

Anwendung und Nutzung in der Kälte- und Klimatechnik

Durchfluß- und Füllstandsmeßmethoden

Hubert de Vries, Leinfelden-Echterdingen

zum Autor

Hubert de Vries,
Geschäftsführer
der Vritex KG,
Leinfelden-
Echterdingen



Die Einführung der Meßtechnik in Kälte- und Klimaanlage geschah recht zögerlich. Mit steigender Bedeutung der Elektrotechnik sowie geforderter Informatik über Betriebsprozesse erfolgte auch in der Kälte- und Klimatechnik die „Meß- und Kontrollrevolution“. Vor nicht allzulanger Zeit war es erforderlich, die Anlagentechnik mit ausgeprägter Überlegungskunst nachzuvollziehen. Heute führen Meßresultate kurzfristig zu Ergebnissen über Funktion, Wirkungsgrad und nicht zuletzt Störungsursachen von Kälte-, Klima- und versorgungstechnischen Anlagen.

Dennoch ist kritisch anzumerken, daß die Anwendung der Meßtechnik im vorgenannten technischen Bereich das Anfangsstadium erst erreicht hat. Eine Einführung und Erläuterung der Durchfluß- und Füllstandmeßtechnik ist deshalb sinnvoll.

Durchflußmeßmethoden

Es gibt Bereiche im Anlagenbau, wo die Durchflußmeßtechnik eine bedeutende Rolle spielt. Wiederum gibt es Bereiche, bei der diese Technik als wichtig, aber nicht als das Wichtigste betrachtet wird. Natürlich hat die Anwendung der Durchflußmeßtechnik in den zurückliegenden Jahren enorm zugenommen. Dies liegt nicht zuletzt daran, weil Systeme im Anlagenbau optimiert und flexibler gestaltet wurden. Vor allem war auch der maßgebende Faktor die Meß- und Regeltechnik.

Ein Regel- oder Meßsystem kann nur dann optimal und störungsfrei funktionieren, wenn die Sensortechnik auf das je-

weilige Meß- und Regelsystem optimal abgestimmt ist. In der Durchflußmeßtechnik ist man besonders auf die Sensortechnik, das heißt Geber und Meßumformer, angewiesen. Deshalb sollen im nachfolgenden die meistverbreitetsten Gerätetechniken und deren Anwendung erläutert werden.

Die Blendenmessung

Größere Durchflußmengen werden oft mit Meßblenden gemessen (Bild 1). Diese Meßmethode wird – obwohl hinreichend bekannt – heute nur noch dort angewendet, wo diese nicht durch moderne Meßsysteme ersetzt werden kann. Für den Einsatz der Meßblende muß eine bestimmte Systemtechnik vorliegen, z. B. bei Dampf-

messung. Bei der Dampferzeugung handelt es sich in der Regel um konstante Durchflußmengen.

Dort, wo beispielsweise eine Blendenmessung für stark fluktuierende Durchflußmengen angewendet wird, kann diese

