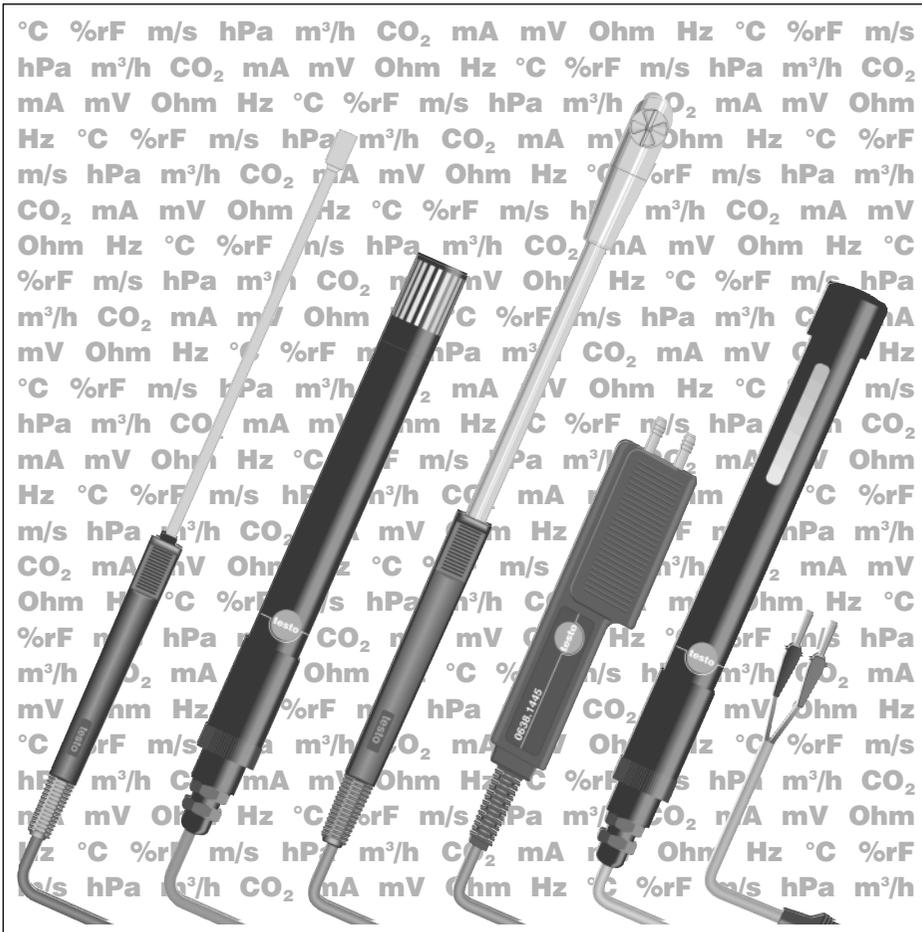




Fühlerbeschreibungen

Anschließbar an das Meßgerät **testo 454** sind

- Temperaturfühler
- Strömungssonden
 - Feuchtefühler
- Kombisonden m/s/°C, %rF/°C
 - Drucksonden
- Strom-/Spannungskabel
- Meßkabel mit freien Lötenden
 - CO₂-Fühler





INHALT

TEMPERATURMESSUNG

Meßprinzip

- Thermoelement
 - *NiCr-Ni*6
 - *PtRh-Pt*.....6
- Widerstandsaufnehmer
 - *Pt100*.....7
 - *NTC*.....8

Bauformen8

Allgemeine Gebrauchshinweise

- Oberflächenfühler.....10
- spezielle Hinweise für Hochtemperatur-Oberflächenfühler 0600.0394.....10
- Tauch-, Einstech- und Luftmessungen11

Zeitverhalten11

FEUCHTEMESSUNG

Meßprinzip12

Bauformen13

Allgemeine Gebrauchshinweise.....14

Spezieller Hinweis für 0636.2260.....15

Spezieller Hinweis für 0563.9860/9871/9881.....15

STRÖMUNGSMESSUNG

Einleitung17

Thermische Sensoren

- Technische Daten19
- Meßprinzip Hitzkugel.....20
 - Mögliche Abweichungen20
- Meßprinzip Hitzdraht21
- Allgemeine Gebrauchshinweise21
 - Spezieller Hinweis zu 0635.104222
- Abhängigkeit des Meßwertes vom Absolutdruck24

Flügelräder

- Meßtechnik26
- Auswahlkriterien26
- Positionierung der Flügelrad-Meßsonden im Luftstrom.....27
- Allgemeine Gebrauchshinweise28



INHALT

DRUCKMESSUNG	
Differenz-Drucksonde	30
Allgemeine Gebrauchshinweise	31
Absolut-Drucksonde	
Absolutdruckmessung	31
Staurohr	
Meßtechnik.....	32
Ermittlung der Luftdichte	33
ALARM-/TRIGGERKABEL 0554.0012	38
STROM-/SPANNUNGSKABEL 0554.0007	39
Anschluß und Skalierung von Meßumformern	40
MEßKABEL MIT FREIEN LÖTENDEN 0554.0013	42
CO₂-SONDE	
Meßprinzip	43
Justierung.....	44
Technische Daten	46
Fehlerbeseitigung	47

WICHTIGE HINWEISE

Vor Inbetriebnahme unbedingt lesen und beachten!



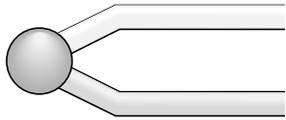
Damit das Meßgerät selbständig erkennen kann welche Art von Fühler angeschlossen ist, müssen testo-Fühler vor dem Einschalten angeschlossen werden (→ vor Wechsel der Meßsonden Meßgerät ausschalten!)

Sonden von Fremdfirmen mittels Kabel 0554.0013 nach dem Einschalten anschließen.

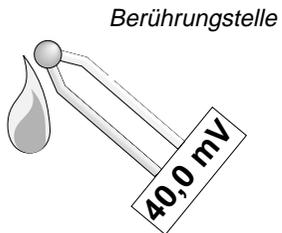
Die zu Sonden hinterlegten Daten gelten einmalig für die Zeit des Anschlusses am Gerät und nur für die eine Buchse, an der die Sonde angeschlossen ist.

Ist das Meßgerät mit einem PC verbunden und besteht eine leitende Verbindung zwischen Fühlern und Meßobjekt (z. B. bei Verwendung von TE-Fühlern) können ungewollt Erdschleifen entstehen. Dabei fließen Ausgleichsströme zwischen verschiedenen Punkten, die auf unterschiedlichem Potential liegen. Dieser Effekt verfälscht die Meßergebnisse. Abhilfe schafft eine galvanische Trennung der RS232-Schnittstelle in Verbindung mit XT/AT-Adaptern (siehe Bestelldaten) zum Anschluß an COM1.

Für Pt100-Fühler und für Feuchtefühler aus dem Fühlerprogramm der Profi-Klasse wird grundsätzlich der Adapter 0554.0454 benötigt.



Thermoelement



Auswertung der Thermospannung durch Meßgerät

TEMPERATURMESSUNG

Meßprinzip
Thermoelement
• NiCr-Ni

• PtRh-Pt (Auf Anfrage)

Ein Thermoelement besteht aus zwei elektrisch leitenden Drähten, die an einem Ende miteinander verbunden sind.

Die beiden Thermodrähte bestehen aus zwei unterschiedlichen Materialien. **testo** verwendet standardmäßig hierbei **Nickel-Chrom (NiCr)** und **Nickel (Ni)**. Thermoelemente dieses Typs werden **NiCr-Ni-Thermoelement** oder **Typ K** genannt.

Wird die Berührungsstelle (Schweißstelle) des Thermoelementes erwärmt, tritt am "kalten" Ende eine sogenannte Thermospannung auf, die vom Meßgerät ausgewertet und angezeigt wird.

In Verbindung mit **testo 454** können Temperaturen von -200...+1200 (+1370) °C erfaßt werden. NiCr-Ni- Thermoelemente haben einen max. Einsatzbereich von -200...+1200 °C. Über 1200 °C kommen PtRh-Pt Thermoelemente zum Einsatz.

Sonderausführungen mit **Fe-CuNi (auch Typ J - bis maximal +800 °C)** und **PtRh-Pt (Typ S - bis max. +1375 °C)** sind auf Anfrage erhältlich.

TEMPERATURMESSUNG

Meßprinzip
Widerstandsaufnehmer
• PT100

Pt100-Meßgeräte nutzen die Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes eines Metalles von der Temperatur. Platin weist hierbei hohe chemische Beständigkeit und gute Reproduzierbarkeit auf.

Wirkungsweise

Fühler mit **Platin**widerstandsaufnehmern sind besonders genau, langlebig, hoch korrosionsbeständig und alterungsbeständig. Hinzu kommt, daß das Verhältnis zwischen Temperatur- und Widerstandsänderung über einen großen Teil des Meßbereiches linear, also gleichbleibend ist.

Um einen Temperatursensor mit Platin als Metall auszuführen, wird auf einem Träger aus Glas oder Keramik eine Wicklung oder eine Ätzstruktur aus Platin (Dünnschicht-Pt-Widerstände) aufgebracht. Dabei wird soviel Platinmaterial aufgebracht, daß der fertige Sensor bei 0 °C einen definierten Widerstand von exakt 100 Ohm aufweist. Abgekürzt spricht man hierbei dann von einem Pt100-Sensor.

Dünnschicht Pt-Widerstände haben relativ kleine Abmessungen und erlauben so einen Einsatz in dünnen Fühlerrohren mit schneller Angleichszeit. Jedoch ist die Langzeitstabilität über +400 °C nicht befriedigend, hier empfiehlt sich der Einsatz von gewickelten Platin-Drähten.

Optimale Meßergebnisse liefern Pt100-Sensoren in Tauch- oder Luftfühlern, d. h. wenn die Sensorik komplett vom zu messenden Medium umgeben ist.



TEMPERATURMESSUNG

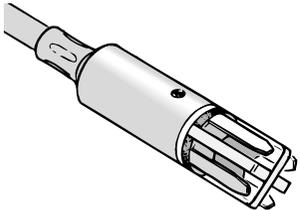
Meßprinzip Widerstandsaufnehmer • NTC

Im Gegensatz zu Pt100-Sensoren haben NTC-Sensoren einen **negativen Temperaturkoeffizienten**, d. h. mit zunehmender Temperatur sinkt ihr Widerstand. Ihr Vorteil ist, daß sie sehr genau sind.

Der Anwendungsbereich des testo 454 liegt im Bereich -20...+80 ° C. Gerade im Raumtemperaturbereich haben NTCs eine sehr gute Empfindlichkeit, dies führt zu einer optimalen Systemgenauigkeit. Darüber empfiehlt sich für genaue Messungen der Pt100-Aufnehmer.

TEMPERATURMESSUNG

Bauformen



Kreuzbandfühler entziehen der Meßstelle nur wenig Wärme.

Um **Oberflächen-Temperaturen** schnell und genau zu messen, darf der Meßfühler der Meßstelle nur wenig Wärme entziehen.

