

# **WHITEPAPER**

## STRÖMUNGSSENSOREN

# **INHALTSVERZEICHNIS**

1. Einleitung .....	3
2. Funktionsweise von Strömungssensoren .....	3
3. Einteilung der Geräte .....	4
4. Montage verschiedenster Lösungen .....	5
5. Einsatzbereiche von Strömungssensoren .....	7
5.1 Pastöse Medien und Öle.....	7
5.2 Chemikalien, Säuren und korrosive Medien .....	7
5.3 Konkrete Anwendungen .....	7
5.3.1 Überwachung von Kühlkreisläufen.....	8
5.3.2 Überwachung von Fördermedien .....	8
5.3.3 Überwachung von Prozessabläufen .....	8
5.3.4 Überwachung von Füllständen.....	8
6. Strömungssensoren mit IO-Link .....	9
7. Glossar .....	10

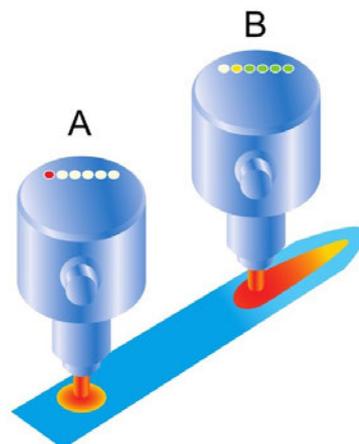
## 1. EINLEITUNG

Strömungssensoren, genauer thermodynamische Strömungssensoren, überwachen Strömungen bzw. messen die Strömungsgeschwindigkeit von Medien in geschlossenen Systemen (z. B. Rohrleitungen). In der Vergangenheit wurden für diese Aufgaben sogenannte Klappensensoren oder Paddelschalter verwendet, wobei sich die beweglichen und somit mechanisch aufgebauten Messelemente (Klappe, Paddel) unmittelbar im Medienstrom befanden. Hierdurch waren solche Lösungen extrem anfällig gegenüber Verschmutzungen. Bildeten sich Ablagerungen auf den mechanischen Messelementen, konnte die fehlerfreie Funktion der Geräte eingeschränkt sein oder war im Extremfall gar nicht mehr gegeben.

Ein Klappensensor oder Paddelschalter gab dann bspw. selbst bei einer nichtvorhandenen Strömung ein IO-Signal aus. Eine stets zuverlässige Messung respektive Überwachung eines Medienstroms ließ sich mit solchen Lösungen daher nicht realisieren. Thermodynamische Strömungssensoren arbeiten hingegen ohne bewegliche Teile, wodurch Fehlfunktionen bzw. Ausfälle aufgrund von verschmutzten oder beschädigten mechanischen Bauteilen ausgeschlossen sind. Die Zuverlässigkeit solcher Geräte wird daher in vielen Industriebereichen sehr geschätzt. Grund genug, sich in diesem White Paper einmal genauer mit dieser Technologie zu beschäftigen.

## 2. FUNKTIONSWEISE VON STRÖMUNGSSENSOREN

Die Funktionsweise von Strömungssensoren basiert auf dem thermodynamischen Prinzip. Hierbei wird das Sensorelement von innen heraus um einige Grad Celsius gegenüber dem Medium, in das das Sensorelement hineinragt, aufgeheizt. Die in dem Sensorelement erzeugte Wärme wird durch das Medium abgeführt, wobei dieser Wärmeabfuhr- bzw. Kühleffekt umso stärker ist, je schneller das Medium an dem Sensorelement vorbeiströmt. Die im Sensorelement 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. Vor diesem Hintergrund ist die Empfindlichkeit von thermodynamischen Strömungssensoren immer von den wärmetechnischen Eigenschaften (Wärmekapazität) eines zu erfassenden Mediums abhängig. Allgemein formuliert stellt sich diesbezüglich also die Frage: In welcher Zeit bzw. wie schnell kann ein zu überwachendes Medium Wärme aufnehmen? In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass Strömungssensoren zumeist träger reagieren, etwa im Vergleich zu Klappensensoren. Um eine einheitliche Basis zur Beschreibung der technischen Daten zu Strömungssensoren zu erhalten, gelten die Spezifikationen in der Regel für Wasser.