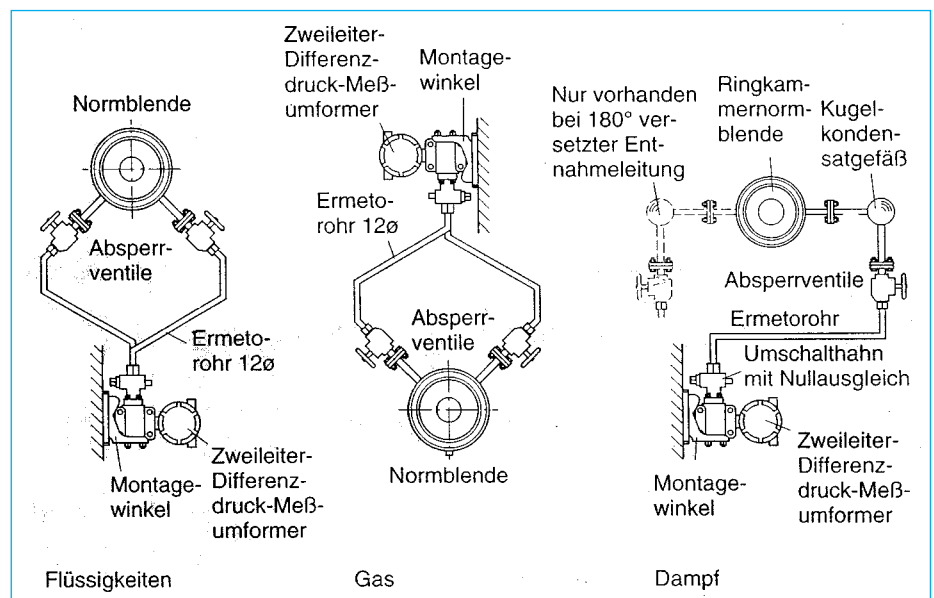


Bild 1 Anordnung von Meßblenden bei verschiedenen Medien

Messung niemals optimal funktionieren. Wird dennoch eine Blendenmessung eingesetzt, ergibt sich eine Fehlerquote bis zu 20%! Außerdem bieten die Anlagen nicht immer die optimale Einbaumöglichkeit für ein solches Meßsystem.

In diesen Fällen sollte von vornherein überlegt werden, ob die gewählte Durchflußmeßmethode auch tatsächlich ausgeführt werden soll. Falls von Anfang an Kompromisse bei neuen Systemen gemacht werden müssen, wird sich dies später unter Umständen als fatal auswirken. Fatal deshalb, weil die nachgeschaltete Regelung davon ausgeht, daß auch realistisch gemessen wird.

Die Volumenmessung

Die heute noch angewandten Volumenzähler arbeiten in den meisten Fällen nach dem Flügelrad- (kleinere Leistungen) oder dem Woltmannprinzip (mittlere bis größere Leistungen, Bild 2). Die Meßunsicherheit liegt aufgrund ausgereifter Fertigungsmethoden in der Größenordnung von $\pm 2\%$, allerdings nur bei hundertprozentigem Durchfluß. Ändert sich die Durchflußmenge, so verändert sich (positiv oder negativ) der Meßfehler. In der Praxis heißt das, daß z. B. ein Meßfehler von 1% des Endwertes durchaus 5% vom effektiv gemessenen Wert bedeutet. Ein weiteres Merkmal bei diesen Durchflußmeßgeräten ist auch der Druckverlust, der bei der Auslegung und Auswahl der Meßmethode besonders berücksichtigt werden muß (Bild 3). Gerade für Geräte, die für schwankende Durchflußmengen eingesetzt werden, ist diese Angabe von besonderer Bedeutung (Bild 4)!

Eine weitere Gruppe von Geräten dient der *Schwebekörper-Durchflußmessung* (Bild 5 u. 6). Damit sind besonders die sogenannten Ganzmetalldurchflußmeßgeräte gemeint. Bei diesen Geräten besteht das Meßelement aus einem Meßring und einem besonderen, konisch bearbeiteten Schwebekörper. Aufgrund der Antriebskraft, die an der Fläche des Schwebekörpers beim Durchfließen des Mediums entsteht, wird dieser angehoben und in seiner Höhenstellung verstellt. Während dieser Wegverstellung wird ein frei gelagerter Ringmagnet mitgenommen, der nicht nur die Anzeige, sondern auch den elektrischen Ausgang ändert. Über dem Meßver-

