Laufzeit einer Mikrowelle vom Sensor durch einen Messstab zur Medienoberfläche und zurück erfasst und hieraus der Füllstand errechnet. Das untere Ende des Messstabes (Messspitze) ist der Nullpunkt für die Füllstandmessung.

Statischer Druck: Das Funktionsprinzip beruht auf der Ermittlung des sogenannten hydrostatischen Drucks, der durch die Höhe einer Flüssigkeitssäule in einem Behälter auf eine Messmembrane in einem Sensor einwirkt. Die zu ermittelnde Füllstandhöhe ist außerdem von der spezifischen Dichte eines Mediums und der sogenannten Gravitationskonstante ($9,81\text{m/s}^2$) abhängig. Durch die Gravitation nimmt mit steigender Höhe der Flüssigkeitssäule in einem Behälter der hydrostatische Druck zu.

Für die Berechnung des hydrostatischen Drucks sind neben der Gravitationskonstante (g) nur drei Variablen notwendig: die Füllstandhöhe (h), der Druck (p) und die Dichte des Mediums (ρ) (Siehe Grafik).

Die Formel lautet: $h = p / \rho \times g$



Ultraschall: Geräte, die mit Ultraschall arbeiten, sind insofern interessant, da sich mit dieser Technologie Füllstandkontrollen über sehr große Distanzen, z. B. in Silos realisieren lassen. Hierbei wird durch das Echo-Laufzeit-Verfahren die Zeit gemessen, die ein Schallimpuls vom Sensor zu einer Mediumoberfläche und zurück benötigt und hieraus die Füllstandhöhe in einem Behälter ermittelt.

Radar: Diese Technologie bietet sich im Grunde immer dann an, wenn andere Sensoren z. B. aufgrund von Gasschichtungen oder Schaumbildung auf einem Medium bei der Füllstandkontrolle nicht einsetzbar sind. Bei diesem Verfahren sendet der Sensor periodisch ein Radarsignal mit linear auf- und absteigender Frequenz und über die Zeit gleichbleibender Änderungsrate aus, das von einem flüssigen Medium reflektiert wird. Über die Laufzeitverschiebung und die Frequenzabweichung des reflektierten Radarsignals wird dann der Füllstand in einem Behälter ermittelt.

5.1 KONDUKTIVE FÜLLSTANDSENSOREN: SEHR ROBUST UND TEMPERATURBESTÄNDIG

Konduktive Füllstandsonden der Reihen **FS90** und **FS92** von ipf electronic mit Schalt- ausgang benötigen für den Betrieb einen externen Verstärker (**FV56**). Erhältlich sind die Geräte der Reihe **FS90** mit einer Elektrode oder, wie die Reihe **FS92**, mit zwei bzw. drei Elektroden aus Edelstahl. Die Elektrodenlängen betragen 500mm (**FS90**) bzw. 500mm und 1000mm (**FS92**). Die bis 10bar druckfesten, robusten Sonden können in Umgebungen mit Temperaturen von -40° C bis +150°C eingesetzt werden und halten Medientemperaturen von -20°C bis +100°C stand.

Über den Verstärker **FV56** mit einstellbarer Schaltverzögerung lassen sich sowohl der Füllstand als auch ein Grenzstand erfassen. Der **FV56** ermöglicht es somit, die Sonden auch zur Überfüllsicherung (Zweipunktregelung z. B. zur Pumpensteuerung oder als Trockenlaufschutz) zu verwenden. Im Hinblick auf höhere Prozesssicherheit verfügt der verschleiß- und wartungsfreie Verstärker über eine integrierte Funktionsüberwachung.



Konduktiver Füllstandsensor der Reihe **FS92** mit zwei Elektroden in einem Vorratsbehälter. Links der Verstärker **FV56**.

5.2 KAPAZITIVE FÜLLSTANDSENSOREN: VON KLASSISCH BIS KOMPENSIEREND

Für den Bereich der kapazitiven Füllstandmessung bietet ipf electronic vom „Klassiker“ (Reihe **FK92E**), über besonders präzise Geräte (**FK300100** und **FK900400**) bis hin zu Sensoren an, die sich aufgrund ihrer hohen Kompensation von Anhaftungen ideal für zähflüssige Medien eignen (Reihe **FK92**).