Funktionsweise von Strömungssensoren. Links: Das Sensorelement befindet sich in einem Medium ohne Strömung (A). Rechts: Das Sensorelement erfasst die Strömung eines Mediums (B).

**3. EINTEILUNG DER GERÄTE**

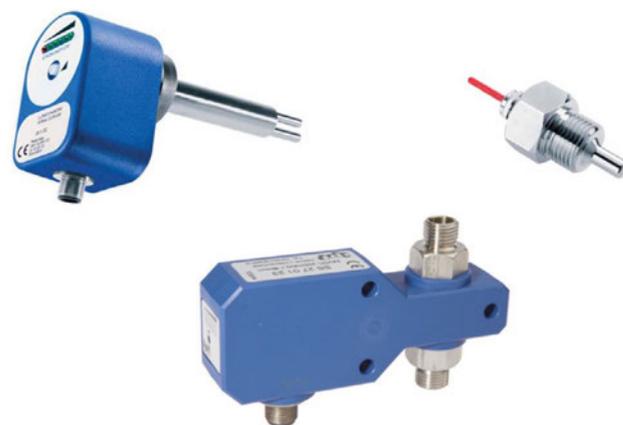
Strömungssensoren lassen sich in zweiteilige Geräte und Kompaktgeräte einteilen. Zweiteilige Geräte bestehen aus einem Sensorelement, das in ein Medium hineinragt, und einem hiervon getrennten Auswertegerät. Kompaktgeräte hingegen integrieren bereits die Auswerteeinheit, sodass die Einstellung eines Grenzwertes direkt vor Ort an der Messstelle erfolgen kann. Die Verkabelung beschränkt sich zudem auf die weniger stöempfindlichen Zuleitungen für die Stromversorgung und den Signalausgang. Kompaktgeräte können zudem nochmals in Lösungen mit einer Messspitze und sogenannte Inline-Sensoren unterteilt werden. Hierzu mehr weiter unten.

Thermodynamische Strömungssensoren	
Kompaktgeräte	Zweiteilige Geräte
Geräte mit Messspitze	
Inline-Sensoren	

Einteilung von thermodynamischen Strömungssensoren

Welche Lösung (Kompaktgerät oder zweiteiliges Gerät) in einer spezifischen Anwendung zum Einsatz kommt, hängt einerseits von der Messaufgabe ab und andererseits vom Platzangebot sowie der Einbausituation am Installationsort des Strömungssensors. Müssen z. B. Medien mit höheren Temperaturen erfasst bzw. gemessen werden, empfehlen sich zweiteilige Strömungssensoren, da hier die empfindliche Auswerteelektronik vom eigentlichen Sensorelement getrennt ist.

Der Einsatz solcher Lösungen ist zudem immer dann sinnvoll, wenn das Platzangebot für die Montage eines Kompaktgerätes am Installationsort nicht ausreicht bzw. die Einstellung des Sensors aufgrund der Einbausituation vor Ort nur über eine getrennte Auswerteeinheit möglich ist respektive durch sie maßgeblich erleichtert wird. Wie bereits oben erwähnt, unterteilen sich Kompaktgeräte in Lösungen mit Messspitze und Inline-Sensoren. Bei Kompaktgeräten mit Messspitze ragt das Sensorelement in ein Medium hinein. Beim Einsatz in Rohren befindet sich die Messspitze idealerweise in der Mitte des Rohrquerschnitts, da hier eine laminare, gleichmäßige Strömung des Mediums vorherrscht.



Strömungssensoren von ipf electronic: Kompaktgerät (oben links), zweiteiliges Gerät ohne Verstärker (oben rechts) und ein Inline-Sensor (unten).