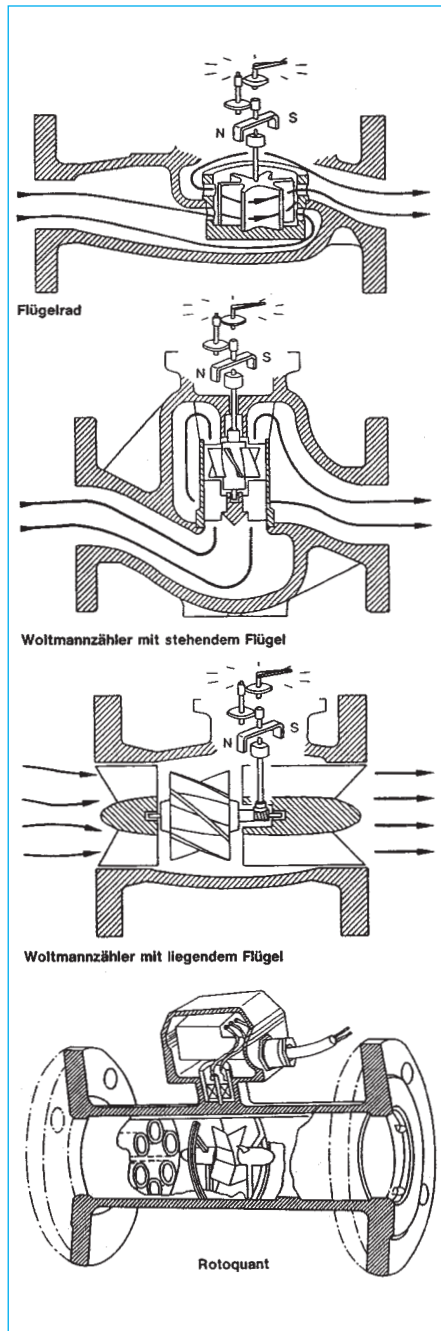


Bild 2 Volumendurchflußmesser



Bild 4 Kleinstvolumendurchflußmeßgerät



Bild 5 und 6 Volumenmeßgeräte mit Schwebekörper

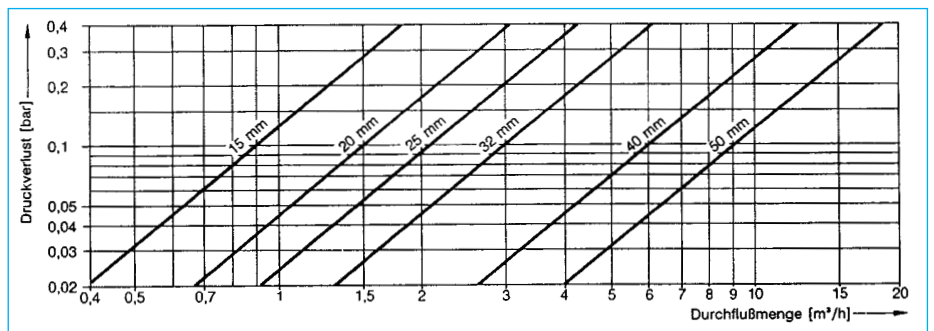


Bild 3 Druckverlustkurven bei Volumenmeßgeräten

stärker kann dieses Signal weiterverarbeitet werden. Als besondere Vorteile dieser Meßgeräte sind die Linearität, der kurze Einbau, die Preisgünstigkeit, die schnelle Montage, die Schmutzunempfindlichkeit sowie die Genauigkeit hervorzuheben.

Eine Alternative bietet die Anwendung der *induktiven Durchflußmessung* (Bild 7). Bei dieser Methode wird aufgrund der Wechselwirkung zwischen dem Magnetfeld und der Strömungsgeschwindigkeit eines Mediums eine elektrische Spannung erzeugt. Gemäß dem Prinzip des Faradayschen Induktionsgesetzes wird in einer durch ein Magnetfeld fließenden, elektrisch leitenden Flüssigkeit eine elektrische Feldstärke entstehen.



Bild 7 Elektronische Durchflußmessung

Das Medium fließt durch die Armatur, in deren Wand diametral angeordnete Elektroden angebracht sind. An diesen Elektroden kann eine Spannung abgegriffen werden, die der mittleren Strömungsgeschwindigkeit proportional ist. Diese Spannung geht wiederum auf einen Meßumformer, der die Weiterverarbeitung übernimmt. Zu beachten ist, daß das zu messende Medium eine Mindestleitfähigkeit haben muß (0,5 mikro-Siemens).