Die parametrierbaren Füllstandsensoren der Reihe **FK92E** wurden für den Einsatz in Medien mit Temperaturen von -25°C bis +100°C entwickelt und sind mit zwei Sondenlängen (585mm und 1.185mm) erhältlich (Gehäuse: Edelstahl, Sonde: PTFE). Die Schaltpunkte des integrierten Digitalausgangs (2 x100mA) lassen sich flexibel definieren. Über den Analogausgang (4...20mA) liefern die Sensoren zudem ein kontinuierliches füllstandproportionales Signal. Diese Sonden eignen sich somit für klassische und daher häufig geforderte Füllstandkontrollen in Vorratsbehältern, z. B. mit Kühlemulsionen für Maschinen.

Kapazitive Füllstandsensoren wie der **FK300100** und **FK900400** mit Schaltausgang haben aufgrund ihrer großen aktiven Sensorfläche eine hohe Empfindlichkeit, wobei das Füllstandsignal kontinuierlich ansteht. Die Sensoren ermöglichen einen sehr guten Grundabgleich, unabhängig vom jeweils abzufragenden Medium. Der **FK300100** und **FK900400** sind daher bspw. ideal für den Trockenlaufschutz von Pumpen.

Wenn der Füllstand in Behältern mit besonders zähflüssigen Medien wie etwa Schmiermittel für Werkzeuge von Maschinen überwacht werden soll, dann sind die kapazitiven Sensoren der Reihe **FK92** durch ihre Zuverlässigkeit kaum zu schlagen.

Die Geräte haben ein kolbenförmiges Teflongehäuse (antielektrostatisch, säure- und laugenfest), das ein überaus hervorragendes Abtropfverhalten ermöglicht. Die Spezialelektrode des Sensors bietet zudem eine sehr gute Kompensation von Anhaftungen. Durch die besonders große aktive Sensorfläche erfassen die Geräte auch kritische Werkstoffe. Neben der Überwachung der Füllhöhe in Behältern mit zähflüssigen Medien können die Sensoren der Reihe **FK92** auch für Füllstandabfragen von Behältern z. B. mit Säuren, Laugen, Ölen oder Reinigungsmitteln eingesetzt werden.



Durch das Teflongehäuse und die Spezialelektrode mit sehr guter Kompensation von Anhaftungen lassen sich die Füllstandsensoren der Reihe **FK92** auch bei zähflüssigen Medien einsetzen.

5.3 FÜLLSTAND – MIKROWELLE: HOHE GENAUIGKEIT DURCH PARALLEL- ODER KOAXIALSTAB

Die Geräte der Reihe **FM91x** von ipf electronic mit geführter Mikrowelle liefern direkt nach der sehr einfachen Installation und Konfiguration ohne vorherigen Medienabgleich durch ihren Parallel- oder Koaxialstab hochpräzise Messergebnisse. Die Sensoren mit Analog- (4...20mA) und Schaltausgang integrieren eine LED-Anzeige und lassen sich über die frontseitige Folientastatur parametrieren (z. B. Schaltfunktion). Auch die Ansprechempfindlichkeit ist über die frontseitige Tastatur einstellbar.

Die mit einem Parallelstab verfügbaren Füllstandsensoren eignen sich zudem für Medien wie Pulver und Granulate. Die Geräte mit Koaxialstab wiederum sind unempfindlich gegenüber Wellenbewegungen auf der Medienoberfläche, die mitunter z. B. bei der Befüllung von Behältern auftreten können.

Generell sind alle Füllstandsensoren der Reihe **FM91x** für Medientemperaturen von 0 °C bis +80 °C ausgelegt und mit Sondenlängen von 200mm bis 800mm (Parallelstab) bzw. 120mm bis 400 (Koaxialstab) erhältlich.

Somit bieten sich die Geräte für die präzise Überwachung von Füllständen in Kunststoff- oder Metallbehältern etwa mit Medien wie Öle, Laugen, Reinigungsmittel, Trennmittel etc. an.



Niveauabfrage mit einem Sensor der Reihe **FM91x** an einem Vorratsbehälter für Hydrauliköl.



Sensoren mit Parallelstab sind auch für Pulver und Granulate einsetzbar.



Geräte mit Koaxialstab sind unempfindlich gegenüber Wellenbewegungen auf der Medienoberfläche.

