

Thermoelektrische Pyrometer



SIEMENS & HALSKE A.-G.
Wernerwerk, Siemensstadt bei Berlin

Thermoelektrische Pyrometer



SIEMENS & HALSKE A.-G.
Wernerwerk, Siemensstadt bei Berlin

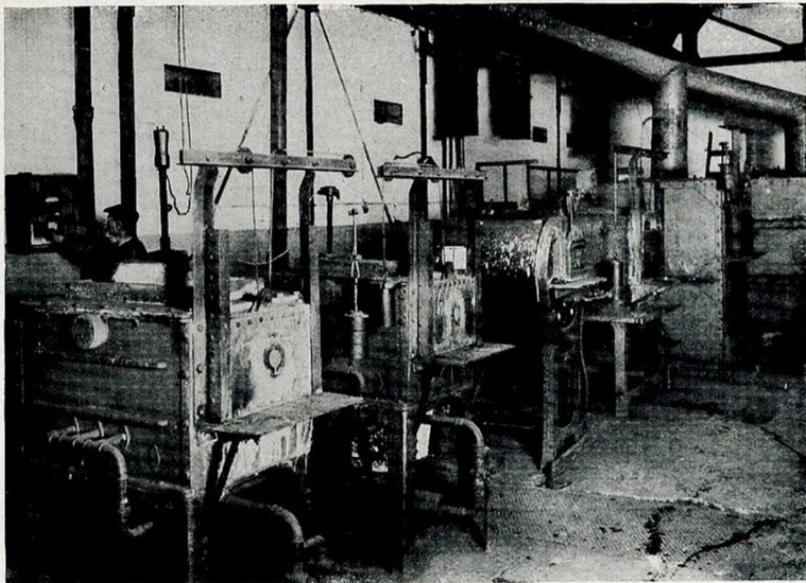


Bild 1. Härteöfen mit eingebauten Pyrometern. Das an der Wand angebrachte Meßinstrument wird mit Tastenschalter auf die verschiedenen Öfen umgeschaltet. Aufgenommen in der Härterei von Stock & Co., Berlin-Marienfelde.

ihnen ebenfalls im Hochofenbetriebe zur Kontrolle der Winderhitzer und der Gichtgastemperatur. Äußerst wichtig beim Herstellen von Werkzeugen ist die genaue Temperaturmessung beim Verarbeiten des Stahls. Nur dann kann man brauchbare und widerstandsfähige Werkzeuge erhalten, wenn man imstande ist, die Temperatur des Stahls beim Erhitzen und Abkühlen genau zu beobachten. Hierfür sind die thermoelektrischen Pyrometer besonders geeignet. In neuerer Zeit haben sie auch in Glasindustrie und Keramik in großem Umfang Eingang gefunden. Hier bilden sie ein hervorragendes Hilfsmittel, gleichmäßige Erzeugnisse zu erzielen, die Fabrikationseinrichtungen zu schonen und den Brennstoffverbrauch zu überwachen.

In gleicher Weise wie im stationären Kraftwerksbetriebe können die thermoelektrischen Pyrometer auch auf Lokomotiven und Schiffen verwendet werden.

II. Beschreibung.

Erhitzt man die Verbindungsstelle zweier miteinander verschweißter oder verlöteter Drähte aus verschiedenen Metallen, während die freien Enden kalt bleiben, so entsteht zwischen den freien Enden eine elektrische Spannung, die mit einem einfachen Spannungsmesser gemessen werden kann. Die Größe der Spannung ist abhängig von dem Material der Drähte und dem Temperaturunterschied zwischen der Lötstelle und den freien Enden des Thermoelements, nicht aber von Länge und Querschnitt der Drähte. Da die Spannung von der Temperatur abhängig ist, kann das Anzeige-Instrument nach Temperaturgraden geeicht werden.

An den Stellen, an denen die Temperatur gemessen werden soll, werden Thermometer in Form von „Thermoelementen“ angebracht. Da die Thermoelemente sehr gleichmäßig hergestellt werden können, ist es ohne weiteres möglich, durch eine Schaltvorrichtung mehrere Thermometer wahlweise nacheinander mit dem Anzeige-Instrument zu verbinden. Der Ausschlag des Anzeige-Instruments zeigt die Spannungs- und damit auch die Temperaturänderung des Thermometers an. Die als Temperaturanzeiger verwendeten Instrumente können als einfache Betriebsmeßinstrumente oder als elektrisch hochempfindliche Feinmeßinstrumente ausgeführt werden. Sie können Zeiger-Instrumente sein, aber auch mit

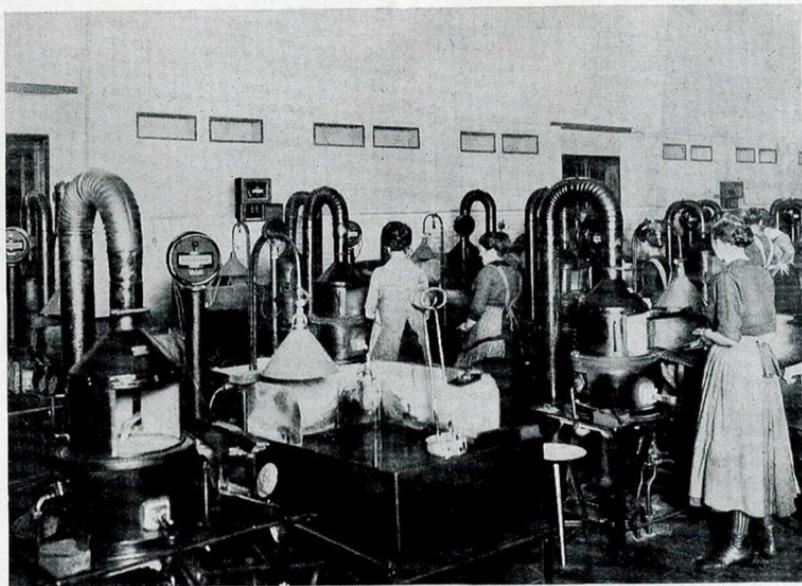


Bild 2. Kleine Bleibadöfen mit eingebauten Pyrometern. An jedem Ofen ist ein besonderer Temperaturmesser aufgestellt. Aufgenommen in der Härterei von Stock & Co., Berlin-Marienfelde.

