

Temperaturmeßtechnik Geraberg GmbH

MST-Fühler

Die neue Dimension der Temperatur-Messtechnik



1 Allgemeine Hinweise	03
2 Kompaktfühler	04
3 MST-Fühler	05
4 Lösungen aus dem Baukasten	05
4.1 Allgemeines 4.2 Genauigkeit 4.3 Bauform 4.4 Kalibrierung und Justierung 4.5 Software und Datenzugriff	
5 Starter Kit	09
6 Bussysteme des MST-Fühlers	10
1.1 Modbus 6.2 CAN-Bus 6.3 PROFIBUS	
7 SMART – Servicefunktionen und Optionen	11
8 Projektierung von MST-Fühlern	12
9 Anwendungsbeispiele	12
9.1 Einbau von Modulen in bestehende Temperaturmessanlagen 9.2 Verwendung von 3fach MST-Fühlern zur räumlichen Erfassung von Temperaturfeldern 9.3 Quasi mittelwertbildende Luftstromüberwachung 9.4 Vorteile beim Arbeiten im Arbeitspunkt 9.5 Einsatz validierbarer MST-Module 9.6 MST-Mehrfachmodul zur Fehlerkorrektur 9.7 Temperaturmessung in turbulenten Strömungen 9.8 MST-Fühler für multiple Diagnostik 9.9 Prozessprüfbare MST-Fühler bzw. Standardfühler mit MST-Prüffühlern 9.10 MST-Fühler zur Foulingkorrektur 9.11 MST-Prüffühler-Set	



1 Allgemeine Hinweise

Das Temperaturfühlersortiment der Firma Temperaturmeßtechnik Geraberg GmbH umfasst mehr als 40.000 verschiedene Fühlertypen. Nur ein Ausschnitt dieser Erzeugnispalette kann in den tmg-Katalogen, d.h. im Übersichtskatalog, in den branchenspezifischen Katalogen und in den Spezialkatalogen dargestellt werden. Alle technischen Angaben zu den aufgeführten Widerstandsthermometern, Thermoelementen und Mantelthermoelementen sowie ihrem entsprechenden Zubehör dienen, soweit nicht anders vermerkt, ihrer Beschreibung. Sie beruhen auf praktischen Erfahrungen sowie auf den Ergebnissen der Forschung und Entwicklung der Firma Temperaturmeßtechnik Geraberg GmbH. Die technischen Angaben über das Vorhandensein bestimmter Eigenschaften oder einen bestimmten Verwendungszweck erfolgen nach bestem Wissen, jedoch ohne Gewähr. Dies gilt insbesondere dann, wenn die ange-

führten Parameter über den Rahmen gültiger Normen hinausgehen. Sie bedürfen stets besonderer schriftlicher Vereinbarungen. Änderungen aufgrund des technischen Fortschritts behalten wir uns vor. Ausgenommen von dieser Regelung sind Produkteigenschaften, die wir in Einzelfällen schriftlich und individuell zusichern.

Vor Einbau der Temperaturfühler ist zu überprüfen, ob die vorgegebene technische Spezifikation mit ihren tatsächlichen Anforderungen übereinstimmt und die Angaben vollständig sind. Toleranz- bzw. Genauigkeitsangaben beziehen sich nur auf den Temperatursensor. Thermische Fehler durch Wärmestrahlungs- und Ableitungseffekte im An- oder Einbaufall sind vom Anwender, z.B. unter Nutzung der VDI-Richtlinie 3711, 1-5 gesondert zu beachten. Gern entwickeln wir für Sie neue und angepasste Lösungen, an denen sich jedoch

in Abhängigkeit vom Entwicklungs- und Erprobungsaufwand kostenmäßige Beteiligungen ergeben können.

Die Lieferung der Temperaturfühler erfolgt auf der Basis der Lieferbedingungen des Fachverbandes für Sensorik e.V. (AMA) Stand 04/2002, die z.B. im Internet unter: www.temperatur.com abrufbar bzw. jeweils rechnungsrückseitig oder in unserer Katalogdokumentation lesbar sind.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der tmg-Firmenleitung ist es nicht erlaubt, Auszüge aus den Katalogen zu vervielfältigen.

Die tmg ist ein eingetragenes internationales Warenzeichen. Für verschiedene Thermometerbauteile und für verschiedene Thermometer besteht Gebrauchsmuster- und Patentschutz.



MST-Fühler und MST-Module

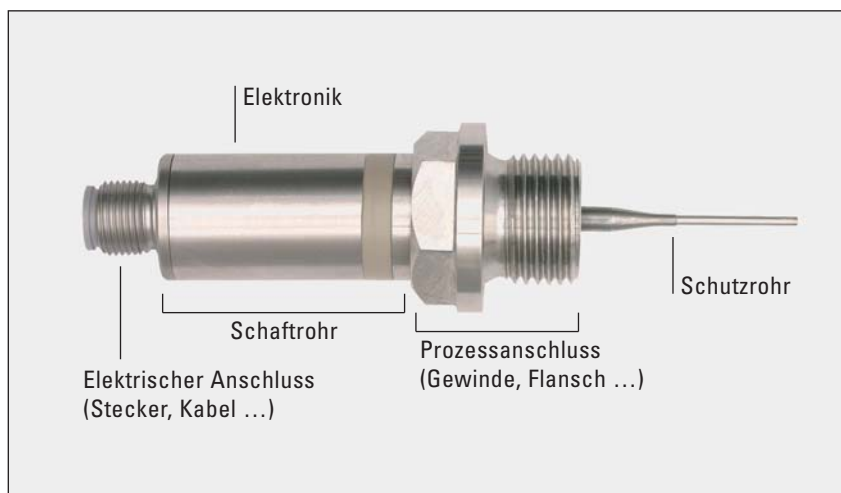
2 Kompaktfühler – Kompakt. Praktisch. Gut.

Abweichend von DIN 64765ff kommen insbesondere im Maschinenbau Temperaturfühler zum Einsatz, die eine starke konstruktive Ähnlichkeit zu den elektrischen Druckaufnehmern aufweisen, bzw. die den unten dargestellten Prinzipaufbau besitzen. Charakteristisch ist das prozessnahe, oberhalb des Prozessanschlusses in einem sogenannten Schaftrohr untergebrachte, Elektronikmodul.

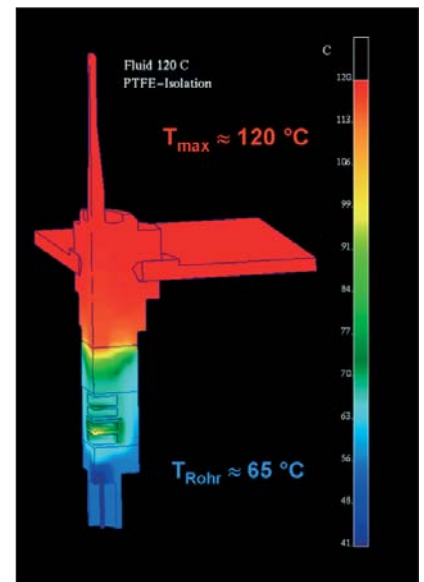
In Abhängigkeit von konfektioniertem Primärsensor und vorliegender Elektronikvariante können unterschiedlichste Ausgangssignale zur Verfügung gestellt werden:

- 0...1V
- 0,5...4,5V
- 0...10V
- 4...20 mA
- RS232
- RS485
- CAN-Bus
- Modbus
- Signalfolge
- 2-Draht

Oberhalb des Schaftrohres befindet sich die elektrische Schnittstelle, das heißt der Kabelabgang oder bei den hier vorliegenden MST-Modulen der bevorzugte M12er-Steckeranschluss. Unterhalb des Schaftrohres ist der Prozessanschluss (Gewinde, Flansch, usw.) sowie das Schutzrohr angeordnet. Die dargestellte Konstruktion ist äußerst kompakt und hält auch robusten industriellen Einsatzapplikationen stand. Die vorteilhafte Kompaktheit dieser Temperaturfühler erfordert aber andererseits aus zuverlässiger Sicht eine exakte Analyse der sich einstellenden Wärmesituation im Schaftrohr der Elektronik bei den unterschiedlichsten Nennapplikationen. Die betreffende Wärmesituation wird nicht nur von der Umgebungstemperatur, sondern von der Eigenerwärmung bei Maximallast und der vom Sensorschutzrohr aufziehenden Wärme (Ableitungswärme) bestimmt.