5.4 FÜLLSTAND – HYDROSTATISCHER DRUCK: BESONDERS EINFACH FÜR VIELE STANDARDAUFGABEN

Für eine ganze Reihe an Standardabfragen bei der Füllstandkontrolle wurden die Sensoren der Reihe **FY98A249** von ipf electronic entwickelt. Mit nur einem Sensor plus Auswertereinheit lassen sich vielfältige hochgenaue Füllstandabfragen von flüssigen oder pastösen Medien wie z. B. Wasser, Abwasser, Lösungsmittel, Ölschlamm oder Fette (Medientemperaturbereich von -20 °C bis +70 °C) realisieren. Durch die „hängende“ Montage erweist sich die Installation und Inbetriebnahme als denkbar einfach, wobei das System einen Druckbereich von 0 bis 0,2bar aufweist und damit z. B. eine Wassersäule von bis zu 2m Höhe erfassen kann. Für die Füllstandmessung sind keine weiteren Einstellungen an den wartungsfreien Sensoren mit hoher Schutzklasse IP68 erforderlich. Und auch Umgebungseinflüsse, wie z. B. elektrische Felder, beeinflussen die Geräte nicht.



Ein Sensor der Reihe **FY98A249** in einem Vorratsbehälter mit einer Flüssigkeit. Alternativ zur „hängenden“ Montage kann der Sensor auch seitlich in die Behälterwand integriert werden.

5.5 FÜLLSTAND – ULTRASCHALL: ULTRAFLEXIBLE ABFRAGE MIT HOHEN REICHWEITEN

Eine berührungslose Füllstandmessung, z. B. in Behältern mit besonders aggressiven Medien, erfordert immer auch eine spezielle Lösung, die allerdings dank der Ultraschallsensoren der Reihen **UT12**, **UT18**, **UT30** und **UT36** von ipf electronic gar nicht so speziell sein muss.

Beachtliche Reichweiten von bis zu 6.000mm, etwa für Füllstandkontrollen in Silos, sind nur ein erwähnenswertes Merkmal der einfach per Teach-In oder teilweise per IO-Link einstellbaren Geräte.

So sind u.a. auch spezielle Geräte mit einer Schalldüse, die den Ultraschall zusätzlich fokussiert, erhältlich. Diese Ultraschallsensoren (Reihe **UT12** mit IO-Link-Schnittstelle) ermöglichen es daher, Füllstände in Behältern mit kleinen Öffnungen zu erfassen. Ein klassisches Beispiel ist der Einsatz solcher Sensoren zur Füllstandkontrolle in Reagenzgläsern, Fläschchen mit pharmazeutischen Arzneimitteln oder Probeflakons für Parfums.

Neben den Ultraschallsensoren in zylindrischer oder quaderförmiger Bauform mit verschiedenen Gehäusewerkstoffen wie Kunststoff oder Messing, bietet ipf electronic eine Geräteausführung innerhalb der Reihe **UT30** an, dessen Gehäuse vollständig aus korrosionsbeständigem Edelstahl besteht, sodass selbst der Schallwandler des Sensors metallisch geschlossen ist. Hierdurch überzeugt das Gerät besonders durch seine chemische Beständigkeit und eignet sich u.a. für den Einsatz in der Lebens-, Pharma- oder Chemieindustrie.



Ultraschallsensoren der Reihe **UT12** (links) können Füllstände in Behältern mit sehr kleinen Öffnungen erfassen, wie hier an einer Dosierstation in einem chemischen Betrieb.

5.6 FÜLLSTAND – RADAR: BESONDERS PRÄZISE UND SCHNELLE ALTERNATIVE

Wenn optische Sensoren oder Ultraschallsensoren bei der berührungslosen Füllstandüberwachung aufgrund verschiedener Umgebungsbedingungen an ihre Grenzen stoßen, können die Radarsensoren der Reihe **FR90** eine Alternative sein. Für diese Sensoren von ipf electronic mit hoch fokussiertem Radarsignal (Öffnungswinkel lediglich 10°) stellt bspw. störendes Fremdlicht, Staub, Über- oder Unterdruck, Vakuum, hohe Temperaturen oder Gas-, Dampf- sowie Schaumschichtungen auf einem Medium keinerlei Probleme dar. Darüber hinaus erlauben die Radarsensoren u.a. auch die Detektion durch einen Kunststoffdeckel hindurch, der etwa als Behälterabdeckung oder Schutzfenster dient.