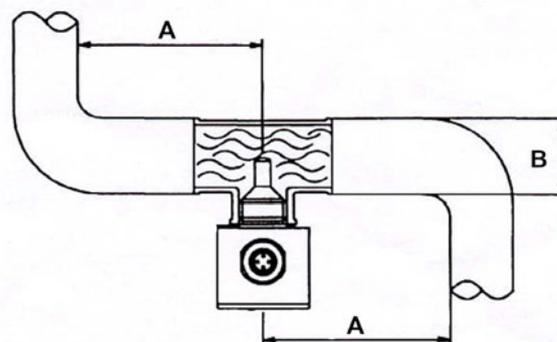
Inline-Sensoren bestehen aus einem Messrohr (Edelstahl) mit mehreren auf der Innenseite großflächig angeordneten Sensorelementen. Hierdurch haben die Sensorelemente eine im Vergleich zu Lösungen mit einer Messspitze wesentlich größere Kontaktfläche zum Medium und verfügen darüber hinaus über ein schnelleres Ansprechverhalten. Inline-Sensoren werden vorwiegend dann eingesetzt, wenn nur ein geringes Medienvolumen bzw. geringe Strömungsgeschwindigkeiten zu messen sind und ein sehr schnelles Ansprechverhalten eines Gerätes erforderlich ist.

Inline-Sensoren basieren ebenfalls auf dem thermodynamischen Prinzip, wobei hier die in dem Messrohr erzeugte Wärme vom durchströmenden Medium aufgenommen wird. Aus der Differenz zwischen der Medien- und der Sensorelementtemperatur kann wiederum direkt auf die Strömungsgeschwindigkeit geschlossen werden.

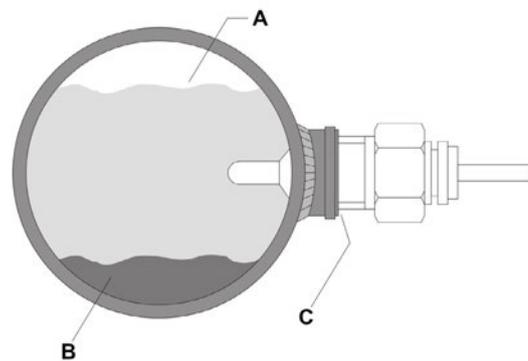
#### **4. MONTAGE VERSCHIEDENSTER LÖSUNGEN**

In der Spitze eines Sensorelements (Kompaktgeräte und zweiteilige Geräte) befindet sich das temperierte Messelement. Die Gehäusespitze, die das Sensorelement aufnimmt, und die daran anschließenden Gewinde- bzw. Befestigungskomponenten sind bei vielen Sensoren einteilig aus Edelstahl gefertigt, um eine absolute Dichtheit und hohe Druckfestigkeit zu erreichen. Bei korrosiven, insbesondere bei oxidierenden Medien, sowie ätzenden Medien werden Spezialwerkstoffe eingesetzt, weil Edelstahl in diesem Fall nur bedingt gegen Korrosion bzw. Säuren beständig ist (siehe Kapitel 5.2).