Hilfe einer besonderen Vorrichtung die gemessene Temperatur in bestimmten Zeitabschnitten punktweise aufschreiben.

Bei manchen Anlagen ist es erwünscht, die Temperaturen der wichtigsten Meßstellen mit einem Blick übersehen zu können. An Stelle eines Anzeige-Instruments mit Umschalter verwendet man dann eine Reihe dauernd eingeschalteter Instrumente, die in einem Rahmen zu einem einheitlichen Ganzen vereinigt sind. Die Zeiger der Instrumente bilden dann eine Temperaturkurve, aus der man das Zurückbleiben der Temperatur an der einen oder anderen Meßstelle leicht erkennen kann.

Für kurzzeitige Messungen der Temperatur von Flüssigkeiten, Härtebädern und Metallschmelzen sind an Stelle fest eingebauter Pyrometer in den meisten Fällen tragbare Handpyrometer besser geeignet.

Bild 1 zeigt den festen Einbau von thermoelektrischen Pyrometern in mehreren Härteöfen, durch Tastenschalter umschaltbar auf ein Anzeige-Instrument. In Bild 2 ist eine Reihe von Bleibadöfen mit fest eingebauten Pyrometern ausgerüstet; jeder Ofen hat ein besonderes Anzeige-Instrument. Bild 3 stellt einen elektrisch geheizten Salzbadofen mit eingebautem thermoelektrischen Pyrometer dar. Das Anzeige-Instrument ist an der links sichtbaren Instrumentsäule angebracht.

a) Arten der Thermoelemente.

Die Thermoelemente werden aus unedlen oder edlen Metallen gefertigt. Die unedlen Metalle bieten den großen Vorteil, daß sie eine höhere elektromotorische Kraft erzeugen und damit die Verwendung der elektrisch weniger empfindlichen Betriebsinstrumente ermöglichen. Auch sind sie viel billiger, so daß sie auch in den Fällen beschafft werden können, in denen man vielleicht sonst der hohen Kosten wegen ganz auf elektrische Temperaturmessung verzichten müßte. Verlangt werden muß von dem Material der Thermoelemente, daß die Drähte bei den höchsten vorkommenden Temperaturen nicht schmelzen, nicht zerbrechen und sich in ihrer chemischen Zusammensetzung nicht verändern. Der Schmelzpunkt der unedlen Metalle liegt wesentlich niedriger als der der edlen. Man wird daher den unedlen Metallen den Vorzug geben, solange nicht Temperaturen zu messen sind, die die Verwendung edler Metalle erforderlich machen. Die gebräuchlichsten Thermoelemente, wie sie von der

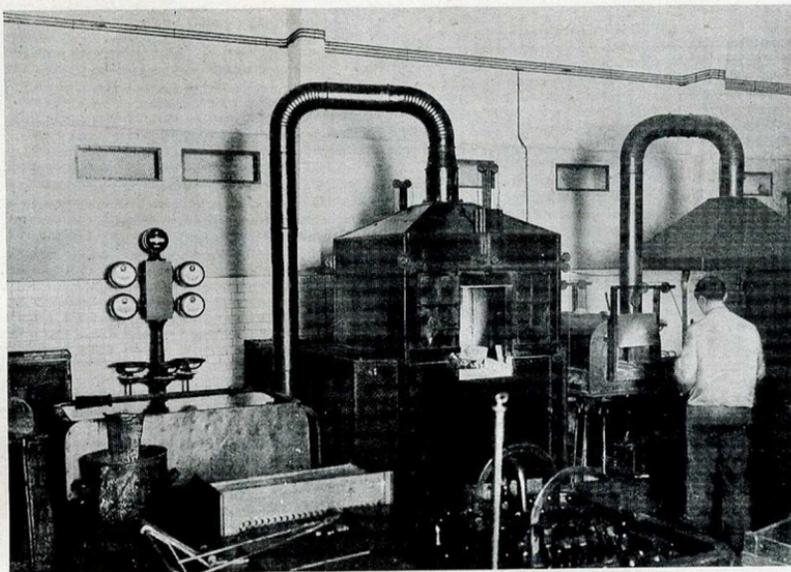


Bild 3. Elektrisch geheizter Salzbadofen mit eingebautem Pyrometer. Das Meßinstrument ist auf der links sichtbaren Instrumentsäule angebracht. Aufgenommen in der Härterei von Stock & Co., Berlin-Marienfelde.

