

Druckmittler und Druckmittlersysteme

Anwendung - Funktionsweise - Bauart

WIKA-Datenblatt IN 00.06

Definition

Druckmittler werden zu Druckmessungen dann eingesetzt, wenn der Messstoff mit den drucktragenden Teilen des Messgerätes nicht in Berührung kommen soll. Ein Druckmittler hat zwei primäre Aufgaben:

1. Trennung des Messgerätes vom Messstoff
2. Übertragung des Druckes auf das Messgerät

Funktionsweise eines Druckmittlers

Die Funktionsweise eines Druckmittlers wird in der Abbildung rechts dargestellt.

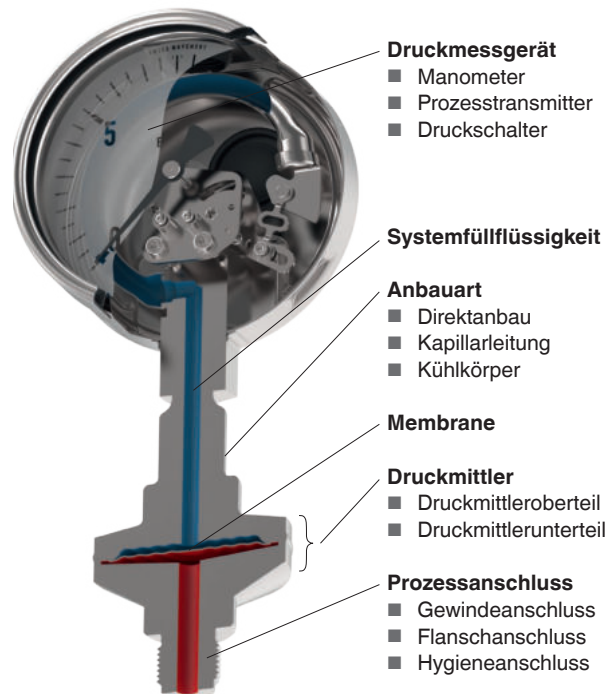
Prinzip

Der Raum zum Messstoff hin ist mit einer elastischen Membrane abgeschlossen. Der Innenraum zwischen dieser Membrane und dem Druckmessgerät ist vollständig mit einer Systemfüllflüssigkeit gefüllt. Wirkt nun vom Messstoff her der Druck, so wird dieser über die elastische Membrane auf die Flüssigkeit übertragen und weiter auf das Messelement des Druckmessgerätes.

In vielen Fällen ist zwischen Druckmittler und Druckmessgerät eine Kapillarleitung geschaltet, um z. B. Temperatureinwirkungen vom heißen Messstoff auf das Messgerät auszuschalten bzw. zu minimieren. Die Kapillarleitung beeinflusst die Ansprechzeit des Gesamtsystems.

Druckmittler, Kapillarleitung und Messgerät bilden ein in sich geschlossenes System. Die versiegelten Füllschrauben am Druckmittler und am Messgerät dürfen deshalb keinesfalls gelöst werden, da nach Austritt von Füllflüssigkeit die Funktion des Systems beeinträchtigt wird!

Die Membrane und der Prozessanschluss sind Teile des Systems, die mit dem Messstoff in Berührung kommen. Deshalb muss der Werkstoff, aus dem sie bestehen, hinsichtlich Temperatur- oder Korrosionsbeständigkeit entsprechenden Anforderungen erfüllen.



Einbaubeispiel eines Druckmittlersystems

Falls die Membrane undicht wird, kann die Füllflüssigkeit in den Messstoff eindringen. Bei Anwendungen in der Nahrungsmittelindustrie muss diese für den Kontakt mit Lebensmitteln zugelassen sein. Bei der Auswahl der Füllflüssigkeit sind daher die Faktoren Verträglichkeit sowie Temperatur- und Druckverhältnisse am Messstoff von entscheidender Bedeutung. Für die unterschiedlichen Einsatzbedingungen der Anwendungen können kundenspezifische Lösungen realisiert werden.

Die Druckmittlersysteme sind in der Lage extremen Temperaturen von $-130 \dots +450 \text{ °C}$ [$-202 \dots +842 \text{ °F}$] und Drücken von $35 \text{ mbar} \dots 3.600 \text{ bar}$ [$0,5 \dots 52.200 \text{ psi}$] standzuhalten.

