



Präzise Füllstandmessung mit dem Niederdrucksensor AMS 5935

Füllstandmessung im Sinne der modernen Prozessautomatisation bedeutet 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 Drucksensor AMS 5935 [1] solche Messungen für geringe Füllhöhen (ab bereits 2 cm) in einem offenen Tank einfach und präzise durchführen kann, zeigt AMSYS [2] in der nachfolgenden Anwendungsbeschreibung.

Druckmessung mit Silizium-Messzellen

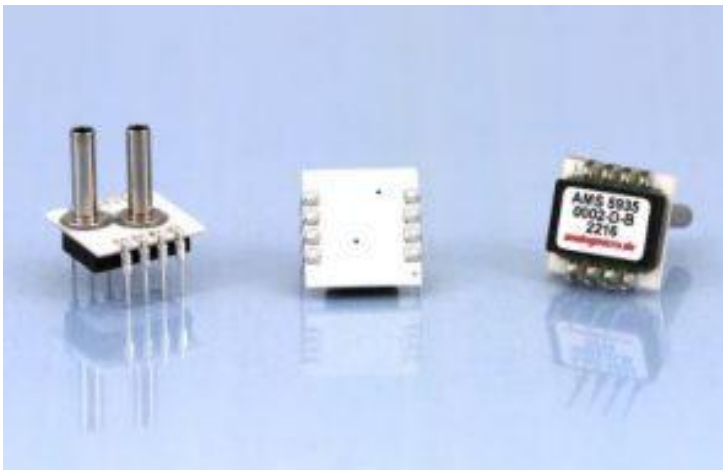


Abbildung 1: Relativ- und Differenzdrucksensor AMS 5935 zur Füllstandmessung

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 (siehe *Abbildung 2*) anliegen.

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 für einen Messbereich von 0 bis P_{max} bezeichnet. Daneben gibt es die Relativdruckmessung als Sonderform, mit der

man den Füllstand in offenen Behältern, als relativ zum Außendruck, messen kann. Zudem gibt es auch sogenannte bidirektional differentielle Drucksensoren, bei denen sowohl $P_1 \leq P_2$ als auch $P_1 \geq P_2$ sein kann. Ihr Messbereich erstreckt sich folglich von $-P_{max}$ bis $+P_{max}$.

In *Abbildung 2* wird schematisch gezeigt, wie sich bei Differenzdruckmesszellen die druckempfindliche Membran unter verschiedenen Druckverhältnissen verbiegt. Der Vorzeichenwechsel im Ausgangssignal bedeutet die Richtungsumkehrung der Membranauslenkung.

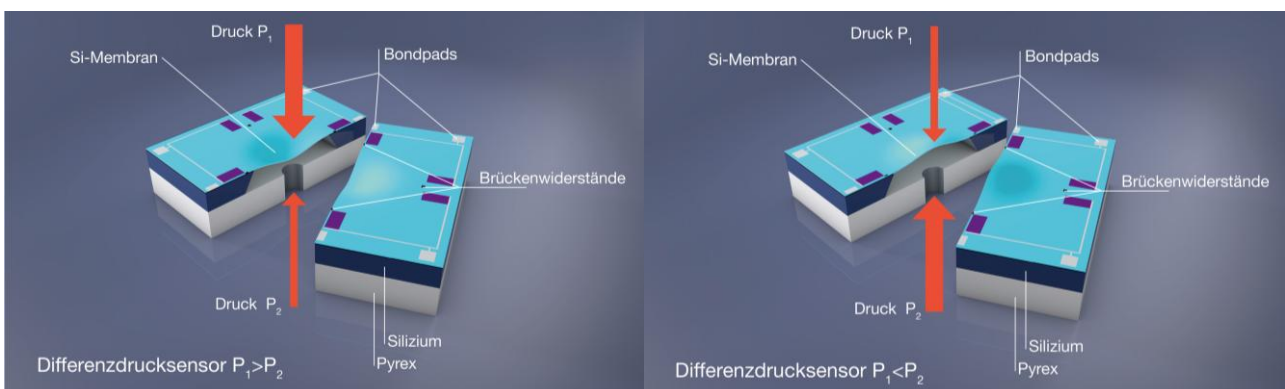


Abbildung 2: Funktionsweise einer piezoresistiven Messzelle zum Messen eines Differenzdruckes



Präzise Füllstandmessung mit dem Niederdrucksensor AMS 5935

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 $P_1 \leq P_2$, für den Fall $P_1 \geq P_2$ oder zur bidirektionalen Druckmessung, also sowohl $P_1 \leq P_2$ oder $P_1 \geq P_2$ ausgelegt ist.