Siemens & Halske A.-G. hergestellt werden, sind mit den Temperaturmeßbereichen und ihren EMK in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Thermoelemente aus	Temperaturmeßbereich bis °C	EMK bei vollem Meßbereich etwa Millivolt	Zum Messen können benutzt werden
Kupfer-Konstantan	500	25	Betriebs- und Feinmeßinstrumente
Eisen-Konstantan	800	45	
Nickel-Nickelchrom	1100	40	
Platin-Platinrhodium	1600	16,67	Feinmeßinstrumente

Die Thermoelemente dieser vier Gruppen werden neuerdings hinsichtlich ihrer thermoelektrischen Eigenschaft so gleichmäßig ausgeführt, daß beim Austauschen der Elemente eine Neueichung des Anzeige-Instruments oder die Verwendung einer Korrektionstabelle nicht erforderlich ist.

Während die Thermoelemente aus unedlen Metallen aus Drähten mit einem Durchmesser von 3 mm (Bild 4a) hergestellt werden, werden im praktischen Betriebe Platin-Platinrhodium-Elemente mit einem Durchmesser von etwa 0,5 mm verwendet. Eine besondere Art des Kupfer-Konstantan-Thermoelements bildet das Kupferrohr-Konstantan-Element, bei dem der Konstantandraht isoliert in ein Kupferrohr eingebettet ist.

Solange die zulässigen Höchsttemperaturen nicht überschritten werden, ändern sich die Elemente unter dem Einflusse der Hitze nicht; sie müssen aber gegen die schädigende Einwirkung der sie beim Messen umgebenden Verbrennungsgase, Metallschmelze und Metaldämpfe geschützt werden.

b) Schutzrohre für Thermoelemente.

Je nachdem, für welche Höchsttemperaturen die Thermoelemente verwendet werden sollen und welche Betriebsanforderungen an sie gestellt werden, müssen sie mit einem oder mehreren Schutzrohren versehen werden. Diese dienen zugleich als mechanische Stütze und als elektrische Isolation. Da beim Kupferrohr-Konstantan-Element das außen

liegende Kupferrohr an sich genügend Schutz gewährt, erübrigt sich bei diesem Thermoelement eine besondere Schutzrüstung. Bei Eisen-Konstantan- und Nickel-Nickelchrom-Thermoelementen benutzt man als Isolation der beiden Schenkel gegeneinander kurze Magnesiumrohre (Bild 4b). Das so hergestellte Element wird mit einem Schutzrohr (Bild 4c) versehen, das je nach der zu messenden Temperatur verschiedenartig gewählt werden muß. Diesem bietet ein kurzes Eisenrohr Halt für die Befestigung des Thermoelements an der Einbaustelle (Bild 7). Das aus dem Eisenrohr herausragende Schutzrohr kann noch durch feuerfeste Rohre aus Schamotte oder Silit geschützt werden. Diese Rohre werden dann durch ein besonderes Zwischenstück mit dem

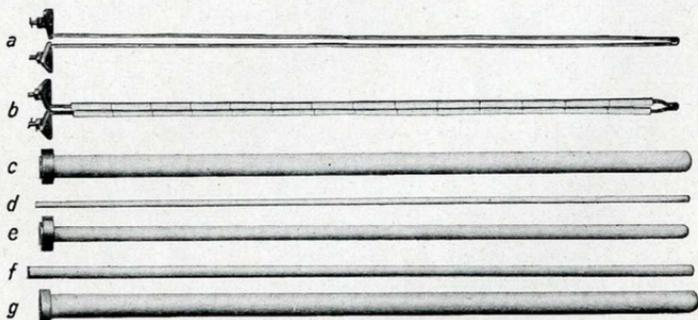


Bild 4. Thermoelement und Schutzrohre.

Eisenrohr verbunden. Für manche Zwecke, allerdings nur für niedrige Temperaturen, werden auch die Eisenrohre am Ende geschlossen verwendet; sie sind dann ebenso lang wie das Thermoelement und emailliert (Sonderausführung für Rauchgase).

Für Platin-Platinrhodium-Thermoelemente verwendet man für Temperaturen bis 1100°C zur Isolierung der beiden Schenkel gegeneinander ein Quarz-Innenrohr (Bild 4d) und zum äußeren Schutz ein Quarz-Außenrohr (Bild 4e). Der weitere Einbau geschieht in gleicher Weise wie bei Eisen-Konstantan- und Nickel-Nickelchrom-Pyrometern.

Bis zu Temperaturen von 1100°C bewahrt das Quarzrohr bei Dauererhitzung die erforderliche Gasdichtigkeit. Bei höherer Dauertemperatur dagegen entglast es und wird porös und brüchig. Für Dauermessungen über 1100°C werden die Platin-Platinrhodium-Thermo-

elemente deshalb anstatt mit Quarzrohren mit Rohren aus Marquardt'scher Masse (Bild 4 f u. g) ausgerüstet. Diese sind durch ihre bei hoher Temperatur aufgebrannte Glasur bis 1600°C gasdicht, sind aber empfindlich gegen schroffen Temperaturwechsel und müssen infolgedessen unter besonderen Umständen hiergegen durch Rohre aus Schamotte oder Silit geschützt werden.

Bei Handpyrometern für kurzzeitige Temperaturmessungen in Härtebädern, also in Metall- und Salzbädern, benutzt man als Schutzausrüstung ein vernickeltes Eisen-Innenrohr und ein Eisen-Außenrohr, das an der Eintauchstelle durch eine besondere Verstärkungsmuffe (Bild 6, Seite 14) geschützt wird. Diese Muffe ist erforderlich, weil das Eisenrohr durch die an der Oberfläche schwimmende Schlacke stark angegriffen wird.