Einsatzmöglichkeiten

Durch den Einsatz von Druckmittlern wird dem Anwender ermöglicht eine große Anzahl von Druckmessgeräten für die schwierigsten Prozessbedingungen einsetzbar zu machen.

Beispiele

- Der Messstoff ist korrosiv, und das Druckmessgerät selbst, z. B. das Innere einer Rohrfeder, kann nicht ausreichend dagegen geschützt werden.
- Der Messstoff ist hochviskos und faserig, dadurch führen Toträume und enge Bohrungen im Druckmessgerät (Druckkanäle, Rohrfeder) zu Messproblemen.
- Der Messstoff neigt zur Kristallisation oder zur Polymerisation.
- Der Messstoff hat eine sehr hohe Temperatur. Dadurch erwärmt sich das Druckmessgerät stark. Die Erwärmung führt zu einem großen Temperaturfehler bei der Messung am Druckmessgerät. Die erhöhte Temperatur kann auch zu einer Überschreitung der Obergrenze für thermische Belastung der Messgerätebauteile führen.
- Die Messstelle liegt ungünstig. Aus Platzgründen kann das Druckmessgerät entweder nicht montiert werden bzw. nicht oder nur schlecht abgelesen werden. Durch Einbau eines Druckmittlers und die Verwendung einer längeren Kapillarleitung kann das Druckmessgerät an einem Ort installiert werden, an dem es leicht eingesehen werden kann.
- Bei der Herstellung des Produktes und in der Produktionsanlage sind Hygienevorschriften zu beachten. Aus diesem Grund müssen Toträume und Hinterschneidungen der messstoffberührten Teile vermieden werden.
- Der Messstoff ist giftig oder umweltschädlich. Er darf durch Undichtigkeiten nicht in die Atmosphäre oder in die Umgebung gelangen. Aus Gründen der Sicherheit und des Umweltschutzes müssen deshalb geeignete Schutzmaßnahmen ergriffen werden.

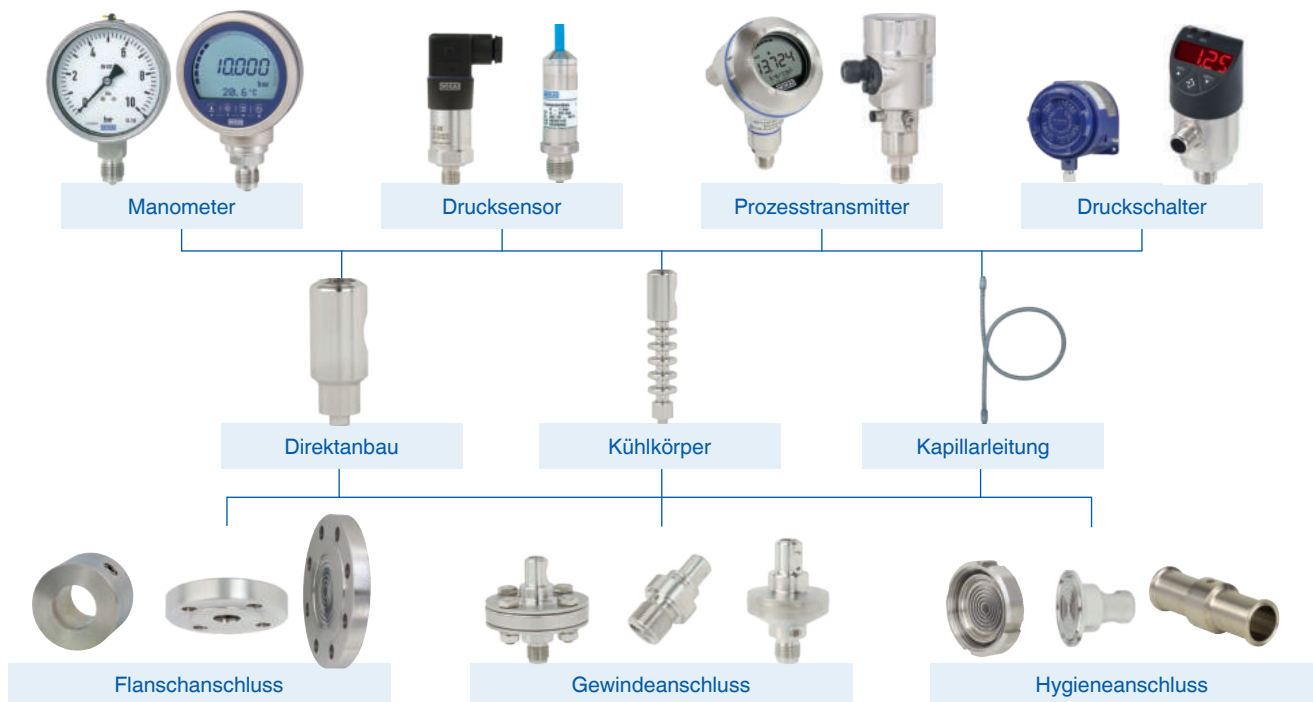
WIKA ist aufgrund langjähriger Erfahrungen in der Lage herausfordernde Aufgabenstellungen in Lösungen mit Technologievorsprung umzusetzen.