Seit mehreren Jahren werden auch Geräte zur *Ultraschall-Durchflußmessung* angeboten. Diese Meßmethode wird sowohl mit sogenannten Meßköpfen als auch in Armaturbauweise angewandt. Im Grunde genommen wird jedoch bei diesem Meßprinzip mit Sender und Empfänger gearbeitet. Der Sender strahlt eine Ultraschallwelle in

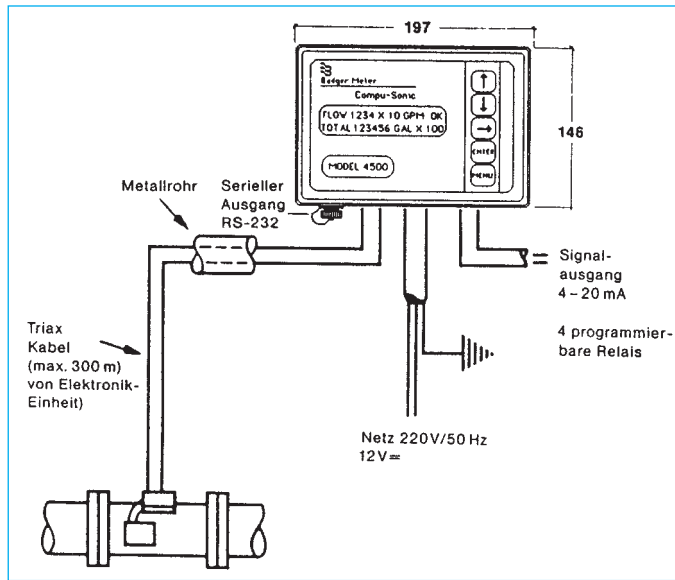


Bild 8 Ultraschallmessung mit „Anlegefühlern“ (z. B. Leistungsmessung bei Kaltwassersätzen)

die Flüssigkeit. Diese Schallwelle wird reflektiert, weshalb eine Frequenzverschiebung entsteht, welche ein Maß für den Durchfluß ist. Es wird gleichfalls die Frequenzänderung über Verstärker und Integrator weiterverarbeitet. Preis, Servicefreundlichkeit und der breitere Anwendungsbereich dürften für weitere Anwendungen die Hauptgründe sein.

Als wirklich neues Meßsystem kann das in Bild 8 gezeigte Ultraschallmeßsystem bezeichnet werden. Bei diesem System ist eine „volumenmäßige“ Kontrolle beispielsweise bei Kaltwassersystemen möglich. Die Ultraschallmessung hat sich vor allem dort durchgesetzt, wo Leitungs-

netze größerer Durchmesser vorhanden sind, wohl vornehmlich aus Preisgründen, da keine Armatur benötigt wird.

Die Massenmessung nach dem Coriolis-Prinzip

Wie bei allen technischen Systemen fängt die Kontrolle, d. h. das Beherrschen eines technischen Systems, erst beim Messen an. Dies soll nicht bedeuten, daß solche Systeme mit überdurchschnittlichen Meß- und Regelgeräten versehen werden müssen. Wichtig ist jedoch eine genaue Überprüfung, ob z. B. die exakte Menge jeweils eingehalten werden kann. Ebenfalls ist es