Die Radarsensoren mit Schalt- sowie Analogausgang (0...20mA, 4...20mA) werden einfach über die integrierte IO-Link-Schnittstelle parametrierbar und ermöglichen hochpräzise, berührungslose Füllstandabfragen über Distanzen bis 5.000mm mit extrem kurzen Ansprechzeiten bis 0,03ms. Aufgrund der hohen Schutzklassen von IP67 bzw. IP69k können die Sensoren auch unter anspruchsvollen Umgebungsbedingungen eingesetzt werden.



Füllstandkontrolle eines transparenten Mediums mit Gasschichtung in einem Behälter.

5.7 FÜLLSTANDSENSOREN IN DER ÜBERSICHT

REIHE	MESSPRINZIP	MEDIUM	MEDIENTEMPERATUR	DRUCKFESTIGKEIT	AUSGÄNGE	BESONDERHEITEN
FS90/FS92	Konduktiv	Leitfähige Flüssigkeiten	-20 °C... +100 °C	bis 10ba	1 Schaltausgang, externer Verstärker erforderlich (FV56)	1 Elektrode bzw. 2 oder 3 Elektroden, Edelstahl 1.4571
FK92E	Kapazitiv	Flüssigkeiten	-25 °C... +100 °C	bis 1bar	Digitalausgang (2 x 100 mA), 1 Analogausgang (4...20 mA)	Edelstahlgehäuse, PTFE-Sonde, kontinuierliches füllstandproportionales Signal
FK300100/ FK900400	Kapazitiv	Flüssigkeiten	–	–	1 Schaltausgang	Hohe Empfindlichkeit, sehr unempfindlich gegenüber Verschmutzung
FK92	Kapazitiv	Zähflüssige Medien, Öle, Säuren, Laugen, Reinigungsmittel	-25 °C... +75 °C	-	1 Schaltausgang	Hohe Empfindlichkeit, sehr unempfindlich gegenüber Verschmutzung
FM91x	Mikrowelle	Flüssigkeiten, Pulver, Granulate	0 °C bis +80 °C	bis 10bar	1 Schaltausgang 1 Analogausgang (4...20mA)	Parallel- oder Koaxialstab, verschiedene Sondenlängen, LED-Anzeige und Folientastatur, kein Medienabgleich erforderlich
FY98A249	Hydrostatisch	Flüssige/ pastöse Medien	-20 °C bis +70 °C	-	1 Analogausgang (4...20mA)	Sehr einfache Montage, wartungsfrei, sehr vielseitig
UT12/ UT18/ UT30/ UT36	Ultraschall	Aggressive Medien, Flüssigkeiten, Schüttgüter	-	-	Schaltausgang (parametrierbar) und/oder Analogausgang (0...10V, 4...20mA) je nach Gerät	Reichweite bis 6.000 mm, Füllstandkontrolle durch kleinste Öffnungen (UT12), IO-Link (UT12, UT18)
FR90	Radar	Flüssigkeiten, Schüttgüter	-	-	1 Schaltausgang (parametrierbar) 1 Analogausgang (0...20mA, 4...20mA)	Alternative zu Ultraschallsensoren, Reichweite bis 5.000mm, unempfindlich u.a. gegenüber Gas-, Dampf- und Schaumschichtungen auf dem Medium, einsetzbar bei Über-/ Unterdruck und Vakuum, Messung durch Kunststoff

6 APPLIKATIONSBEISPIELE

Nachfolgend zwei Applikationsbeispiele aus dem Bereich Füllstandkontrolle. In der ersten Applikation geht es um die Füllstandüberwachung in einer Kalkmilchaufbereitung, die aufgrund der Umgebungsbedingungen extreme Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Sensorik stellt.

Im zweiten Beispiel befindet sich die Applikation hingegen in einer sehr reinen Umgebung. Die Herausforderung: eine Füllstandkontrolle selbst durch kleinste Behälteröffnungen. Hier erwiesen sich Ultraschallsensoren von ipf electronic als ideale Lösung.

6.1 SELBST IN EXTREM RAUER UMGEBUNG STETS ZUVERLÄSSIG

Ein auf Stahlprodukte spezialisiertes Unternehmen behandelt u.a. Edelstahlbraht in der hauseigenen Beizanlage. 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.



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

Mit dem Füllstandsensor **FK92E117** hatte ipf electronic schließlich eine Lösung, die den aggressiven Umgebungsbedingungen standhielt 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.

