



AMS 4711 - Präzise Füllstandmessung mit einem Niederdrucktransmitter

Füllstandmessung bedeutet im Sinne der modernen Prozessautomatisierung mehr als Tank „halb voll“ oder Tank „viertel voll“. Mit geeigneten Sensoren lassen sich Füllstand sowie Zu- und Ablauf präzise messen und damit wertvolle Informationen zur Prozessdynamik gewinnen. Wie man mit dem Drucktransmitter AMS 4711 [1] solche Messungen für geringe Füllhöhen (ab 50 cm) in einem offenen Tank einfach und präzise durchführen kann, zeigt AMSYS [2] in der nachfolgenden Anwendungsbeschreibung.

- [Druckmessung mit Silizium-Messzellen](#)
- [Relativdruckmessung mit Silizium-Messzellen](#)
- [Medienresistenz des AMS 4711](#)
- [Füllstandmessung](#)
- [Beispiele für Füllstandmessung](#)
- [Zusammenfassung](#)

Druckmessung mit Silizium-Messzellen



Abbildung 1:
Drucktransmitter AMS 4711 zur Füllstandmessung

Bei der Differenzdruckmessung vergleicht man zwei Drücke P_1 und P_2 , die von außen mittels einer Druckzuführung (Sensorgehäuse) an der Unter- und Oberseite einer Silizium-Messzelle mit Membrankonstruktion (Abbildung 2) anliegen.

Allgemein gilt die Bedingung:

$$P_1 \leq P_2 \text{ oder umgekehrt } P_1 \geq P_2.$$

Bei den meisten Differenzdruck-Sensoren auf Siliziumbasis gilt die Forderung, dass nur ein Druckverhältnis: $P_1/P_2 \geq 1$ oder $P_1/P_2 \leq 1$ erfasst und ausgewertet werden kann. Im Allgemeinen wird die Druckerfassung mit dieser Einschränkung als Differenzdruckmessung bezeichnet. Daneben gibt es die Relativdruckmessung als Sonderform, mit der man den Füllstand in offenen Behältern, als relativ zum Außendruck, messen kann.

AMS 4711 - Präzise Füllstandmessung mit einem Niederdrucktransmitter

In *Abbildung 2* wird zunächst schematisch gezeigt, wie man sich die Membranauslenkung bei Differenzdruckmesszellen unter verschiedenen Druckverhältnissen vorzustellen hat. Der Vorzeichenwechsel im Ausgangssignal bedeutet die Richtungsumkehrung der Membranauslenkung.

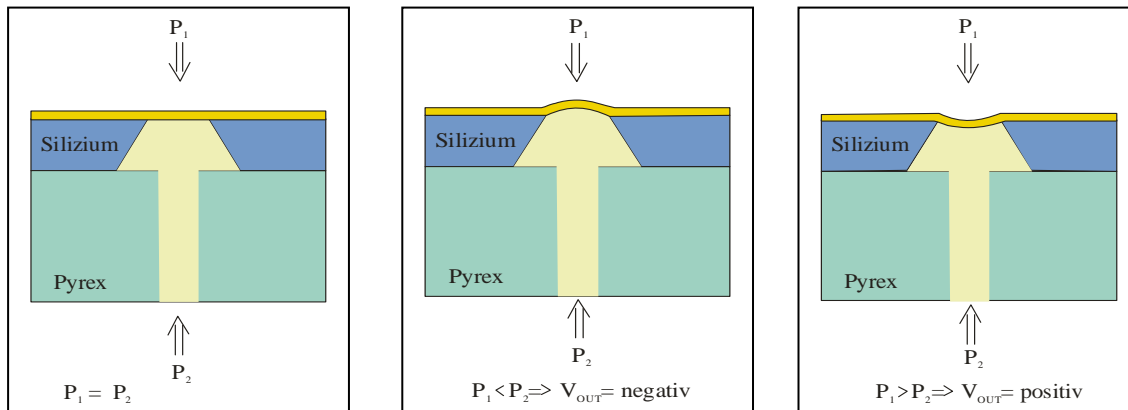


Abbildung 2: Funktionsweise einer piezoresistiven Messzelle zum Messen eines Differenzdruckes

Relativdruckmessung mit Silizium-Messzellen

Ist einer der beiden Drücke P_1 oder P_2 gleich dem außerhalb des Sensors wirkenden Umgebungsdruck (z.B. Atmosphärendruck P_{atmos}), so spricht man von Relativdruckmessung. Mit der Einschränkung P_1 oder $P_2 = P_{atmos}$ ist der Relativdrucksensor also ein Differenzdrucksensor, der den Unterschied vom Druck in einem Rezipienten relativ zum Umgebungsdruck misst. Dabei ist zu beachten, ob der Sensor entweder für den Fall $P_1 \leq P_2$ oder für den Fall $P_1 \geq P_2$ ausgelegt ist.