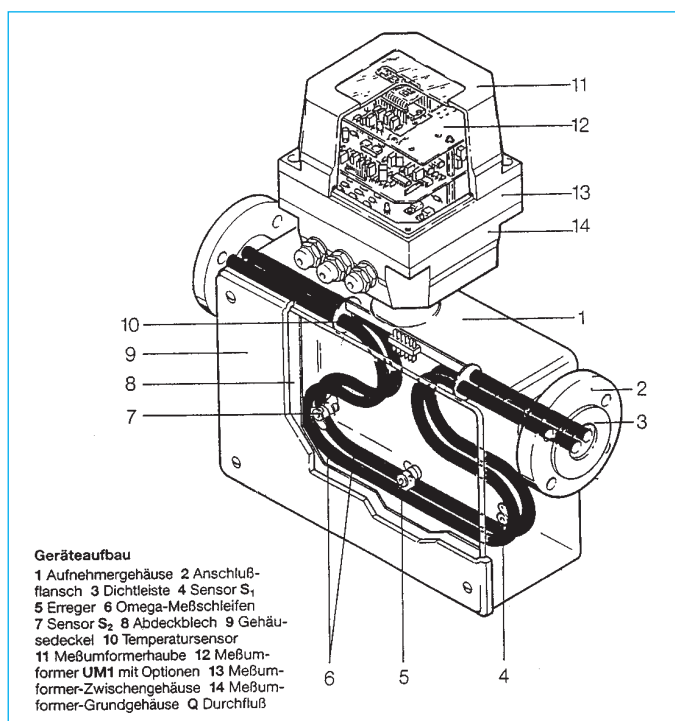


Bild 9 Prinzipsch Zeichnung eines Coriolis-Massen-durchflußmessers

von größter Bedeutung, welche massenmäßige Menge durchfließt, also keine Volumenmessung. In der Kältetechnik ist dies von höchster Priorität.

Gegenüber herkömmlichen Volumenmeßmethoden bietet die Massenmessung viele Vorteile. Bei dieser Meßmethode

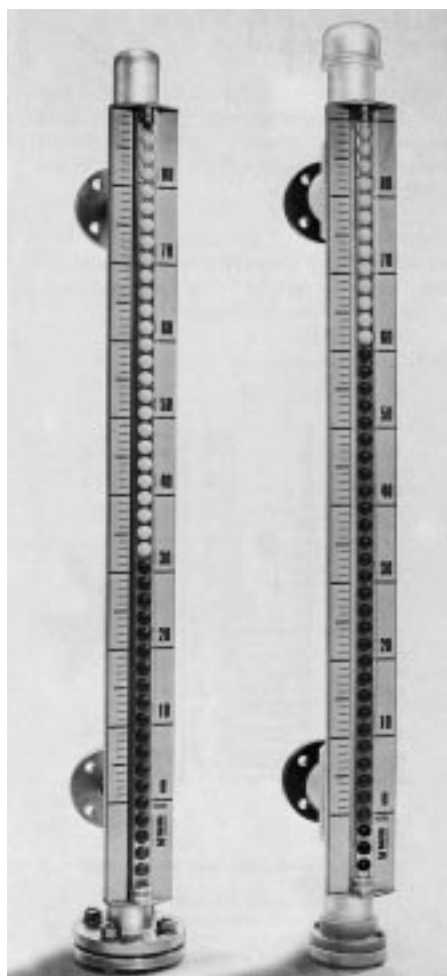


Bild 10 Füllstandmeßgeräte

spielt die Viskosität keine Rolle mehr. Einem Massedurchflußmesser liegt stets das sogenannte Coriolis-Prinzip zugrunde. Die Konstruktion dieser Geräte ist eigentlich recht einfach. Die meisten Massenmeßgeräte haben zwei, manchmal auch nur eine Röhre. Diese werden mit Erregerspulen in Schwingung gebracht. Dabei entsteht dann beim Durchfließen des Mediums eine Zeitverschiebung. Diese Zeitdifferenz wird über die Unterschiede der Sensorspannung weiterverarbeitet. Der erforderliche Meßumformer kann jegliche Art von elektrischen Größen für die Regelung und Steuerung liefern. Massendurchflußmesser sind sehr genau und ideal anzuwenden bei exakter Leistungs-

messung und können ohne weiteres auch für Gase eingesetzt werden (Bild 9).

