

8361199

8361199



SENSOR '82

**Transducer-Technik u.
Temperaturmessung**

Transducer-Technology and Temperature Measurement

47



Konferenzunterlagen / Conference Proceedings

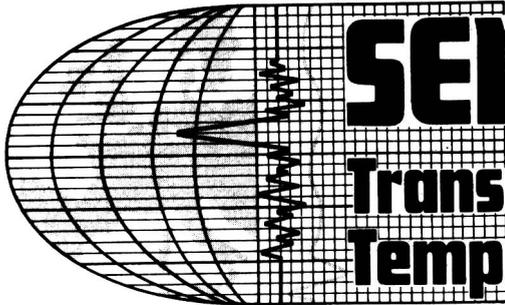
Band 2 Volume 2

**Temperatur- und Geschwindigkeitsmessungen
Temperature and Velocity Measurements**

Halle 5 · Messegelände Essen · BRD
12. — 14. Januar 1982

TP212-2 TP212-53
S1 S478
1982 X 1982
V.2 V.2
(8)

8361199



SENSOR '82

Transducer-Technik u. Temperaturmessung

Konferenz-Komitee/Conference Committee

Vorsitzender/Chairman: Prof. F. Durst: Universität Karlsruhe, BRD/FRG

Komitee/Committee: U. Führer: A. M. A., BRD/FRG
D. Detemple: Schott-Geräte GmbH, BRD/FRG
J. S. Johnston: Rosemount Engineering Ltd., GB/UK
J. Scholz: Degussa AG, BRD/FRG
H. Vanvor: W. C. Heraeus GmbH, BRD/FRG



E8361199

Trägerverbände/Supporting Associations



Arbeitsgemeinschaft Meßwertaufnehmer e.V., München



British Scientific Instrumentation Manufacturers
Association



Committee on Hydraulic Laboratory Instrumentation

Band 2/Volume 2

Temperatur- und Geschwindigkeitsmessungen Temperature and Velocity Measurements

Sitzung 5 / Session 5

Temperatur- und Geschwindigkeitsmessungen
Temperature and Velocity Measurements

Sitzung 6 / Session 6

Dünnschicht-Sensoren für Messungen von Temperaturen
und Drücken
Thin Film Sensors for Measurements of Temperatures
and Pressures

Sitzung 7 / Session 7

Geschwindigkeitsmessungen in Einphasenströmungen
Velocity Measurements in Single-Phase Flows

Sitzung 8 / Session 8

Messungen in Zweiphasen-Strömungen
Measurements in Two-Phase Flows

Bei diesem Band handelt es sich um den zweiten aus einer Reihe von drei Bänden, die Vortragsmanuskripte der Konferenz **SENSOR '82** enthalten.

This volume is the second of three covering the proceedings of **SENSOR '82** Conference.

Die Titel der Bände lauten:/The titles of the volumes are:

- Band 1** Mechanische und Thermodynamische Messungen
Mechanical and Thermodynamic Measurements
- Band 2** Temperatur- und Geschwindigkeitsmessungen
Temperature and Velocity Measurements
- Band 3** Meßwertaufnehmer-Entwicklungen und -Anwendungen
Sensor Developments and Applications

Diese Bände sind erhältlich durch:/These volumes may be obtained by contacting:

Network GmbH

An der Friedenseiche 10
D-3050 Wunstorf 2
Telefon (05033) 1056
Telex 924545

Network

Printers Mews, Market Hill
Buckingham MK 18 1JX England
Telefon Buckingham (02802) 5226/5227
Telex 83111