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.



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

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.

6.2 PRÄZISE ÜBERWACHUNG AN EINER DOSIERSTATION

Ein Chemieunternehmen füllt an einer automatischen Dosierstation Produkte in kleine Glasflaschen mit sehr kleinen Öffnungen ab. Die Flaschen werden hierbei zu einer Dosiereinheit transportiert und erhalten dort eine exakte Menge einer klaren, transparenten Flüssigkeit.

Die Produktmenge pro Flasche muss absolut identisch sein. Daher soll jedes Behältnis auf den korrekten Füllstand hin geprüft werden. Außerdem ist an der Dosierstation die Anwesenheitskontrolle einer Glasflasche erforderlich.

Zunächst wurde eine abdeckungsproportional arbeitende Lichtschranke (Sender-/Empfängersystem) mit linienförmigem Lichtstrahl getestet, um den Füllstand seitlich durch die Glaswand der Flaschen abzufragen. Die darin enthaltene Flüssigkeit ermöglichte aufgrund ihrer hohen Transparenz jedoch keine ausreichende Dämpfung des Sensorsystems und lieferte kein eindeutiges Signal. Zudem erschwerten Lichtbrechungen an der Glasflasche eine zuverlässige Füllstandkontrolle.

Als nächstes entschied sich das Unternehmen für einen Ultraschallsensor, der oberhalb der Flaschenöffnung positioniert wurde, die einen Durchmesser von lediglich 10mm hat. Auch diese Lösung brachte keinen Erfolg. Die Gründe: Die spezielle Funktionsweise von Ultraschallsensoren (**siehe Kapitel 5**) und in diesem Zusammenhang die Fläche des

Schallwandlers und der Öffnungswinkel der vom Sensor erzeugten Schallkeule.

Da Standard-Ultraschalltaster in Abhängigkeit zur Baugröße über Schallwandler mit einer vergleichsweise großen Fläche verfügen, erfasste in dieser Applikation die Schallkeule aufgrund ihres großen Öffnungswinkels auch den Rand der engen Flaschenöffnung und zog diesen als erstes auswertbares Signal zur Abstands- und damit Füllstandmessung heran.

Die Ultraschallsensoren der Reihe **UT12** haben indes lediglich einen Durchmesser von 12mm und sind sowohl mit Schaltausgang zur Positionsabfrage (**UT129520**) als auch mit Analogausgang (**UT129021**), z. B. für präzise Füllstandmessungen, erhältlich.

In der Abfüllanlage wurde der **UT129021** mit einer am Sensorkopf befestigten Schalldüse zur Erfassung des Füllstandes unmittelbar hinter der Dosiereinheit montiert. Die Schalldüse fokussiert zusätzlich den Ultraschall und ermöglicht somit die Abfrage von Flüssigkeiten in Behältnissen mit sehr kleinen Öffnungen. An der Dosiereinheit selbst befindet sich außerdem ein **UT129520** mit digitalem Schaltausgang zur Anwesenheitskontrolle, um vor dem Abfüllprozess sicherzustellen, dass sich auch eine Flasche an der gewünschten Position befindet.



Der Ultraschallsensor **UT129021** mit Schalldüse (links) erfasst den Füllstand in den Flaschen. Um sicherzustellen, dass für die Dosierung stets eine Flasche bereitsteht, befindet sich an der Dosierstation noch der Ultraschallsensor **UT129520** (rechts) mit digitalem Schaltausgang zur Anwesenheitskontrolle.

7 ZUSAMMENFASSUNG

Die Geräte und Technologien von ipf electronic für den Bereich Fluidtechnik decken sämtliche Verfahren ab, mit denen der Zustand von Gasen und Flüssigkeiten erfasst werden soll. Dies betrifft sowohl Druckmessungen mit auf das jeweilige Medium abgestimmten hochspezialisierten Sensoren, als auch Geräte für Messungen von Luft, neutralen Gase sowie gasförmigen und flüssigen Medien. Hinzu kommen Sensoren für die Erfassung von Temperatur, Durchfluss und den Verbrauch. Für die Füllstandkontrolle, mit eine der häufigsten Aufgaben in der Industrie, bietet ipf electronic eine ganze Reihe an verschiedenen Technologien an, um die spezifischen Anforderungen in sehr unterschiedlichen Applikationen zu erfüllen.