Vorteile durch den Einsatz von Druckmittlern

- Lange Standzeit der Messanordnung
- Reduzierter Montageaufwand
- Wegfall von Wartungsarbeiten

Kombination zu einem Druckmittlersystem

Ein Druckmittlersystem wird mit dem Druckmessgerät, der Anbauart und dem Druckmittler mit Prozessanschluss definiert. Für jede Anwendung stehen optimale Druckmittler-Bauarten, Werkstoffe, Systemfüllflüssigkeiten und Zubehör zur Verfügung.



Anbauarten

Die benötigte Anbauart von Druckmessgerät mit Druckmittler hängt u. a. mit den Einsatzbedingungen des Druckmittlersystems zusammen. Zur Auswahl steht der Direktanbau, die flexible Kapillarleitung oder der Kühlkörper. Dadurch ist das Druckmittlersystem für kundenspezifische Bedingungen anpassbar. Bei der Auswahl der Anbauart sind Einflüsse auf die Messfähigkeit des Druckmittlersystems zu beachten. Der Anbau über eine Kapillarleitung bzw. einen Kühlkörpers hat gegenüber dem Direktanbau z. B. eine längere Ansprechzeit zur Folge.

Direktanbau

Der Direktanbau erfolgt durch eine Verschweißung des Messgerätes über einen Anschlussadapter direkt mit dem Druckmittler.

Direktanbau über axialen Anschlussadapter



Kapillarleitung

Die Kapillarleitung ist ein flexibles Verbindungsstück zwischen Messgerät und Druckmittler, welches typischerweise aus einem Rohr, einem Kapillarschutzschlauch und optional einer weiteren Ummantelung besteht. Kapillarleitungen finden Anwendung bei hohen Temperaturen des Prozessmediums, da dieses über die Verbindungsstrecke abgekühlt wird. Außerdem bietet sich diese Anbauart zur Entkopplung starker Vibrationen an, oder wenn das Messgerät an der Messstelle nicht montiert werden kann bzw. an einem anderen Ort besser ablesbar ist.

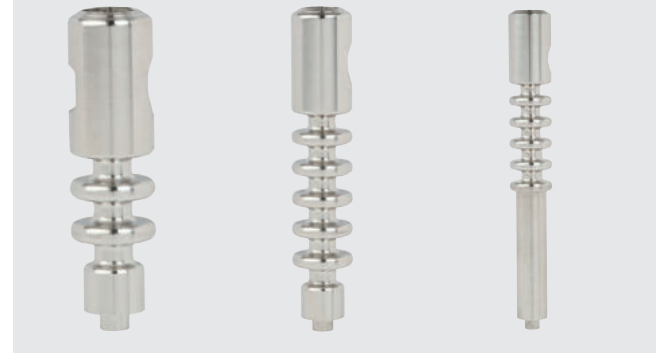
Kapillarleitung (Beispiel)



Kühlkörper

Der Kühlkörper sorgt bei heißen Messstoffen dafür, dass die Systemfüllflüssigkeit genügend abkühlt, um eine präzise Messung zu gewährleisten.

Kühlkörper (Beispiele)



Prozessanschluss und Bauart

In anspruchsvollen Anwendungen der unterschiedlichsten Branchen finden Druckmittlersysteme ihren Einsatz. Für jede Anwendung stehen optimale Prozessanschlüsse und Bauarten zur Verfügung.