Network © 1982
ISBN 0-9049-9995-5

Band 2: DM 140,-
£ 30,-

Sitzung 5/Session 5

**Temperatur- und Geschwindigkeitsmessungen
Temperature and Velocity Measurements**

**Vorsitzender/Session Chairman
H. Vanvor, Heraeus, BRD**

Inhaltsverzeichnis/Index

Seite/Page

Sitzung 5/Session 5	Temperatur- und Geschwindigkeitsmessungen Temperature and Velocity Measurements	
Vorsitzender/Session Chairman	H. Vanvor, Heraeus, BRD	
5.1 Infrarot-Temperaturmeß- und Regelungstechnik und ihre industrielle Anwendung	Infrared Temperature Measurement and Control and Industrial Applications	1
H. Fischer Ultrakust Gerätebau GmbH, Ruhmannsfelden, BRD, Tel. (0 99 29) 13 22		
5.2 Berührungsloses Messen von Temperatur, Konzentration und Dichte in gasförmigen Strömungen mit Hilfe von Laser-Streulichtverfahren	Non-Intrusive Measurements of Temperature, Concentration, and Density Gases Flows by Means of Laser Radiation	14
A. Leipertz Ruhr-Universität Bochum, Inst. f. Thermo- u. Fluidodynamik, BRD, Tel. (02 34) 7 00 30 83 + 7 00 25 41		
5.3 Die Emissionsabsorptionstechnik für Messungen der De-Excitation-Vibrations-Temperatur in einem durch einen Stoß aufgeheizten Kohlenmonoxid	Emission Absorption Technique for Measuring the De-Excitation Vibrational Temperature of Shock Heated Carbon Monoxide	33
A. Nasser University of Riyadh, College of Engineering, Saudi-Arabien, Telex: 201019		
5.4 Schnellauswerteverfahren zur Temperatur- und Konzentrationsbestimmung aus Vibrations-Q-Zweigen von spontanen Ramanspektren	Fast Data Handling for Temperature and Concentration Determination using Vibrational Q-Branched of Spontaneous Raman Spectra	48
H. J. Daams, R. Döpfer, E. Ostermann Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Lehrstuhl für Techn. Thermodynamik, BRD, Tel. (02 41) 80 53 85		
Sitzung 6/Session 6	Dünnschicht-Sensoren für Messungen von Temperaturen und Drücken Thin Film Sensors for Measurements of Temperatures and Pressures	
Vorsitzender/Session Chairman	J. Scholz, Degussa, BRD	
6.1 Dünnschicht-Meßwertaufnehmer und ihre Anwendungen	Newly Developed Thin Film Transducers and their Applications	61
M. Portat, A. Bruère, J. Godefroy, F. Hellas Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales, Onera, Frankreich, Tel. 6571160		
6.2 Entwicklung von Dünnschicht-Sensoren	Development of Thin-Film-Sensors	
E. Obermeier Fraunhofer Institut für Festkörpertechnologie, München, BRD, Tel. (0 89) 7 09 30		
6.3 Dünnschicht-Drucksensoren, eine neue Technik	Thin Film Pressure Sensors – A new Technique	78
H. Pirot Bell & Howell GmbH, Friedberg, BRD, Tel. (0 60 31) 90 41		
6.4 Platin-Dünnschicht-Widerstände als genaue und stabile Temperatur-Sensoren	Platinum Thin Film Resistors as Accurate and Stable Temperature Sensors	89
W. Diehl Degussa AG, Hanau, BRD, Tel. (0 61 81) 59 25 37		
6.5 Hochempfindliche Bolometer in Dünnschichttechnik	Highly Sensitive Thin Film Bolometer	102
R. Hartmann, M. Seiders Battelle-Institut e.V., Frankfurt, BRD, Tel. (06 11) 79 08-26 87		

Band 2 =

Referat 6.2 fehlt

Dieser Vortrag lag bei Drucklegung nicht vor und wird nachgereicht.

This paper was not available at printing time. It will be furnished separately.

Sitzung 7/Session 7	Geschwindigkeitsmessungen in Einphasenströmungen Velocity Measurements in Single-Phase Flows	
Vorsitzender/Session Chairman	D. Liepsch, Fachhochschule München, BRD	
7.1	Hitzdraht-Anemometrie bei stark veränderlichen Strömungstemperaturen Hot-Wire Anemometers in Flows with Strongly Varying Temperatures W. Nitsche Institut für Luft- und Raumfahrt der TU Berlin, BRD, Tel. (0 30) 3 14 44 49	117
7.2	Eine neue Hitzdrahtsonde für Hochgeschwindigkeits- und Hochtemperatur-Gasdynamik A new hot Wire Probe for High Speed and High Temperature Gas Dynamics V. Mikulla MBB GmbH, München, BRD, Tel. (0 89) 60 00-36 81	128
7.3	Ein optischer Sensor für Durchflußmessungen An Optical Sensor for Flow Rate Measurements D. Dopheide, G. Taux Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig, BRD, Tel. (05 31) 5 92-36 03	137
7.4	Messungen der Strömungsgeschwindigkeit überschallschneller Gase mittels Elektronenstrahltechnik Measurement of Supersonic Gas Flows by Means of Electron Beams C. Dankert DFVLR-AVA Institut für Experimentelle Strömungstechnik, Göttingen, BRD, Tel. (05 51) 7 09-23 22	154
Sitzung 8/Session 8	Messungen in Zweiphasen-Strömungen Measurements in Two-Phase Flows	
Vorsitzender/Session Chairman	F. Durst, Universität Karlsruhe, BRD	
8.1	Konzentrations- bzw. Dichtemessung von physikalischen Gemischen bei der Förderung durch Rohrleitungen Concentration and Density Measurements of Two-Phase Mixtures in Pipes J. Keska Institut für Fördertechnik, Abt. Strömungsfördertechnik, Universität Karlsruhe (TH), BRD, Tel. (07 21) 6 08-44 72	168
8.2	Ein Verfahren zur Bestimmung wandnaher Strömungsvorgänge bei Wasserfeststoff-Gemischen A Method to determine Close Wall Flows in Water-Solid-Mixtures A. Führböter, G. Fröhlich, M. Mittelstädt TU Braunschweig, Leichtweiß-Institut für Wasserbau, BRD, Tel. (05 31) 3 91 39 30	186
8.3	Messung örtlicher Geschwindigkeiten der Flüssigphase in Blasenströmungen Measurements of Local Velocities in Bubble Flows P. Krizan TU München, Lehrstuhl A für Verfahrenstechnik, BRD, Tel. (0 89) 21 05 28 40	203
8.4	Optische Messungen von Blasengrößenverteilungen in Belebungsmodellen zur Untersuchung des Lufteintrags Optical Measurements of Bubble-Size Distributions in Models of Aeration Tanks to study Air Entrainment R. Kleine, F. Nestmann Institut für Hydromechanik, Universität Karlsruhe, BRD, Tel. (07 21) 6 08-35 33	218