Für Temperaturmessungen in Metallschmelzen in der Gießerei sind die Handpyrometer mit Eisen-Außenrohr nicht geeignet, da durch das Eisen unter Umständen der Guß verunreinigt wird. Auch folgen sie für diese Zwecke der Temperaturänderung nicht rasch genug. Hier wird für Platin-Platinrhodium-Pyrometer auch ein Quarz-Innen- und -Außenrohr verwendet.

Beim Platin-Platinrhodium-Handpyrometer mit eisernem Doppelrohr sind die beiden Elementschenkel gegeneinander durch kurze, doppelt gebohrte Porzellanzylinder und -kugeln isoliert, bei dem Pyrometer mit Quarz-Doppelrohr dagegen durch das Quarz-Innenrohr, wobei der eine Schenkel des Elements in der Bohrung des Rohres, der andere zwischen Innen- und Außenrohr liegt.

Die richtige Auswahl der für jeden Fall zweckmäßigsten Schutzrohre ist von größter Wichtigkeit und erfordert reiche Erfahrung und genaue Kenntnis nicht nur der vorkommenden Temperaturen, sondern auch aller sonstigen Betriebsumstände.

c) Gesamtanordnung der Thermoelemente.

Das Kupferrohr-Konstantan-Thermoelement (Bild 5) wird nur für festen Einbau und in Längen von 5 und 10 m hergestellt. Es wird in großer Zahl, hauptsächlich als Lokomotiv-Pyrometer und für Messungen von Dampftemperaturen überhaupt, verwendet. Die eigentliche Meßstelle des Elements, die „warme“ Lötstelle, wird in den Meßraum (Dampf- oder Wasserraum) eingeführt und durch eine Verschraubung mit Gasgewinde befestigt. Die Eintauchtiefe kann durch Verschieben

der Verschraubung auf dem Rohre beliebig verstellt werden, man darf sie aber nicht zu gering wählen, damit nicht durch Wärmeableitung durch das Kupferrohr fehlerhafte Messungen entstehen. Allgemein ist eine Eintauchtiefe von 15 cm ausreichend. Das Element wird möglichst geradlinig fest verlegt. Die freien Enden des Kupferrohres und des Konstantandrahtes werden entweder durch ein kurzes Kabel unmittelbar

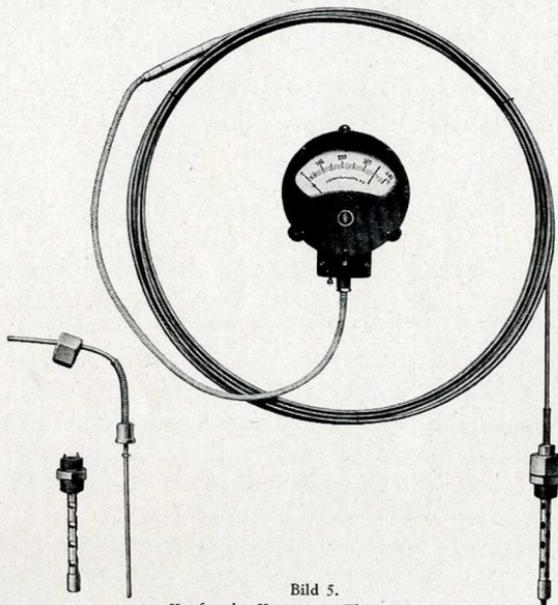


Bild 5.
Kupferrohr - Konstantan - Thermoelement.

mit dem Anzeige-Instrument verbunden oder zu einer Anschlußdose geführt, die durch Kupferleitungen mit dem Anzeige-Instrument verbunden wird.

Eisen-Konstantan-, Nickel-Nickelchrom- und Platin-Platinrhodium-Pyrometer werden sowohl für Dauermessungen (fester Einbau) als auch für kurzzeitige Messungen (Handpyrometer) gefertigt. Für festen Einbau werden sie in gerader Form in Längen von 0,5, 0,85 und 1,25 m hergestellt (Bild 7). Die Handpyrometer (Bild 6) haben Winkelform; der senkrechte Eintauchschenkel hat eine Länge von 0,5 m und enthält

das eigentliche Thermoelement. Die Handpyrometer dienen meist nur für Messungen von mehr oder minder kurzer Dauer mit Rücksicht auf die Abnutzung der Schutzrohre.

Bei allen vorgenannten Thermoelementen, mit Ausnahme der Kupferrohr-Konstantan-Elemente, endet das Schutzrohr in einem metallenen Anschlußkopf, der einen mit Scharnier versehenen Deckel mit Schraubverschluß (Bild 8) besitzt. Der Anschlußkopf enthält zwei isolierte Klemmen, an die die freien Enden des Elements und die Zuleitungen zum Anzeige-Instrument angeschlossen werden.

Bei den Handpyrometern ist rechtwinklig an den Anschlußkopf ein Eisenrohr angesetzt, dessen freies Ende einen Holzgriff trägt. Im Innern des Eisenrohres befinden sich sogenannte Kompensationsleitungen, von denen noch weiter unten eingehend die Rede ist. Sie sind einerseits mit den freien Enden des Thermoelements, andererseits über zwei Klemmen am Holzgriff durch Kupferleitungen mit den Klemmen am Anzeige-Instrument verbunden.

d) Meßschaltung.