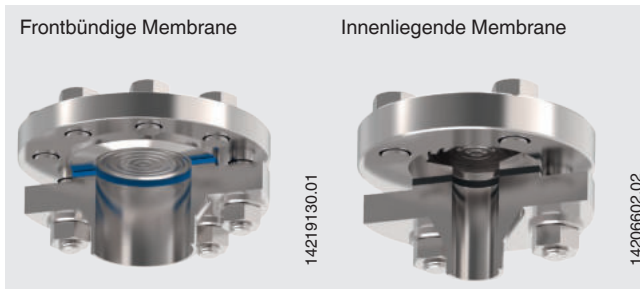
Die Entscheidung für den passenden Druckmittler hängt sowohl von den technischen Daten als auch von den Einbaumöglichkeiten und Anforderungen der jeweiligen Messaufgabe ab.

Einteilung der Prozessanschlüsse

- Flanschanschluss
- Gewindeanschluss
- Hygieneanschluss

Flanschanschluss

Druckmittler mit Flanschanschluss können bei Prozessen mit aggressiven, anhaftenden, korrosiven, hochviskosen, umweltschädlichen oder giftigen Messstoffen zum Einsatz kommen. Der Druckmittler mit Flanschanschluss ist mit Abmessungen aller gängigen Normflansche erhältlich. Die Dichtfläche ist frontbündig und die Membrane wird entweder frontbündig oder innenliegend ausgeführt.



Zellenbauart

Die Zellenbauart ist eine besondere Variante des Druckmittlers mit Flanschanschluss. Er besteht aus einer zylindrischen Platte, deren Durchmesser an die Dichtleistenpartie entsprechender Normflansche angepasst ist. Die Membrane ist frontbündig und abgestimmt auf die Nennweite.

Zur Montage der für alle gängigen Flanschnormen verfügbaren Zellenbauart wird ein Blindflansch verwendet.



Tubusausführung

Druckmittler mit vorgezogener Membrane (Tubusausführung) kommen unter anderem an dickwandigen und/oder isolierten Produktleitungen, Behälterwänden usw. zum Einsatz. Die Tubusausführung ist für Flansch- und Zellenbauart erhältlich.



Rohr-Druckmittler mit Flanschanschluss

Dieser Druckmittler eignet sich sehr gut zur Messung an strömenden Messstoffen. Der Rohr-Druckmittler wird mit beidseitigem Flansch direkt in die Rohrleitung eingespannt. Die Integration in die Prozessleitung verhindert störende Turbulenzen, da diese Bauart keine Ecken, Toträume oder sonstige Hindernisse in Strömungsrichtung aufweist. Verschiedene Nennweiten erlauben die Anpassung an jeden Rohrleitungsquerschnitt. Die Rohr-Druckmittler sind auch in Zellenbauart lieferbar.



Gewindeanschluss

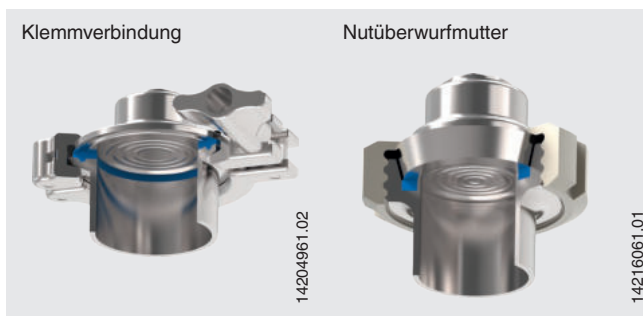
Druckmittler mit Gewindeanschluss können bei Prozessen mit aggressiven, anhaftenden, korrosiven, hochviskosen, umweltschädlichen oder giftigen Messstoffen zum Einsatz kommen. Die Verbindung von Druckmittlerober- und unterteil ist entweder in verschraubter oder verschweißter Ausführung erhältlich. Diese Druckmittler sind in der Grundbauart mit Innen- oder Außengewinde erhältlich. Die Vielzahl an verfügbaren Prozessanschlüssen ermöglicht problemlos die unterschiedlichsten Anbindungen. Der Werkstoff von Druckmittleroberteil und Druckmittlerunterteil kann derselbe sein oder unterschiedlich gewählt werden.