Diese Forderung erfüllen **Kreuzbandfühler**. Zwei dünne Thermobändchen überkreuzen einander im Meßkopf. Am Berührungspunkt entsteht eine Thermospannung, die vom Meßgerät gemessen werden kann. Durch die geringe Masse der Bändchen sind Kreuzbandfühler sehr schnell.

Für **Luftmessungen** eignen sich Fühler mit geringer Masse z. B. Mantel-Thermoelemente mit 0,5 mm Durchmesser oder Fühler mit freiliegenden Sensoren und Schutzkorb. Zur Verkürzung der Einstellzeiten sollten Sie entweder den Fühler bewegen oder für eine Anströmgeschwindigkeit von mindestens 1...2 m/s sorgen.

Sehr preiswert sind die flexiblen glasseide-isolierten **Thermopaare**. Ihr Einsatzbereich reicht bis +400 °C.



glasseide-isoliertes Thermopaar (bis +400 ° C)

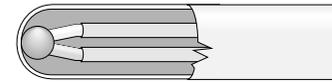
TEMPERATURMESSUNG

Bauformen

Tauch- und Einstechfühler

Nicht jede Fühlerkonstruktion darf bis zum max. Meßbereich des Sensors eingesetzt werden. Die beiden Thermodrähte müssen elektrisch gegeneinander isoliert sein, somit hängt der Einsatzbereich (siehe Bestelldaten) entscheidend von der Isolierung ab.

Mantel-Thermoelemente bestehen aus zwei Thermodrähten, die durch hochverdichtetes Aluminiumoxid gegeneinander isoliert sind, und von einem "Metall-Mantel" zum Schutz des Thermoelementes umschlossen werden. Ihr Einsatzbereich reicht bis +1100 °C.

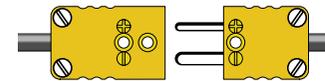


Mantel-Thermoelement (bis + 1100° C)

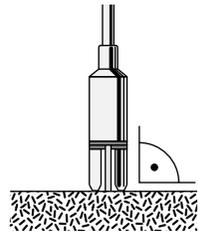
Hierbei werden zwei Bauformen unterschieden: Bei Fühlern mit isolierten Thermoelementen ist das komplette Thermoelement vom Metall-Hüllrohr durch die Isolierung galvanisch getrennt. Diese Fühler sind zu empfehlen, wenn sich mehrere Fühler an einem Meßgerät und in oder an einem leitenden Medium befinden.

Ebenso gibt es Fühler bei denen die Thermoelement-Spitze mit dem Hüllrohr verschweißt ist. Diese Fühler haben die beste Angleichzeit.

Zur Verbindung von Thermoelement Typ K (NiCr-Ni) und Meßgerät ist international eine gelbe TE-Steckverbindung im Einsatz. Die Fühler mit diesem Stecker können über einen Adapter (Bestell-Nr. 0600.1693) an das testo 454 angeschlossen werden.



übliche TE-Steckverbindung



Meßspitze senkrecht aufsetzen

TEMPERATURMESSUNG

Allgemeine Gebrauchshinweise für Oberflächenmessungen

- Meßspitze senkrecht aufsetzen.
- bei nicht planer Auflage, rauher Oberfläche oder schlecht leitender Oberfläche (kein Metall) kann der angezeigte Meßwert mehrere Prozent unter der wahren Oberflächentemperatur liegen (z. B. 0600.0194: ca. 2 %, 0600.0693: ca. 4 %)
- an rauen Oberflächen sollten Sie Wärmeleitpaste für eine bessere Wärmeübertragung verwenden (bis max. +260 ° C)
- je nach Auflagefläche kann der Meßwert unterschiedlich sein - der höchste Meßwert ist der beste Meßwert (→ Maximalwert-Speicher).

TEMPERATURMESSUNG

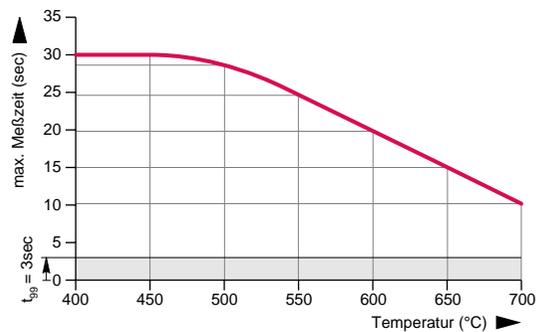
spezieller Hinweis

für Hochtemperatur-Oberflächenfühler 0600.0394
Meßbereich -200...+700 °C, $t_{99} = 3s$

Unnötig lange Meßzeiten ($t_{99} = 3 s$!!!) bei hohen Temperaturen beeinträchtigen die Federwirkung der Meßbänder und somit auf lange Sicht das Meßergebnis.

Beachten Sie daher bitte, daß die maximale Meßzeit in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur nicht überschritten wird (siehe Diagramm).

Maximale Auflegedauer des Fühlers in Abhängigkeit der Temperatur

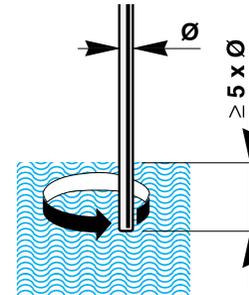


Bei der max. zulässigen Temperatur von +700 °C, gewährleistet **testo** für diese Fühler 500 Messungen, wenn die Meßzeit von 10 s eingehalten wird.

TEMPERATURMESSUNG

Allgemeine Hinweise für Tauch-, Einstech-, oder Luftmessungen

- Die minimale Eintauchtiefe in das Meßmedium entspricht ca. einem 5fachen Sondendurchmesser.
- Die Einstellzeiten können Sie durch leichtes Bewegen des Fühlers beschleunigen.



Leichtes Bewegen beschleunigt die Einstellzeit

TEMPERATURMESSUNG

Zeitverhalten

Die Einstellzeiten werden üblicherweise mit t_{99} angegeben (wobei t_{99} der Zeit entspricht, die der Fühler benötigt um 99% des Temperatursprunges zu erfassen). Diese Angaben beziehen sich auf die zuvor genannte Anströmgeschwindigkeit und auf das Medium Wasser bzw. Luft.



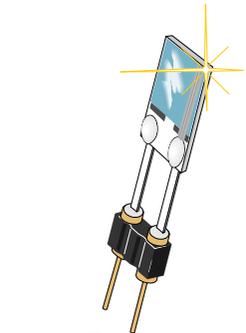
FEUCHTEMESSUNG

Meßprinzip

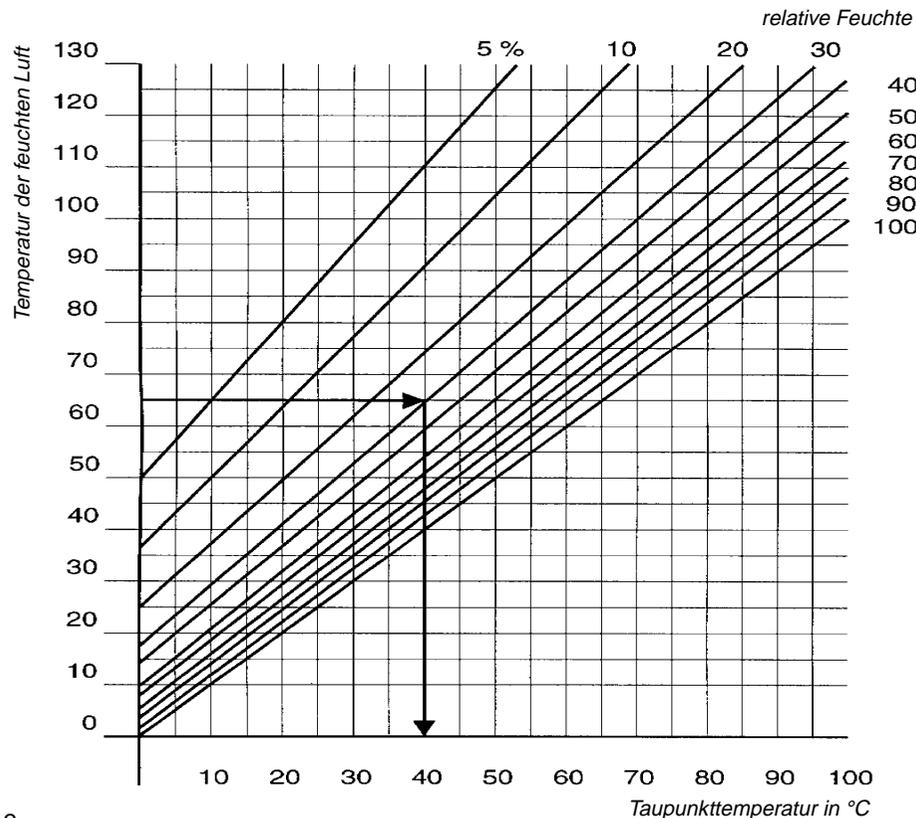
Der Feuchtesensor mißt die relative Luftfeuchte nach dem kapazitiven Prinzip. Die relative Luftfeuchte ist ein Maß für den Wasserdampfgehalt in der Luft. Als relative Feuchte bezeichnet man das Verhältnis der vorhandenen absoluten Feuchte zu der bei gleicher Temperatur maximal möglichen absoluten Feuchte.

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen Temperatur, relativer Feuchte und Taupunkt.

Bei der automatischen Taupunktbestimmung werden zuerst Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit gemessen. Der Schnittpunkt der beiden Linien führt zur gefragten Taupunkttemperatur.



testo-Feuchtesensor

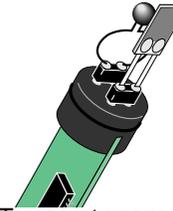


FEUCHTEMESSUNG

Meßprinzip

Der kapazitive **testo**-Sensor wird mit einem NTC-Temperaturaufnehmer kombiniert.

Der Temperatursensor dient der Kompensation der Temperaturabhängigkeit des Feuchtesignales und ist Voraussetzung für die Taupunktberechnung aus Temperatur und Feuchte.



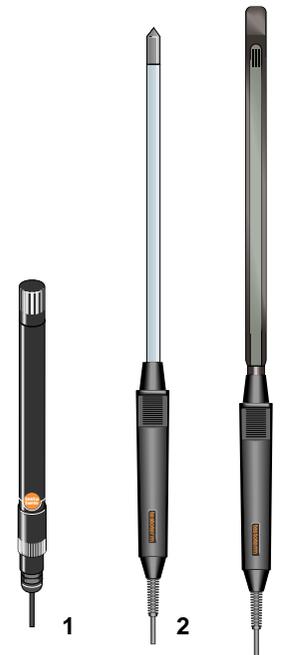
Der Temperatursensor dient der Kompensation der Temperaturabhängigkeit des Feuchtesignales.