Prinzipieller Aufbau eines Kompaktfühlers



Temperaturverteilung im Kompaktfühler

Die Abbildung zeigt die Temperaturverteilung in einem kompakten Einbaufühler bei einer Temperatur des fluidischen Mediums von 120 °C. tmg arbeitet zum Schutz der Elektronik mit einer Reihe von thermischen Entkopplungsstrategien, die sich wie folgt ergeben:

- a) Einschränkung des Messbereiches
- b) Einsatz von Sonderelektronik für Einsatztemperaturen bis 105 °C
- c) Wärmebremse im Gewindebund
- d) Mehrfache thermische Entkopplung am Schaft und zwischen Gewinde und Schutzrohr
- e) Einfügen eines Halsrohres zwischen Gewindebund und Schaftrohr

3 MST-Fühler – Die neue Generation thermalsensorischer Fühler.

Die Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik eröffnen der Temperaturmessung eine Fülle neuer Möglichkeiten. Unter Nutzung dieser Technologien ist bei tmg eine neue Produktreihe – die MST-Fühler entstanden. Diese kompakten Fühler mit ihrer miniaturisierten Elektronik bieten dem Anwender neben einer hochgenauen Temperaturmessung eine Vielzahl zusätzlicher Funktionen:

- Temperaturmessung und integrierte Mittelwertbildung
- Vernetzbarkeit, Busfähigkeit (CAN-Bus, RS485, RS232, PROFIBUS)
- Mitschrieb Min/Max-Werte im System
- Grenzwertüberwachung (optional) im System

- Mehrpunktkalibration
- Traceability (Auslesbarkeit von Kalibrierwerten, Kalibrierdatum, Produktionsdatum etc.)
- Visualisierung auf PC
- Datalogging auf PC
- Mehrkanalige Messwerverfassung

Der MST-Fühler verfügt zur Realisierung dieser Funktionen über eine integrierte Signalaufbereitung, deren Herzstück ein leistungsfähiger 8-bit RISC-Prozessor ist. Die komplette Elektronik ist auf einer 17 mm x 35 mm kleinen Platine untergebracht. Diese wiederum ist in das Gehäuse des Fühlers integriert, das lediglich einen Durchmesser von 20 mm hat. Die MST-Fühler sind in unterschiedlichen Bauformen und mit

unterschiedlichen Eigenschaften verfügbar. So kann sich der Kunde die gewünschten Eigenschaften modular auswählen.



Elektronik der MST-Fühler

4 Lösungen aus dem Baukasten – Flexibilität durch Modularität



MST Einschraubfühler mit 3 mm-Mantelleitung und 2 Varianten von MST-Kabelfühlern

4.1 Allgemeines

Die MST-Fühler eröffnen eine Vielzahl neuer Möglichkeiten. Doch nicht für jede Anwendung sind alle Vorzüge erforderlich. Warum also gutes Geld für Funktionen bezahlen, die später nicht genutzt werden.

Die Lösung bieten hier Systeme aus dem Baukasten – wie sie im MST-Fühler zur Anwendung kommen. Hierfür einige Beispiele:

Je nach Genauigkeitsforderungen und Temperaturanwendungsbereich kommen unterschiedliche Primärsensoren zum Einsatz. Die Elektronik verfügt hierfür über eine flexible Schnittstelle, an die

Pt100, Pt1000 oder auch digitale Sensoren angeschlossen werden können. Ähnliches gilt für die Kalibrierung. Von der hochgenauen, aber kostenintensiven 6-Punkt-Kalibrierung bis zur einfachen Zwei-Punkt-Kalibrierung ist alles möglich. Dem Anwender steht jedoch stets der gleiche Leistungsumfang der Elektronik und Software zur Verfügung.

Analoges gilt für die Kommunikationsschnittstellen. Ob RS232, RS485 oder CAN-Bus, durch einen modularen Aufbau können die Schnittstellen kundenspezifisch angeboten werden. Ebenso ist eine PROFIBUS-Erweiterung möglich.

Auch die Software bietet Erweiterungsmöglichkeiten. Neben den im Lieferumfang enthaltenen Basisfunktionen können zusätzliche Eigenschaften wie Grenzwertüberwachung, Alarmfunktionen oder interne Temperaturüberwachung der Elektronik für thermisch kritische Prozesse ausgewählt werden.

4.2 Genauigkeit

Die MST-Fühler können in unterschiedlichen Genauigkeitsklassen bezogen werden. Je nach Kundenanforderung kommen dabei auch unterschiedliche Sensoren zum Einsatz. Für einen großen Temperaturbereich von -100 °C bis $+300\text{ °C}$ wie auch für sehr genaue Fühler werden Pt100 oder Pt1000-Sensoren eingesetzt. Die Schutzrohrabmessungen liegen dabei zwischen $\varnothing 1,6\text{ mm}$ und $\varnothing 15\text{ mm}$.

Für einen eingeschränkten Messbereich von -50 °C bis $+150\text{ °C}$ kann ein preisgünstiger Temperatur-IC eingesetzt werden. Hier liegen die Schutzrohrabmessungen bei $\varnothing 6\text{ mm}$ oder größer.

Sensortyp	Messbereich	Auflösung	Genauigkeit
TSiC 306	50...150 °C	0,1	$\pm 0,3$ zwischen $+10\text{...}+90\text{ °C}$ $-0,3/+1,0$ zwischen $-10\text{...}+110\text{ °C}$ $-0,3/+2,0$ zwischen $-50\text{...}+150\text{ °C}$
Pt 100 Pt 1000	50...250 °C 100...200 °C	0,01	abhängig von den Kalibrierpunkten z.B. $\pm 0,1\text{ K}$ zwischen $0\text{...}100\text{ °C}$ sonst $0,2\text{ K}$
	$-50\text{...}300\text{ °C}$	0,01	$\pm 0,1\text{ K}$ zwischen $0\text{...}100\text{ °C}$ $\pm 0,2\text{ K}$ zwischen $-50\text{...}150\text{ °C}$ $\pm 0,3\text{ K}$ sonst
Pt100	0...30 (0...40) °C	0,001	$\pm 0,05\text{ K}$ abhängig von den gewählten Kalibriervorgängen und -punkten

4.3 Bauform

4.3.1 Standardausführung

Grundsätzlich sind alle Standardbauformen elektrischer Thermometer mit MST-Technik ausrüstbar (siehe Kapitel 9.1 Einbau von Modulen in bestehende Temperaturmesssysteme). Die Hauptausführungsform der MST-Fühler besteht jedoch in Form eines Kompaktfühlers. Die Kompaktfühler können in verschiedenen Bauformen ausgeführt sein:

- Ohne Prozessanschluss mit einem geraden Schutzrohr (hier können verstellbare Verschraubungen eingesetzt werden)

- Mit Einschraubgewinde
- Mit entsprechenden Flanschen, insbesondere den in der Pharmazie üblichen Clamp- ISO- Flanschen

Neben diesen Einbaufühlervarianten sind die Kabelfühlervarianten vorrangig gebräuchlich, wobei das Modul am Ende des Kabels angeordnet ist.

Es besteht die Möglichkeit, die Schutzrohre im Bereich von $1,6\text{ mm}$ bis 15 mm auszuwählen. Für druckfeste Ausführungen und Ausführungen für Strömungsgeschwindigkeiten größer 25 m/s liegen gesonderte Schutzrohrversionen vor.



MST-Einbaufühler (mit Flansch, mit verstellbarer Verschraubung sowie mit Gewinde)

Für eine Reihe von Anwendungen ist das Oberflächenfinish wichtig. So sind bei Kabelfühlern Ausführungen mit hartvergoldeten Hülsen möglich. Selbstverständlich können alle Varianten elektroplattiert geliefert werden.

4.3.2 Vorkonfektionierte Module

Die Elektronikmodule beinhalten eine im \varnothing 20 mm eingegossene Elektronik mit einseitigen M12-Steckerabgang. Die zweite Seite ist offen. Über einen kleinen JST-Stecker (teils auch Lötpins bzw. freie Drahtenden) ist der Sensor vom Kunden selbst anschließbar. Nachfolgend könnte das Modul, unter Beachtung des Energieeintrages, mit einem kundenspezifischen Sensor – Vorderteil verlasert werden.

4.4 Kalibrierung und Justierung

Justieren ist das Einstellen bzw. Abgleichen eines Messgerätes, um systematische Messabweichungen soweit wie notwendig oder möglich zu beseitigen. Das Justieren erfordert einen Eingriff, der das Messgerät bleibend verändert.

Bei den MST-Fühlern erfolgt der Eingriff durch die Programmierung von Korrekturfaktoren. Die Software bietet die Möglichkeit, eine Justierung an 2 (oder bis zu 6) Punkten vorzunehmen. Dabei wird die Messkette, bestehend aus Sensor und elektronischer Signalverarbeitung, als Ganzes justiert. Die im Gerät hinterlegte (ideale) Kennlinie wird hier an den realen Sensor angepasst. Je mehr Punkte zur Justierung des Systems verwendet werden, desto genauer kann die Kennlinie an den realen Sensor angepasst werden.