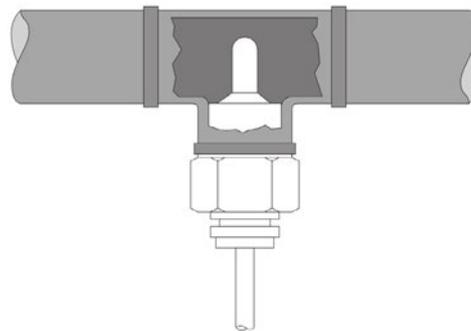
Die Montage von Strömungssensoren (Kompaktgeräte und zweiteilige Ausführungen) kann in Standardapplikation unabhängig von der Strömungsrichtung des Mediums vorgenommen werden. Das Sensorelement sollte hierbei auf jeden Fall vollständig von dem zu kontrollierenden Medium umgeben sein. Bei der Montage der Sensoren ist außerdem ein ausreichender Abstand zu Rohrverengungen bzw. Rohrquerschnittsveränderungen sowie Rohrbögen einzuhalten. Unmittelbar vor oder nach einem Rohrbogen und bei Veränderungen des Rohrquerschnitts hat das Medium eine nichtlineare Strömung. Da ein Gerät zur einwandfreien Funktion jedoch eine gleichmäßige Anströmung des Sensorelementes mit dem Medium benötigt, müssen bei den Sensoren gewisse Mindestabstände eingehalten werden, wobei der Abstand von der Messstelle zu einem Rohrbogen oder einer Querschnittsveränderung das Fünf- bis Zehnfache des entsprechenden Rohrdurchmessers betragen sollte. Bei generell kleineren Rohr- oder Leitungsquerschnitten ist außerdem zu beachten, dass das Sensorelement selbst zu einer Verengung führt, die in einer höheren Strömungsgeschwindigkeit des Mediums im Messbereich resultiert. Die Abbildungen 5 bis 7 verdeutlichen die korrekte Montage von Strömungssensoren z. B. seitlich, von unten oder in Steigleitungen.



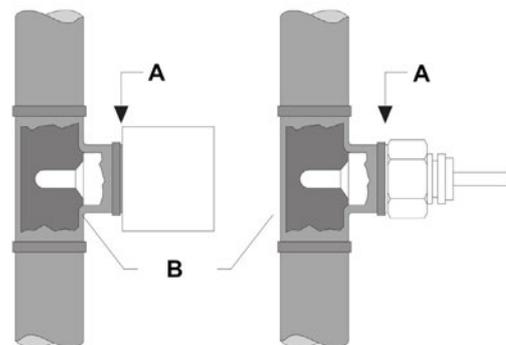
Ein Mindestabstand der Messstelle bspw. zu einem Rohrbogen, wie in dieser Abbildung gezeigt, sollte eingehalten werden. Für A gilt:  $A > 5 \dots 10 \times B$ . B: Durchmesser des Rohrs.



Seitlicher Einbau eines zweiteiligen Gerätes. A: Luftpolster über dem Medium, B: Ablagerungen, C: Gewinde mit Dichtung.



Einbau eines zweiteiligen Gerätes von unten.



Einbau eines Kompaktgerätes (links) und eines zweiteiligen Gerätes (rechts) in einer Steigleitung. A: Dichtscheibe, B: T-Stück.

Die Montage von Inline-Sensoren erfolgt, wie die Bezeichnung schon vermuten lässt, „inline“ also „in einer Linie“ mit einer Rohrleitung, wobei das Medium durch das Messrohr geleitet wird. Bei Inline-Sensoren ragt demnach kein potenziell störendes Element in ein Medium hinein, wodurch es ungehindert die Mess- bzw. Sensorelemente passieren kann. Die Montage von Inline-Sensoren kann ebenfalls unabhängig von der Strömungsrichtung des Mediums erfolgen.

## **5. EINSATZBEREICHE VON STRÖMUNGSSENSOREN**

Thermodynamische Strömungssensoren decken mittlerweile ein sehr breites Applikationsspektrum ab und werden nicht nur in flüssigen und gasförmigen Medien, sondern bspw. auch in spezifischen Festkörpermedien (bspw. körnige oder pulverförmige Medien bei der Dosierung) eingesetzt. Wie bereits in Kapitel 2 erwähnt, reagieren Strömungssensoren aufgrund ihres Funktionsprinzips träger, wobei deren Empfindlichkeit letztendlich immer auch von der Wärmekapazität eines zu messenden Mediums abhängt. Einige Medien sowie deren spezielle Eigenschaften erschweren in diesem Zusammenhang zudem die einwandfreie Funktionsweise von Strömungssensoren bzw. erfordern den Einsatz besonderer Werkstoffe für die Geräte. Bevor auf konkrete Anwendungsbereiche von Strömungssensoren eingegangen wird, daher nachfolgend noch einige kurze Ausführungen zu dieser Thematik.