5.1 Infrarot-Temperaturmeß- und Regelungstechnik und ihre industrielle Anwendung

Infrared Temperature Measurement and Control and Industrial Applications

H. Fischer

Ultrakust Gerätebau GmbH, Ruhmannsfelden, BRD, Tel. (099 29) 13 22

Summary

Für wärmetechnische Prozesse sind der Einsatz von Einbaufühlern und Regelanlagen seit langem erprobt und in der Techn. Richtlinie VDE/VDI 3511 beschrieben.

Die vorteilhafte Anwendung von Infrarotaufnehmern und nachfolgender Signalverarbeitung im niederen Temperaturbereich von -50 bis 600°C konnte sich erst in den letzten Jahren durchsetzen.

Die berührungslose Messung ist dort von Interesse, wo sich das Meßobjekt bewegt, durch den technologischen Prozeß nur kleine Standzeiten für Einbaufühler zu erwarten sind, oder/und aggressive, z. B. chemische Belastungen vorherrschen.

Es werden die praktisch interessierenden Grundlagen für Strahlungsthermometer eingeführt und auch über verschiedene Einflußgrößen auf die Meßgenauigkeit (Emissionsfaktor, Zwischenmedien, Fremdstrahlung) berichtet.

Dabei wird anhand einer Regelung der Kühlaggregate einer Lämpmaschine gezeigt, wie durch eine Zusatzeinrichtung am Aufnehmer eine nahezu Emissionsfaktor - unabhängige Messung erreicht werden kann.

Anhand erprobter Anwendungsfälle bei der Herstellung von PU-Folien für die Umwelttechnik, von Kontaktlinsen im Durchlaufofen sowie für das Thermoformen unter Heizstrahlern werden die Verwendungsgrenzen aufgezeigt und die technische Konzeption für eine verbesserte Regelgüte angegeben.

Mit Hilfe von berührungslosen Meß- und Regeleinrichtungen wird bei der Asphaltmischung (Trocken- und Fertiggut) durch optimale Führung der Parameter eine erhebliche Energieeinsparung erzielt.

Grundlagen

Temperaturmessungen sind durch Wärmeübertragung (Konvektion bei gasförmigem Zwischenmedium) und durch Wärmeleitung bei direktem Kontakt von Meßobjekt und "Fühler" möglich. Daneben kann die Temperatur eines Meßobjektes aufgrund der von diesem Körper ausgesandten Strahlung bestimmt werden. Diese elektromagnetische Strahlung wird gekennzeichnet durch ihre Intensität (Strahlungsfluß) sowie die Wellenlänge im ultraroten Bereich (0.9 bis 14 μm) oberhalb des ultravioletten und der des sichtbaren Lichtes. Die Zusammenhänge sind in DIN 5496 dargestellt. (Lit. 1, 2) Diese Methode unterscheidet sich wesentlich von den anderen bekannten Verfahren der Temperaturmessung, da man hier eine berührungslose Messung vornehmen kann.

Bei herkömmlichen Verfahren der Temperaturmessung wird ein Temperaturfühler verwendet, der durch unmittelbaren Kontakt mit dem Meßobjekt dessen Temperatur annehmen muß.

Die Folge ist eine Beeinflussung der Objekttemperaturen, d. h. an der Berührungsstelle entsteht ein Wärmeentzug, der besonders bei schlechten Wärmeleitern zu großen Anzeigeverzögerungen und erheblichen Fehlmessungen führen kann.

Dagegen entsteht bei der berührungslosen Messung keinerlei Beeinflussung oder Rückwirkung auf das Meßobjekt.