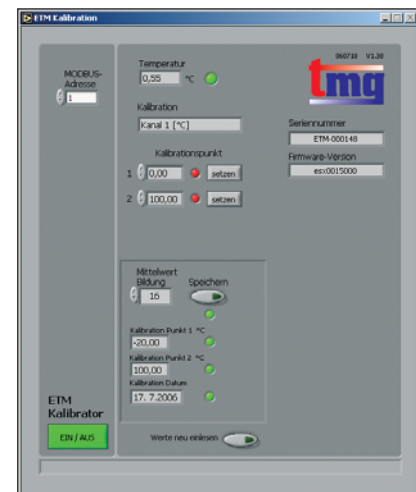
Die Justierung der Fühler erfolgt in thermostatierten Bädern im Bezug zu einem rückgeführten Normalthermometer. Durch die grafische Bedienoberfläche des Systems ist eine einfache Justierung möglich. Der Zugang zur Justierfunktion ist geschützt, um ein versehentliches Ändern der Justierwerte zu unterbinden. Die Justierwerte werden im Fühler hinterlegt (Datum/Messwert).

Je nach Belastung des Fühlers empfiehlt sich eine Rejustage, insbesondere wenn bei Kalibrierungen festgestellt wurde, dass eine Drift des Sensors stattgefunden hat.

Kalibrieren ist die Ermittlung der systematischen Messabweichung einer Messeinrichtung unter vorgegebenen Anwendungsbedingungen ohne verändernden Eingriff in die Messeinrichtung. Die Kalibrierung stellt dabei eine Rückführung in einem oder mehreren Schritten an das nationale Normal dar. Im Qualitätsmanagement nach DIN ISO 9000ff ist diese Rückführung eine Forderung der Norm für alle Messmittel. Das Ergebnis der Kalibrierung (die Abweichung des Messgerätes) wird in einem Kalibrierschein dokumentiert.

Die Kalibrierung sollte an mindestens 3 Messpunkten des Messbereiches erfolgen, um eine ausreichende Charakterisierung des Temperaturmesssystems zu gewährleisten. Beim Kalibriervorgang wird der Temperaturfühler auf eine bekannte Temperatur, z.B. in einem thermostatierten Flüssigkeitsbad, gebracht und die Anzeige mit einem Normalthermometer verglichen (Vergleichsverfahren). Um kleinere Messunsicherheiten zu erzielen, kann die Kalibrierung des Fühlers auch an Fixpunkten (z.B. Wassertripelpunkt) erfolgen.

Zur Bewertung der Messergebnisse des Temperaturmesssystems ist die Angabe der Messunsicherheit erforderlich. Die Messunsicherheit charakterisiert dabei die Streuung der Werte, die der Messgröße zugeordnet werden können. In der Messunsicherheit sind die Unsicherheiten des Kalibrierverfahrens sowie die Unsicherheiten des Temperaturmesssystems widergespiegelt. Die mit den Messwerten verbundene Messunsicherheit bildet die Grundlage zur Erstellung eigener Messunsicherheitsbudgets für die jeweilige Anwendung des Temperaturmesssystems.



PC-Oberfläche der Kalibrationssoftware

Die Justierung und Kalibrierung der Messfühler erfolgt in unserem Temperaturmesslabor. Das Labor ist vom Deutschen Kalibrierdienst (DKD) nach IEC ISO 17925 für die Messgröße Temperatur akkreditiert. Somit dürfen DKD-Kalibrierungen in einem Bereich von $-40\text{ °C} \dots +250\text{ °C}$ ausgeführt werden. Die Akkreditierung gewährleistet ein funktionierendes Qualitätsmanagementsystem im Messlabor.

Besonders bei Kalibrierungen und einer evtl. Rejustierung der Fühler zeigt

sich ein besonderer Vorteil des MST-Fühlers. Da es sich um einen intelligenten Sensor handelt, werden die Justierdaten im MST-Fühler hinterlegt, so dass der Fühler immer, unabhängig von seinem Einsatzort im Netzwerk, den wahren Temperaturwert ausgibt, der auf der Bedienoberfläche angezeigt, bzw. im Rechner gespeichert wird. So kann z.B. in umfangreichen Installationen die Kalibrierung dergestalt erfolgen, dass ein kalibrierter Austauschfühler die Aufgabe des zu kalibrierenden Fühlers während des Zeitraumes der Kalibrierung übernimmt. Damit kann sichergestellt werden, dass die turnusmäßige Kalibrierung unter Vermeidung von größeren Stillstandszeiten für die prozesstechnischen Anlagen erfolgen kann.

Je nach Genauigkeitsanforderungen und Einsatz des Fühlers sollten regelmäßig Rekalibrierungen, evtl. verbunden mit einer Rejustierung, stattfinden. Das Intervall der Rekalibrierung muss vom Anwender festgelegt werden (wir empfehlen eine jährliche Rekalibrierung des Systems).

4.5 Software und Datenzugriff

Die erweiterten Möglichkeiten der Software bieten eine Vielzahl zusätzlicher Funktionen, bergen aber auch die Gefahren eines ungewünschten Datenzugriffs.

Durch die gewählte Softwarearchitektur entstehen folgende Möglichkeiten:

- **Bootloader:** Jeder MST-Fühler verfügt über einen integrierten Bootloader. Dieser ist netzfähig und erlaubt eine Neuprogrammierung des Systems



Elektronikplatine einzeln und in Edelstahlgehäuse

über die Busschnittstelle. Nach jedem Einschalten oder einem RESET des Systems wird für ca. 4 s der Bootloaderstatus aktiviert, über den die Neuprogrammierung möglich ist. Liegt dann auf der Gegenseite (Master) ein Programm mit dem passenden Software Schlüssel vor, kann ein Überspielen erfolgen. Ohne diesen Schlüssel ist das im Mikrocontroller befindliche Programm geschützt und kann nicht überspielt werden.

- **Kommunikation:** Um eine möglichst hohe Kompatibilität mit anderen Systemen am Markt zu erreichen, wurde auf standardisierte Busprotokolle zurückgegriffen. Für die RS232- und RS485-Fühler ist dies das Modbus-Protokoll. Über die Register werden neben den Messwerten auch Kalibrierdaten, Grenzwerte, EEPROM-Daten usw. übertragen. Die Registerbelegung ist frei zugänglich, so dass eine Einbindung in die SPS problemlos möglich ist.

Alternativ sind die MST-Fühler auch mit CAN-Busprotokoll verfügbar.

Für den Anschluss an den PROFIBUS liegt ein Koppler vor, der die Register der Modbus-Übertragung automatisch auf den PROFIBUS übersetzt.

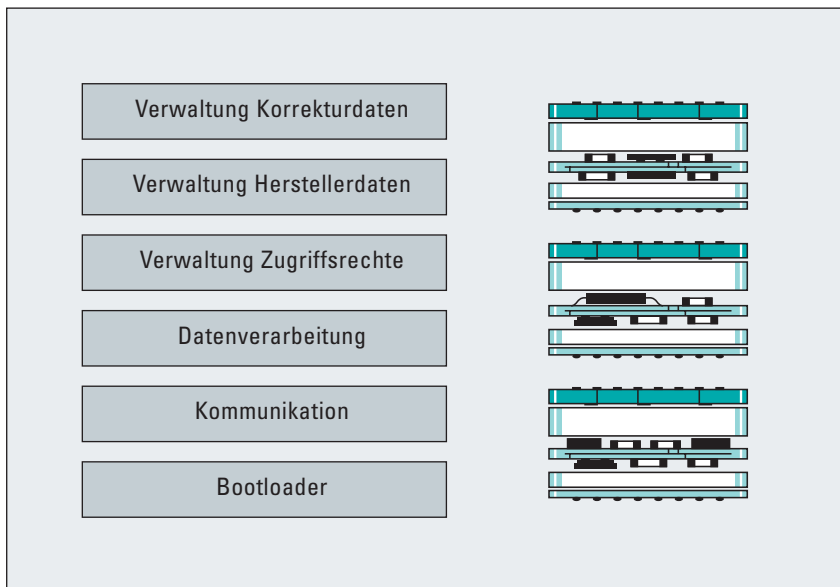
- **Datenverarbeitung:** In diesem Bereich der Software erfolgt die eigentliche Berechnung des Messwertes sowie der zusätzlich gewünschten Werte. Die Datenverarbeitung kann bei Bedarf kundenspezifisch angepasst und weitere Funktionen mitaufgenommen werden. Im Basisprogramm erfolgt eine Linearisierung und Kalibrierung der vom A/D-Wandler ermittelten Werte sowie eine Korrektur bzgl. thermischer Einflüsse.
- **Verwaltung Zugriffsrechte:** Wie bei jeder Software sollte nicht jeder Anwender auf alle Möglichkeiten der Software Zugriff haben. So sollten z.B. die Kalibrierwerte eines vom DKD-Labor kalibrierten Fühlers nicht „aus Versehen“ neu kalibriert werden. Hierfür ist ein abgestufter Zugriff und die Verwaltung der Zugriffsrechte vorgesehen. Bestimmte Register sind zum Beispiel nur für den Hersteller mit ei-

nem Code beschreibbar, der Anwender kann diese Register nur Lesen. Ein Zugriff zur Kalibrationsfunktion des Systems ist nur mit Passwort möglich.