Medienresistenz des AMS 5935

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 5935, die Rückseitenbeaufschlagung [3] an. Dabei hat das zu messende Medium nur Kontakt mit Materialien, die flüssigkeitsresistent sind und keine elektrischen Brücken zwischen den spannungsführenden Kontakten der Messzelle bilden können. Auf der Sensorrückseite sind dies bei dem AMS 5935 Keramik, Siliziumoxid und Glas.

Die medienführenden Anschlussstutzen bestehen aus vernickeltem Stahl, optional auch Edelstahl, die mit Epoxid auf der Keramik montiert sind. Die Druckmesszelle ist mit einem weichen Silikonklebstoff auf dem Keramikträger montiert, um mechanische Spannungen besser ausgleichen zu können. Alle verwendeten Materialien sind resistent gegenüber Wasser und anderen nicht-aggressiven Medien.

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) erzeugten Druck entspricht.

$$P_2 = P_{atmos} + P_{hydrost}$$

Anhand der *Abbildung 3* soll das Pascalsche 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*):

$$P_{hydrost}(h) = \rho \cdot g \cdot h, \text{ mit } \rho = \text{Dichte}$$

$$g = \text{Erdbeschleunigung} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$h = \text{Höhe der Flüssigkeitssäule}$$

Bei konstanter Flüssigkeitsdichte ρ ist der an der Messstelle herrschende Druck proportional der Flüssigkeitshöhe h (über der Messstelle). Hinzu kommt zusätzlich der auf der Flüssigkeitsoberfläche wirkende Umgebungsdruck P_{atmos} .

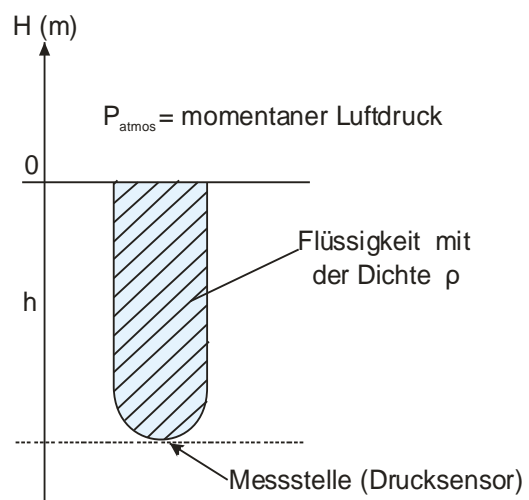


Abbildung 3: Hydrostatische Druckmessung

Präzise Füllstandmessung mit dem Niederdrucksensor AMS 5935

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 auf. 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 $P_{diff.}$, der dem hydrostatischem Druck im Gefäß $P_{hydrost}(h)$ entspricht:

$$P_{diff} = P_2 - P_1 = P_{atmos} + P_{hydrost}(h) - P_{atmos} = P_{hydrost}(h)$$

Da alleine der Differenzdruck die Auslenkung der Membran bestimmt, ist die Messung von der Höhe 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 5935-0050-D (Druckbereich 0 bis 50 mbar) eingesetzt werden. Es ist natürlich sinnvoll, den Druckbereich des Sensors an die Messaufgabe, respektive den maximalen Füllstand anzupassen, da andernfalls das Ausgangssignal um das Verhältnis Sensordruckbereich / max. hydrostatischer Druck verringert wäre.

Füllstandmessung mit Referenzgefäß

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 (*Abbildungen 4a und 4b*).