FEUCHTEMESSUNG

Bauformen

Je nach Anwendung empfehlen sich unterschiedliche Konstruktionen. So stehen zur Verfügung:

- Luftfühler für Umgebungsfeuchte,
- Einstechfühler für Messungen in Schüttgütern oder für Kanalmessungen bei Temperaturen bis +140 °C
- Schwertfühler für Messungen in gestapeltem Gut (z. B. Papier).
- flexible Feuchtefühler für Messungen an schwer zugänglichen Stellen z.B. in Bohrungen, Rohren, Materialproben sowie in Klimaschränken, Analysegeräten der Medizintechnik, Brutschränken, Trocknungskammern etc. oder
- Drucktaupunktfühler für Messungen in Druckluftanlagen



unterschiedliche Bauformen der Feuchtefühler

- 1 Luftfühler 0636.9767
- 2 Einstechfühler 0636.2167
- 3 Schwertfühler 0636.0360*

*(Anschluß über Adapter 0554.0454)



FEUCHTEMESSUNG

Allgemeine Gebrauchshinweise

Beachten Sie, daß die Meßbereiche und die Umgebungsbedingungen der Meßfühler und des Meßgerätes eingehalten werden.

Feuchtefühler sind solange wartungsfrei, solange sie in sauberer Atmosphäre eingesetzt werden.

Für Messungen in staub- oder sandhaltiger Atmosphäre und/oder Strömungsgeschwindigkeiten über 10 m/s sollte zum Schutz des empfindlichen Sensors die werksmäßig verwendete Schutzkappe durch eine Sinterkappe aus Polyethylen bzw. Edelstahl ausgetauscht werden (siehe unter Bestelldaten).

Bei Messungen in staubiger Umgebung, sollten die Feuchtefühler gelegentlich überprüft werden.

Zur Kontrolle oder zum Abgleich der Feuchtefühler empfehlen wir die unter den Bestelldaten aufgeführte Lithiumchlorid- (LiCl) 11,3 %rF und Natriumchlorid-Lösungen (NaCl) 75,3 %rF (→ Kontroll- und Abgleichset für Feuchtesensoren), da deren relative Feuchten nahezu temperaturunabhängig sind und über lange Zeit konstant bleiben.

Berühren Sie den Sensor nicht mit der Hand (verwenden Sie eine Pinzette) und stoßen Sie nirgendwo dagegen!

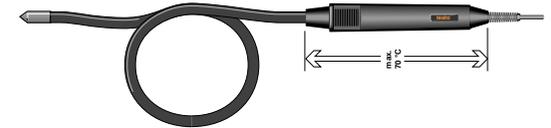
Schwenken Sie verschmutzte Sensoren in Alkohol (Isopropanol) oder destilliertem Wasser, spülen Sie danach die Sensoren in destilliertem Wasser und lassen Sie die Sensoren anschließend an der Luft trocknen. Verschmutzte Sinterkappen können Sie ebenfalls mit reinem Alkohol und destilliertem Wasser reinigen. Die Kappe mit Druckluft von innen nach außen ausblasen.

Defekte Sensoren lassen sich leicht austauschen. Mit dem Ersatzsensor (siehe Bestelldaten) erhalten Sie die Beschreibung der auszuführenden Arbeiten.

FEUCHTEMESSUNG

spezieller Gebrauchshinweis für flexible Feuchtefühler 0636.2260 (mit 1,5 m langem, flexiblem Schlauch) Adapter 0554.0454 notwendig

Der flexible Schlauch wird durch zu starkes Knicken beschädigt. Der Biegeradius sollte immer größer als 16 mm sein.



FEUCHTEMESSUNG

spezieller Gebrauchshinweis für Drucktaupunkt-Fühler 0563.9860/9871/9881 (Einsatzbereich bis 15 bar)

Für den Anschluß des Drucktaupunktfühlers an das testo 454 ist das unter den Bestelldaten aufgeführte Adapterkabel 0554.0454 notwendig.

Die Meßkammer wird auf den Adapter des Feuchtefühlers aufgesetzt und über das Gewinde von Hand verschraubt. Der Fühler wird dadurch druckdicht (Ohne Meßkammer kann der Fühler zur normalen Feuchte- und Temperaturmessung eingesetzt werden).

Feuchtefühler an das Druckluftsystem anschließen. Über die Kapillarleitung strömt Druckluft ab (dadurch verkürzt sich die Einstellzeit).

Um den richtigen Meßwert zu erhalten, lassen Sie sich an der Meßluft-Entnahmestelle ca. 10 Sekunden Druckluft abströmen. Am besten warten Sie bis die Meßwerte stabil sind (ca. 60 s keine Veränderung der Meßwerte).

Achten Sie darauf, daß die Meßkammer und die Kapillarleitung nicht verschmutzt sind!



Drucktaupunkt-Fühler
0563.9860/9871/9881



FEUCHTEMESSUNG

spezieller Gebrauchshinweis für Drucktaupunkt-Fühler 0563.9860/9871/9881 (Einsatzbereich bis 15 bar)

Die Einstellzeit kann sich durch Lagerung des Fühlers bei stark von dem zu messenden Medium abweichenden Temperatur- und Feuchtwerten, aber auch durch verschmutzte Sensoren bzw. Sinkkappen, verlängern.

Meßzeiten aus der Praxis:

Drucktaupunkt	2...10° C	ca. 5 min
Drucktaupunkt	-10...-30° C	ca. 10 min
Drucktaupunkt	-30...-50° C	ca. 15 min

Verschmutzte Meßkammern können Sie in Wasser bzw. Alkohol spülen oder mit Druckluft ausblasen.

Tauschen Sie defekte Meßkammern sofort aus!

Die Abfrage des Drucktaupunktes entnehmen Sie bitte der Geräte-Bedienungsanleitung unter dem Stichwort Taupunkt.

STRÖMUNGSMESSUNG

Einleitung

Im Strömungsmeßbereich 0...100 m/s kann der jeweils optimale Aufnehmer für die drei wichtigsten Teilbereiche (unterer und mittlerer Strömungsbereich sowie Hochgeschwindigkeitsbereich) angeschlossen werden. Thermische Aufnehmer werden eingesetzt für exakte Messungen im Bereich von 0...10 m/s. Flügelräder führen im mittleren Strömungsbereich bei Luftgeschwindigkeiten von 4...40 m/s (Typ 0635.9540 bis 60 m/s) zu optimalen Ergebnissen. Speziell die große Anemometersonde (0636.9449, Ø 60 mm) eignet sich für Messungen an Gitter-Luftaustritten. Die strömende Luftmenge wird über eine große Fläche gemittelt, Verwirbelungen am Gitter bzw. starke Geschwindigkeitsunterschiede verlieren gegenüber der punktuellen Messung an Bedeutung.

Mit besonderer Sorgfalt ist in Rohren und kleinen Kanälen zu messen (s. auch VDI 2080 - Meßverfahren und Meßgeräte für raumlufttechnische Anlagen).

Da Testo alle Strömungssonden in gerichteter Strömung (Freistrahle Ø 350 mm) abgleicht, sollten diese Bedingungen auch bei der Messung eingehalten werden.

Im Detail heißt das:

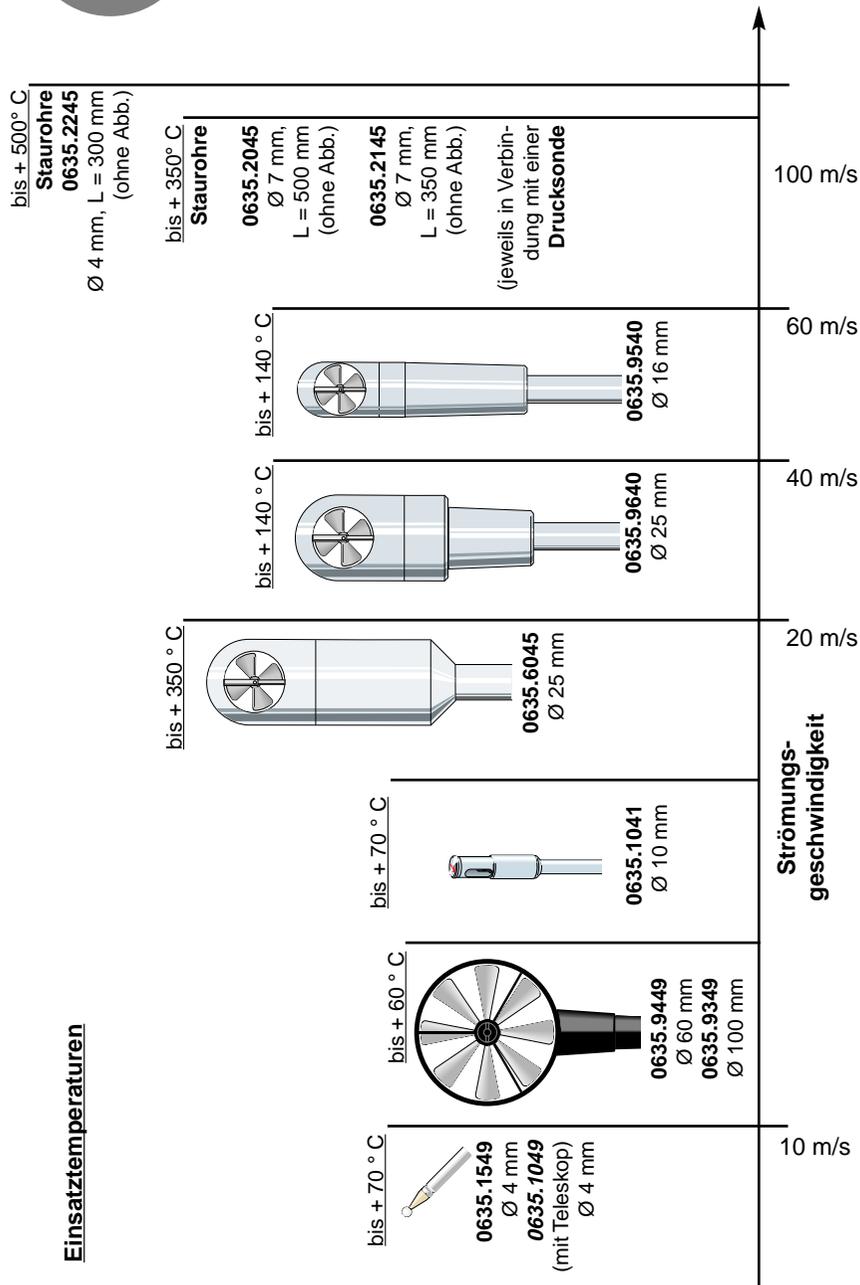
- die Sonde verengt den freien Rohrquerschnitt, deshalb sollte der Sondenquerschnitt höchstens 1/100 des Kanalquerschnittes entsprechen. (Bei einer 20 mm-Sonde und einer Eintauchtiefe von 50 cm erfordert das einen Kanalquerschnitt von 1 m². Ansonsten muß die Geschwindigkeit im Verhältnis der Querschnittsverengung korrigiert werden).
- Außer gerichteter Strömung können in Rohren verwirbelte oder drallbehaftete Strömungen auftreten, die Gefahr einer Fehlmessung (bis 100% Abweichung) können Sie vermeiden, indem Sie innerhalb eines geraden Rohrabschnitts messen, d. h. 10 Kanal- bzw. Rohrdurchmesser vor und 4 Kanal- bzw. Rohrdurchmesser hinter der Meßstelle soll das Rohr gerade sein.