So kann je nach Personal (Installation, Wartung, Betrieb) eine Authorisierung vergeben und der Zugriff auf die Systeme so gesteuert werden.

- **Herstellerdaten:** In die EEPROM's des Systems sind die Herstellerdaten hinterlegt. Dies betrifft z.B. die Seriennummer, das Herstellungsdatum, die aktuelle Softwareversion oder durchgeführte Prüfungen. Der MST-Fühler entspricht somit den Anforderungen nach Traceability und Nachverfolgbarkeit der Herstellung.

- **Kalibrierdaten:** Im Speicher des EEPROM werden die Kalibrierdaten des Systems als Kalibrierwert und dazugehöriges Datum der Kalibration abgelegt. Bei Bedarf kann auch das Kalibrierintervall (optional), d.h. die Dauer bis zur nächsten Kalibration angegeben werden. Diese Daten sind jederzeit vom autorisierten Personal auslesbar, bzw. kann das System bei Aktivierung auch eine Warnung zu einer demnächst fälligen Kalibration geben.



Softwarestruktur

5 Starter Kit – Einfach gut, von Anfang an.



Starter Kit

Sind die MST-Fühler von Interesse, aber noch mit zu vielen Unbekannten behaftet? Hier bietet der Starter Kit Abhilfe. Dieser Koffer enthält einen MST-Fühler und das erforderliche Zubehör für den sofortigen Betrieb. Vom Auspacken bis zum Messen vergehen nur wenige Minuten. Software auf dem PC installieren (ca. 5 Minuten), Kabel, Netzgerät und MST-Fühler anschließen und Applikationssoftware starten (ca. 5 Minuten). Schon ist das System betriebsbereit. Über die PC-Software können die Messdaten mitgeschrieben oder die im MST-Fühler hinterlegten Systemdaten ausgelesen werden.

6 Bussysteme des MST-Fühlers – Kommunikation leicht gemacht

Die MST-Fühler ermöglichen je nach Ausführungsform den Anschluss an unterschiedliche Bussysteme. Verfügbar sind RS232 und RS485 Systeme mit einem Modbus-Protokoll und CAN-Systeme. Darüber hinaus können die Modbus-Systeme über einen vorhandenen externen PROFIBUS-Koppler in PROFIBUS-Netzwerke eingebunden werden. Im Folgenden ein kurzer Überblick zu den Eigenschaften der einzelnen Bussysteme:

6.1 Modbus

Modbus ist ein offenes serielles Kommunikationsprotokoll, das auf der Master-/Slavearchitektur basiert. Da es recht einfach auf beliebigen seriellen Schnittstellen zu implementieren ist, hat es eine weite Verbreitung gefunden. Das Modbus-Protokoll wurde ursprünglich für die Vernetzung von Steuerungen entwickelt, es wird jedoch auch häufig für die Anbindung von Ein-/Ausgangsbaugruppen verwendet. Weit verbreitet ist die Anwendung bei RS485-Treibern. Für den MST-Fühler wurde das Modbus-Protokoll auch auf die RS232 Schnittstelle angewendet, so dass die Programme kompatibel auf allen RS232 und RS485 Systemen ausführbar sind.

Der Bus besteht aus einer Masterstation (meist PC oder SPS) und mehreren Slavestationen (MST-Fühlern), wobei die Kommunikation ausschließlich durch den Master gesteuert wird. Der Master sendet dabei ein Anfragetelegramm an einen beliebigen Teilnehmer, der durch eine Adresse definiert ist, und erwartet dessen Antworttelegramm. Die unterschiedlichen zu übertragenden Daten werden in Register übertragen. Ein eigenständiges Senden des Slaves ist in dieser Konfiguration nicht möglich.

Das Bussystem wird in einer Linienstruktur ausgeführt. Von dieser Linien-

struktur können Leitungen (Stichleitungen) abzweigen. Abhängig von der Leitungslänge sind Baudraten bis 1Mbit/s erreichbar. Die Länge der Stichleitungen, die gesamte Länge des Netzwerks sowie die Anzahl der Teilnehmer beeinflussen nachhaltig die Übertragungsrate.

6.2 CAN-Bus

CAN-Bus ist ein Multi-Master-Netzwerk, bei dem jeder Teilnehmer gleichberechtigt und aktiv auf den Bus zugreifen kann. Im Gegensatz zum oben beschriebenen Modbus und zu anderen Protokollen verwendet CAN eine objektorientierte Adressierung. Dies bedeutet, nicht die Teilnehmer erhalten eine eigene Adresse, sondern die übermittelte Nachricht wird mit einem netzwerkweit festgelegten Identifier als Quelladresse gekennzeichnet. Dieser Identifier enthält neben den Namen der Nachricht auch deren Priorität. Die Teilnehmer müssen die für sie festgelegten Nachrichten aus dem Datenbus herausfiltern.

Alle Teilnehmer sind gleichberechtigt und können eine Nachricht senden, sobald der Bus nicht mit anderen Telegrammen belegt ist. Daraus resultiert ein freier Buszugriff, bei dem auch mehrere Busteilnehmer gleichzeitig einen Buszugriff fordern können. Trifft dies ein, erfolgt bei CAN eine Auswahl. Nach-

richten mit hoher Priorität setzen sich dabei mit Nachrichten niedrigerer Priorität durch. Die anderen Teilnehmer brechen ab und starten bei freiem Bus einen neuen Versuch.

Das Bussystem wird analog dem Modbus in einer Linienstruktur ausgeführt (siehe auch Beschreibung Linienstruktur in Modbus).

6.3 PROFIBUS

PROFIBUS ist prinzipiell ein Master-Slave-Kommunikationssystem für einen zyklischen Datenverkehr. Jedoch weist es als Besonderheit in Verbindung mit einem Visualisierungssystem ein hybrides Zugriffsverfahren auf, bei dem 2 Master beteiligt sind.

Als Basis besteht ein PROFIBUS-Netzwerk aus einem Master 1 (SPS oder PLC) sowie diversen Feldgeräten (Slaves). Der Master fragt dabei die Slaves in einer festgelegten Zykluszeit nacheinander ab.

Für die Anlagenüberwachung ist jedoch in aller Regel neben dem Master 1 auch eine Visualisierung sowie die Möglichkeit des Parameteraustauschs erforderlich. Hierfür kann ein Master 2 installiert werden. Dieser Datenaustausch findet nur bei Bedarf statt. Hierfür wurde das sogenannte Token-

Verfahren installiert, beim dem die Zuteilung der Masterfunktion zwischen den beiden Mastern in einer festgelegten Reihenfolge erfolgt.

Für PROFIBUS wurde das Protokoll PROFIBUS DP definiert. Es stehen drei Stufen zur Verfügung. Auf Ebene DP V0 erfolgt der Austausch der Prozessdaten

(zyklischer Datenverkehr). Auf Ebene DP V1 werden Nutzdaten ausgetauscht (azyklischer Datenverkehr) und auf Ebene DP V2 sind zusätzliche Dienste verwendbar.

Die Datenübertragung erfolgt meist über einen RS485-Pegel, in der Prozessautomatisierung auch MBP (Manches-

ter Coded Bus Powerd). PROFIBUS kann linienförmig mit Stickleitungen oder auch sternförmig ausgeführt sein. Die Übertragungsgeschwindigkeit ist in einem weiten Bereich variabel und kann in Abhängigkeit der Reichweite bis 12MBit/s betragen.

7 SMART – Servicefunktionen und Optionen

Die integrierte Elektronik der MST-Fühler und der modulare Aufbau bieten die Möglichkeit vieler zusätzlicher Funktionen. Die im Folgenden aufgeführten Beispiele stehen exemplarisch, bei Bedarf können weitere Kundenwünsche umgesetzt werden:

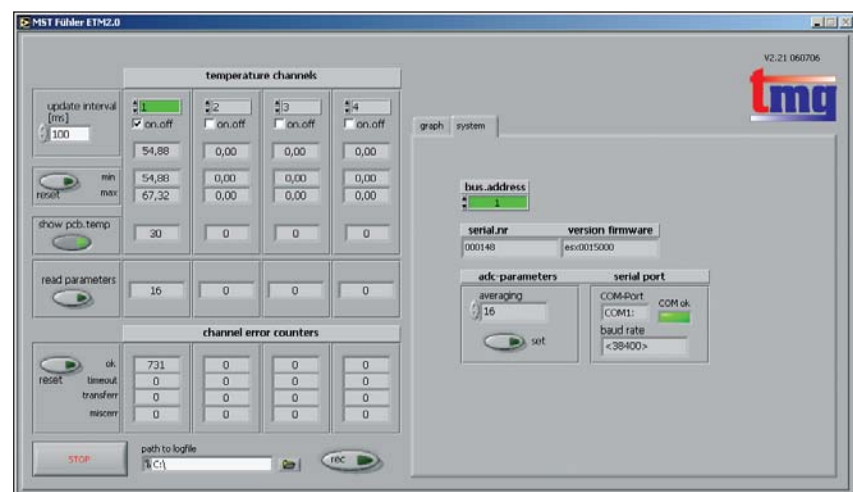
- **Mittelwertbildung:** Der Anwender kann eine Mittelwertbildung zwischen 1 und 128 einstellen. Der Mikrocontroller berechnet den arithmetischen Mittelwert.