Die berührungslose Temperaturmessung mit Strahlungsthermometern bzw. Strahlungs-pyrometern wird angewandt:

- an sich bewegenden Objekten
- an schwer zugänglichen Objekten (z. B. unter Vakuum)
- an Materialien mit schlechter Wärmeleitung
- an Materialien mit kleiner Wärmekapazität

Um die meßtechnisch zu beachtenden Randbedingungen bei der Strahlungsthermometrie zu erkennen, sei in Bild 1 der vom Strahlungsthermometer aufgenommene Strahlungsfluß mit seinen Anteilen dargestellt. Es sind:

- a) der Teil der Strahlung von einem Fremdstrahler, welcher vom Meßobjekt zurückgeworfen wird. Er wird durch den Reflexionsgrad ζ symbolisiert.
- b) der Teil der Strahlung, der vom Meßobjekt aufgenommen und wieder emittiert wird. Er wird durch den Absorptionsgrad α symbolisiert.
- c) der Teil der Strahlung, der durch das Meßobjekt hindurchtritt. Er wird durch den Transmissionsgrad τ symbolisiert (Hintergrundstrahlung).

Der Absorptionsgrad α entspricht dem Emissionsgrad und ist für die Erwärmung der bestrahlten Gegenstände verantwortlich. Materialien mit einem hohen Absorptionsgrad haben auch einen hohen Emissionsgrad und erwärmen sich dementsprechend gut.

Genaugenommen müßte man eigentlich vom spektralen Reflexionsgrad, spektralen Absorptionsgrad und spektralen Transmissionsgrad sprechen, da diese Werte von der Wellenlänge abhängig sind. Die Summe der 3 Werte muß jedoch definitionsgemäß im gleichen Wellenlängenbereich immer 1 ergeben, d. h. $\zeta + \alpha + \tau = 1$ (Energieerhaltung).

Im Bereich 1 - 15 μm ist der sogenannte Gesamt-Emissionsgrad ϵ bei Metalloxyden und Kunststoffen konstant. Transmission ist bei der Messung von dünnen Kunststoff-Folien ($d < 200 \mu\text{m}$) zu beachten, da hier der Emissionsgrad nicht nur von der Wellenlänge, sondern auch von der Dicke der Folie abhängig ist.

Bei allen anderen Messungen gilt:

$$\text{für } \tau = 0 : \epsilon = 1 - \zeta$$

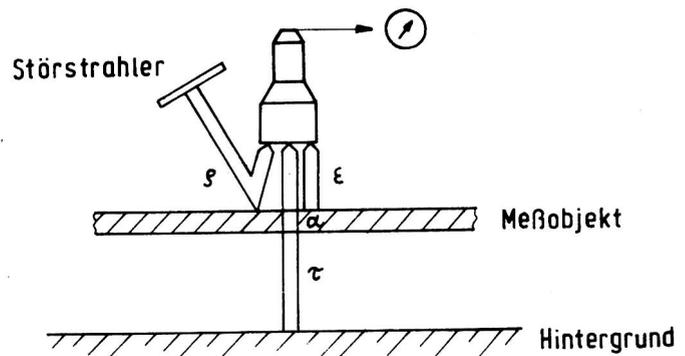


Bild 1 :
Anteile der Strahlungsflüsse
zur Bildung des Meßsignals

Einflußgrößen bei der Infrarot-Thermometrie

Emissionsgrad und dessen Bestimmung

Eine genaue berührungslose Messung der Temperatur ist nur möglich, wenn der Emissionsfaktor ϵ (kurz E-Faktor) des Meßobjektes bekannt ist. Der Emissionsfaktor ist abhängig vom Material und dessen Oberflächenbeschaffenheit. Theoretische Werte werden in der einschlägigen Literatur und den Bedienungsanleitungen der Strahlungsthermometer genannt. (Lit. 3, Bild 7)

Da der E-Faktor jedoch auch von der Wellenlänge, der Temperatur und der Strahlaustrittsrichtung abhängt, können die in den Tabellen angegebenen Werte nur als grobe Anhaltswerte, z. B. für die Projektierung, genutzt werden. Allgemein gilt, daß rauhe, matte oder oxydierte Oberflächen einen höheren E-Faktor aufweisen als blanke Materialien.

In der Praxis ist es jedoch empfehlenswert, den E-Faktor einmalig durch eine Vergleichsmessung zu überprüfen. Angaben dazu werden in der Literatur gemacht (Lit. 2, 4). Bei stark abweichenden Emissionsfaktoren vom eingestellten Wert kann mit den in Bild 2 dargestellten Korrekturwerten gerechnet werden. Als Anhalt mag gelten, daß eine Abweichung von $\pm 0,01$ eine Temperaturfehlanzeige von ca. 1K zur Folge hat (s. Eintragung).