### **5.1 PASTÖSE MEDIEN UND ÖLE**

Für pastöse Medien eignen sich Strömungssensoren nur bedingt, da derartige Medien am Sensorelement haften bleiben bzw. sich darauf ablagern können, wodurch die Funktionsweise der Geräte u. U. eingeschränkt ist oder im Extremfall ein Sensor gar kein Signal mehr abgibt. Beim Einsatz von Strömungssensoren in Ölen ist zu berücksichtigen, dass solche Medien bei Temperaturunterschieden ihre Viskosität verändern. Dabei reicht die Viskosität von zähflüssig bei niedrigen Temperaturen bis hin zu dünnflüssig bei hohen Temperaturwerten. Hierdurch verändern sich die Anströmungen des Sensorelementes. In der Regel werden Strömungssensoren daher so eingestellt, dass sie bei normaler Betriebstemperatur (Öl ist warm und verfügt über eine höhere Viskosität) korrekte Ergebnisse liefern.

### **5.2 CHEMIKALIEN, SÄUREN UND KORROSIVE MEDIEN**

Für den Einsatz von Strömungssensoren in ganz spezifischen Bereichen bietet ipf electronic chemisch resistente Lösungen an, wobei für solche Geräte u. a. Spezialwerkstoffe wie Titan und Hastelloy verwendet werden. Titan ist ein Leichtmetall, erreicht aber Festigkeitswerte guter Konstruktionsstähle. Titan bildet einen Oxidfilm auf seiner Oberfläche, wodurch das Metall chemisch widerstandsfähig wird. Sollte eine Titanoberfläche in einer sauerstoffhaltigen Umgebung durch mechanische Einflüsse beschädigt werden, erneuert sich die Oxidschicht sofort. Titan eignet sich insbesondere für den Einsatz in chloridhaltigen Medien. Auch in der chemischen Industrie und der Papierindustrie (Bleichereien) hat man mit dem Einsatz dieses Werkstoffes positive Erfahrungen gesammelt. Der Werkstoff Titan empfiehlt sich überdies für Sensorelemente von Strömungssensoren, die in Meerwasserkühlsystemen oder Meerwasserentsalzungsanlagen zum Einsatz kommen.

Hastelloy (B-2) gehört zur Gruppe der Nickel-Molybdän-Legierungen und ist sehr resistent sowohl gegenüber Korrosion als auch reduzierenden Medien wie z. B. Salzsäure (sämtliche Konzentrationen). Darüber hinaus ist Hastelloy in einem großen Temperaturbereich sehr beständig. Hastelloy lässt sich überdies für Strömungssensoren einsetzen, deren Messelemente mit Chlorwasserstoff sowie Schwefel-, Essig- oder Phosphorsäure in Kontakt kommen.

### **5.3 KONKRETE ANWENDUNGEN**

Die vielseitigen Einsatzfelder von Strömungssensoren finden sich überwiegend sowohl in Kühlkreisläufen, als auch bei der Überwachung verschiedenster Fördermedien sowie Prozessabläufen. Ein weniger bekannter Anwendungsbereich solcher Geräte ist aber auch die Füllstandkontrolle.

### **5.3.1 ÜBERWACHUNG VON KÜHLKREISLÄUFEN**

Zur Überwachung von Kühlkreisläufen werden Strömungssensoren stets im Ablauf eines Kreislaufes installiert. Einsatzfelder finden sich hier bspw. bei Kunststoff-Spritzgusswerkzeugen, Schweißmaschinen bzw. Schweißrobotern, in Bearbeitungszentren, Kühlagregaten oder Motorkomponenten. An Schweißmaschinen wird bspw. der Kühlwasserfluss mit Kompaktgeräten aus Edelstahl überwacht, um auch bei einer hohen Taktzahl der Maschinen eine ausreichende Kühlung sicherzustellen. Fällt die Kühlung aus, wird der Schweißroboter über den Sensor abgeschaltet. In Bearbeitungszentren überwachen Strömungssensoren den kontinuierlichen Kühlmittelfluss, damit die teuren Werkzeuge geschützt sind und überdies längere Standzeiten erzielt werden.