- **Temperaturüberwachung (optional):** Bei Bedarf kann die Temperatur der Elektronik überwacht werden. Diese Funktion hat insbesondere bei Messprozessen Bedeutung, wo die Umgebungstemperatur im Grenzbereich (85 °C bis 125 °C) der Bauelementebelastbarkeit liegt.

- **Grenzwertüberwachung (optional):** Bei Über- oder Unterschreitung der vom Anwender eingestellten Grenzwerte wird diese Grenzwertverletzung im EEPROM dokumentiert. In Verbindung mit der Echtzeituhr wird auch das Datum der Grenzwertverletzung im Speicher abgelegt.

- **Mehrkanalmessung (optional):** In dieser Variante können mit einem MST-Fühler gleichzeitig drei Sensoren ausgewertet werden. Dies ist insbesondere bei Mittelwertfühlern von Interesse. Der Aufbau lässt sich kaskadieren und somit auf 6 oder 9 Messstellen erweitern. Bei Bedarf kann die Funktion mit der Grenzwertüberwachung und der Echtzeituhr kombiniert werden. Weitere Funktionen sind kundenspezifisch per Software integrierbar.

Darüber hinaus bietet das System verbesserte Möglichkeiten für den Service. Seriennummer und Softwareversion sind im System gespeichert und jederzeit abrufbar. Daneben lassen sich auch Kalibrierdatum und Kalibrierwerte auslesen. Somit können Kalibrierintervalle gezielter kontrolliert und nachvollzogen werden. Bei Bedarf können die Kalibrierintervalle auch im System hinterlegt werden.



PC-Oberfläche für MST-Fühler

8 Projektierung von MST-Fühlern – Gut geplant, viel gespart.

Im Rahmen der Projektierung von Temperaturmesseinrichtungen mit MST-Fühlern werden dem Kunden alle Leistungen von der Planung bis zur schlüsselfertigen Übergabe der Anlage angeboten.

Die Notwendigkeit dieses Schrittes ist in der Komplexität des Messproblems in Zusammenhang mit der Verarbeitung und Speicherung der Daten zu sehen, die viel Erfahrungen in der Temperaturmesstechnik, Elektronik und Datenverarbeitung erfordert.

Die Projektierung schließt folgende Phasen ein: **Erstellen des messtechnischen Konzeptes** (z.B. wie viele Sensoren, welche Sensorpositionen, welche Sensoren usw.). **Entwurf der mess- und informationstechnischen Umsetzung** (z.B. Sensoradaption, Protokollauswahl, Redundanz des Systems, Datensicherheit usw.). **Ausführungsplanung** (Erstellen der Montage- und Verlegepläne). **Inbetriebnahme** (hard- und softwareseitige Inbetriebsetzung des Messsystems). **Dokumentation** (Erstellen der gesamten anlagentechnischen Dokumentation). **Übergabe an den Kunden** (z.B. Einweisung in die Anlage).

Der Kunde wird dabei in jede Projektierungsphase direkt eingebunden. Sinnvoll ist die Nutzung der Projektierungsleistung bei Sensornetzwerken in Größenordnungen >10 Fühler bzw. bei besonderen technischen Anforderungen, z.B. chemische Belastung der Sensoren, EMV-Problematiken oder besondere Anforderungen an die Datensicherheit und ähnliche Anwendungsfälle.

9 Anwendungsbeispiele

Die den MST-Elektroniksystemen innewohnende Modularität, aber auch die gewählten konstruktiven Fühler-elemente erschließen dem MST-Temperaturfühler ein Applikationsfeld, das von völlig neuen Anwendungen, über Ersatzlösungen im Standardbereich bis hin zu integrierbaren Detailelementen für allgemeine Fühlerausführungen reicht (s. Tabelle!). Beispielhaft sind nachfolgend unterschiedlichste Applikationen skizziert.

Beispiel/Projekt	Applikationsfelder
Moduleinbau in bestehende Anlagen	Standardfühlersysteme
3- fach- MST- Fühler	Reinräume, Maschinendiagnostik, Halbleitertechnik, Mess- und Prüfkammern
Quasi- Mittelwertbildung in Luftströmen	Reinraumtechnik, Vulkanisierungstechnik, Spezialmaschinenbau
Abgleich im eingegrenzten Arbeitsbereich	Sterilisationstechnik, Vulkanisierungstechnik, Spezialmaschinenbau
Validierbare MST- Module	Pharmazie, Biotechnologie, Medizintechnik, Lebensmitteltechnologie
Fehlerkorrektur mit MST- Mehrfachmodul	Messungen in dünnen Rohren, Lüftungstechnologie, Analysentechnik, Sondermaschinenbau, Hydraulik/Pneumatik, Präzisionstemperaturtechnik, Food- Pharma-Technologie - molchfähige Sensorik
Temperaturmessung in turbulenten Strömungen	Lüftungstechnik, Rohrleitungsbau, Prüftechnik, Pneumatik
MST- Fühler für multiple Diagnostik	Klimatechnische Labortechnik, Sondermaschinen, Mess- u. Prüfräume
Prozessprüfbare MST- Fühler	Prozesse mit besonderer Kontroll- und Überwachungspflicht, schwer ausbaubarer Fühler, Fühler mit kurzen Prüfzyklen, Fühler in gefährlichen Messstellen
MST- Fühler zur Foulingkorrektur	Abwassertechnologie, Kühlwasserbereich, Verbrennungstechnik
MST- Prüffühler-Set	Allgemein, zur Einführung, Erprobungsaufgaben

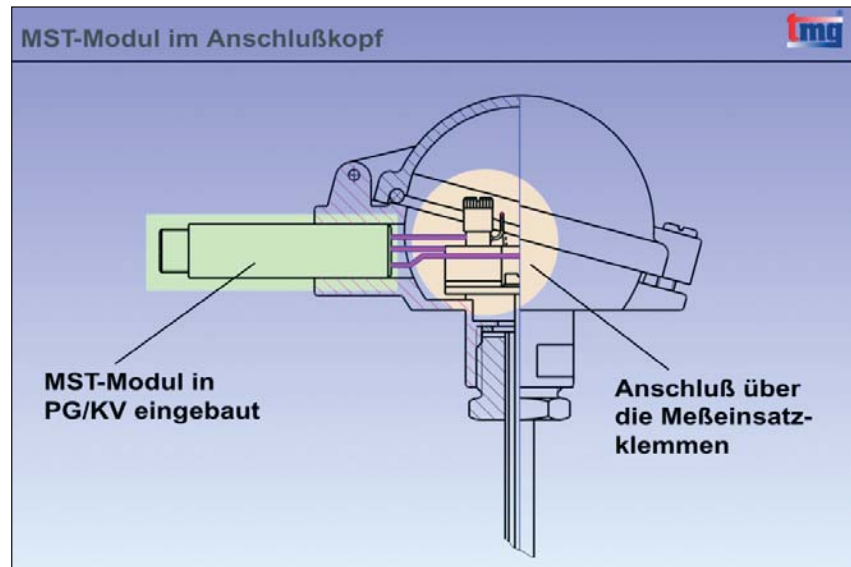
9.1 Einbau von Modulen in bestehende Temperaturmessanlagen *Standardfühlersysteme*

Die kompakte Bauweise der MST-Module in Verbindung mit den Fühlern ergibt die Möglichkeit neuer Einbauvarianten, das heißt, in aller Regel sind – sofern erforderlich – die Kompaktfühler mit Zusatzschutzrohr gemäß nebenstehender Skizze einzubauen.

Wird jedoch Wert darauf gelegt, dass bestehende Anordnungen mit klassischen Messeinsätzen nach wie vor verwendet werden sollen, ergibt sich eine Einbauvariante mit BG/KV- Thermometeranschlusskopf. Diese Einbauvariante ist ebenfalls nachfolgend skizziert. Sie ermöglicht dem Anwender die Beibehaltung der klassischen Einbaumodalitäten. Es muss lediglich eine Verbindung von den Anschlüssen des Mess-

einsatzes zum Modul innerhalb des Kopfes geschaffen werden, wobei dies

beim Einbau der Module in die BG bereits vorbereitet wird.