Das Thermoelement erzeugt eine elektrische Spannung, die von der zu messenden Temperatur abhängig ist. Die Meßschaltung muß daher aus einem elektrischen Spannungsmesser und den Verbindungsleitungen zwischen Thermoelement und Meßgerät bestehen. Will man die Temperatur mehrerer Stellen messen, so verbindet man mittels eines Umschalters das Anzeige-Instrument abwechselnd mit den verschiedenen Meßstellen, wobei die Thermoelemente unter sich gleiche Eigenschaften besitzen müssen. Umgeschaltet wird entweder mit einem gewöhnlichen Kurbelschalter oder mit einem Tastenschalter. Der letztere bietet den Vorteil des geringen Übergangswiderstandes und ist klein und handlich, weshalb seine Verwendung besonders zu empfehlen ist. Die Kurbelschalter werden getrennt auf kleinem Sockel ausgeführt, die Tastenschalter auf einer Marmortafel (Bild 18, Seite 21), die zugleich das Anzeige-Instrument und die Anschlußklemmen für die Thermoelemente aufnimmt. Die Schaltung kann auch in der Weise ausgeführt werden, daß jedes Thermoelement mit einem ständig eingeschalteten Betriebsinstrument verbunden ist, während an besonderer Stelle eine Schalttafel mit einem Feinmeßinstrument angebracht wird, das durch den Tastenschalter abwechselnd mit den Thermoelementen verbunden werden kann.

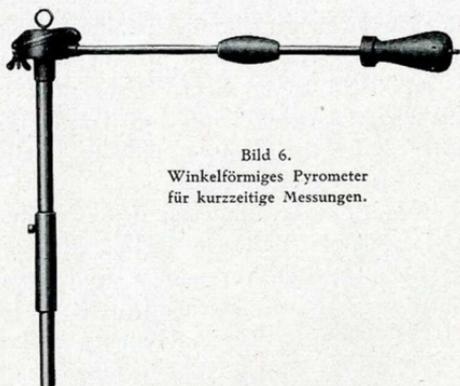


Bild 6.
Winkelförmiges Pyrometer
für kurzzeitige Messungen.



Bild 7.
Thermoelement mit
geradem Schutzrohr.

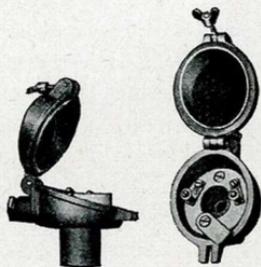


Bild 8.
Anschlußkopf.

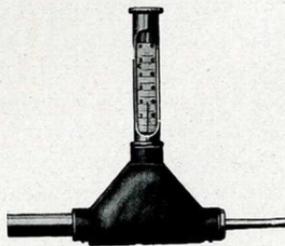


Bild 9. Anschlußdose
mit Quecksilberthermometer.

e) Kompensationsleitungen.

Unterliegen die freien, sogenannten „kalten“ Enden des Thermoelements Temperaturschwankungen, durch die die Meßgenauigkeit sehr beeinflußt würde, so müssen „Kompensationsleitungen“ benutzt werden. Die Kompensation wird dadurch erreicht, daß man für die beiden Drähte dieser Leitungen verschiedene Materialien verwendet, deren Thermokraft gleich der des Thermoelements ist. Sie werden einerseits mit den freien Enden des Elements verbunden, andererseits zu einer Anschlußdose geführt, die an einem Ort mit gleichbleibender Temperatur untergebracht ist. Von der Anschlußdose zum Anzeigeinstrument werden Kupferleitungen verlegt. Es gilt in diesem Fall als Anfangstemperatur nicht mehr die Temperatur der freien Enden des Elements, sondern die der Kompensationsleitungen. Bei den Handpyrometern sind die Kompensationsleitungen im wagerechten Schenkel untergebracht.

Bei Anlagen für besonders genaue Messungen können Anschlußdosen mit eingebautem Quecksilberthermometer (Bild 9) verwendet werden. Die von dem Thermometer angezeigte Temperatur ist dann zu berücksichtigen.

f) Fernleitungen.

Die Verbindungsleitungen zwischen Thermoelement oder Kompensationsleitung und Temperaturanzeiger sind normale Kupferleitungen. Bei Betriebsinstrumenten soll im allgemeinen ihr Widerstand 0,5 Ohm, bei Feinmeßinstrumenten 2 Ohm nicht übersteigen. Kommen infolge größerer Entfernungen höhere Widerstände in Betracht, so müssen diese bei der Eichung berücksichtigt werden. Aus den Widerstandsverhältnissen erkennt man, daß bei größeren Entfernungen stets Feinmeßinstrumente zu verwenden sind. Soll neben einem ständig eingeschalteten Betriebsinstrument noch ein zweites Anzeigeinstrument mit Tastenschalter angeschlossen werden, so ist als solches stets ein Feinmeßinstrument zu benutzen.

g) Anzeige-Instrumente.

Für die thermoelektrischen Pyrometer werden ausschließlich Drehspulinstrumente verwendet. Sie werden für Betriebsmessungen in normalem Schalttafelgehäuse oder in wasserdichtem Gehäuse, außerdem

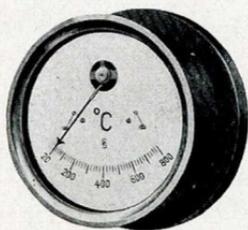


Bild 10.
Einfaches Betriebsinstrument.



Bild 11.
Wasserdichtes Betriebsinstrument.

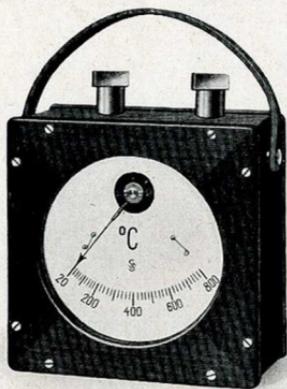


Bild 12.
Tragbares Betriebsinstrument.