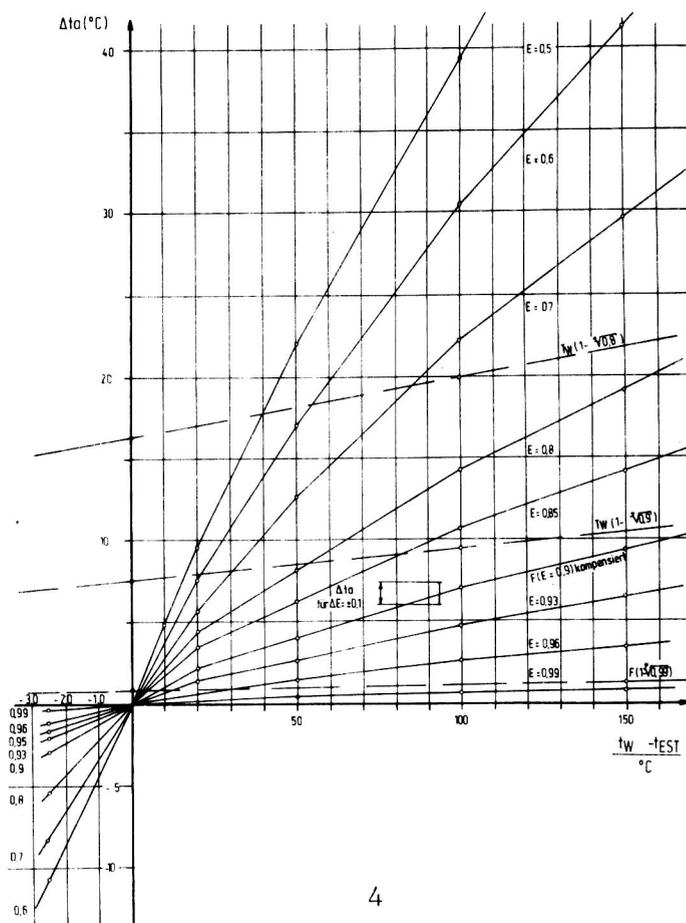


Bild 2 :
Korrektur der Anzeige
eines Strahlungsthermo-
meters bei abweichendem
Emissionsfaktor

Meßfeld

Strahlungsthermometer werden in der Regel mit Festoptiken ausgerüstet, d. h. einem bestimmten Meßabstand ist ein entsprechender Meßfelddurchmesser zugeordnet. Es gibt keine Meßfehler, solange das Meßobjekt im Verhältnis zum vorhandenen Meßfelddurchmesser hinreichend groß ist. Die Werte für die Meßfeldgrößen in einer bestimmten Entfernung sind aus den Meßfelddiagrammen zu entnehmen (s. Datenblätter). Voraussetzung für eine korrekte Messung ist eine homogene Temperaturverteilung innerhalb des Meßfeldes. Ansonsten wird der Mittelwert angezeigt.

Störstrahler

Der Einfluß von Fremdstrahlung ist für alle Pyrometerarten von Bedeutung. Als Störstrahler kommen in Frage: Tageslicht (Sonne, Wolkenstrahlung), Infrarotstrahler, Glühlampen, Heizkörper usw.

Bei richtiger Anordnung des Strahlungsfühlers gegenüber dem Meßobjekt, kann man den direkten Einfall der Störstrahlung vermeiden.

Von entscheidender Bedeutung bei der Auswahl der Fühler ist die Überlegung, ob man einen Strahlungsfühler mit oder ohne Filter wählt. Ein optisches Filter ist immer dann notwendig, wenn mit Störstrahlung gerechnet werden muß.

Das bedeutet für die Praxis, wenn mit direkter oder indirekter Sonneneinstrahlung (blauer Himmel) bei der Messung im Freien zu rechnen ist, oder wenn das Meßobjekt über Infrarotstrahler beheizt wird (z. B. Thermoförmern bei der Kunststoffverarbeitung), oder aber, wenn eine Abstrahlung von heißen Wänden (bei Glüh- und Trocknungsprozessen) bzw. Heizkörpern vorherrscht, so sollte immer ein optisches Filter vorgesehen werden.

Dabei ist es wichtig, daß der "Abstand" der maximalen Wellenlänge des Fremdstrahlers zu der unteren Wellenlänge des Filters groß genug ist. In der Praxis hat sich gezeigt, daß ein Filter mit einer spektralen Durchlässigkeit von 8 ... 14 μm optimal ist.

Zwischenmedien

Die Anzeige von Strahlungsthermometern wird auch durch sogenannte Zwischenmedien wie Staub, Wasserdampf und Gase beeinflusst.

In Bild 3 werden die Absorptionsbande von Wasser und Kohlendioxyd in Abhängigkeit von der Wellenlänge aufgezeigt. Bei Gesamtstrahlungsthermometern tritt diese Erscheinung jedoch erst bei mehr als 1 m Entfernung vom Meßobjekt auf.