Einbau eines MST-Moduls im Anschlusskopf

9.2 Verwendung von 3fach MST-Fühlern zur räumlichen Erfassung von Temperaturfeldern *Reinräume, Maschinendiagnostik, Halbleitertechnik, Prüf- und Messkammern*

Eine präzisere Temperaturmessung erfordert nicht nur die genauere Messung an irgendeinem Punkt des Temperaturfeldes. Genauer und präziser zu sein bedeutet für den Temperaturmesspraktiker, sich in aller Regel auch ein Bild vom vorliegenden Temperaturfeld zu verschaffen.

Bei einfachen Temperaturmessaufgaben zur Regelung der Lufttemperatur in Räumen können relevante Messstellen sich in unterschiedlichen Höhen, aber auch in unterschiedlichen Ecken befinden. Die Art und Weise der Anordnungen bestimmt der Lüftungstechniker, wobei dieser sich nach der entstehenden Luftwalze im Raum richten muss.

Ein 3fach-MST-Messmodul ist auch dann zu verwenden, wenn es um die Kontrolle des Temperaturverhaltens von Präzisionsmess- und fertigungsgeräten geht, die im Rahmen der Nano- und Mikrosystemtechnologie Anwendung finden.

In der Regel sind hier verschiedene Oberflächenteile dieser Präzisionsgeräte zu kontrollieren bzw. der Temperaturgang bestimmter Wärmequellen, z.B. Laserdioden und anderes zu überwachen.

Unter Umständen ist die Richtlinie VDI/VDE 2627 und ähnliche zu berücksichtigen. Dies insbesondere dann, wenn es sich gemäß dieser Richtlinie um Messräume der Güteklasse 1, also Präzisionsmessräume handelt. Das drei-



MST-3fach-Fühler

9.3 Quasi mittelwertbildende Luftstromüberwachung

Reinraumtechnik, Prüfräume Klasse 1, Halbleitertechnologie

Bei Lüftungsapplikationen von Präzisionsräumen finden flache, aber breit gezogene Strömungsschächte Anwendung. In diesen Zuluftstromschächten bilden sich Temperaturgradienten aus, wobei für die Raumluftregelung der Temperaturmittelwert der stetig zugeführten Luft von höchstem Interesse ist. Hier bietet es sich an, eine Kombination aus Mittelwertbildung und diskreter Messstelle zu realisieren.

Die bisher verwendeten langen Messruten bzw. Mittelwerttemperaturfühler bereiten den Präzisionsmesstechnikern im Reinstraumbereich aus zweierlei Gründen Sorgen:

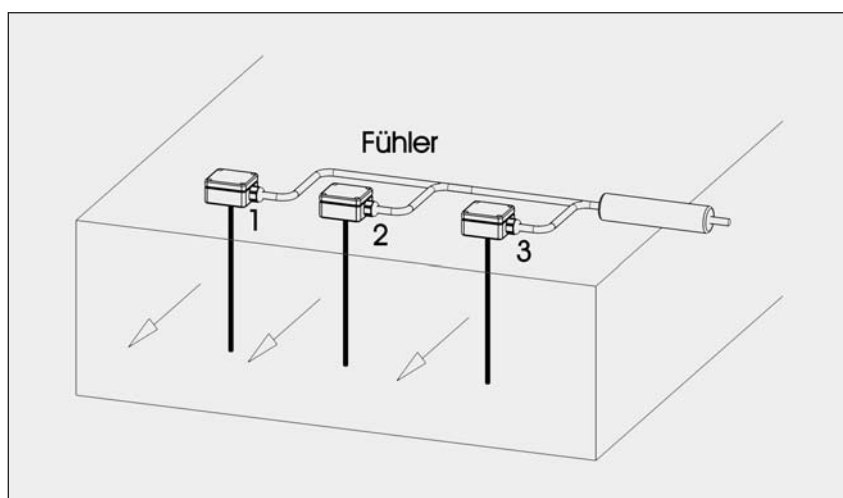
- 1) Es ist nicht möglich, derartige Fühler mit Tripelpunktzellen hochgenau zu vermessen.
- 2) Ein schneller Ein- und Ausbau und damit eine Rekalibrierung ist fast unmöglich.

Mit anderen Messverfahren diese langen Mittelwertfühler zum späteren Zeitpunkt im eingebauten Zustand zu überprüfen, etwa mit einem diskreten, vorher ausgemessenen Handfühler, scheitert an der fehlenden räumlichen und zeitlichen Konstanz des vorliegenden Temperaturfeldes.

Die Quasi-Mittelwertbildende-Variante mit drei ca. 250 mm langen Mittelwertmessstäben beseitigt genau diese Nachteile. Das heißt, die Länge der Stäbe ist abgestimmt auf die Tiefe der entsprechenden Prüfbäder bzw. vorliegenden Tripelzellen. Die Messstäbe können nun innerhalb der Luftstromschächte in Querrichtung eingebaut werden. Die horizontale räumliche Mittelung der Messwerte erreicht man durch die entsprechende Abstandsgestaltung zwischen drei quer angeordneten Temperaturfühlern. Da die MST-Module auch

kaskadierbar aufgebaut werden können, kann der Querstromlüftschacht noch neunfach mit Fühlern unterteilt werden.

Die oben geschilderten Vorteile, d.h. die hohe Genauigkeit durch Kalibrierungsmöglichkeit in den Fixpunkten (Tripelzelle, Galliumzelle), die einfache mögliche Austauschbarkeit und Rekalibrierbarkeit, aber auch die Handlungsvorteile beim Einbau überhaupt, führen zur Ablösung der bisherigen Varianten.



Beispielhafte Einbau-Anordnung von drei Mittelwerttemperaturfühlern im Querstromschacht



MST-Mittelwerttemperaturfühler mit 200 mm sensiver Länge

9.4 Vorteile beim Arbeiten im eingegrenzten Arbeitspunkt

Sterilisations- und Vulkanisierungstechnik, Spezialmaschinenbau

Werden die MST-Fühler in Prozessen eingesetzt, deren Arbeitspunkt zwar sehr genau, jedoch für einen relativ eingegrenzten Temperaturbereich gelten soll, bietet sich der MST-Temperaturfühler in Verbindung mit einer Einpunkt-Kalibrierung als kostengünstige Variante geradezu an. Soll z.B. für Sterilisationszwecke eine Hochgenauigkeit bei 121 °C erreicht werden, kann der Fühler an dieser Stelle direkt eingemessen und durch die Eingabe dieses Prüfpunktes

hochgenau bzw. auf diesen Arbeitspunkt optimiert werden. Selbiges kann auch in anderen Prozessen z.B. bei der Vulkanisierung, beim Arbeitspunkt von 170 °C sowie bei der Milchsterilisation usw. eingesetzt werden.

Auch für den Anwender ist die Rekalibrierung denkbar einfach: Er kann für diesen Arbeitspunkt einen zugeschnittenen speziell vorbereiteten Prüfofen erwerben und auf einfachste Weise die

Fühler gemäß seinem ISO 9000 Qualitätsmanagement oder anderen Vorgaben überprüfen!

Dadurch, dass die Kalibrierdaten im Fühler selbst festgehalten werden und damit gewisse Driftwerte zwischen den Kalibrierzeiträumen sichtbar werden, ist auch die Kontrolle des Langzeitverhaltens der Fühler durch den Messverantwortlichen einfach.

9.5 Einsatz validierbarer MST- Module

Pharmazie, Biotechnologie, Medizintechnik, Lebensmitteltechnologie Pharmazie

MST- Module sind nicht nur mit einer Software beziehbar, die dem Anwender vielfältige Möglichkeiten der Kalibrierung, Signalisierung von Grenzpunkten, Speicherung von Daten und anderes liefert bzw. die in Verbindung mit Visualisierungsprogrammen auch Temperaturverläufe und anderes auf dem Rechner sichtbar machen kann. Es ist auch Software verfügbar, die ein hohes Maß an Sicherheit bietet.

Codewörter sind als Sicherungswörter einbaubar. Die Sicherung der Daten und anderes ist bei Vorgabe entsprechend möglich, das heißt, alle die Funktionen, die unter dem Stichwort „Validierbarkeit“ Eingang in die Prozesssicherheit gefunden haben, können mit dem Fühler realisiert werden.



Einschraubbarer MST-Lufttemperaturfühler mit perforierter Messspitze




Prozessprüfbarer MST-Einbaufühler mit VA-Schraubdeckelkopf

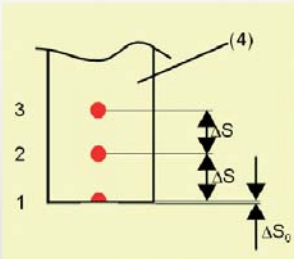
9.6 MST- Mehrfachmodul zur Fehlerkorrektur *Messung in dünnen Rohren, Lüftungstechnologie, Analysetechnik, Sondermaschinenbau, Hydraulik/Pneumatik, Präzisionstemperaturtechnik, Food-Pharma-Technologie – molchfähige Sensorik*

Ein hochgenauer Temperaturfühler erfordert gemäß der VDI-Richtlinie 3511, Blatt 4 eine ausreichende Einbaulänge, sonst entstehen die dort aufgezeigten Einbaufehler. Nach Lieneweg „Technische Temperaturmessung“ kann dann beispielsweise in einem Luftkanal bei einer Lufttemperatur von 153 °C und einem Pt-100 Einbaufühler mit einem

Schutzrohr $\varnothing 18 \times 3 \times 100$ mm Länge ein Einbaufehler zwischen 50...80 K entstehen. Da eine Vielzahl von technischen Prozessen eine Realisierung von Temperaturfühlern mit sehr langen Schutzrohren nicht zulassen, muss z.B. Abhilfe über eine Reihe von konstruktiven, aber auch mathematischen Korrekturverfahren geschaffen werden.