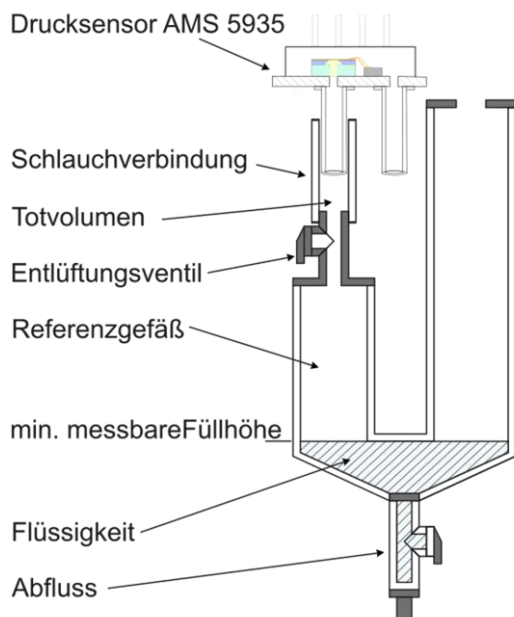


Abbildung 4a: Füllstandmessung mit Referenzgefäß bei nahezu leerem Behälter

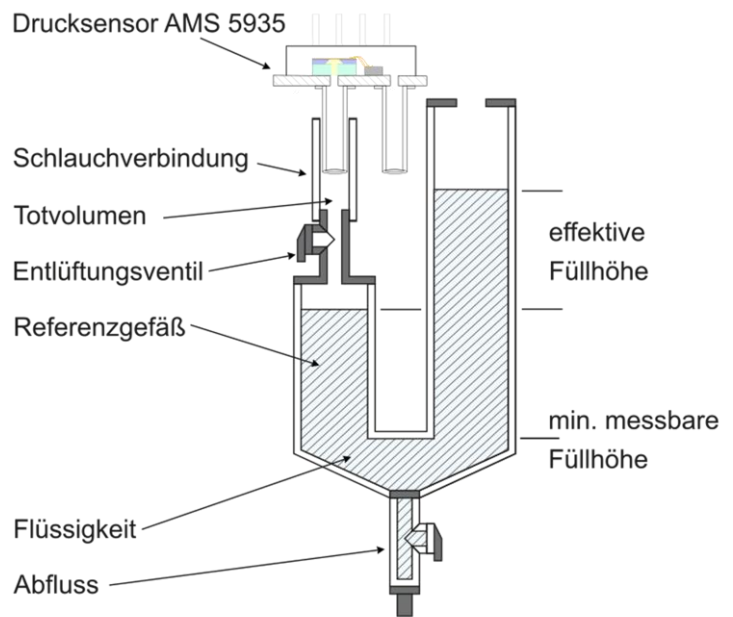


Abbildung 4b: Füllstandmessung mit Referenzgefäß bei nahezu vollem Behälter

Präzise Füllstandmessung mit dem Niederdrucksensor AMS 5935

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. Das 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. 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. Je nach geforderter Genauigkeit muss daher ein zusätzlicher Temperatursensor die Temperatur der Flüssigkeit messen, die in die Berechnung der Füllhöhe eingeht.

Beschreibung des AMS 5935

Der in Deutschland gefertigte AMS 5935 (*Abbildung 1*) verfügt über eine integrierte I2C / SPI Schnittstelle mit 18bit effektiver Auflösung, die kalibrierte Druck- und Temperaturmesswerte ausgibt. Dieser board-mount Sensor vereint eine piezoresistive Druckmesszelle mit einem hochmodernen Signalverarbeitungs-ASIC in einem keramischen DIL-Gehäuse zur Leiterplattenmontage (*Abbildung 5*).

Der AMS 5935 ist als Standardversion erhältlich für Druckbereiche ab +/- 1,25 mbar und für verschiedene Differenz-, Relativ-, Absolut- und bidirektionale Drücke von 0 bis 2 bar (s. Datenblatt [1]). Aber auch weitere kundenspezifische Druckbereiche sind auf Anfrage verfügbar.