Medienresistenz des AMS 4711

Bei der Füllstandmessung in einem mit Flüssigkeit gefüllten Behälter kommt, sofern kein Luftpolster zwischen Flüssigkeitsoberfläche und Sensormembran vorhanden ist, die Membran mit der Flüssigkeit in Berührung. Gegenüber dem Vorurteil, dass Silizium-Messzellen nicht den Druck in flüssigen Medien messen können, wendet man, wie bei dem AMS 4711, die Rückseitenbeaufschlagung [3] an. Dabei hat das zu messende Medium nur Kontakt mit Materialien, die weitgehend flüssigkeitsresistent sind und keine hochohmigen Brücken zwischen den spannungsführenden Kontakten der Messzelle bilden können. Auf der Sensorrückseite sind dies bei dem AMS 4711 Keramik, Siliziumoxid und Glas. Die medienführenden Anschlussstutzen und das Gehäuse bestehen aus widerstandsfähigem PA6.6¹⁾, das weitgehend medienresistent ist.

Alleine die Klebeverbindungen im Sensor (Messzelle auf Substrat und Gehäusebestandteile) könnten bei verschiedenen Kontaktmedien Probleme bereiten. Abhilfe schafft in diesen Fällen, wenn man für die entsprechenden Verbindungen medienresistente Kleber verwendet, die auch die Festigkeitsbedingung (Überdruck) bei der Rückseitenbeaufschlagung erfüllen.

¹⁾ PA6.6 ist beständig z.B. gegen aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, Alkalien, Bremsflüssigkeiten, Esther, Fette, Ketone, Kraftstoffe und Kühlfüssigkeiten, Lösungs-, Reinigungs- und Waschmittel, Öle, Alkohole, Wasser und viele andere Stoffe.



AMS 4711 - Präzise Füllstandmessung mit einem Niederdrucktransmitter

Füllstandmessung

Die Füllstandmessung mit Drucksensoren an offenen Behältern ist eine Relativdruckmessung, wobei z.B. (siehe *Abbildung 2*) der Druck P_1 dem Umgebungsdruck und der andere Druck P_2 dem Umgebungsdruck zuzüglich dem durch das Gewicht der Flüssigkeitssäule (hydrostatischer Druck) erzeugte Druck entspricht.

$$P = P_{atmos} + P_{hydrost}$$

Anhand der *Abbildung 3* soll das Pascal'sches Gesetz erläutert werden, das die physikalische Grundlage der Füllstandmessung mit einem Drucksensor bildet.

Für den hydrostatischen Druck, der in einem mit Flüssigkeit gefüllten und zum Umgebungsdruck offenen Gefäß herrscht, gilt (*Abbildung 3*):

$$P_{hydrost}(h) = \rho \cdot g \cdot h \quad (\text{Pa})$$

$$\rho = \text{Dichte} = f(t) \quad (\text{kg/m}^3)$$

mit:

g = Erdbeschleunigung = 9,832 m/s²

h = Höhe der Flüssigkeit (m)

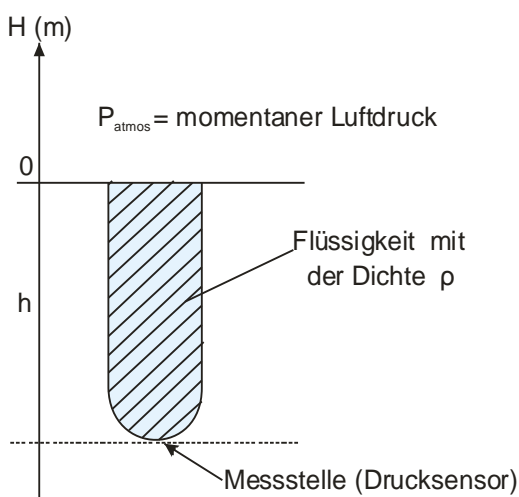


Abbildung 3: Hydrostatische Druckmessung

Bei konstanter Flüssigkeitsdichte $\rho = f(t)$ ist der an der Messstelle herrschende Druck proportional der Flüssigkeitshöhe h (bis zur Messstelle). Hinzu kommt zusätzlich der auf der Flüssigkeitsoberfläche wirkende Umgebungsdruck P_{atmos} .