### **5.3.2 ÜBERWACHUNG VON FÖRDERMEDIEN**

Eine weit verbreitete Anwendung von Strömungssensoren ist der Trockenlaufschutz von Pumpen, wobei hier oft Kompaktgeräte mit integrierter Ausschaltverzögerung (zeitverzögertes Ausgangssignal bei Strömungsabfällen) zum Einsatz kommen. In der Dosiertechnik wiederum werden Zuschlagstoffe überwacht, wobei sich zur Erfassung der zumeist sehr kleinen Durchflussmengen vor allem Inline-Sensoren eignen. Auch die einwandfreie Funktion von Filtern und Sieben lassen sich über die Kontrolle eines Medienflusses gewährleisten. Erreicht die Strömung einen bestimmten zuvor eingestellten Grenzwert, muss der Filter bzw. das Sieb ausgetauscht werden. Ein zusätzlicher Sicherungsmechanismus kann in diesen Zusammenhang zudem das Abschalten einer Pumpe sein. Sollte ein Filter oder Sieb nicht ausgetauscht werden, wird bei einem weiteren Abfall des Medienflusses die Pumpe deaktiviert. Hierfür eignen sich optimal Sensoren mit zwei unabhängig einstellbaren Schaltepunkten.

### **5.3.3 ÜBERWACHUNG VON PROZESSABLÄUFEN**

Ein weiteres Einsatzgebiet von Strömungssensoren ist die Überwachung von Prozessabläufen, etwa die Kontrolle von Reinigungsprozessen. Da hierbei oftmals aggressive Medien zum Einsatz kommen, werden zumeist Lösungen mit Spezialwerkstoffen verwendet.

### **5.3.4 ÜBERWACHUNG VON FÜLLSTÄNDEN**

Darüber hinaus lassen sich Strömungssensoren auch für die Füllstandkontrolle einsetzen, wobei hierzu je nach Applikation sowohl Kompaktgeräte als auch zweiteilige Geräte verwendet werden. Bei einer Füllstandüberwachung misst ein Sensor jedoch keine Strömung im eigentlichen Sinne, da im Grunde lediglich der Füllstand eines Mediums bspw. in einem Behälter abgefragt werden soll. Durch das spezielle Funktionsprinzip des Sensorelementes, das die erzeugte Wärme an ein zu kontrollierendes Medium abgibt, lässt sich jedoch auch der Füllstand in einem Behälter überwachen, sofern das Medium in der Lage ist, genügend Wärme aufzunehmen. In diesem Fall wird das Sensorelement in Kontakt mit dem Medium gekühlt, wohingegen dieser Effekt unterbleibt, wenn kein Kontakt bzw. Medienfüllstand vorhanden ist. Der Sensor interpretiert einen anstehenden Medienfüllstand quasi als Strömung und liefert ein Schaltsignal. Sinkt der Füllstand unterhalb des Sensorelementes, ist es nun bspw. von der Luft in einem Behälter umgeben. Da Luft über sehr gute Isolationseigenschaften verfügt, wird weniger Wärme über das Sensorelement abgeführt, was im Grunde gleichbedeutend mit einer „fehlenden Strömung“ ist. Der Sensor liefert somit kein Schaltsignal.

## 6. STRÖMUNGSENSOREN MIT IO-LINK

Mit IO-Link wurde eine standardisierte Schnittstelle für ein Kommunikationssystem geschaffen, das u.a. Sensoren für den Datenaustausch an Automationssysteme anbindet. In diesem Zusammenhang wird auf das White Paper „Sensoren mit IO-Link-Schnittstelle“ von ipf electronic verwiesen, das sich ausführlich mit dieser Thematik beschäftigt. Nachfolgend seien daher nur einige wesentliche Vorteile von IO-Link genannt:

**/ Kostenreduktion:** Parametrierbare Sensoren mit standardisierter Schnittstelle reduzieren die ansonsten benötigte Gerätevielfalt und erleichtern die Beschaffung.