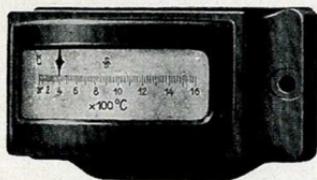


Bild 13. Wasserdichtes Instrument
mit senkrechter Drehpulachse.

als tragbare Instrumente hergestellt. Für Fein- und Laboratoriumsmessungen werden sie als Profil- und Tischinstrumente gefertigt. Bei den Tischinstrumenten ist die Drehspule entweder in Spitzen gelagert oder an einem feinen Metallband aufgehängt. Für Rauchgasprüfanlagen, die mit thermoelektrischen Pyrometern verbunden sind, wird ein Drehspulinstrument in gleichem wasserdichtem Gehäuse wie das CO_2 -Anzeigeinstrument geliefert.

Für die betriebsmäßige Überwachung der Temperaturen reichen im allgemeinen die Betriebsmeßgeräte aus; allerdings ist bei ihnen die Verwendung von Thermoelementen mit hoher elektromotorischer Kraft, also aus unedlen Metallen, Bedingung. Bild 10 zeigt ein einfaches, Bild 11 ein wasserdichtes und Bild 12 ein tragbares Betriebsinstrument.



Bild 14. Tischinstrument mit Spitzenlagerung der Drehspule.

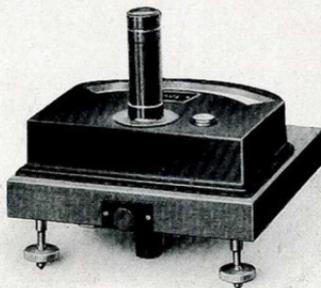


Bild 15. Laboratoriums-Instrument mit Bandaufhängung der Drehspule.

Die Feinmeßgeräte sind für genauere Betriebs- und Laboratoriumsmessungen zu benutzen. Bild 13 zeigt ein wasserdichtes Instrument mit senkrechter Drehpulachse und senkrechter Skala, das entweder als Aufbau- oder als Einbau-Instrument verwendet werden kann, Bild 14 ein Tischinstrument mit senkrechter Spitzenlagerung der Drehspule und wagerechter Skala, Bild 15 ein gleiches Instrument mit Bandaufhängung der Drehspule. In das Tischinstrument mit Spitzenlagerung der Drehspule ist ein Abgleichwiderstand eingebaut, durch den der Einfluß des Widerstandes des Thermoelements und der Zuleitungen kompensiert werden kann. Bei dem Instrument mit Bandaufhängung, dessen Eigenwiderstand sehr hoch ist, braucht der äußere Widerstand nicht berücksichtigt zu werden. Während das Tischinstrument mit Spitzenlagerung

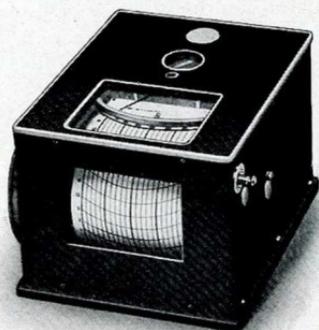


Bild 16. Temperaturschreiber
mit umlaufender Trommel.



Bild 17. Temperaturschreiber
mit ablaufendem Papierstreifen.

als Betriebs- und auch als Laboratoriums-Instrument verwendet werden kann, ist das mit Bandaufhängung nur für Laboratoriumsmessungen geeignet. Für die Messungen sind unedle und edle Thermoelemente in gleicher Weise verwendbar. Die Tischinstrumente erhalten eine Doppelskala. Die Instrumente mit einem Temperaturmeßbereich haben eine in Millivolt eingeteilte Spannungsskala und eine in $^{\circ}\text{Cels.}$ eingeteilte Temperaturskala, die mit zwei Temperaturmeßbereichen zwei Temperaturskalen. Die Millivoltskala ist bei einer etwaigen Nachprüfung der Meßgeräte auf ihre Genauigkeit nützlich.

Alle Meßgeräte haben eine Vorrichtung, um den Zeiger auf die Raumtemperatur einstellen zu können. Diese Einstellung ist notwendig, um Meßfehler zu vermeiden, wenn die Raumtemperatur mit dem Anfangspunkt der Skala nicht übereinstimmt, da das Meßinstrument die Temperaturdifferenz zwischen Lötstelle und freien Enden des Thermoelements bzw. der Kompensationsleitungen anzeigt. Zum Schutze der Achsen spitzen bzw. des Aufhängebandes und der Drehspule besitzen sämtliche Feinmeßinstrumente Arretiervorrichtungen; sie sind auf dem Transport stets zu arretieren.

Die Meßbereiche der Temperaturzeiger hängen von den verwendeten Thermoelementen ab; sie reichen für Kupfer-Konstantan bis 500° , für Eisen-Konstantan bis 800° , für Nickel-Nickelchrom bis 1100° und für Platin-Platinrhodium bis 1600°C.

Die Zeigerbewegung ist bei allen Instrumenten bei normalen Betriebsumständen, d. h. bei angeschlossenem Thermoelement, sehr gut gedämpft, so daß der Zeiger sich beim Einschalten sofort in die Gleichgewichtslage einstellt. Es ist dies besonders an den Stellen von Vorteil, wo ein Instrument mittels Umschalter nacheinander an eine Reihe von Thermoelementen angeschlossen wird.

h) Schreibgeräte.