Hygieneanschluss

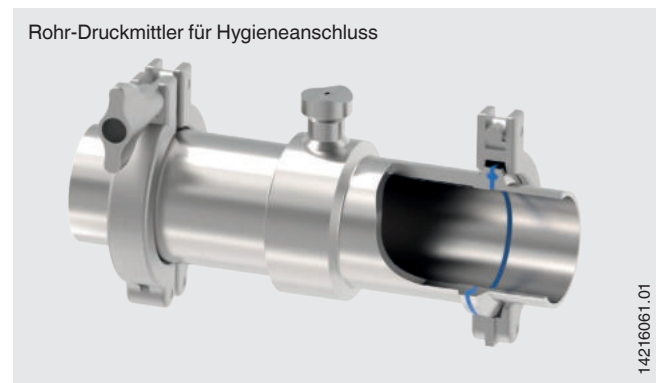
Druckmittler im Hygienic Design können bei Prozessen mit Gasen, Druckluft oder Dampf, mit flüssigen, pastösen, pulverigen und kristallisierenden Messstoffen zum Einsatz kommen. Die Druckmittler halten den auftretenden Temperaturstand und erfüllen die Anforderungen für sterile Verbindungen. Die frontbündige Membrane kann durch die verschiedenen Prozessanbindungen hygienegerecht in alle Anwendungen eingebunden werden.

Kennzeichnend für die sterile Technik ist die Erfüllung der SIP- und CIP-Kriterien, die durch den Einsatz von WIKA-Druckmittlern erfüllt werden.



Rohr-Druckmittler für Hygieneanschluss

Der Rohr-Druckmittler eignet sich sehr gut zum Einsatz bei strömenden Messstoffen. Da er vollkommen in die Prozessleitung integriert ist, treten durch die Messung keine störenden Turbulenzen, Ecken, Toträume und sonstige Hindernisse in Strömungsrichtung auf. Der Rohr-Druckmittler wird unmittelbar in die Rohrleitung eingespannt. Bei Rohr-Druckmittlern fließt der Messstoff ungehindert durch und bewirkt eine Selbstreinigung der Messkammer. Verschiedene Nennweiten erlauben die Anpassung an jeden Rohrleitungsquerschnitt.



Werkstoffe und Beschichtungen

Druckmittler werden überwiegend aus CrNi-Stahl 316L gefertigt. Für die messstoffberührten Teile steht ein großes Sortiment an Sonderwerkstoffen und Beschichtungen für spezielle Einsatzgebiete zur Verfügung. WIKA bietet diese Vielzahl an unterschiedlichen Werkstoffen, um die bestmögliche Lösung für die Herausforderungen der Messstelle finden zu können.

Die Werkstoffauswahl für Druckmittler ist stark von den Einsatzbedingungen abhängig. Neben der Druckbelastung müssen die Anforderungen von Temperatur und Beständigkeit gegenüber dem Messstoff bekannt sein. Danach kann die Werkstoffauswahl für den Druckmittler erfolgen. Die Auswahl kann für den Grundkörper, die Dichtfläche und die Membrane mit unterschiedlichen Werkstoffen ausgelegt werden, da diese nicht bei jeder Bauart gleichermaßen messstoffberührt sind.

Werkstoffkombinationen und Beschichtungen

Insbesondere bei der Verwendung von Sonderwerkstoffen können hohe Kosten und lange Lieferzeiten entstehen. Dieser Umstand kann durch die geschickte Auswahl von Werkstoffkombinationen oder Beschichtungen gelöst werden. Ein kostengünstiger Basiswerkstoff wird z. B. für die tragenden Teile eingesetzt und lediglich die messstoffberührten Teile sind in Sonderwerkstoff oder mit Beschichtung ausgeführt. Die Füge- und Verbindungstechniken spielen dabei eine wichtige Rolle, da unterschiedliche Werkstoffe nicht immer verschweißt werden können. Unabhängig von der Art der Verbindungstechnik sind diese Druckmittler extremen Einsatzbedingungen gewachsen.

Werkstoff	Unified Numbering System (UNS)
CrNi-Stahl 316L (1.4404 oder 1.4435)	S31603
CrNi-Stahl 904L (1.4539)	N08904
CrNi-Stahl 321 (1.4541)	S32100
CrNi-Stahl 316Ti (1.4571)	S31635
CrNi-Stahl 1.4466 (Urea grade)	S31050
Duplex 2205 (1.4462)	S31803
Superduplex 1.4410	S32750
Tantal (auch Auskleidung)	R05200
Hastelloy C276 (2.4819)	N01276
Hastelloy C22 (2.4602)	N06022
Inconel 600 (2.4816)	N06600
Incoloy 825 (2.4858)	N08825
Inconel 625 (2.485)	N06625
Monel 400 (2.4360)	N04400
Nickel 200 (2.4066)	N02200
Nickel 201 (2.4068)	N02201
Titan 3.7035 (Klasse 2)	R50400
Titan 3.7235 (Klasse 7)	R52400
Zirkonium GR702	R60702

Die maximal zulässige Prozesstemperatur wird durch die Fügetechnik und die Systemfüllflüssigkeit begrenzt. Die maximale Prozesstemperatur kann dem jeweiligen Datenblatt des Druckmittlers entnommen werden.