Wird an der Messstelle (an der untersten Stelle des Gefäßes in *Abbildung 3*) ein Relativdrucksensor angebracht, dessen eine Seite den wirkenden Gesamtdruck P misst und dessen andere Seite mit dem Umgebungsdruck P_{atmos} verbunden ist, so heben sich die Wirkungen des Umgebungsdruckes an der Ober- und Unterseite der Membran heraus. Diese zeigt z.B. keine Auslenkung, wenn an beiden Seiten P_{atmos} anliegen würde. Folglich reagiert die Membran und damit der Sensor nur auf die Differenz zwischen dem Druck P_{atmos} und dem Druck $P = P_{atmos} + P_{hydrost}(h)$, eben nur auf den hydrostatischen Druck $P_{hydrost}(h)$ im Gefäß.



AMS 4711 - Präzise Füllstandmessung mit einem Niederdrucktransmitter

Da alleine der Differenzdruck die Auslenkung der Membran bestimmt, ist die Messung von der Größe des Umgebungsdruckes unabhängig. Folglich könnte bei einem Umgebungsdruck von beispielsweise $P_{atmos} = 1000$ mbar und einer max. Füllhöhe von z. B. 50 cm der Niederdrucksensor AMS 4711-0050-D (Druckbereich 0 bis 50 mbar) benutzt werden. Bei einer Wassersäule von 10 cm @RT = 4 °C würde der Drucksensor das dem Druck von 10 mbar entsprechende Ausgangssignal: $1/5$ FSO = 1 V anzeigen, wobei FSO = 5 V beträgt.

Es ist natürlich sinnvoll, den Druckbereich des Sensors an die Messaufgabe respektive den max. Füllstand anzupassen, da andernfalls das Ausgangssignal um das Verhältnis Sensordruckbereich/ max. hydrostatischer Druck verringert wäre. In der Praxis muss man bei der Positionierung des Sensors zur Messung des Füllstandes anwendungsspezifische Punkte berücksichtigen, die den Messaufbau bestimmen und von der einfachsten Version (*Abbildung 3*) erheblich abweichen können. Ein Beispiel für eine Anwendung, bei der der Sensor nicht an der tiefsten Position im Tank angebracht werden kann, ist die Füllstandmessung in einem offenen Behälter mittels eines Referenzgefäßes (*Abbildung 4*).