Bild 3: Lage von Absorptionsbande im Wellenlängenbereich 2-20µm (s. Infra-Calculator Lit. 6, 7).

Man sieht deutlich, daß bei Verwendung eines Bandstrahlungspyrometers mit dem Spektralbereich 8 ... 14µm diese Einflüsse eliminiert werden.

Weitere Auswahlkriterien bei Infrarotfühlern

Die Optik der Strahlungsfühler ist standardmäßig mit einer Folie abgeschlossen. Oft empfiehlt es sich, wegen der einfachen Reinigung eine Feststoffscheibe zu verwenden. Wird die maximale Umgebungstemperatur der Fühler von 50° C überschritten, so ist ein Wasserkühlmantel vorzusehen. Wenn bei der Messung mit Staub oder Dämpfen gerechnet werden muß, sollte ein Wasserkühlmantel mit Luftspülung eingesetzt werden. Diese Kühlmäntel sind mit einer Ringdüse versehen, durch welche die Luft ausgeblasen und das Strahleneintrittsfenster saubergehalten wird. Dabei sollte man darauf achten, daß die Luft öl- und wasserfrei ist. Die Strahlungsfühler können auch im explosionsgefährdeten Bereich verwendet werden. Hier werden die Infra-Fühler mit dem außerhalb des Ex-Bereiches angeordneten Gerät über Sicherheitsbarrieren verbunden. Diese Anordnung wird als "Eigensicherer Meßkreis" bezeichnet.

Industrielle Anwendungen von berührungslosen Temperatur-Meß- und Regelgeräten

Für Stichprobenkontrollen während der Fertigung stehen handliche, kombinierte Berührungs- und Strahlungsthermometer mit einer großen Palette von aufgabenbezogenen Fühlerkonstruktionen zur Verfügung.

Diese Geräte werden neuerdings standardmäßig mit Fühlern ausgerüstet, die mit Interferenzfiltern im Bereich 8 bis 14 μm arbeiten.

Sie haben für die bessere Tendenzanzeige eine analoge Anzeige mit Spiegelskala. Etwas aufwendigere Geräte erfassen den Gesamtbereich bis 600 $^{\circ}\text{C}$ und haben Digitalanzeige.

Der Einsatz von stationären S200 - Anlagen - Strahlungsfühler für robusten Einsatz und Schalttafelinstrumente bzw. Meßumformer ("Transmitter") - soll an einigen Beispielen verdeutlicht werden, die sich in der Praxis seit einiger Zeit bewährt haben.

1.

Der Kühlmittelkreislauf an einer Läppmaschine besteht aus dem Infrarotaufnehmer, dem Meßumformer (MU für 0 bis 10 V / 20 mA) und einem Regler (96 x 96 DIN) mit Zweipunktverhalten (Rückführung für Verbesserung der Regelgüte möglich), der ein Kühlaggregat führt.

Der Sollwert wird im Bereich 29,9 bis 89,9 $^{\circ}\text{C}$ digital eingestellt. Das Meßobjekt ist das Poliertuch, welches sich zwischen den sich gegenseitig drehenden Oberteil und Werkstück befindet. (Bild 4) Der Emissionsfaktor des Tuches ändert sich, so daß der gewünschte Temperaturwert des Kühlmittels von 55 \pm 0,5 $^{\circ}\text{C}$ nicht erreicht werden würde (Wärmeausdehnung). Der Aufnehmer wird daher mit einem konusförmigen Reflektor versehen, der mit Hilfe des Kühlmittels im Bypass auf die konstante Sollwerttemperatur gebracht wird.

Die Messung wird durch die damit bewirkte "Emissionswandlung" unabhängig von den technologisch bedingten Veränderungen. Es gilt nämlich mit $T_x = \vartheta_x + 273,2$; $T_x^4 = \epsilon_T T_T^4 + \zeta_T T_{km}^4$ und für $\vartheta_{km} \approx \vartheta_T$ wird $T_x^4 = (\epsilon + \zeta) T_T^4$ und somit $\vartheta_x = \vartheta_T$.

Dieser "Meßtrick" ist bei allen Aufgaben anwendbar, die einen Regelkreis bedingen und bei denen sich der Emissionsgrad des Objektes (Istwert) im Bereich 0,8 \pm 0,2 verändert.

2.

Bei einer Reihe von Automatisierungsaufgaben kann die Reproduzierbarkeit der Qualität der Erzeugnisse erst dadurch erreicht werden, daß eine sog. Kaskadenregelung vorgesehen und die dafür notwendige

Führungsgröße durch eine berührungslose Messung gewonnen wird.