Eine günstige online-Korrektur des Einbaufehlers gelingt unter Benutzung des Differenzen-Quotienten-Verfahren der Firma tmg. Das z.B. in „Temperaturmesspraxis zu Widerstandsthermometern und Thermoelementen“,* beschriebene Korrekturverfahren nutzt die Signale dreier äquidistant im Schutzrohr angeordneten Sensoren. Die Sensorsignale bzw. Sensordifferenzsignale werden nach der abgebildeten Korrekturformel weiterverarbeitet und liefern ein verbessertes Ausgangssignal. Die Korrekturformel kommt ausschließlich mit Temperaturdifferenzen aus und korrigiert unabhängig von Material- und Mediendaten das Messsignal. Die Korrekturquote liegt zwischen 50...70 %. In bestimmten Fällen kann die Korrektur durch zusätzliche Hilfsfaktoren auf bestimmte Applikationsverhältnisse noch verfeinert werden.

Differenzen-Quotienten Verfahren (Überblick) 



(1), (2), (3) Sensoren im Schutzrohr (4)

$$x = \Delta S_0 : T_{21} = (T_w - T_M) \frac{\cosh y \cdot \Delta S_0}{\cosh y \cdot l} + T_M \quad \text{(Gl. A)}$$

$$x = \Delta S_0 + \Delta S : T_{22} = (T_w - T_M) \frac{\cosh(y(\Delta S_0 + \Delta S))}{\cosh(y \cdot l)} + T_M \quad \text{(Gl. B)}$$

$$x = \Delta S_0 + 2\Delta S : T_{23} = (T_w - T_M) \frac{\cosh(y(\Delta S_0 + 2\Delta S))}{\cosh(y \cdot l)} + T_M \quad \text{(Gl. C)}$$

$\Delta S_i \rightarrow 0$

... Differenzbildung, Division, quadratische Ergänzung, hyperbolische Additionstheoreme ...

$$t = T_{21} - \frac{\Delta T_{12}}{0.5 (4 - \Delta T_{13} / \Delta T_{12})}$$

$t = f(T_{21}, \Delta T_{12}, \Delta T_{13})$

unabhängig von

- den Schutzrohrparametern ($\lambda, D \dots$)
- den Mediendaten ($\alpha \dots$)

Differenzen-Quotienten-Verfahren

* Literaturhinweis: Klaus Irrgang, Lothar Michalowsky; „Temperaturmesspraxis mit Widerstandsthermometern und Thermoelementen“; 2004 Vulkan-Verlag GmbH; ISBN: 3-8027-2200-0

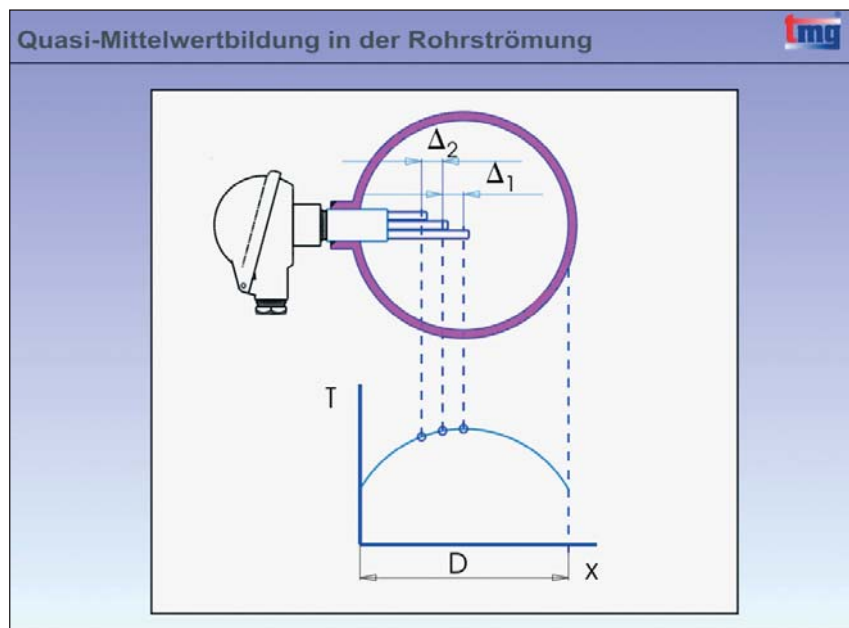
9.7 Temperaturmessung in turbulenten Strömungen *Lüftungstechnik, Rohrleitungsbau, Prüftechnik, Pneumatik*

In turbulenten Strömungen bildet sich ein Temperaturprofil heraus, das einer quadratischen Funktion sehr nahe kommt. Die mittlere Temperatur ist dann schwierig bestimmbar. Abhilfe schaffen hier die Mittelwertfühler, die quer zum Strömungsrichtungskanal verspannt werden können.

Eine effektive Methode besteht auch darin, drei Temperaturfühler gestuft in den Prozess einzubringen, wobei ein Fühler genau in der Strömungsmitte liegen sollte. Geht man davon aus, dass ein symmetrisches Strömungsprofil vorliegt, das zwar unter Umständen in Abhängigkeit von der Länge einer et-

waigen Beruhigungszone auch abgeflacht vorliegen kann, lässt sich durch die Differenzen zwischen den drei Fühlern auf der Grundlage eines mathematischen Modells bzw. mit der einprogrammierten Software die Mittelwerttemperatur des Mediums bestimmen.

Ebenfalls möglich ist, über die Profilabfrage des aktuellen Strömungsprofils eine Kontrolle zur vorliegenden Konstanz der Strömungsverhältnisse zu erhalten.



MST-Fühler mit gestufter 3-fach Spitze im Rohr

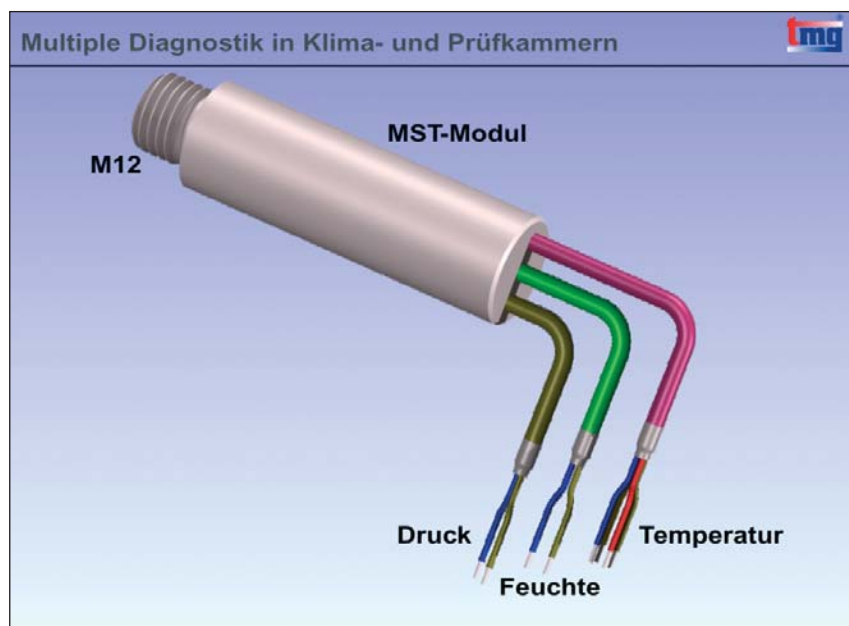
9.8 MST-Fühler für multiple Diagnostik

Klimatechnik, Labortechnik, Sondermaschinen, Mess- & Prüfräume

Das MST-Temperaturfühlersystem ist kaskadierbar, sodass nicht nur mit einem Fühler bzw. beim Dreifachsystem mit drei Fühlern, sondern mit bis zu zwölf Fühlern gemessen werden kann. Darüber hinaus ist die Modularität auch auf andere Messgrößen übergreifend. Zum Beispiel können über die drei Eingänge der Druck, die Feuchtigkeit und die Temperatur ermittelt werden und als entsprechendes Bus-Signal in eine allgemeine Prozessanlage eingegeben werden. Mit diesen Merkmalen sind die MST-Fühler, insbesondere in Ergänzung durch Druck-, Feuchte- und Strömungssensoren, prädestiniert für die automatische vernetzte Laborkontrolle. Es sei an dieser Stelle nochmals erwähnt,

dass die Kalibrierdaten und viele andere technologische Parameter, die auch im Rahmen der Prüftechnologie wichtig sind, jeweils hinterlegt werden können,

somit auch die Laborparameter langfristig, gemäß den einschlägigen Prüfvorschriften, nachgewiesen werden können.