Für jeden Aufnehmer gibt es ein "wenn" und "aber". Im folgenden deshalb eine Auflistung der Dinge, die man je nach Aufnehmer beachten sollte.



STRÖMUNGSMESSUNG

Übersicht: Wählen Sie für Ihre Anwendung die optimale Strömungssonde



Einsatztemperaturen

STRÖMUNGSMESSUNG

Thermische Sensoren
Technische Daten

Thermische Strömungssensoren empfehlen sich im unteren Strömungsbereich von 0...10 m/s; z. B. zum Erfassen kleiner Strömungswerte bei unbekannter Strömungsrichtung (→ Zegerscheinung).

Abgeglichen im Freistrahld \varnothing 350 mm, Bezugsdruck 1013 hPa, bezogen auf testo Referenz DKD-Labor Strömung.

Bauform Kugel

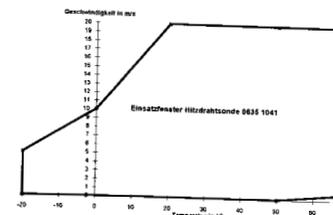
Technische Daten

Strömung: 0 ... 10 m/s (optimal: 0...5 m/s)
Temperatur: -20 ... +70 °C
Genauigkeit: 0...2 m/s (22 °C) \pm (0,03 m/s + 5,0 % v. Mw.)
 2 ... 10 m/s \pm (0,2 m/s + 5,0 % v. Mw.)
Temp.-kompensation: -10...60 °C
Abweichungen: < \pm 0,2 % v. Mw./°C
Ansprechzeit t_{90} : 4 Sekunden
Geometrie: Kugel, \varnothing 2,5 mm

Bauform Hitzdraht

Technische Daten

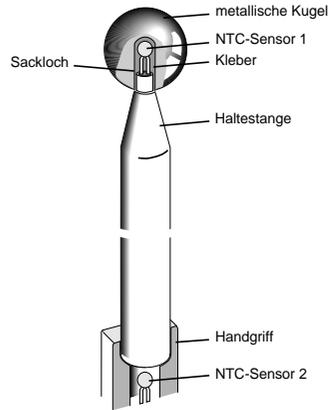
Strömung: 0 ... 20 m/s (optimal: 0...5 m/s)
Temperatur: -20 ... +70 °C
Genauigkeit: 0...2 m/s (22 °C) \pm (0,03 m/s + 3,0 % v. Mw.)
 2 ... 20 m/s \pm (0,2 m/s + 3,0 % v. Mw.)
Temp.-kompensation: -10...60 °C
Abweichungen: < \pm 0,2 % v. Mw./°C
Ansprechzeit t_{90} : < 1 Sekunden
Geometrie: Sondenspitze \varnothing 10 mm





STRÖMUNGSMESSUNG

Thermische Sensoren Meßprinzip Hitzkugel



Aufbau einer Hitzkugel

Der Sensor besteht aus einer Aluminiumkugel, die in einem Sackloch einen NTC (1)-Temperatursensor enthält. Dieser NTC (1) wird durch einen elektrischen Strom auf eine Temperatur von +100 ° C erhitzt. Die Joulesche Wärme wird kugelsymmetrisch in das Aluminium abgeführt. Die, auf die Kugel auftreffende (kältere) Luftströmung kühlt die Kugel ab. Dadurch steigt der Widerstand des NTC (1). Mit einer Regelschaltung wird die dem NTC (1) zugeführte Wärmeleistung derart nachgeregelt, daß die Temperatur des NTC (1) konstant bleibt.

Der Regelstrom bzw. die Heizspannung ist direkt ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit. Der NTC (2) wird zur Temperaturkompensation des NTC (1)-Signales verwendet.

Der Kugelsensor benötigt ca. 10 - 15 Sekunden um sich nach dem Einschalten des Meßgerätes auf die Ausgangstemperatur von +100 ° C einzustellen (-> Einschwingvorgang).

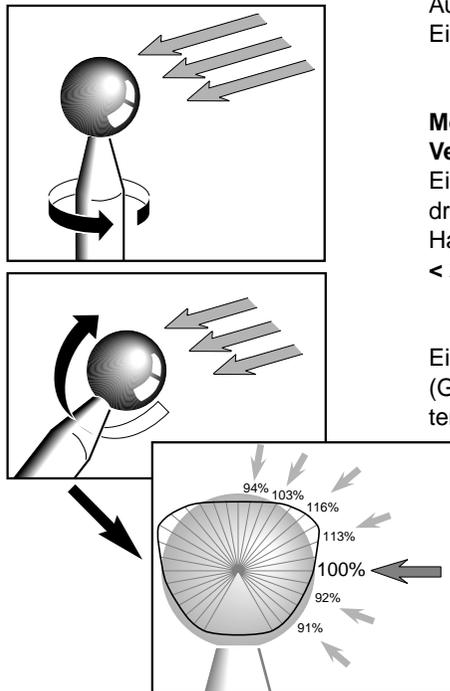
Mögliche Abweichungen aufgrund von Verkippen oder Verdrehen:

Ein (Kugel-)Sensor wird um die Haltestange gedreht, die Strömung trifft immer senkrecht auf die Haltestange. **Die Meßwertabweichung ist < 2,5 % vom Meßwert.**

Ein Kugelsensor wird mit der Haltestange verkippert (Gierwinkel-Abhängigkeit). Aufgrund der verwirbelten Rückströmung von der Haltestange zur Kugeloberfläche kommt es zu unterschiedlichen Meßwerten.

Diese Abweichung ist nicht eliminierbar, kann jedoch reproduziert werden.

Nebenstehende Abbildung gilt bei einer Geschwindigkeit von ca. 2 m/s.



STRÖMUNGSMESSUNG

Thermische Sensor Meßprinzip Hitzdraht

Der Hitzdraht funktioniert nach demselben Prinzip wie die Hitzkugel, hat jedoch im Gegensatz zum fast punktsymmetrischen Kugelsensor eine maximale Empfindlichkeit in einer bestimmten Strömungsrichtung. Er eignet sich daher bevorzugt für Kanalmessungen.

Der Hitzdraht hat eine deutlich geringere Masse als die Kugel und mißt dadurch wesentlich schneller. Sowohl Hitzdraht als auch Temperaturkompensations-NTC liegen frei, um eine optimale Angleichzeit zu garantieren.

STRÖMUNGSMESSUNG

Thermische Sensoren Allgemeine Gebrauchshinweise

Bei **thermischen Strömungssensoren** (vor allem bei Kugelsensoren) tragen alle Richtungen zum Meßergebnis bei. Dies erklärt, daß bei Einsätzen in nicht gerichteten Strömungen aufgrund der entstehenden Verwirbelungen um die Sonde herum, Differenzen zu Meßergebnissen gegenüber Flügelrädern auftreten können. In solchen Fällen würde der thermische Strömungssensor höhere Meßwerte anzeigen als ein Flügelrad.

Dies ist besonders bei der Messung in Kanälen zu beachten. Je nach Ausführung des Kanales ist bereits ab wenigen m/s mit nicht gerichteten Strömungen zu rechnen (Querströme, Drall, Wirbel). Messen Sie nach Möglichkeit in einem geraden Kanalstück entfernt von Krümmern, Ventilen, Verzweigungen usw.

Die Rohrstrecken sollten vor der Meßstelle 10D und hinter ihr 4D geradlinig sein. Mit einem eingebauten Gleichrichter reduzieren sich diese Angaben auf 4-6 D vor und 4 D hinter der Meßstelle (D = lichter Kanaldurchmesser).



STRÖMUNGSMESSUNG

Thermische Sensoren

Allgemeine Gebrauchshinweise

Die thermischen Kugelsensoren werden im Werk in absolut gerichteter Strömung im Freistrah (\varnothing 350 mm) senkrecht zur Haltestange angeströmt und abgeglichen. Entsprechen die Einsatzbedingungen den Verhältnissen beim Abgleich werden optimale Meßergebnisse erzielt.

In absolut ruhender Luft ist die reine Temperaturanzeige leicht erhöht. Bewegen Sie die Sonde etwas um diesen Effekt zu vermeiden (ab 0,2 m/s gelten die Angaben der technischen Daten).

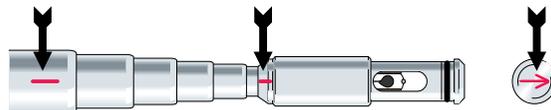
STRÖMUNGSMESSUNG

Thermische Sensoren

spezieller Hinweis zur thermischen Strömungssonde mit Richtungserkennung 0635.1041

Schutzkappe der Sonde bis zum Anschlag herunterschieben, beide Öffnungen müssen vollständig freiliegen.

Achten Sie beim Messen auf die Markierungen auf dem Sondenkopf und am Teleskop, stellen Sie die Markierungen durch Drehen am Teleskop übereinander.



Die Pfeilmarkierung auf dem Sondenkopf muß mit der Strömungsrichtung übereinstimmen.

Bei **Messungen in Strömungen mit bekannter Strömungsrichtung** muß die Pfeilmarkierung auf dem Sondenkopf mit der Strömungsrichtung übereinstimmen.

Der richtige Meßwert (Maximalwert) wird durch leichtes hin- und herdrehen ermittelt.

STRÖMUNGSMESSUNG

Thermische Sensoren

spezieller Hinweis zur thermischen Strömungssonde mit Richtungserkennung 0635.1041

Vorgehensweise beim Messen in Strömungen mit unbekannter Strömungsachse.

Bei Messungen dieser Art drehen Sie die Sonde um 360 ° um deren Achse. Dabei beobachten Sie den Meßwert. Der Maximalwert kennzeichnet die Strömungsrichtung, die dann mittels Markierung abgelesen werden kann.



STRÖMUNGSMESSUNG

Thermische Sensoren

Abhängigkeit des Meßwertes vom Absolutdruck

Neben dem Einfluß der Feuchte, der bei normalen klimatischen Umgebungsbedingungen vernachlässigbar klein ist und dem der Temperaturabhängigkeit, die im allgemeinen in den Meßgeräten elektronisch kompensiert wird, wird der Druckabhängigkeit von thermischen Strömungssensoren keine bzw. nur wenig Beachtung geschenkt. Für die gerätetechnisch ausgewertete Signalspannung gilt eine Druckabhängigkeit von

$$U \propto \sqrt{P_{abs}}$$

Die Druckabhängigkeit der Signalspannung ist somit sehr gering. Durch die geräteintern notwendige Umrechnung der Signalspannung in eine Geschwindigkeit, wird jedoch deutlich, daß sich Druckänderungen erheblich stärker auf die berechnete und angezeigte Geschwindigkeit auswirken.