Beschichtungen

CrNi-Stahl mit ECTFE-Beschichtung

CrNi-Stahl mit PFA (FDA; 21 CFR 177.1550 und 21 CFR 177.2440)

CrNi-Stahl mit PFA, antistatisch (geeignet für Ex-Anwendungen)

CrNi-Stahl mit Goldbeschichtung

CrNi-Stahl mit Gold-Rhodium

CrNi-Stahl mit Wikaramic®

Systemfüllflüssigkeiten

Bei der Auswahl der Systemfüllflüssigkeit für Druckmittler sind Faktoren wie Messstoffverträglichkeit sowie Temperatur- und Druckverhältnisse an der Messstelle von entscheidender Bedeutung, um eine Gefährdung des Prozesses zu vermeiden. Je nach Systemfüllflüssigkeit muss der dafür geeignete minimale und maximale Temperatureinsatzbereich beachtet werden. Außerdem ist die Volumenänderung der Systemflüssigkeit bei extremen Einsatztemperaturen zu berücksichtigen.

Leicht entzündliche Anwendungen, wie z. B. Sauerstoff- und Chloranwendungen und die hohen Anforderungen in der sterilen Verfahrenstechnik und Halbleiterindustrie, sind ebenfalls bei der Wahl der passenden Flüssigkeit ausschlaggebend.

Die Eigenschaften der Systemfüllflüssigkeiten wirken sich auf die zulässige Betriebstemperatur des Druckmittlersystems aus. Da die Parameter der einzelnen Systemfüllflüssigkeiten variieren, bietet WIKA eine große Auswahl an, um unterschiedliche Anwendungsfälle abzudecken.

FDA-Zulassung

Die FDA („Food and Drug Administration“) ist eine dem Gesundheitsministerium unterstellte US-amerikanische Behörde. Sie ist zuständig für die Lebens- und Arzneimittelüberwachung und dient dem Schutz der öffentlichen Gesundheit in den Vereinigten Staaten.

Flüssigkeiten, die im Schadensfall in das Endprodukt gelangen könnten, müssen FDA-konform sein.

Bezeichnung	Kennnummer	Stockpunkt	Siede-/Zersetzungspunkt	Dichte bei 25 °C	Kin. Viskosität bei 25 °C	Bemerkung
	KN	°C	°C	g/cm ³	cSt	
Silikonöl	2	-45	+300	0,96	54,5	Universell einsetzbar
Glyzerin	7	-35	+240	1,26	759,6	FDA 21 CFR 182.1320
Silikonöl	17	-90	+200	0,92	4,4	Niedrige Temperaturen
Halocarbon	21	-60	+175	1,89	10,6	Sauerstoff ¹⁾ und Chlor
Methylcyclopentan	30	-130	+60	0,74	0,7	Für sehr niedrige Temperaturen
Hochtemperatur-Silikonöl	32	-25	+400	1,06	47,1	Für hohe Temperaturen
Neobee® M-20	59	-35	+260	0,92	10,0	FDA 21 CFR 172.856, 21 CFR 174.5
DI-Wasser	64	+4	+85	1,00	0,9	Für Reinstmedien
Silikonöl	68	-75	+250	0,93	10,3	
DI-Wasser / Propanol Mischung	75	-30	+60	0,92	3,6	Für Reinstmedien
Medizinisches Weißöl	92	-15	+260	0,85	45,3	FDA 21 CFR 172.878, 21 CFR 178.3620(a); USP, EP, SP

Weitere Systemfüllflüssigkeiten auf Anfrage

Hinweis:

- Die angegebene untere Temperaturgrenze ist eine rein physikalische Eigenschaft der Systemfüllflüssigkeit. Die sich daraus ergebende Ansprechzeit muss separat berechnet und bewertet werden.
- Die obere Temperaturgrenze für ein Druckmittlersystem wird zusätzlich eingeschränkt vom Betriebsdruck und der Membrane. Zur Ermittlung der oberen Temperaturgrenze für das individuelle Druckmittlersystem ist eine Berechnung notwendig.