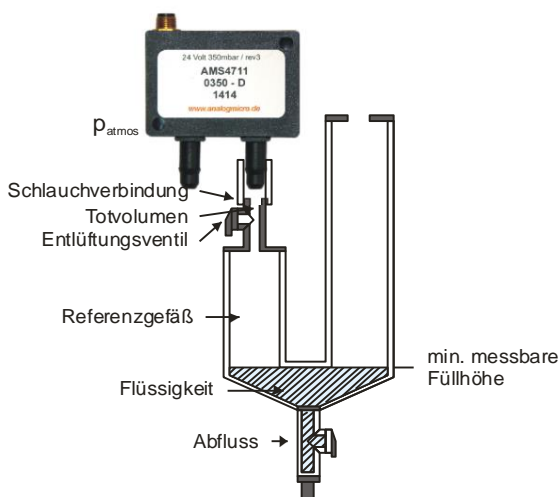


Abbildung 4a: Füllstandmessung mit Referenzgefäß bei quasi leerem Behälter

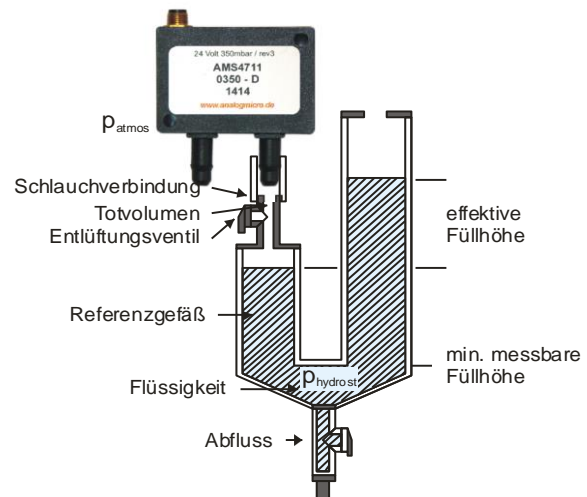


Abbildung 4b: Füllstandmessung mit Referenzgefäß bei quasi vollem Behälter

Bei dieser Anordnung ist zu berücksichtigen, dass es im Referenzgefäß ein Totvolumen geben kann und dass die messbare Füllhöhe (effektive Füllhöhe) der Abstand zwischen dem Flüssigkeitsspiegel im Behälter und dem im Referenzgefäß ist. Bei der Bestimmung der wirklichen Füllhöhe muss der Abstand Oberfläche Referenzgefäß – tiefste Behälterstelle addiert werden.

Für präzise Füllstandmessungen ist zu beachten, dass das Totvolumen zwischen Flüssigkeitsoberfläche Referenzgefäß und Membran des Sensors mit Luft (Gas) gefüllt ist, die einerseits als Medien-trennung (Puffer) gegen die Flüssigkeit wirkt, andererseits aber auch ein temperaturabhängiges Volumen darstellt. Dass bedeutet, dass sich bei Temperaturschwankungen der Druck im Totvolumen nach dem idealen Gasgesetz ($PV = RT$) verändert und dass damit auch das Totvolumen variiert und auf die zu messende Füllstandhöhe Einfluss nimmt. Bei Temperaturerhöhung würde beispielsweise die effektive Füllhöhe erhöht.



AMS 4711 - Präzise Füllstandmessung mit einem Niederdrucktransmitter

Um diesen Effekt zu reduzieren, sollte das Totvolumen verkleinert und wie in *Abbildung 4* gezeigt, ein Entlüftungsventil angebracht werden.

Neben dem temperaturabhängigen Totvolumen muss bei einer Präzisionsmessung die temperaturabhängige Dichte der Flüssigkeit Berücksichtigung finden. Hier gilt in Abhängigkeit von der geforderten Genauigkeit die Bedingung, dass ein zusätzlicher Temperatursensor die Temperatur der Flüssigkeit messen müsste, die in der Berechnung der Füllhöhe eingeht.

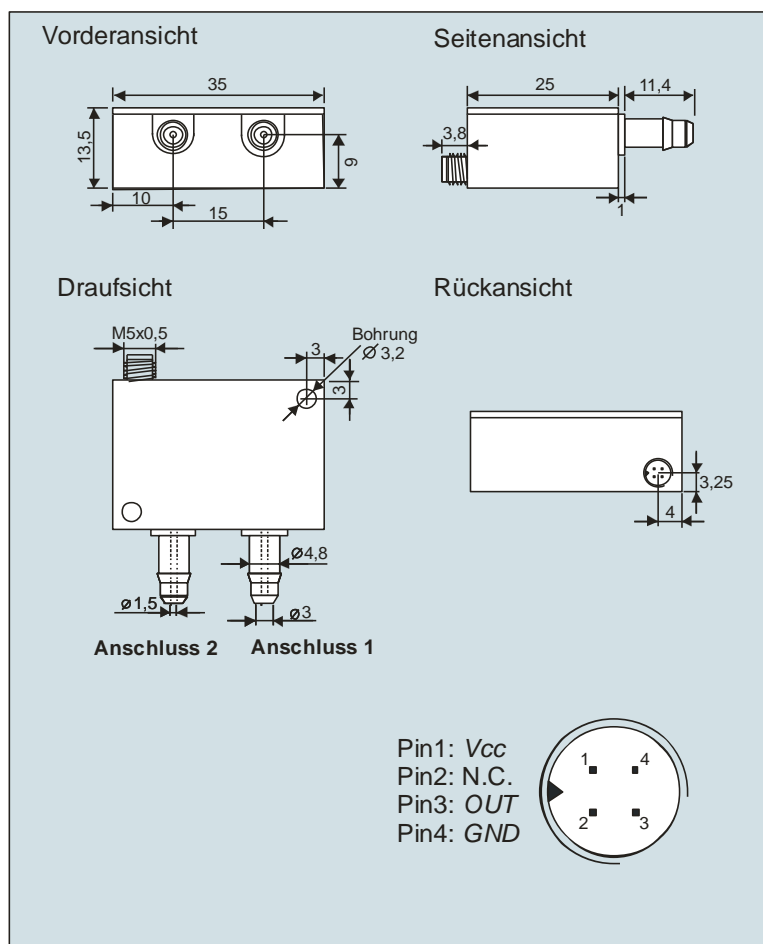


Abbildung 5: Abmessungen AMS 4711 (Angaben in mm)