Hierbei gilt:

$$U \propto \sqrt{P_{abs}}; U \propto \sqrt{V}$$

$$U^4 \propto V; U^2 \propto \sqrt{P_{abs}}$$

Druckänderungen wirken sich also direkt proportional auf die in den Meßgeräten angezeigte Geschwindigkeit aus.

Testo gleicht die thermischen Sonden auf einen Referenzdruck von 1013 hPa ab.

Weicht in der praktischen Anwendung der Umgebungs- bzw. Prozeßdruck vom Referenzdruck (1013 hPa) ab, muß zur Ermittlung der wahren Geschwindigkeit der Anzeigewert mit einem Korrekturfaktor multipliziert werden.

$$V_{wahr} = V_{Anzeige} \cdot \text{Korrekturfaktor} \quad \text{bzw.}$$

$$V_{wahr} = V_{Anzeige} \cdot \frac{1013 \text{ [hPa]}}{\text{Umgebungsdruck [hPa]}}$$

U = Signalspannung
 P_{abs} = Druck
 V = Strömungsgeschwindigkeit

Thermische Sensoren

Abhängigkeit des Meßwertes vom Absolutdruck

Ortshöhe	mittlerer Luftdruck (hPa)	Korrekturfaktor	Ortshöhe	mittlerer Luftdruck (hPa)	Korrekturfaktor
500	954	1,061	1550	840	1,206
550	949	1,068	1600	835	1,213
600	943	1,074	1650	830	1,221
650	937	1,081	1700	825	1,228
700	932	1,087	1750	820	1,236
750	926	1,094	1800	815	1,244
800	921	1,100	1850	810	1,251
850	915	1,107	1900	805	1,259
900	909	1,114	1950	800	1,257
950	904	1,121	2000	795	1,275
1000	898	1,127	2050	790	1,283
1050	893	1,134	2100	785	1,291
1100	888	1,141	2150	780	1,299
1150	882	1,148	2200	775	1,307
1200	877	1,155	2250	770	1,315
1250	872	1,162	2300	766	1,323
1300	866	1,169	2350	761	1,332
1350	861	1,177	2400	756	1,340
1400	856	1,184	2450	751	1,348
1450	850	1,191	2500	747	1,357
1500	845	1,198	2550	742	1,365



STRÖMUNGSMESSUNG

Flügelräder Meßprinzip

Flügelrad-Meßsonden kommen zum Einsatz bei höheren Geschwindigkeiten von bis zu 60 m/s (ideal im Bereich 4...40 m/s). Die strömende Luftmenge wird über den Querschnitt des Flügelrades gemittelt und zur Anzeige gebracht. Abgeglichen werden die Flügelräder in einem gerichteten Freistrah von 350 mm Durchmesser.

Das Meßprinzip der Flügelradsonden basiert auf einer Umsetzung einer Drehbewegung in elektrische Signale. Das strömende Medium setzt das Flügelrad in Bewegung. Ein induktiver Näherungsschalter "zählt" die Umdrehungen des Flügelrades und liefert eine Impulsfolge, die im Meßgerät umgesetzt und als Strömungswert angezeigt wird (Ausnahme Hochtemperatursonde: Lichtwellenleiter und Reflektor). Der durch die Lagerreibung (Haftreibung) verursachte Anlauffehler wird elektronisch korrigiert.

STRÖMUNGSMESSUNG

Flügelräder Auswahlkriterien

- Sondendurchmesser
Je größer der Durchmesser des Flügelrades,
 - desto weniger fallen die Lagereigenschaften (Haft- und Gleitreibung) ins Gewicht.
 - desto weniger machen sich Verunreinigungen bemerkbar
 - desto mehr verlieren starke räumliche Geschwindigkeitsunterschiede gegenüber punktuellen Messungen an Bedeutung
 - desto niedriger ist die zulässige Höchstgrenze des Einsatzbereiches (→ Zentrifugalkräfte belasten die Lager bzw. verbiegen die Flügelräder)

Große Durchmesser eignen sich für kleinere bis mittlere Geschwindigkeiten und raue Einsatzbedingungen.

Kleine Durchmesser eignen sich vor allem bei

STRÖMUNGSMESSUNG

Flügelräder Auswahlkriterien

Messungen in Kanälen, wobei der Kanalquerschnitt etwa 100 mal größer sein sollte als der angeströmte Sondenquerschnitt.

Als universell einsetzbar erweist sich die 16 mm Sonde (Typ 0636.9540). Sie ist groß genug um gute Anlaufeigenschaften zu haben und klein genug um Geschwindigkeiten bis zu 60 m/s standzuhalten.

→ **Temperatur-Einsatzbereich**

Mit speziellen Sonden können Sie kurzzeitig in Temperaturen bis zu +500 ° C messen!

→ **Sondenmaterial**

z. B. korrosionsbeständige Edelstahlsonden für Messungen in aggressiven Gasen
Zur Beurteilung der Beständigkeit können Sie in Tabellen unter folgenden Materialien nachschlagen:

Edelstahl 4571 (Sondenrohr), 4541 (Flügel), 4305 (Reflektor), 4301 (Kleinteile), Hartmetall K10 (Welle).

Die Flügelrad-Meßsonde ist exakt eingestellt, wenn

STRÖMUNGSMESSUNG

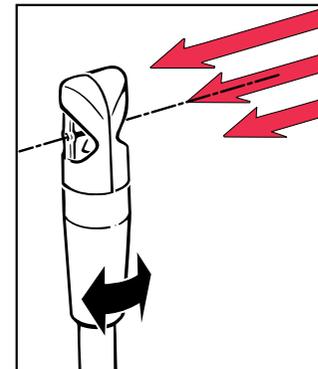
Flügelräder

Positionierung der Flügelrad-Meßsonde im Luftstrom

die Strömungsrichtung parallel zur Flügelradachse zeigt.

Durch leichtes Drehen der Meßsonde im Luftstrom verändert sich der Anzeigewert am Meßgerät. Die Meßsonde ist exakt im Luftstrom positioniert, wenn der Anzeigewert maximal ist.

Die Drehzahl des Flügelrades ist abhängig von der Anströmrichtung. Eine Verdrehung der Meßsonde im Luftstrom kann eine Meßwertabweichung mit sich bringen. Sie fällt je nach Bauart der Meßsonde unterschiedlich aus.



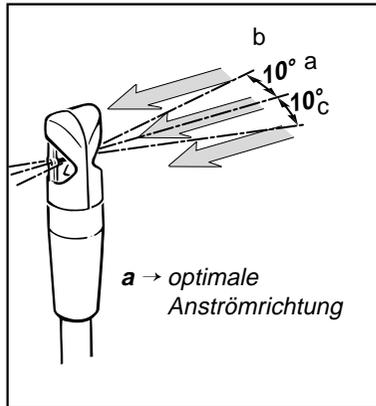
STRÖMUNGSMESSUNG

Flügelräder

Positionierung der Flügelrad-Meßsonde im Luftstrom

Bei Verdrehen der Meßsonde um 10° ergibt sich eine mittlere Meßwertabweichung für die Standard-Meßsonden:

- bei Sonden mit \varnothing 25 mm von ca. +1,2 % (b) und -2,8 % (c)
- bei Sonden mit \varnothing 16 mm von ca. +0,5 % (b) und -0,5 % (c)
- bei Sonden mit \varnothing 12 mm von 0 % (b) und ca. -2,0 % (c)



STRÖMUNGSMESSUNG

Flügelräder

Allgemeine Gebrauchshinweise

Ein Teil der Flügelrad-Meßsonden ist steckbar (d. h. der Anschluß an das Meßgerät erfolgt über einen Handgriff, eine Verbindungsleitung oder über ein Teleskop - siehe Bestelldaten).

Achten Sie beim Verbinden von Stecker und Kuppelung darauf, daß die roten Markierungspunkte, die an beiden Teilen angebracht sind, übereinander stehen.

Die Steckverbindung ist durch einen Sicherungsring (Rändelring) gegen unbeabsichtigtes Auseinanderziehen gesichert. Zum Lösen den Stecker durch Drehen des Rändelrings entriegeln, dann die Sonde am Rändelring fassen und abziehen. Bei richtiger Handhabung löst sich die Verbindung problemlos, Gewaltanwendungen können die Steckverbindung beschädigen.

Für Messungen an schwer zugänglichen Stellen kann ein Schwanenhals zwischen Meßsonde und Anschlußelement (Handgriff, Verbindungsleitung oder Teleskop) gesteckt werden.

STRÖMUNGSMESSUNG

Flügelräder

Allgemeine Gebrauchshinweise

Durch Biegen des Schwanenhalses in die gewünschte Stellung, sind auch schwer zugängliche Stellen gut zu erreichen.

Zur exakten Positionierung der Flügelrad-Meßsonde steht ein Halteset zur Verfügung (siehe Bestelldaten).

Flügelräder sind schlagempfindlich!

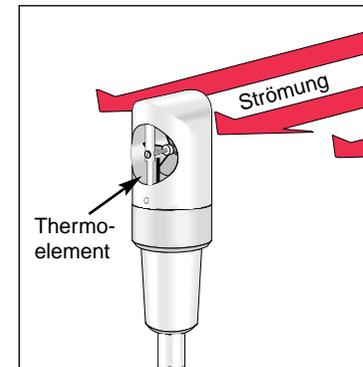
Für die Temperaturmessung mit Flügelradsonden muß der Kopf gemäß Zeichnung in die Strömung gebracht werden um möglichst kurze Einstellzeiten zu erhalten.

Die Flügelrad-Meßsonden dürfen nur im angegebenen Temperaturbereich eingesetzt werden (siehe Bestelldaten)!

Aggressive oder verschmutzte Medien können den Meßkopf beschädigen. Sehr hohe Beschleunigungen verstellen das Flügelrad und machen es unbrauchbar.

Ist das Flügelrad verschmutzt, kann man bei neuen Sonden (zu erkennen an einem gerade stehenden Thermoelement im Meßkopf) den Meßkopf vom Sondengrundkörper abschrauben und in einem Ultraschallbad reinigen oder vorsichtig in Alkohol schwenken.

Bei älteren Sonden nur die Meßspitze in Alkohol schwenken. Ansonsten sind die Flügelrad-Meßsonden wartungsfrei.





Differenz-Drucksonde 0638.1445

DRUCKMESSUNG

Differenz-Drucksonde

Die Drucksonde arbeitet mit einem Differenzdrucksensor nach dem Prinzip von Dehnungsmeßstreifen. Im Meßbereich 0...100 hPa sind verlässliche Differenzdrücke im höheren Bereich ebenso meßbar wie kleine Differenzen im Zugbereich.

Um genaue Meßergebnisse zu erhalten muß in der gleichen Lage gemessen werden, in der auch der Abgleich stattfand. Wir empfehlen hierzu die Verwendung der unter den Bestelldaten aufgeführten Magnethalterung für Drucksonden.