Als Kaskadenregelung bezeichnet man regelungstheoretisch mehrschleifige Regelkreise, bei denen die äußeren Regler den inneren Reglern die Sollwerte vorgeben. Dadurch enthält nurmehr der innere Kreis das Leistungsstellglied.

In den hier betrachteten Fällen arbeiten die nachgeschalteten Regler (Heizzonen) unabhängig voneinander. Deren Sollwerte werden jedoch mit der Regelabweichung des Führungsreglers korrigiert (P-Regler anstelle PI-Regler).

2.1

Die Zonenwandtemperatur eines Extruders wird sinnvoll von der sog. Massetemperatur geführt, da die aufwendige Umstellung der Regler bei Änderung der Mischung etc. entfällt.

Der Aufnehmer muß druckfest sein (400 Bar), wenn über Lichtleiter in der Schneckenspitze gemessen wird. Dieses Problem wird einfacher, wenn direkt an der Spritzdüse gemessen werden kann (Hi. k).

2.2

Beim Einbrennen von Lack an Pkw-Karosserien soll der erforderliche Temperatur-Zeitverlauf (z. B. 185 °C über 15 Min. o. ä.) im Trockenkanal überwacht werden. Das gewonnene Signal beeinflusst die Lufttemperatur oder den Bandvorschub.

2.3

Bei der Herstellung von Kunststofflinsen (sog. "weichen" Kontaktlinsen) wird durch die berührungslose Messung der Schmelzprozeß hinsichtlich der Qualität und des Leistungsbedarfs verbessert (s. a. Bild 4).

2.4

Beim Vakuumverformen von Folien werden die bis zu 12 Zonenregler für die Infrarotheizung von der berührungslos abgegriffenen Folientemperatur geführt, die der eigentliche Standard für die Qualität ist (Hintergrund kalt beim "Wegfahren" des Heiztisches).

2.5

Bei Verpackungsmaschinen wird für eine ordnungsgemäße Siegelbacken-

Regelung die Messung der Nahtemperatur und ein "Ausblenden des kalten Hintergrundes" notwendig, der durch den intermittierenden Betrieb entsteht.

2.6

Bei einem Trommelextruder (1.5 m Durchmesser, 5-15 m lang) werden die Sollwerte der Zonenregler von der Regelabweichung des Führungsreglers korrigiert, dessen Meßwert von einer traversierenden Bühne aus erhalten wird. Damit wird ein konstantes Temperaturprofil "gefahren".

In den Beispielen 1 bis 5 haben die Zonenregler Eingangsschaltungen für FEKO-Thermoelemente oder Widerstandsthermometer, meist Pt 100. Im Fall 6 müssen wegen der sich drehenden Trommel, die von Infrarotstrahlern beheizt wird, auch die Zonenelemente berührungslos abgetastet werden. In diesem Fall und bei heißem Hintergrund in Pausenzeiten (Ofenwandabstrahlung) werden die Fühler mit optischen Filtern (8 bis 14 μm) ausgerüstet.

In Bild 5 ist repräsentativ für die geschilderten Anwendungen die Regelung des Schmelzprozesses an Kunststofflinsen dargestellt (2.3).

In drei Heizzonen wird eine Umlufttemperatur von ca. 185 °C erreicht, wobei dem Aufheizprozeß Bedeutung zukommt ($W_{si} < W_{s1}$ u. s. f.).

Der optimale Schmelzbereich des Granulats liegt bei 120 bis 125 °C im Werkzeug. Es wird daher das Meßobjekt (8 mm \varnothing bei 3 mm Stärke) durch eine Öffnung im Kanal anvisiert. Da dies intermittierend erfolgt, wird ein Momentanwertspeicher MWS hinter der Linearisierung notwendig. Solange der Kontakt SP1 (Vorgabe über W_F) geschlossen ist, liefert der MWS ein proportionales Signal. Erreicht der Istwert den Sollwert oder bewegt sich der Meßfleck aus dem Sichtbereich des Aufnehmers, öffnet SP1 und MWS speichert den augenblicklichen Wert.

Erst wenn wieder ein Meßobjekt in den Sichtbereich des Fühlers kommt, wird gelöscht und ein aktueller Wert verarbeitet.

Die Regelabweichung wird aus dem initiierten Signal gebildet:

$$W_s (\text{Strecke}) = W_F (\text{Sollwert Führung}) - \overline{X_{Fi}}$$

Der gewünschte Toleranzbereich für den Istwert X_{Fi} wird durch den Sollwert eingestellt:
$$W_F = \overline{X}_F + \frac{\Delta W_s}{2}$$

Ein weiterer Kontakt SP2 dient zu Steuerzwecken für die mögliche Alternative:

- a/ $X \text{ (Pause)} \gg W_F$: Hintergrund ist heiß
b/ $X \text{ (")} < W_F$: Hintergrund ist kalt.