Beschreibung des AMS 4711

Die miniaturisierten Drucktransmitter der Serie AMS 4711 sind einbaufertige hochgenaue Drucksensoren mit einem 0 - 5 V Spannungsausgang. Die Sensoren sind individuell kalibriert, linearisiert und im industriellen Temperaturbereich von -25 - 85 °C kompensiert. Der Versorgungsspannungsbereich erstreckt sich von 7 bis 36 V. Die AMS 4711 haben bei der differentiellen Version zwei seitliche Schlauchanschlußstutzen ($\varnothing=4,8$ mm). Der elektrische Anschluss erfolgt über eine Sensor-Steckverbindung M5. Die Sensoren genügen den Schutzartanforderungen IP67 und sind für die Außenmontage geeignet.



AMS 4711 - Präzise Füllstandmessung mit einem Niederdrucktransmitter

Die Montage erfolgt mit zwei Schrauben (M3), die durch die beiden gegenüberliegenden Ecklöcher im Gehäuse verschraubt werden können.

Die Sensoren sind in den Druckbereichen von 0 - 5 mbar bis 0 - 350 mbar für differentielle / relative sowie in den Bereichen 0 - 1 bar und 0 - 2 bar für absolute oder differentielle / relative Messungen erhältlich. Außerdem wird eine bidirektional-differentielle Version in den Bereichen ± 5 , ± 10 , ± 20 , ± 50 und ± 100 mbar angeboten. Damit ist es möglich, Unter- und Überdruck zu messen. Letztlich kann mit der Variante im Bereich von 700 – 1200 mbar der barometrische Druck gemessen werden.

Der AMS 4711 hat für die Relativ- und Differenzdruck-Varianten standardmäßige Rückseitenbeaufschlagung [3] und eignet sich damit für die Druckmessung bei einseitiger Medienbeaufschlagung in einer Vielzahl von Flüssigkeiten und reaktiven Gasen.

Der AMS 4711 hat ein Auflösungsvermögen von 11 bit. Unter Berücksichtigung des LSB ergibt sich für den AMS 4711-0005-D (5 mbar-Version) eine Auflösung von 0,001 mbar.

Zusammenfassung

Die AMS 4711 sind eine Serie von Drucktransmittern, die für alle Druckarten und einen weiten Druckbereich ausgelegt sind. Unter anderem decken sie mit 5, 10 und 20 mbar den Niederdruckbereich ab.

Der AMS 4711-0005-D ist wie alle übrigen Transmitter der AMS 4711-Serie ein kalibrierter, kompensierter und literarisierter Drucktransmitter mit hoher Auflösung, der u.a. für die Füllstandmessung konzipiert wurde. Mit diesem Niederdrucktransmitter können Tankinhalte mit geringer Füllhöhe und minimaler Änderungen in der Füllstandhöhe mit einer Höhengauflösung von 0,01 mm gemessen werden. Bei Kenntnis der geometrischen Abmessungen ist es so möglich, die zufließende oder abfließende Flüssigkeitsmenge genau zu bestimmen.

Weitere Informationen

[1] Datasheet AMS 4711: <http://www.amsys.de/produkte/drucksensoren/ams-4711-drucksensor-mit-spannungsausgang/>

[2] Homepage AMSYS: www.amsys.de

[3] Anwendungsnotiz zur Rückseitenbeaufschlagung:
<http://www.amsys.de/downloads/notes/AMS4711-Medienkompatibler-Drucktransmitter-im-Streichholzschachtelformat-AMSYS-515d.pdf>

Kontakt

AMSYS GmbH & Co. KG
An der Fahrt 4
55124 Mainz
Deutschland

Telefon: +49 (0) 6131/469 875 0
Telefax: +49 (0) 6131/469 875 66
E-Mail: info@amsys.de
Internet: <http://www.amsys.de>