Eine sehr geringe Stromaufnahme von nur 250 nA im Sleep-Mode und 2 mA während den Messungen und eine Versorgungsspannung im Bereich von 1,7 V bis 3,6 V prädestinieren ihn für den stromsparenden Einsatz u.a. in batteriegespeisten Geräten.

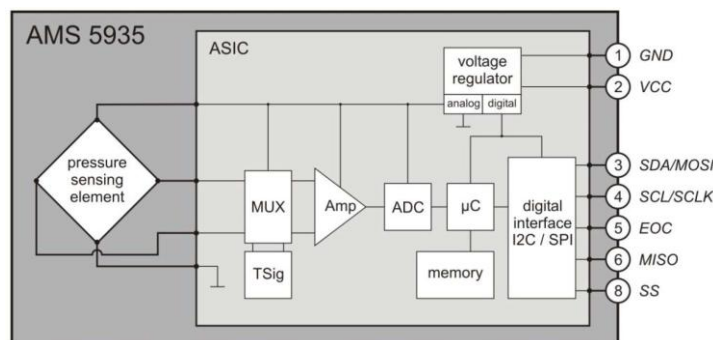


Abbildung 5: Blockschaltbild des AMS 5935

Das Ausgangssignal variiert zwischen 10% bei P_{min} und 90% bei P_{max} des 24bit Worts (18bit effektiv). D.h. 80% der 24bit Ausgangsaufösung stehen für den kalibrierten Druckbereich als Ausgangssignal zur Verfügung. Bei einer Wassersäule von 10 cm @RT = 4 °C würde ein 0 .. 50 mbar Drucksensor das dem Druck von 10 mbar entsprechende Ausgangssignal von $10\% + 1/5 \cdot 80\% = 18\%$ von 24bit anzeigen.

Neben der Variante mit vertikalem Schlauchanschluss ist eine platzsparende Ventilblockvariante für die Montage mit O-Ringen erhältlich. Kundenspezifische Anpassungen, insbesondere war Kalibrierung und Selektion betrifft, sind möglich. Für den raschen Entwurf von Prototypen stehen Ihnen zur Unterstützung ein USB-Starterkit für die Erstinbetriebnahme, CAD-Daten und ein Beraterteam bei AMSYS zur Verfügung.



Präzise Füllstandmessung mit dem Niederdrucksensor AMS 5935

Zusammenfassung

Füllstandmessung ist auch mit Silizium-Drucksensoren wie dem AMS 5935 kein Hexenwerk, wie dieser Artikel zeigt. Mit dem Niederdruckbereich bis 250 Pa bei 18 bit Auflösung sind auch Füllhöhenunterschiede im sub-Millimeterbereich detektierbar. Dabei ist der AMS 5935 extrem stromsparend, so dass auch batteriegespeiste Füllstandsensoren möglich werden. Da die Sensoren nicht nur für Relativdruck, sondern auch für Differenzdruck in einen weiten Druckbereich zwischen +/- 125 Pa und 2 bar angeboten werden, können auch geschlossene Tanks überwacht werden. Bei Kenntnis der geometrischen Abmessungen ist es so möglich, die zufließende oder abfließende Flüssigkeitsmenge genau zu bestimmen. Bei Bedarf nach einem Analogausgang oder gekapselten Drucktransmitter kontaktieren Sie gerne Ihr Team von der AMSYS GmbH & Co. KG in Mainz!

Weitere Informationen

- [1] Datasheet AMS 5935: <https://www.amsys.de/produkte/drucksensoren/ams5935-stromsparend-drucksensor-125-pascal/>
- [2] Homepage AMSYS: www.amsys.de
- [3] Anwendungsnotiz zur Rückseitenbeaufschlagung: <https://www.amsys.de/downloads/notes/AMS5812-Medienkompatibilitaet-bei-Siliziumdrucksensoren-AMSYS-508d.pdf>

Kontakt

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

Telefon: +49 (0) 6131/469 875 0

E-Mail: info@amsys.de
Internet: <http://www.amsys.de>