Die auf Luft spezialisierten Drucksensoren liefern ein breites Spektrum an Einsatzmöglichkeiten in der Pneumatik, von einfachen Inline-Sensoren für Druckluftschläuche, über Drucktransmitter für Druck- und Vakuumanwendungen (z. B. in der Robotik), bis hin zu flexibel parametrierbaren Drucksensoren für Handling- und Automatisierungssysteme und eigens für die Überwachung von Filtern in Druckluftanlagen entwickelten Differenzdrucksensoren.

Die Auswahl an Geräten für Luft, neutrale Gase sowie gasförmige und flüssige Medien ist nicht minder gering, z. B. besonders robuste Drucktransmitter für anspruchsvolle Umgebungen und einen weiten Medientemperaturbereich von -25 °C bis +100 °C, IO-Link-Druckwächter für statische Füllstandmessungen und Pumpensteuerungen für Medientemperaturen von -40 °C bis +100 °C. Und nicht zuletzt Drucksensoren für Druckbereiche von -1 bis +600bar mit IO-Link, TFT-Farbdisplay und vielen individuellen Anzeigemodi inklusive zwei Ausgängen, von denen sich einer nach Wunsch als Schalt-, Analog- oder Alarmausgang parametrieren lässt.

Sensoren für Temperaturmessungen von ipf electronic lassen sich generell in Geräte für die berührungslose und medienberührende Temperaturerfassung einteilen. Optische Infrarotsensoren eignen sich insbesondere für verschleißfreie Messungen (Strahlungswärme von +300 °C bis +2.000 °C) unter extremen Einsatzbedingungen mit Umgebungstemperaturen bis +180 °C

Sensoren mit Messfühler wiederum sind ideal für Messungen von Medien mit Temperaturen bis +150 °C. Die Sensoren zeichnen sich außerdem durch eine hohe Druckfestigkeit aus.

Geräte in der Kategorie Durchfluss- und Verbrauchsmessungen gehören zu jenen Produktgruppen von ipf electronic mit einer immens breitgefächerten Auswahl an Technologien. Hierzu gehören u.a. hochpräzise, parametrierbare Sensoren für Durchfluss- und Verbrauchsmessungen von elektrisch leitfähigen Flüssigkeiten mit digital drehbarem Farbdisplay sowie über IO-Link einstellbare, bis 60bar druckfeste Sensoren mit einer hohen Unempfindlichkeit gegenüber Temperaturschwankungen.

Zu den Kompaktsensoren mit Schaltausgang gehören über 20 Gerätetypen, die sich sowohl für Hydraulik- als auch Pneumatikanwendungen innerhalb von Rohrleitungen empfehlen.

Von höheren Medientemperaturen bis +160 °C unbeeindruckt bleiben z. B. die Strömungssensoren von ipf electronic mit externer Auswerteeinheit und einer Ansprechzeit bis 13.000ms sowie einer Druckfestigkeit bis 100bar.

Die Installation direkt im maschinennahen Umfeld ermöglichen Sensoren für die Messung von Durchfluss und Betriebsdruck aufgrund ihrer kompakten Bauform. Die Durchflusssensoren für Luft mit integriertem Drucksensor eignen sich daher bspw. für eine hochauflösende Prozess- und Zustandserfassung etwa im Rahmen eines Condition Monitoring. Das geräteinterne Display zur Visualisierung der aktuellen Messwerte reagiert auf Wunsch mit einem Farbwechsel, wenn ein zuvor definierter Schwellenwert erreicht ist.

Für nahezu jede erdenkliche Aufgabe wurden die Strömungssensoren von ipf electronic als Einstichgeräte, Sensoren mit integrierter Messstrecke für Rohrleitungen und Kom-

paktgeräte mit integriertem Gleichrichter für die platzsparende Installation in der Nähe von Maschinen und Anlagen entwickelt.

Die Sensoren arbeiten nach dem kalorimetrischen Prinzip und liefern hochpräzise Messwerte. Da weder der Druck noch die Temperatur des Mediums Einfluss auf die Messergebnisse haben, können die Durchflussmessgeräte bzw. Verbrauchszähler problemlos bei unterschiedlichen Drücken und Temperaturen ohne weitere Kompensation eingesetzt werden.