Über $W_H = (1 \pm 0,1) W_F$ kann im Fall b/ in Pausenzeiten die Führungsgröße zu Null gemacht werden, d. h. jeder Zonenregler arbeitet entsprechend dem eingestellten Sollwert.

Die Einstellung der Regler und ihrer Rückführungen erfolgt entsprechend der an der Anlage aufgenommenen Zeitkonstanten der Strecken, wobei Bandgeschwindigkeit, Beladung des Kanals sowie Zugluft als Störgrößen auftreten können.

Der Vorteil beim Einsatz von Einzelreglern liegt darin, daß bei Ausfall des Führungsreglers "von Hand" weitergefahren werden kann. Bei Ausfall eines Zonenreglers übernehmen die verbleibenden Regler aufgrund des geänderten Abweichungssignals seine Aufgaben.

Die Steuerung des MWS vom Temperaturwert der Strecke her hat Vorteile gegenüber dem Einsatz von optischen oder induktiven Initiatoren.

Es wird gezeigt, daß die Fortschritte bei der Strahlungsthermometrie den Stand der Technik wesentlich befruchten konnten.

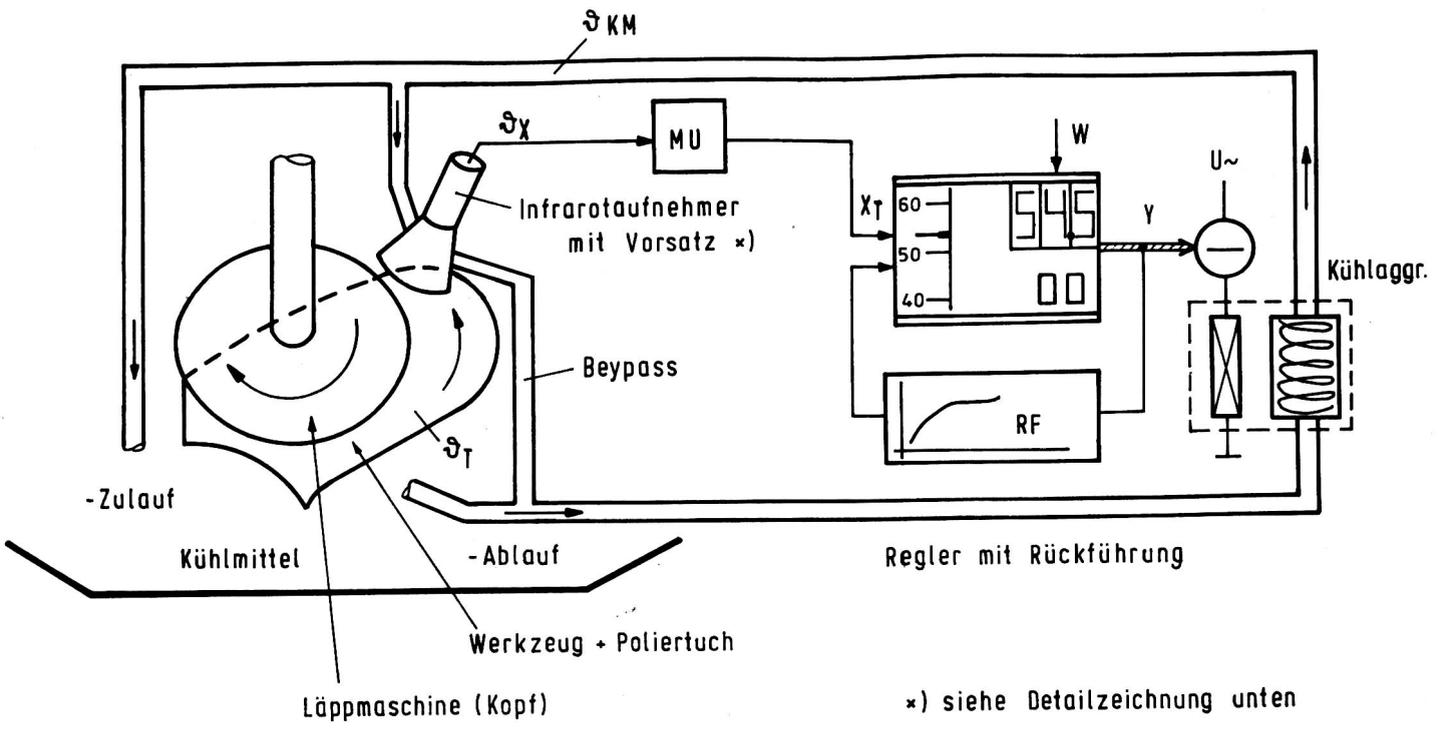


Bild 4:
 Prinzipschaltbild für berührungslose Temperaturmessung und -regelung
 unabhängig vom Emissionsfaktor