Für Ihre unterschiedlichen Anforderungen stehen 2 unterschiedliche Sonden zur Verfügung:

Differenz-Drucksonde 0638.1445 (± 10 hPa), Differenz-Drucksonde 0638.1545 (± 100 hPa)

Die Drucksonde 0638.1545 ist überlastsicher bis 150 hPa, bei höheren Drücken muß mit einer Schädigung des Sensors gerechnet werden. Ebenso sollten Messungen mit schnellen Druckstößen vermieden werden (z. B. durch Schalten von Druckluft über Magnetventile), da hier keine Aussage über die Höhe des Druckimpulses gemacht werden kann.

Beachten Sie bei den Messungen die zulässigen Meßbereiche, da Meßbereichsüberschreitungen zur Zerstörung des Sensors führen!

DRUCKMESSUNG

Differenz-Drucksonde

Allgemeine Gebrauchshinweise

Für reproduzierbare Messungen mit den Differenz-Drucksonden und zur Einhaltung der Genauigkeitsangaben (± 3 Pa mit der 10hPa Sonde) ist folgendes zu beachten:

Die Sonde muß sich vor Meßbeginn an die Umgebungstemperatur angleichen können.

Für reproduzierbare Messungen sollte vor der Messung das Drucksondensignal ohne anliegenden Differenzdruck auf 0,00 hPa gesetzt werden. Bei angeschlossener Drucksonde müssen die Tasten <Dreieck> und <Enter> gleichzeitig gedrückt werden.

Beachten Sie positive (+) und negative (-) Eingänge.

Fixieren Sie die angeschlossene Drucksonde vor der Messung in der Gebrauchslage. Hierzu empfehlen wir die Magnethalterung (s. Bestelldaten). Achten Sie darauf, daß die Drucksonde während der Messung keinen Vibrationen ausgesetzt wird (Vibrationen beeinflussen das Meßergebnis).

DRUCKMESSUNG

Absolutdrucksonde 0638.1645 (2 bar)

Die Absolutdruckmessung ist vor allem in Verbindung mit der Staurohrmessung (zur Ermittlung der Dichte) interessant.

Absolutdruckmessungen

Für Messungen mit der Absolut-Drucksonde (0638.1645) ist kein Nullabgleich erforderlich. Die Drucksonden werden im Werk abgeglichen, der Abgleich erfolgt bei liegender Drucksonde (bevorzugte Gebrauchslage). Deshalb empfehlen wir die Messungen ebenfalls mit liegender Drucksonde durchzuführen.



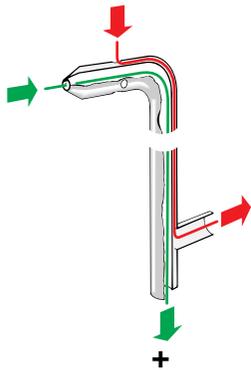
DRUCKMESSUNG

Staurohr

Staurohre sind in Verbindung mit Differenzdruckmessern zur Ermittlung von Geschwindigkeit und Druck bestimmt. Bei diesem Aufnehmer überzeugt die schlichte Einfachheit. Die mechanische Ausführung dieser Rohre ist stabil und robust. Ungünstige Umwelteinflüsse wie hohe Temperaturen, stark verschmutzte Luft oder aggressive Gase können dem Staurohr kaum etwas anhaben. Für extremste Bedingungen gibt es eine Edelstahl-Ausführung (Temperatur-Einsatzbereich bis +500 ° C!). Zudem weisen Staurohre keine beweglichen, dem Verschleiß unterliegende Teile auf.

DRUCKMESSUNG

Staurohr Meßprinzip



Die Staurohr-Öffnung nimmt den Gesamtdruck auf und leitet ihn an Anschluß (+) der Drucksonde weiter. Der reine statische Druck wird über seitliche Schlitze aufgenommen und dem Anschluß (-) der Drucksonde weitergeleitet. Der daraus resultierende Differenzdruck ist der strömungsabhängige dynamische Druck. Dieser wird ausgewertet und angezeigt.

Soll eine Umrechnung der Druck- in Strömungswerte erfolgen, muß vor Beginn der Messung eine Korrektur des dafür zugrundeliegenden Parameters, der Luftdichte durchgeführt werden. Siehe hierzu das Kapitel Ermittlung der Luftdichte.

Anschluß

Zwei Silikon-Schläuche (siehe Bestelldaten) verbinden das Staurohr mit dem eigentlichen Drucksensor (Drucksonde).



DRUCKMESSUNG

Ermittlung der Luftdichte

Die Genauigkeit des Meßergebnisses hängt von einer gewissenhaften Bestimmung der Umweltparameter ab. Der Einfluß von Luftdruck, Temperatur und Feuchte wird leider allzuoft unterschätzt.

Falls Sie keine Absolutdrucksonde (0638.1645) zur Verfügung haben, bestimmen Sie anhand folgender Tabelle den für Ihre Ortshöhe zutreffenden mittleren Jahresluftdruck und die zusätzliche Schwankung mit einem Barometer oder erfragen Sie den genauen Luftdruck-Wert bei Ihrem Wetteramt.

Tabelle 2: Barometrische Höhenformel
Abhängigkeit des Luftdruckes von der Ortshöhe

Ortshöhe NN	Luftdruck (hPa)	Ortshöhe NN	Luftdruck (hPa)	Ortshöhe NN	Luftdruck (hPa)	Ortshöhe NN	Luftdruck (hPa)
0	1013	1250	871	2500	746	3750	636
50	1007	1300	866	2550	742	3800	632
100	1001	1350	861	2600	737	3850	628
150	995	1400	855	2650	732	3900	624
200	989	1450	850	2700	728	3950	620
250	983	1500	845	2750	723	4000	616
300	977	1550	840	2800	719	4050	612
350	971	1600	835	2850	714	4100	608
400	966	1650	830	2900	709	4150	604
450	960	1700	824	2950	705	4200	600
500	954	1750	819	3000	700	4250	596
550	948	1800	814	3050	696	4300	592
600	943	1850	809	3100	692	4350	588
650	937	1900	804	3150	687	4400	584
700	931	1950	799	3200	683	4450	580
750	926	2000	794	3250	678	4500	577
800	920	2050	789	3300	674	4550	573
850	915	2100	785	3350	670	4600	569
900	909	2150	780	3400	666	4650	565
950	904	2200	775	3450	661	4700	562
1000	898	2250	770	3500	657	4750	558
1050	893	2300	765	3550	653	4800	554
1100	887	2350	760	3600	649	4850	550
1150	882	2400	756	3650	644	4900	547
1200	877	2450	751	3700	640	4950	543
						5000	540



DRUCKMESSUNG

Ermittlung der Luftdichte

Der tatsächliche Luftdruck weicht je nach Wetterverhältnissen um ± 20 hPa vom mittleren Jahresluftdruck ab. Beachten Sie, daß bei ± 25 hPa die Dichte im Zehn-Gramm-Bereich beeinflusst wird. Bei der direkten Messung des Absolut-Druckes entspricht das einer Meßgenauigkeit von $\pm 2,5$ % vom Meßwert bei 1000 hPa. In der Anzeige m/s heißt das, es ist ein Fehler von 1...4 % vom Meßwert zu erwarten. Der kritische Bereich wird bei niedrigen Druckverhältnissen erreicht.

Beispiel: Sie befinden sich auf 800 m Höhe über Normal Null (Meeresspiegel). Dort haben Sie einen mittleren Jahresluftdruck von 920 hPa.

Lt. Barometeranzeige (1003 hPa) und Höhenkorrektur des Barometers (auf 1013 hPa) muß der mittlere Jahresluftdruck um 10 vermindert werden.

Zu diesem (Luft-) Druckwert addieren Sie die Differenz zwischen Ihrem Umgebungsluftdruck und dem statischen Prozeßluftdruck (z. B. Überdruck im zu messenden Luftkanal - meßbar mit der Drucksonde bis max. 100 hPa).

Beispiel: Wir haben einen mittleren Jahresluftdruck von 910 hPa ermittelt. Dazu addieren wir aufgrund des statischen Prozeßdruckes 90 hPa.

Somit gehen wir von einem absoluten Luftdruck im Meßmedium von 1000 hPa aus.

Die Luftdichte ist auch temperaturabhängig (d. h. mit steigender Temperatur wird die Dichte kleiner).

Mit Tabelle 3 können Sie die Luftdichte in Abhängigkeit von Druck und Temperatur bestimmen. Hierbei beeinflusst eine Abweichung von ± 1 ° C die Dichte im Gramm-Bereich, d.h. $\pm 0,2...0,5$ % vom Meßwert der Strömungsanzeige.

Beispiel: Wir ermitteln eine Dichte von 1079 g/m³ (bei 50 ° C und 1000 hPa).

DRUCKMESSUNG

Ermittlung der Luftdichte

Tabelle 3:
Druck und Temperaturabhängigkeit der Luftdichte

Temperatur ° C	absoluter Luftdruck (statisch) hPa													
	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400
-20	1033	1102	1170	1239	1308	1377	1446	1515	1584	1652	1721	1790	1859	1928
-10	994	1060	1126	1192	1258	1325	1391	1457	1523	1590	1656	1722	1788	1855
0	957	1021	1085	1149	1212	1276	1340	1404	1468	1531	1595	1659	1723	1787
10	923	985	1046	1108	1170	1231	1293	1354	1416	1477	1539	1600	1662	1724
20	892	951	1011	1070	1130	1189	1249	1308	1368	1427	1486	1546	1605	1665
30	862	920	977	1035	1092	1150	1207	1265	1322	1380	1437	1495	1552	1610
40	835	891	946	1002	1058	1113	1169	1225	1280	1336	1391	1447	1503	1558
50	809	863	917	971	1025	1079	1133	1187	1241	1294	1348	1402	1456	1510
60	785	837	889	942	994	1046	1099	1151	1203	1256	1308	1360	1413	1465
70	762	813	863	914	965	1016	1067	1117	1168	1219	1270	1321	1371	1422
80	740	790	839	888	938	987	1036	1086	1135	1185	1234	1283	1333	1382
90	720	768	816	864	912	960	1008	1056	1104	1152	1200	1248	1296	1344
100	701	747	794	841	887	934	981	1028	1074	1121	1168	1214	1261	1308
110	682	728	773	819	864	910	955	1001	1046	1092	1137	1183	1228	1274
120	665	709	754	798	842	887	931	975	1020	1064	1108	1153	1197	1241
130	649	692	735	778	821	865	908	951	994	1038	1081	1124	1167	1211
140	633	675	717	759	802	844	886	928	970	1013	1055	1097	1139	1181
150	618	659	700	741	783	824	865	906	947	989	1030	1071	1112	1153
160	604	644	684	724	765	805	845	885	926	966	1006	1046	1086	1127
170	590	629	669	708	747	787	826	865	905	944	983	1023	1062	1101
180	577	615	654	692	731	769	808	846	885	923	962	1000	1039	1077
190	564	602	640	677	715	753	790	828	866	903	941	978	1016	1054
200	553	589	626	663	700	737	774	810	847	884	921	958	995	1031
210	541	577	613	649	685	722	758	794	830	866	902	938	974	1010
220	530	566	601	636	672	707	742	778	813	848	884	919	954	990
230	520	554	589	624	658	693	727	762	797	831	866	901	935	970
240	509	543	577	611	645	679	713	747	781	815	849	883	917	951
250	500	533	566	600	633	666	700	733	766	800	833	866	900	933
260	490	523	556	588	621	654	687	719	752	785	817	850	883	915
270	481	513	546	578	610	642	674	706	738	770	802	834	866	899
280	473	504	536	567	599	630	662	693	725	756	788	819	851	882
290	464	495	526	557	588	619	650	681	712	743	774	805	836	867
300	456	487	517	547	578	608	639	669	699	730	760	791	821	851
310	448	478	508	538	568	598	628	658	687	717	747	777	807	837
320	441	470	500	529	558	588	617	646	676	705	735	764	793	823
330	433	462	491	520	549	578	607	636	665	694	722	751	780	809
340	426	455	483	512	540	569	597	625	654	682	711	739	768	796
350	420	448	475	503	531	559	587	615	643	671	699	727	755	783
360	413	440	468	496	523	551	578	606	633	661	688	716	743	771
370	407	434	461	488	515	542	569	596	623	650	678	705	732	759
380	400	427	454	480	507	534	560	587	614	640	667	694	721	747
390	394	421	447	473	499	526	552	578	605	631	657	683	710	736
400	388	414	440	466	492	518	544	570	596	621	647	673	699	725
410	383	408	434	459	485	510	536	561	587	612	638	663	689	714
420	377	402	427	453	478	503	528	553	578	603	629	654	679	704
430	372	397	421	446	471	496	521	545	570	595	620	644	669	694
440	367	391	415	440	464	489	513	538	562	587	611	635	660	684
450	362	386	410	434	458	482	506	530	554	578	603	627	651	675