Die Sensoren werden gemäß Kundenwunsch von ipf electronic für eine Vielzahl an gasförmigen Medien wie bspw. Wasserstoff, Stickstoff oder Erdgas kalibriert. Für die intelligente Datenübertragung sind die Sensoren u.a. mit Digital-, Analog-, Impulsausgängen sowie Modbus-TCP (Ethernet) ausgestattet.

Aus dem Rahmen im Angebot von ipf electronic fällt hingegen das Leckagesuchgerät, mit denen sich Undichtigkeiten in Druckluft- und Vakuumsystemen gezielt aufspüren und unmittelbar vor Ort über das Farbdisplay (**UY000003**) anzeigen lassen. Das Gerät wird bereits in vielen unterschiedlichen Industriebereichen eingesetzt und sorgt hier erwie-senermaßen für nachhaltige Einsparungen beim Druckluftverbrauch oder der Erzeugung von Vakuum.

Was für den Produktbereich Durchfluss- und Verbrauchsmessungen gilt, kann auch über die Geräte für die Füllstandkontrolle von ipf electronic gesagt werden: eine überaus reichhaltige Auswahl an sehr unterschiedlicher Sensorik für ein immens breites Einsatzfeld.

So sind z. B. die robusten und temperaturbeständigen konduktiven Füllstandsensoren für Medientemperaturen von -2 °C bis +100 °C ideal für die Füllstandüberwachung und Grenzstanderkennung von leitfähigen Medien vorwiegend auf Wasserbasis.

Flexibel für flüssige Medien einsetzbar sind wiederum die besonders präzisen kapazitiven Füllstandsensoren von ipf electronic, wobei sich einige Geräte aufgrund ihres hervorragenden Abtropfverhaltens und ihrer speziellen technischen Auslegung vor allem für zähflüssige Medien eignen. Andere Geräte wiederum ermöglichen einen guten Grundabgleich unabhängig vom jeweiligen Medium, bieten eine hohe Empfindlichkeit durch eine große Sensorfläche und liefern ein kontinuierliches füllstandproportionales Signal.

Müssen Füllstände in Behältern mit Flüssigkeiten aber auch Pulvern oder Granulate überwacht werden, sind die Sensoren mit geführter Mikrowelle aufgrund ihrer hohen Empfindlichkeit die erste Wahl. Nach der einfachen Montage und Konfiguration sind die Geräte ohne vorherigen Medienabgleich sofort einsatzbereit, etwa für die Füllstandmessung in Behältern mit Ölen, Laugen, Reinigungsmitteln oder Trennmitteln etc.

Viele Standardanwendungen in der Füllstandkontrolle von flüssigen und pastösen Medien decken wiederum die hydrostatischen Füllstandsensoren von ipf electronic ab. Da die Sensoren z. B. einfach in einen Behälter mit einem Medium abgesenkt werden können, sind sie ebenfalls sehr schnell einsatzbereit.

Berührungslos über große Distanzen bis 6.000mm ermitteln die Ultraschallsensoren von ipf electronic die Füllstände z. B. in Silos. Spezielle Geräte mit Schalldüse sind indes in der Lage, Füllstände in Behältern mit sehr kleinen Öffnungen, etwa Reagenzgläser oder Fläschchen mit flüssigen Arzneimitteln, zu erfassen. Eine Besonderheit unter den Ultraschallsensoren ist hier sicherlich ein Gerät vollständig aus Edelstahl, inklusive des komplett metallisch geschlossenen Schallwandlers.

Stoßen berührungslos arbeitende Füllstandsensoren aufgrund verschiedenster Umgebungsbedingungen wie z. B. Temperatur, Gas oder Dampf, Über-, Unterdruck oder Vakuum sowie Staub und störendes Fremdlicht an ihre Grenzen, können Radarsensoren von ipf electronic weiterhelfen. Deutliche Vorteile im Vergleich zu Ultraschallsensoren bieten die Radarsensoren u.a. bei der Füllstandkontrolle von Medien, auf denen sich Schaum bilden kann. Überdies können die Geräte Füllstände durch einen Kunststoffdeckel ermitteln, der z. B. als Behälterabdeckung oder Schutzfenster dient.

Wie auch immer die Aufgabenstellungen und auch Herausforderungen im Bereich der Fluidtechnik sein mögen, das vielseitige Produktspektrum von ipf electronic hält in der Regel für jede Anwendung eine optimale Technologie bereit.

© ipf electronic gmbh: 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.