1) Bei Sauerstoffanwendungen gelten die nachfolgenden Werte gemäß BAM-Untersuchung (Bundesamt für Materialforschung und Prüfung):

Maximale Temperatur	Maximaler Sauerstoffdruck
bis 60 °C	50 bar
> 60 °C bis 100 °C	30 bar
> 100 °C bis 175 °C	25 bar

Einflussfaktoren bei der Messung

Ansprechzeit

Eine Kombination der einzelnen Komponenten sorgt generell für eine verzögerte Ausgabe des Messwertes. Diese Verzögerung ist als Ansprechzeit definiert und variiert in Abhängigkeit des Zusammenbaus.

Faktoren wie das Steuervolumen des Messgerätes sowie die Kapillarleitungslänge und der damit verbundene Querschnitt gehen in die Berechnung mit ein. Demnach lässt sich schlussfolgern, dass bei einem großen Steuervolumen oder einer langen Kapillarleitung die Ansprechzeit ansteigt. Diesem Effekt kann durch Auswahl eines Messgerätes mit geringerem Steuervolumen, einer kürzeren oder im Querschnitt größeren Kapillarleitung entgegengewirkt werden.

Neben den geometrischen Größen des Druckmittlersystems ist unter anderem auch die Viskosität der Füllflüssigkeit zu berücksichtigen. Je größer der Viskositätswert, desto dickflüssiger ist der Messstoff. Eine Optimierung der Ansprechzeit lässt sich somit durch Auswahl einer Flüssigkeit mit geringerer Viskosität realisieren.

Weiterhin beeinflussen die anliegenden Temperaturen die physikalischen Eigenschaften des Füllmediums. Steigt die Temperatur an, wird der Messstoff dünnflüssiger und die Ansprechzeit verkürzt. Im Umkehrschluss verlängert sich die Antwortzeit des Messgerätes bei sinkenden Temperaturen aufgrund der ansteigenden Viskosität.

Temperatureffekt

Druckmittlersysteme werden generell bei Raumtemperatur befüllt. Kommt es nun zu Temperaturveränderungen in der Umgebung oder im Prozess, wirken sich diese negativ auf die Ausgabewerte des Messgerätes aus. Die Ursache ist auf die Veränderung der physikalischen Eigenschaften der Systemfüllflüssigkeit zurückzuführen. Erfährt das Messsystem eine Temperaturerhöhung, kommt es zu einer Volumenzunahme, die zu einer Auslenkung der Membrane in Richtung des Prozesses führt. Die Rückstellkraft der Membrane sorgt zeitgleich für einen positiven Nullpunkt-Offset am Messgerät.

Um diesem Fehler entgegenzuwirken, sind große Membrandurchmesser aufgrund der geringen Steifigkeit zu wählen. Weitere Faktoren, die dem Nullpunkt-Offset entgegenwirken, sind ein geringeres Totvolumen des Gesamtsystems sowie ein geringerer Wärmeausdehnungskoeffizient der Füllflüssigkeit.

Der umgekehrte Effekt ist bei Absenkung der Temperatur zu verzeichnen. Durch die Volumenabnahme erfolgt nun eine Auslenkung der Membrane in Richtung des Membranbettes. Die Temperatursenkung bewirkt aufgrund der Rückstellkraft der Membrane einen negativen Nullpunkt-Offset.

Höhendifferenz

Eine Höhendifferenz zwischen Druckmessgerät und Druckmittler (dies gilt speziell bei Verwendung von Kapillarleitungen) geht in die Messung ein. Dies ist bedingt durch den hydrostatischen Druck der Flüssigkeitssäule in der Kapillare. Die Anzeige wird verringert, wenn das Druckmessgerät höher angeordnet ist als der Druckmittler. Sie wird vergrößert, wenn das Druckmessgerät tiefer angeordnet ist. Bei der werkseitigen Auslegung des Gesamtsystems muss diese Höhendifferenz bekannt sein, um entsprechend berücksichtigt werden zu können.

Hinweis: Nach erfolgter Montage empfiehlt sich eine Nullpunktprüfung und ggf. eine Nullpunktkorrektur.