**/ Schnelle Inbetriebnahme:** Die IO-Link-Kommunikation erfolgt über ungeschirmte Kabel und verwendet industriübliche Anschlussstecker. Der Installationsort eines Sensors kann daher zunächst optimiert und das Gerät zu einem späteren Zeitpunkt in einer Anlage parametrierbar werden. Der komplette Parametersatz lässt sich abspeichern und somit immer wieder verwenden, z. B. zur Übertragung auf Austauschgeräte oder weitere Sensoren.

**/ Höhere Produktivität:** Sensoren mit IO-Link identifizieren und parametrieren sich bei einem Austausch automatisch. Das erleichtert nicht nur den Gerätewechsel bei einem Defekt, sondern verringert auch die Anlagen- und Maschinenstillstände.

**/ Einfache Instandhaltung:** Sensoren mit IO-Link können in einer Anlage eindeutig identifiziert werden. Darüber hinaus bieten sie Funktionen zur Selbstdiagnose (z. B. Anzeige der Funktionsreserve) und liefern wertvolle Daten, um die Anlagenfunktionalität besser zu bewerten. IO-Link-Sensoren ermöglichen somit intelligente Instandhaltungs- und Instandsetzungsstrategien, wie z. B. eine prädiktive (vorausschauende) Instandhaltung anstelle einer präventiven oder korrektiven Strategie.

**/ Neue Maschinen- und Anlagenkonzepte:** Aufgrund der durchgängigen Vernetzung zu jedem Sensor lassen sich neue, innovative und wirtschaftliche Maschinen- und Anlagenkonzepte entwickeln.

Im Bereich der Luftströmungssensoren bietet ipf electronic derzeit (Stand September 2018) den IO-Link-fähigen Inline-Sensor **SL430020** an.



Der SL430020 ist ein IO-Link-fähiger Luftströmungssensor.

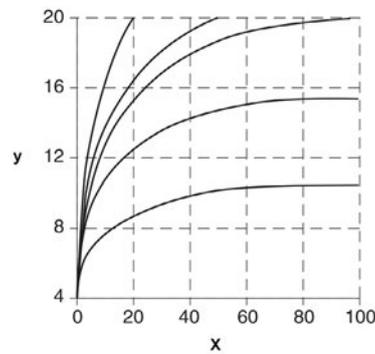
**7. GLOSSAR**

Nachfolgend werden einige relevante Begriffe und Fachtermini im Zusammenhang mit Strömungssensoren näher erläutert.

**Arbeitsbereich**

Definiert den Bereich, in dem die technischen Daten (spezifiziert im Datenblatt) eines Sensors eingehalten werden. Außerhalb des spezifizierten Arbeitsbereichs können die technischen Daten (z. B. zur Genauigkeit des Sensors) u. U. nicht mehr eingehalten werden. Der Erfassungsbereich eines Sensors kann indes deutlich größer sein als sein Arbeitsbereich.

**Erfassungsbereich**



Geräte mit Analogausgang liefern einen von der Strömungsgeschwindigkeit des Mediums abhängigen Strom im Bereich von 4 bis 20 mA.

x = Erfassungsbereich des Sensors [%]  
y = typ. Ausgangsstrom [mA]

Gibt die Strömungsgeschwindigkeit des Mediums an, für die das Sensorelement ein auswertbares Signal liefern kann. Der Zusammenhang zwischen Strömungsgeschwindigkeit und Reaktion des Sensorelementes ist nichtlinear. Dies resultiert daraus, dass der Kühleffekt bei steigender Strömungsgeschwindigkeit nicht proportional zunimmt, sondern einem End- oder Sättigungswert entgegenstrebt. Sehr gut ersichtlich ist dies z. B. an dem Verlauf des Signalausgangs bei Geräten mit Analogausgang, wie die Grafik links verdeutlicht.