Ein Hauptvorteil des thermoelektrischen Meßverfahrens ist der, daß man die gemessenen Temperaturen durch Temperaturschreiber unmittelbar aufzeichnen lassen kann. Da die im Thermoelement auftretenden elektromotorischen Kräfte und damit die im Anzeige-Instrument entstehenden Drehmomente nur sehr klein sind, ist das Betätigen eines Schreibgeräts mit Tintenfeder nicht möglich. Deshalb wendet

man die Fallbügelregistrierung an, bei der ein durch ein Uhrwerk betätigter Fallbügel in bestimmten Zeitabschnitten den Zeiger des Instruments kurzzeitig auf das unter ihm sich langsam fortbewegende Papier drückt. Unter diesem befindet sich ein Farbband, so daß beim Niederdrücken des Zeigers ein Punkt auf dem Papier entsteht. In der Zeit zwischen zwei Punkten kann sich der Zeiger vollkommen frei bewegen, so daß seine Einstellung durch die Schreibvorrichtung in keiner Weise behindert wird. Die Temperaturschreiber werden in hängender und stehender Anordnung hergestellt, und zwar die hängenden nur mit ablaufendem, die stehenden mit umlaufendem (Bild 16) oder ablaufendem (Bild 17) Papierstreifen. Der Temperaturschreiber mit umlaufendem Papierstreifen ist der wohlfeilere.

Will man die Temperatur zweier Meßstellen gleichzeitig überwachen und die beiden Kurven auf einem Blatt vereinigen, so ist hierfür der Zweikurvenschreiber mit ablaufendem Papierstreifen besonders geeignet. In ihm befindet sich ein Uhrwerk, das einen Umschalter betätigt und nacheinander die beiden Meßstellen an das Schreibgerät anschließt, so daß zwei voneinander unabhängige Kurven auf demselben Papierstreifen aufgezeichnet werden. Wo eine Überkreuzung der beiden Kurven mit Sicherheit nicht zu erwarten ist, legt man die Nulllinie an die linke Seite des Papierstreifens, trifft diese Voraussetzung nicht zu, in die Mitte; es wird dann die eine Kurve links, die andere rechts von ihr aufgezeichnet.

Eine besonders klare Kurvenübersicht für mehr als zwei Meßstellen gibt der Mehrfarbenschreiber. Ein angebauter selbsttätiger Umschalter reicht für 6 Meßstellen aus. Die Kurven werden paarweise in drei verschiedenen Farben aufgezeichnet. Damit sich die Kurven nicht kreuzen, kann auch bei diesem Apparat, wie beim Zweikurvenschreiber, die Nulllinie in die Mitte des Papierstreifens verlegt werden. Der Mehrfarbenschreiber unterscheidet sich in seiner äußeren Form von dem Temperaturschreiber mit ablaufendem Papierstreifen (Bild 17) nur durch den angebauten Umschalter.

Die Meßbereiche der Temperaturschreiber hängen von dem Verwendungszweck ab; sie können der Art der benutzten Thermoelemente ohne weiteres angepaßt werden.

i) Umschalter.

Da die Thermoelemente sehr gleichmäßig hergestellt werden, ist es möglich, mit demselben Anzeige-Instrument die Temperatur einer ganzen Anzahl von Meßstellen zu messen, indem man jede Meßstelle mit einem Thermoelement versieht und diese Thermoelemente mittels einer Umschaltvorrichtung nacheinander an das Anzeige-Instrument schaltet. Die Umschalter werden in einfacher Form als getrennte Kurbelschalter auf einfachem Sockel zum Anschluß an 2, 3 oder 4 Meßstellen gebaut. In vornehmerer Ausführung werden sie als Tastenschalter auf Marmortafeln (Bild 18) hergestellt, und zwar zum Anschluß an 5, 9, 15, 21 oder 31 Meßstellen. Die Tafel besitzt außer den Tasten für die Meßstellen noch eine Auslösetaste, um das Anzeige-Instrument, das ebenfalls auf der Marmortafel befestigt wird, ganz abschalten zu können. Jede Taste wird nach Niederdrücken in ihrer Stellung festgehalten und durch Drücken einer anderen Taste, bevor diese den Stromkreis schließt und in ihrer Einschaltstellung festgehalten wird, selbsttätig ausgelöst. Dadurch soll vermieden werden, daß gleichzeitig zwei Thermoelemente an das Meßinstrument angelegt sind und so ein falsches Meßresultat ergeben würden.

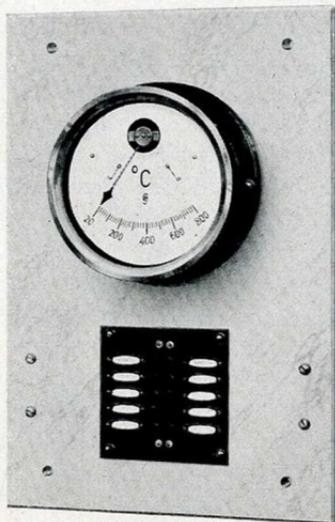


Bild 18. Temperaturmeßtafel mit mehreren Meßstellen.

III. Einbau.

a) Kupferrohr-Konstantan-Elemente.