Richtig messen heißt bei dem Bestimmen von Massendurchflüssen, daß keine unnötigen Meßgeräte eingebaut werden müssen. Beispielsweise sind bei den wenigsten Pumpen Durchflußmeßgeräte eingebaut, die die Pumpenleistung überprüfen und eine Kontrolle darüber bieten, daß das jeweilige System auch mit der entsprechenden Energiemenge versorgt wird. Ein Kältesystem kann z. B. mittels Massensensoren genau überprüft werden, insbesondere dann, wenn z. B. beim flüssigen Kältemittel der Massendurchfluß gemessen wird. Da das h -log P Diagramm ebenfalls die Kälteleistung in Masse (kg) angibt, ist eine solche Überprüfung denkbar einfach.

Die Füllstandmeßtechnik

Neben der Durchflußmeßtechnik ist auch die Füllstandmessung vielfältig.

In Kälte- und Klimaanlage ist diese Füllstandmessung für viele Installations- und Betreiberfirmen oft noch ein Fremdwort. Zwei Beispiele sollen dies dokumentieren:

Im ersten Fall werden in der Klimatechnik oft Speichersysteme integriert (Warm- oder Kaltwasser). In den seltensten Fällen ist eine Aussage über den genauen Füllstand möglich.

Zweitens verfügt eine überflutete Kälteanlage nahezu ausnahmslos über einen Abscheider oder Sammelbehälter. Die Praxis lehrt uns, daß hier eine „Standrohr“-Anzeige auch nicht immer vorhanden ist. Diese Anzeige ist für eine etwaige Öllagerung nicht geeignet.

Eine genaue Kontrolle ist somit ausgeschlossen. Abgesehen davon gibt es keine Angaben darüber, ob die richtige Kältemittelmenge eingefüllt wurde.

Kapazitive Meßmethode

In der Regel ist der „Druckaufnehmer“ ein kapazitives Meßgerät. Im Aufnehmer ist ein Meßelement aus Polysilizium oder als Keramikmeßzelle vorhanden.

Das kapazitive Meßverfahren, welches Druckänderungen linear in ein elektrisches Ausgangssignal umwandelt, ist die meist bekannte Methode. In vielen Bereichen ist diese Art der Füllstand- oder Druckmessung ausreichend. Eine Aussage über den Zustand z. B. eines Kältemittels ist ausgeschlossen.

Kommunizierende Füllstandmessung (siehe Bild 10)

Diese Art der Niveaumessung ist für Kälte- und Klimasysteme bestens geeignet.

Die Geräte werden sowohl in Analog- als Digitaltechnik gefertigt. Durch das kommunizierende Meßprinzip ist eine Aussage über den jeweiligen physikalisch-chemischen Zustand des Mediums gegeben.

Im übrigen gilt dies auch für die Durchflußmeßtechnik. Geeignete Geräte und Meßmethoden – richtig angewandt – können besonders bei Kältesystemen den jeweiligen „Zustand“ genau ermitteln (Bild 11).

Nachgeschalteter Rechner ermittelt die Gesamtmenge

Noch besser wäre es natürlich, wenn jeweils auch eine elektronische Recheneinheit nachgeschaltet wird. Hieraus ließe sich dann sofort die verbrauchte Gesamtmenge ermitteln.

Das Thema Geräteauswahl dürfte stets Zündstoff für Diskussionen sein. Festgehalten werden soll, daß oft falsche Meßmethoden oder falsche Anwendungen von Meßgeräten unsinnige Kosten verursachen, die vermeidbar sind. Wichtig ist, an Hand der genannten technischen und physikalischen Daten eine Vorauswahl zu treffen, welche Geräte in Frage kommen könnten.

Vielfach wird auch der Fehler begangen, daß für einfache Messungen zu komplizierte Geräte angewandt werden. Dadurch entsteht dann oft die subjektive Meinung, die Anwendung eines (Durchfluß- oder Füllstand-)Meßgerätes sei zu kostspielig. □



Bild 11 Anwendungsbeispiel einer Füllstandmessung