Möchte man eine sehr genaue Messung durchführen, muss der auswertbare Bereich bis zu einem bestimmten Messpunkt eingegrenzt werden. Der mögliche Auswertebereich (x-Achse) wird somit reduziert. Ist das Medium nicht näher bezeichnet ist, gelten die Angaben für Wasser. An der oberen und unteren Grenze des Erfassungsbereichs ist der Einfluss der Temperatur auf die Schaltpunktdrift höher. Erfassungsbereich und Schaltpunktdrift sind demnach vom Medium abhängig, da verschiedene Medien unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten besitzen.

**Betriebsspannung**

Definiert den Spannungsbereich zur Versorgung eines Strömungssensors. Bei einer Gleichspannungsversorgung sollte darauf geachtet werden, dass durch eine mögliche Restwelligkeit die Grenzen nicht über- oder unterschritten werden.

**Schaltstrom**

Kennzeichnet den maximalen Dauerstrom für den Schaltausgang des Gerätes.

**Stromaufnahme**

Definiert den maximalen Wert des Leerlaufstroms I<sub>0</sub>, den ein Strömungssensor ohne Last aufnimmt.

**Schaltspannung**

Kennzeichnet die maximale Spannung inklusive Restwelligkeit, mit der der Signalausgang belastet werden darf.

**Schaltleistung**

Gibt die maximale Leistung an, mit der der Signalausgang belastet werden darf.

---

<b>Umgebungstemperatur</b>	Gibt die maximal und minimal zulässigen Temperaturen an, in denen ein Sensor eingesetzt werden darf.
<b>Mediumtemperaturbereich</b>	Grenzt die kleinste und größte Medientemperatur ein, in der ein Sensor noch einwandfrei arbeitet.
<b>Temperaturgradient</b>	Legt die maximale Temperaturänderung eines Mediums in einem spezifischen Zeitraum fest, durch die das Sensorprinzip nicht beeinflusst wird.
<b>Bereitschaftszeit</b>	Ist die Zeit, die nach Einschalten der Betriebsspannung des Sensors vergeht, bis das Gerät seinen Betriebszustand bei Nennströmung erreicht hat.
<b>Reaktionszeit (Ein- und Ausschaltzeit)</b>	<p>Fasst die Einschalt- und Ausschaltzeit eines Sensors zusammen. Die Einschaltzeit vergeht vom Einsetzen der Strömung eines Mediums bis zur Anzeige des Strömungszustandes am Gerät. Die Einschaltzeit verkürzt sich bei der Wahl des Schaltpunktes nahe des Strömungsstillstandes und verlängert sich entsprechend bei einem Schaltpunkt nahe der maximalen Strömungsgeschwindigkeit.</p> <p>Die Ausschaltzeit bezeichnet die Zeit, die vom Strömungsausfall bis zur Anzeige des Ausfalls am Gerät vergeht. Die Ausschaltzeit ist kurz, wenn der Schaltpunkt nahe der maximalen Strömungsgeschwindigkeit gewählt wurde und verlängert sich dementsprechend bei einem eingestellten Schaltpunkt nahe dem Strömungsstillstand eines Mediums.</p>
<b>Druckfestigkeit</b>	Bezieht sich auf den Teil des Sensors, der sich im Medium befindet, wobei das Gerät bis zum angegebenen Höchstdruck ein stabiles Signal liefert und nicht beschädigt wird. Mitunter können Anwendungen Verschraubungskonstruktionen notwendig machen, die geringere Druckfestigkeiten aufweisen. Diese bestimmen dann die Druckfestigkeit des Gesamtsystems (Sensor + Einbaukonstruktion).
<b>Schaltverzögerung</b>	Sie bewirkt ein zeitverzögertes Ausgangssignal bei Strömungsausfällen (siehe Kap. 5.3.2).

---

© 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.

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

Änderungen vorbehalten! Stand: Januar 2019