Multiplres Diagnostikmodul in Klimaprüfräumen

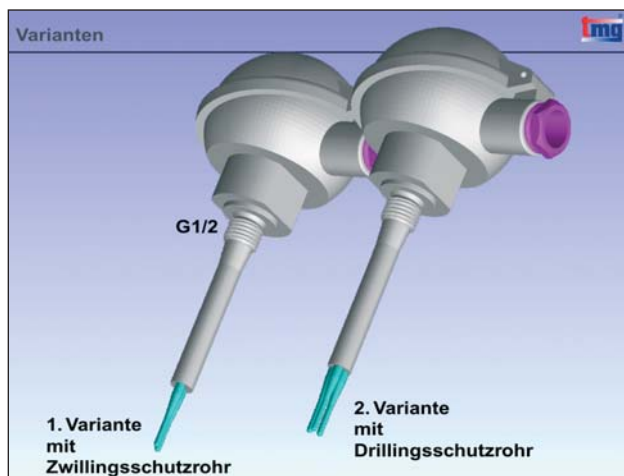
9.9 Prozessprüfbare MST-Fühler bzw. Standardfühler mit MST-Prüffühlern

Prozesse mit besonderer Kontroll- und Überwachungspflicht, schwer ausbaubare Fühler, Fühler mit kurzen Prüfzyklen, Fühler in gefährlichen Messstellen

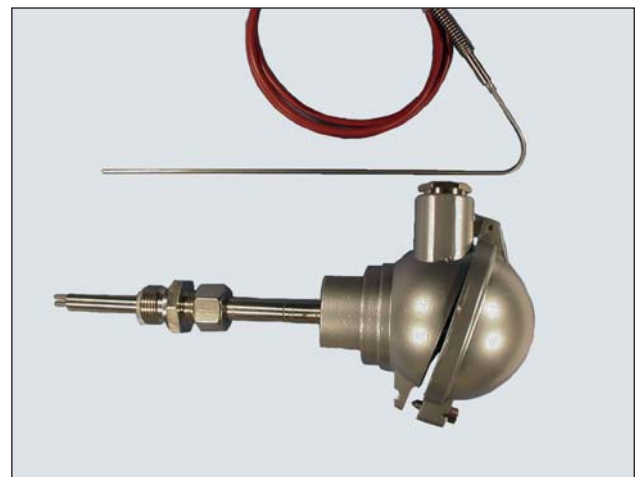
Dadurch, dass die MST-Fühler hochgenau herstellbar und auch einfach rekali­brierbar sind, eignen sie sich für die prozessprüfbaren Systeme oder für das In-Situ-Prüfverfahren. Damit ist gemeint: Es können Fühler im eingebauten Zustand überprüft werden. Aufgrund der Flexibilität der Software ist die Prüfung in mehrfacher Hinsicht möglich.

- a) Absolute Temperaturwertkontrolle
- b) Kontrolle des relativen Temperatursollwertes, wobei über entsprechende Parameter, z.B. zu geringe Einbaulänge, der systematische Fehler eingegeben und In-Situ korrigiert werden kann
- c) Überprüfung des Sollprozesswertes mit Temperaturkorrelation

Liegt im Prozessablauf ein günstiger technologischer Durchlauf vor, so kann mit Hilfe des MST-Prüffühlers die vorliegende Sensortemperatur als technologischer Vorgabewert abgespeichert werden. Die nachfolgenden In-Situ-Messungen bzw. online-Prozessprüfungen werden immer gegen diesen Wert verglichen (Variante c), da er dann der dominierende Sollprozesswert ist.



Prozessprüfbare Fühler mit Zwillings- und Drillingsspitze



Prozessprüfbarer Einschraubtemperaturfühler mit Prüfelement

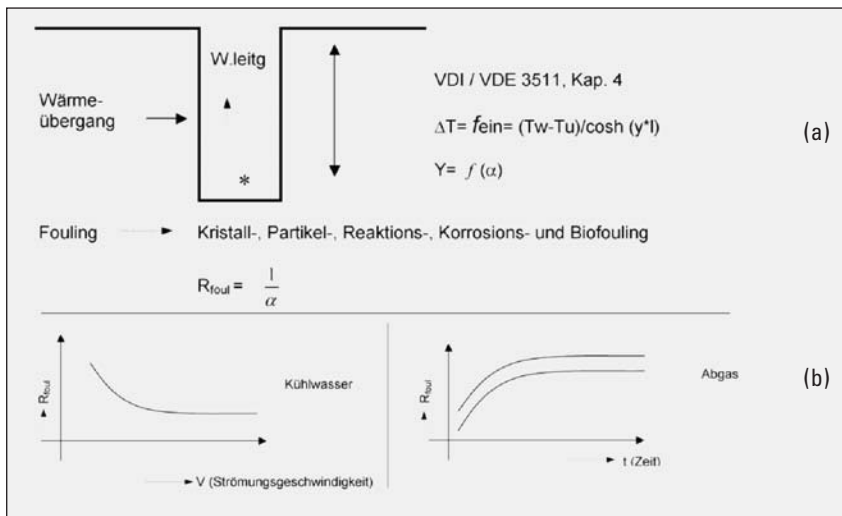
9.10 MST-Fühler zur Foulingkorrektur

Abwassertechnologie, Kühlwasserbereich, Verbrennungstechnik

Von der allgemeinen Prozesskontrolle unerkannt, kann es bei konstanten technologischen Parametern zu einer Temperaturanzeigenänderung bei einer Reihe von Prozessen kommen. Ursachen sind Kristall-, Partikel-, Reaktions-, Korrosions- oder Biofouling-Prozesse, die über einen längeren Zeitraum wirken und letztlich den Wärmeübergang des Temperaturfühlers verändern. Wär-

meübergangsveränderungen am Fühlerschutzrohr werden vom Temperaturfühler je nach vorliegenden Medienparametern mit einem Messfehler quittiert, der dem Einbaufehler entspricht. Im 3-fach Temperaturfühlersystem und der entsprechend zugehörigen MST-Elektronik, kann auf ähnliche Weise wie bei der Einbaufehlerkorrektur der Fehler korrigiert werden. Der Foulingfehler

verursacht einen veränderten Wärmeübergang, der wiederum zu einem veränderten Differenzschema an den drei Temperaturfühlern führt. Die Elektronik registriert diese Differenzveränderung und nimmt eine Korrektur des Temperaturfehlers vor.



Das Fouling-Prinzip (a) sowie Fouling-Verläufe im Kühlwasser und Abgasstrom (b)

9.11 MST-Prüffühlerset

Für die Prüfung von Messstellen wurde ein spezielles MST-Fühler-Set entwickelt. Dieses ermöglicht die Überprüfung der Genauigkeit von Temperaturfühlern im eingebauten Zustand und trägt so zu einer wesentlichen Reduzierung des Aufwands und der Zeit für die Prüfung bei.

Das MST-Prüffühler-Set besteht im wesentlichen aus einem hochwertigen Prüffühler mit 2 mm Fühlerrohr, dem MST-Modul (fest montiert am Prüffühler oder als flexibel einbaubarer Zwischen-

baustein), einer Batteriebox und einem PDA (Typ Casio). Das 2 mm Schutzrohr ist bis zu einem Messbereich von 230 °C einsetzbar und reagiert sehr schnell auf Temperaturänderungen. Darüber hinaus kann es als Prüffühler in prozessprüfbare Systeme eingesetzt werden, die im Kapitel 9.9 beschrieben wurden.

Diese Konfiguration ist als Hand-Held-System einsetzbar. Es können folgende Funktionen und Parameter angezeigt bzw. eingegeben werden:

- Eingabe des Bedieners
- Eingabe der Messstelle
- Eingabe der Messtemperatur des zu prüfenden Fühlers
- Eingabe Nummer oder Position des zu prüfenden Fühlers
- Anzahl der aufzunehmenden Messwerte

Nacheinander können bis zu 100 Messungen durchgeführt und im PDA zwischengespeichert werden. Nach Verbindung mit einem PC werden die Messwerte ausgelesen und stehen für die weitere Verarbeitung zur Verfügung.



MST-Prüffühler-Set bestehend aus Prüffühler, PDA und Batteriebox



PDA-Oberfläche

Temperaturmeßtechnik Geraberg GmbH

Heydaer Straße 39 D-98693 Martinroda

Tel: +49 (0) 3677 7949-0 Fax: +49 (0) 3677 7949-15

e-mail: tmg@temperatur.com

<http://www.temperatur.com>