DRUCKMESSUNG

Ermittlung der Luftdichte

Bei gleicher Temperatur und gleichem Druck ist die Dichte feuchter Luft kleiner als die Dichte trockener Luft. $\pm 10\%rF$ im Bereich bis $70^\circ C$ beeinflussen die Dichte bereits im Gramm-Bereich. Bei Temperaturen über $70^\circ C$ ist der zusätzliche Einfluß ohne erhebliche Luftbefeuchtung zu vernachlässigen. Im Wertebereich der Tabelle 3 wird die Strömungsanzeige zwischen $\pm 0...1\%$ vom Meßwert beeinflusst. Kritischer Bereich hier hohe Feuchtwerte bei hoher Temperatur.

Entnehmen Sie hierzu Tabelle 4 den entsprechenden Korrekturfaktor, den Sie von Ihrem bestimmten Druckwert subtrahieren.

Beispiel: In unserem Beispiel gehen wir von 70 % relativer Luftfeuchte aus. Bei einer Dichte von 1079 g/m^3 kommen wir auf einen Korrekturwert von $35 \text{ (g/m}^3\text{)}$. Wir müssen dem Meßgerät den Wert 1044 g/m^3 eingeben.

Eingabe Luftdichte:

Hauptmenü Sonderfunktionen <Enter> → Dichte <Enter> → ermittelten Wert über Zahlenblock eingeben <Enter>.

DRUCKMESSUNG

Ermittlung der Luftdichte

Tabelle 4: Korrekturwert Feuchte

Temperatur °C	% relative Luftfeuchtigkeit										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
-18	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
-16	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
-14	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
-12	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
-10	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
-8	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2
-6	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2
-4	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2
-2	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3
0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	3	3
2	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3
4	0	0	1	1	2	2	2	3	3	3	4
6	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	4
8	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
10	0	1	1	2	2	3	3	4	5	5	6
12	0	1	1	2	3	3	4	5	5	6	6
14	0	1	1	2	3	4	4	5	6	7	7
16	0	1	2	2	3	4	5	6	7	7	8
18	0	1	2	3	4	5	6	7	7	8	9
20	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22	0	1	2	4	5	6	7	8	9	11	12
24	0	1	3	4	5	7	8	9	11	12	13
26	0	1	3	4	6	7	9	10	12	13	15
28	0	2	3	5	7	8	10	12	13	15	16
30	0	2	4	6	7	9	11	13	15	17	18
32	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
34	0	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23
36	0	3	5	8	10	13	15	18	20	23	25
38	0	3	6	8	11	14	17	20	22	25	28
40	0	3	6	9	12	15	19	22	25	28	31
42	0	3	7	10	14	17	21	24	27	31	34
44	0	4	8	11	15	19	23	26	30	34	38
46	0	4	8	12	17	21	25	29	33	37	42
48	0	5	9	14	18	23	27	32	37	41	46
50	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
52	0	6	11	17	22	28	33	39	44	50	55
54	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
56	0	7	13	20	26	33	40	46	53	59	66
58	0	7	14	22	29	36	43	50	58	65	72
60	0	8	16	24	31	39	47	55	63	71	79
62	0	9	17	26	34	43	51	60	69	77	86
64	0	9	19	28	37	47	56	65	75	84	93
66	0	10	20	30	41	51	61	71	81	91	101
68	0	11	22	33	44	55	66	77	88	99	110
70	0	12	24	36	48	60	72	84	95	107	119



Das Kabel besteht aus einem 8-poligen Mini-DIN-Stecker mit 5 freien (4 cm langen) verzinnnten Leitungen.

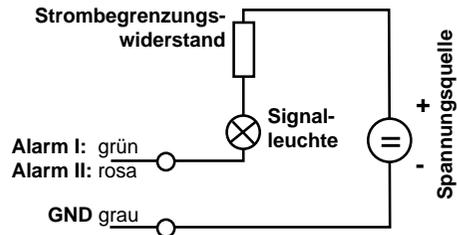
ALARM-AUSGANG

Der Alarm-Ausgang ist von der Geräteelektronik galvanisch getrennt und besitzt folgende technische Daten (Grenzwerte):

max. Laststrom	50 mA
	(interne Begrenzung)
max. zul. Spannung	30 V (bei Verpolung 6 V)
	(Polarität beachten)
max. zul. Leistung	240 mW

Die Spannung an den Alarm-Leitungen muß positiv gegenüber GND sein.

Alarm	Funktion	Farbe
	Alarm 1	grün
	Alarm 2	Rosa
	GND	Grau
Trigger	TRIGGER +	Rot
	TRIGGER-	Weiß

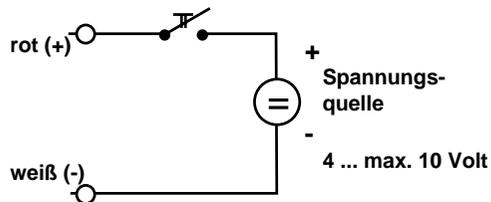


TRIGGER-EINGANG

Der Trigger-Eingang ist ebenfalls von der Geräteelektronik galvanisch getrennt und hat folgende technische Daten:

max. zul. Spannung	10 V
	(Polarität beachten)
Schaltwelle	4...10 V
Eingangslast	20 mA (bei 10 V)
Pulsdauer	> 1 ms

Die Spannung an der roten TRIGGER (+)-Leitung muß positiv gegenüber der weißen TRIGGER (-)-Leitung sein.



Um Erdschleifen zu vermeiden sollte beim Anschluß mehrerer Strom-/Spannungskabel darauf geachtet werden, daß alle Kabel das gleiche Bezugspotential haben und sich das Meßgerät im Akkubetrieb befindet. Eventuelle Verbindungen zu einem PC sollten mit einer galvanischen Trennung (siehe Bestelldaten) versehen sein.

Schließt man die Strom-/Spannungssonden an einem konfigurierten Kanal an, zeigt das Meßgerät die zuletzt konfigurierte Einheit und den entsprechenden Skalierungskoeffizienten und nicht unbedingt die technische Einheit V, mV oder Ohm an.

Vor Inbetriebnahme des Kabels auf richtige Schalterstellung (betr. Meßbereich) achten.

Zur Auswahl stehen folgende 3 Meßbereiche:

-10...+10 V

Eingangswiderstand:	115 k
Temperaturkoeffizient:	±25 ppm
max. Eingangsspannung:	25 V

-1...+1 V

Eingangswiderstand:	11,5 k
max. Eingangsspannung:	2,5 V

-20...+20 mA

Eingangswiderstand:	$R_{\text{Bürde}} = 250$
max. Eingangstrom:	50 mA
max. Eingangsspannung:	12,5 V



STROM-/SPANNUNGSKABEL 0554.0007

Anschluß von Meßumformern

Anschluß und Skalierung von Meßumformern

Hat ein Meßumformer keine differentiellen Ausgänge (d. h. nur drei Ausgangsleitungen), so muß die galvanische Trennung über das testo 454 gemacht werden, indem man es nur mit Akku betreibt. Eine andere Möglichkeit ist dem Netzteil ein Trenntrafo vorzuschalten, der die galvanische Trennung vornimmt.

- 454 nur galvanisch getrennt betreiben
- MUF muß fremdversorgt werden
- Eingangssignal darf $1\text{ V} \pm 100\%$ nicht überschreiten
- Galvanische Trennung für das PC-Kabel sind dem Zubehör zu entnehmen.
- Strom-/Spannungssonde z. B. an K1 anschließen.
- Meßgerät einschalten
- Stromeingang $0 \dots 20\text{ mA} = 0 \dots 100\% \text{rF}$ skalieren

Beispiel:

```

Auswahl   Hauptmenü Fühler <Enter>
Auswahl:  Einheit      <Enter>
Eingabe:   K1:%
Rücksprung: → Fühlermenü <Pfeil>
Auswahl:   Skalieren  <Enter>
Eingabe:   K1:%      <Enter>
    
```

Die Bildungsvorschrift für den Anzeigewert, der nach der Skalierung ausgegeben wird lautet:

$$f(x) = y = A0 + A1x$$

wobei x dem Meßwert des Eingangssignales entspricht.

```

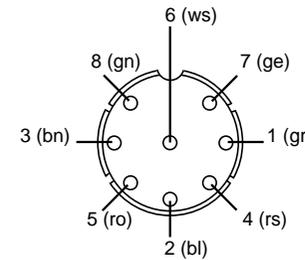
Eingabe A1: 4,994      <Enter>
Eingabe A0: 0,28      <Enter>
Rücksprung: → Hauptmenü 3 x <Pfeil>
    
```

**Anzeige: 0,00 %...99,97 %rF entsprechend
0...20 mA**

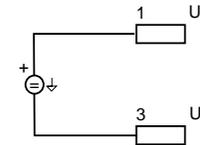
Das Meßkabel dient zur Messung von Spannung,

MEßKABEL MIT FREIEN LÖTENDEN 0554.0013

Frequenz und zum Anschluß von Pt100- und Widerstandsfühlern von Fremdfirmen.



PIN	Farbe	Signal
1	grau	U+
2	blau	Daten out
3	braun	U-
4	rosa	I out
5	rot	I in
6	weiß	Daten in
7	gelb	GND
8	grün	abgeschnitten

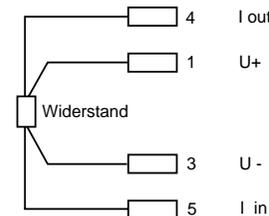
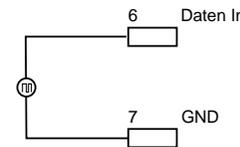


Spannung:

Meßbereich: $-1 \dots +1\text{ V}$
max. Eingangsspannung: $\pm 2\text{ V}$

Frequenz:

Bereich: $30\text{ Hz} \dots 300\text{ kHz}$
TTL-Pegel (0,5 V)
Rechtecksignal
Tastverhältnis ca. 1:1



Pt100

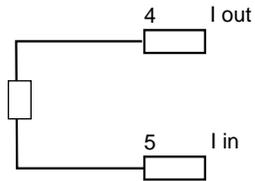
Meßbereich: $-200 \dots +800\text{ }^\circ\text{C}$



MEßKABEL MIT FREIEN LÖTENDEN 0554.0013

Widerstand:

Bereich: 100 ...100 k



FREMDSONDEN

Beim Anschluß von Fremdsonden muß auf Potentialfreiheit geachtet werden. Dies erreicht man z. B. durch Akkubetrieb des testo 454. Bei Anschluß von mehreren Fremdsonden sollten das gleiche Bezugspotential gewählt werden oder für eine Potentialtrennung zwischen den Fremdfühlern geachtet werden.

Die Fremdfühler können nur auf Buchsen eingerichtet werden, auf denen kein Fühler registriert wurde (sicherheitshalber Meßgerät vor Anschluß nochmal aus- und einschalten).

Einstellungen bleiben über den Ein-/Aus-Schaltvorgang erhalten. Ein angesteckter Fühler auf einer fremdbelegten Buchse wird nicht registriert. Diese Einstellungen können im Fühlermenü "Löschen" wieder rückgängig gemacht werden.

CO₂-SONDE

Meßprinzip

Meßprinzip

Der Fühler basiert auf dem (Einstrahl)-Infrarot-Absorptionsprinzip.

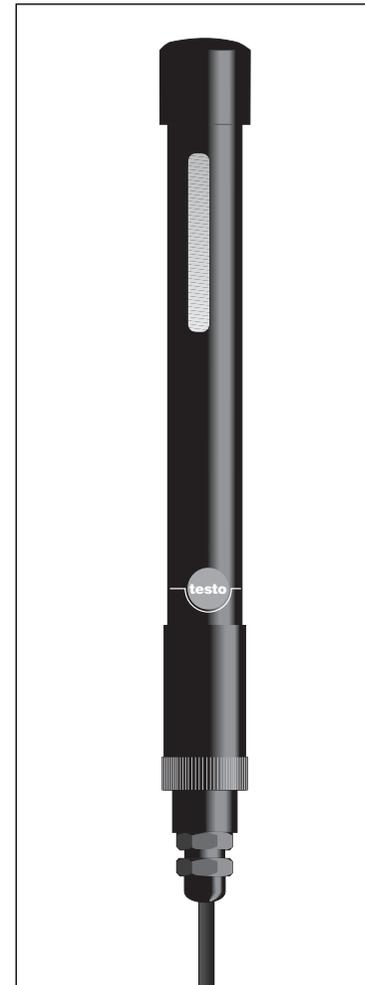
Das Meßgas (das u. a. auch CO₂ enthält) gelangt in eine Absorptionskammer. Diese besteht aus einem innen verspiegelten Röhrchen. An einem Ende befindet sich eine IR-Quelle, an dem anderen Ende ein Detektor. Vor dem Detektor ist zusätzlich ein optischer Filter integriert. Dieser läßt nur eine Wellenlänge, nämlich die bei der CO₂ absorbiert, durch. Je mehr CO₂ sich nun in der Absorptionskammer befindet, desto weniger wird diese spezielle Wellenlänge den optischen Filter passieren und den Detektor zu einem Signal anregen. Das bedeutet, je kleiner das Signal des Detektors ist, desto mehr CO₂ befindet sich in der Absorptionskammer.

Schließen Sie die CO₂-Sonde an das Meßgerät an und schalten Sie das Meßgerät ein. Die schwarze Kappe oben am Fühler muß aufgesteckt sein. Das Meßgas tritt durch das Konzentrationsgefälle in die Absorptionskammer ein (→ **Diffusionsbetrieb**).

Im Display erscheint der CO₂-Meßwert mit der Einheit ppm. Der maximale Meßwert beträgt 10000 ppm (entsprechend 1 Vol%).

Beachten Sie, daß der CO₂-Meßwert vom absoluten Luftdruck abhängig ist. Die Kompensation dieses Effektes erfolgt im Gerät. Geben Sie hierzu im Hauptmenü unter **SONDERFUNKTIONEN** → **DRUCK** den aktuellen absoluten Luftdruck ein. Weicht diese Eingabe wesentlich vom tatsächlichen Luftdruck ab, wird das Meßergebnis verfälscht.

Um die CO₂-Konzentration in der Absorptionskammer an die der Außenwelt anzupassen, benötigt es ca. 1 Minute. Leichtes Schwenken des Fühlers verkürzt diese Angleichzeit.

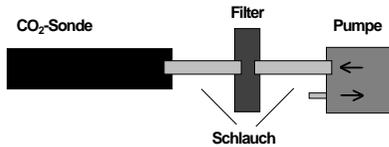




CO₂-SONDE

Soll gezielt an einer unzugänglichen Stelle gemessen werden, kann die Sonde auch im **Pumpbetrieb** arbeiten (hierzu muß die Pumpe und das Filter aus dem Abgleichset mit dem Schlauch an den Anschlußnippel des Fühlers angeschlossen werden). Ansonsten ist der Pumpbetrieb den Abgleicharbeiten vorbehalten.

Vermeiden Sie unbedingt Verschmutzungen und Stöße, um die ordnungsgemäße Funktion der CO₂-Sonde nicht zu beeinträchtigen.



Aufbau Pumpbetrieb

CO₂-SONDE

Justierung

mit Abgleichset 0554.0020

Das Abgleichset besteht aus:

- einem Absorber-Röhrchen für CO₂
- einem 2 m-Schlauch
- einem Filter
- einer (Luft-)Pumpe
- und einem Netzteil für o. g. Pumpe

Je nach Einsatzbereich empfehlen wir den Neuabgleich 1 bis 2 mal pro Jahr. Gründe für einen Neuabgleich sind u. a. eine normale Fühlerdrift (zeit- und anwendungsbezogen), starke bzw. schnelle Temperaturänderungen, Stöße, Service-Tätigkeiten, Verschmutzung der optischen Komponenten.

Vor dem Justieren müssen folgende Arbeiten durchgeführt werden:

- Meßgerät mit angeschlossener CO₂-Sonde einschalten. Netzteil an die Pumpe anschließen.
- Vor der eigentlichen Justierung muß der Fühler mindestens 10 Minuten eingeschaltet sein.
- Sonden-Kappe abnehmen
- CO₂-Absorber-Röhrchen auf funktionsstörende Verfärbungen prüfen und gegebenenfalls austauschen.

CO₂-SONDE

Justierung



Diese Röhrchen enthalten eine kleine Menge an ätzender Natronlauge. Gehen Sie vorsichtig mit dem Röhrchen um und beachten Sie die Hinweise auf dem Schild, bzw. der Packungsbeilage. Vermeiden Sie vor allem beim Anschließen der Schläuche mechanische Belastungen. Vor dem Anschließen des Schlauches sind die beiden Verschlußstopfen auf den Anschlüssen des Röhrchens zu entfernen. Nach jedem Gebrauch sind diese Stopfen unverzüglich wieder in die Anschlüsse zu stecken. Das Röhrchen nach Gebrauch bitte nicht in den Hausmüll werfen.

- CO₂-Absorber-Röhrchen über Verbindungsschläuche und Reduzierstück an Sonde anschließen.
- Die andere Seite des CO₂-Absorber-Röhrchens über Verbindungsschläuche und Reduzierstück mit Pumpenausgang verbinden.
- Pumpe einschalten.
- Fühler mindestens 10 Minuten mit CO₂-freiem Gas ausreichend spülen.
- Alle Verbindungen auf Dichtigkeit prüfen und Justierung des Meßgerätes testo 454 beginnen.

Beispiel:

```

Auswahl  Hauptmenü Fühler <Enter>
Auswahl:  Abgleich           <Enter>
Auswahl:  K1:CO2             <Enter>
          IST 0.065
          SOLL 0
          Warten Sie unbedingt bis der
          Ist-Wert stabil ist. <Enter>
Abfrage:  Wollen Sie wirklich abgleichen?
          <Enter>

Hinweis:  Abgleich
          K1:CO2
Rücksprung: 3 x <Pfeil>

```

Es handelt sich hierbei um einen 1-Pkt.-Abgleich am Nullpunkt. Hierbei muß dem CO₂-Sensor CO₂-freies Gas zugeführt werden.



CO₂-SONDE

Technische Daten

Technische Daten

Meßbereich:	0...1 Vol% CO ₂ = 0...10.000 ppm CO ₂
Genauigkeit:	± 1% vom Endwert
t ₉₀ (ohne Pumpbetrieb):	60 Sekunden
zul. Betriebstemperatur:	+5...+40 ° C
zul. Lagertemperatur:
Aufwärmzeit nach Einschalten:	ca. 1 Minute
zul. Betriebsdruck:	900...1100 mbar
Druckkoeffizient:	1,5 % (Anzeige) pro 1% Druckänderung kompensierbar über Druck-Eingabe
Werks-Justierung: mbar	normiert auf 1013
zulässiger Gasdurchfluß:	(N.N.) und 25 ° C
zul. Justierungstemp.:	0,25...1,5 l/min 15...30 ° C

CO₂-SONDE

Fehlerbeseitigung

Befund	mögliche Ursache	Hintergründe	Abhilfe
keine CO₂-Anzeige am testo 454	- Fühler nicht angeschlossen		→ anschließen
	- Kabel/Stecker defekt		→ reparieren
falsche CO₂-Anzeige	- Akku testo 454 leer	→ hoher Stromverbrauch des Fühlers	→ Akku laden
	- Fühler nicht erkannt	→ evtl EEPROM defekt	→ Service
	- Fühler defekt (blinkt nicht)	→ Stoß, Schlag, Alterung	→ Service
	- Fühlerjustierung stimmt nicht mehr	→ Stoß, Schlag, Alterung	→ Justieren
	- fehlerhafte Justierung	→ Wartezeiten bei der Justierung zu kurz gewählt	→ länger warten
		→ Schläuche/ Verbindungen im Gasweg verdichtet	→ prüfen
langsame, träge CO₂-Anzeige		→ Absorptionsfilter verbraucht	→ austauschen (0554.0018)
	→ Diffusionsbetrieb: langsamer Gasaustausch	→ Filter im Fühler verstopft	→ Service
	→ Pumpbetrieb	→ externer Filter im Gasweg verstopft	→ austauschen