Das Kupferrohr-Konstantan-Element (Bild 5) ist besonders zum Messen von Dampftemperaturen geeignet. Zur Einführung in die Meßstelle dient eine Verschraubung mit Gasgewinde. Beim Einbau nimmt man zunächst die Verschraubung ab, indem man das obere

Sechskant aus dem unteren herauschraubt und die zwischen beiden liegende Asbestdichtung herausnimmt. Das untere Sechskant ist dann in den Rohrstützen einzuschrauben. Nachdem man das Thermoelement geradlinig auseinandergerollt hat, schiebt man das obere Sechskant mit Asbestdichtung bis zur Eintauchtiefe auf das Thermoelement, führt es mit dem Element in das untere Sechskant ein und zieht es fest an.

Auf keinen Fall darf zum Einbau des Kupferrohr-Konstantan-Elements in Dampfrohre eine besondere Flasche verwendet werden, weil gerade dadurch der Vorteil dieses Thermoelements, seine geringe Trägheit, hinfällig und eine Fehlerquelle geschaffen wird. Im allgemeinen soll eine geringere Eintauchtiefe als 15 cm nicht gewählt werden, da sonst durch Wärmeableitung durch das Kupferrohr sehr leicht fehlerhafte Temperaturmessungen entstehen.

Das Element selbst ist ohne scharfe Biegungen zu verlegen. Bei geringerer Entfernung als 10 bzw. 5 m ist das Pyrometer nicht zu verkürzen, sondern die überschüssige Länge in Ringen aufzuwickeln, bei größerer Entfernung durch Kupferleitungen mit dem Temperaturanzeiger zu verbinden. Für die Höhe des Widerstandes der Kupferleitungen gilt das auf Seite 15 Gesagte. Beim Anschluß des Instruments ist der + Pol des Thermoelements (Kupferrohr) an den + Pol des Instruments anzuschließen.

b) Eisen-Konstantan- und Nickel-Nickelchrom-Elemente.

Eisen-Konstantan- und Nickel-Nickelchrom-Thermoelemente werden für festen Einbau in Längen von 0,5, 0,85 und 1,25 m, als Handpyrometer von 0,5 m hergestellt. Die Schutzausrüstung muß den Betriebsverhältnissen entsprechend gewählt werden.

Beim festen Einbau ist die senkrechte Anordnung (Bild 19) der wagerechten vorzuziehen, weil man dann am wenigsten Gefahr läuft, daß sich die glühenden Rohre infolge ihres Eigengewichts durchbiegen. Damit die Lötstelle des Elements mit Sicherheit die zu messende Temperatur annimmt, muß das Pyrometer mindestens 15 cm in den Raum hineinragen, dessen Temperatur gemessen werden soll. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß beim Messen von Gastemperaturen das Ergebnis um so genauer wird, je mehr die Lötstelle des Thermoelements der Strömung des Gases ausgesetzt ist.

Wegen der Zerbrechlichkeit der Schutzrohre soll man es vermeiden, die Pyrometer ein- und auszubauen, um die Temperatur bald hier, bald dort zu messen, man soll sie vielmehr stets an der einmal eingebauten Stelle belassen. Der Einbau mehrerer Elemente in eine Reihe von Öfen oder an verschiedenen Stellen eines großen Ofens bietet gegenüber der Verlegung eines Pyrometers, das von einer Stelle zur andern gebracht werden muß, nicht nur den Vorteil größerer Bequemlichkeit

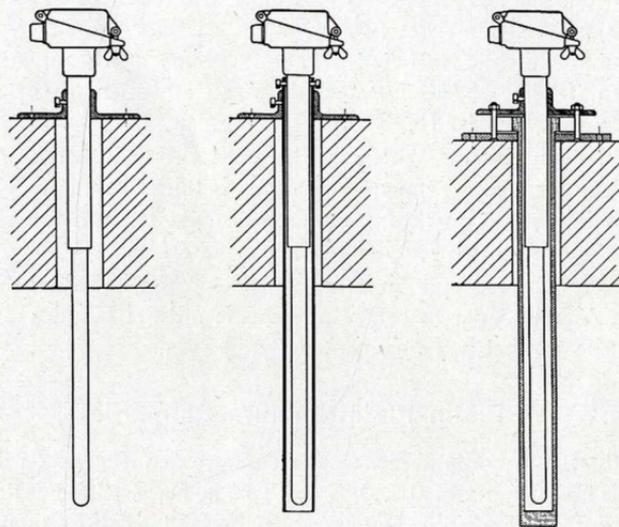


Bild 19. Einbau geschützter Thermoelemente in senkrechter Stellung.

und Betriebssicherheit, sondern erspart auch Reparaturen und ist trotz höherer Anschaffungskosten zu empfehlen, auch da, wo er nicht zum Zwecke dauernder Registrierung notwendig ist.

Das Anzeige-Instrument muß an einem Orte mit gleichbleibender Temperatur gut sichtbar eingebaut sein. Um aber falsche Anzeigen infolge erhöhter Temperaturen am Anschlußkopf des Pyrometers oder durch diese Temperaturen entstehende unbequeme Korrekturen auszuschließen, sind als Verbindungsleitungen zwischen Pyrometer und Temperaturanzeiger in solchen Fällen stets Kompensationsleitungen zu

verwenden. Beim Anschluß der Kompensationsleitungen an das Thermo-
element ist streng auf die Polarität zu achten, da bei falschem Anschluß
der durch wechselnde Temperatur an den Anschlußklemmen des Thermo-
elements entstehende Meßfehler nicht beseitigt, sondern vergrößert würde.

Die Kompensationsleitungen für Eisen-Konstantan- und Nickel-
Nickelchrom-Elemente werden mit angelöteten Kabelschuhen geliefert.
Am einen Ende befinden sich zwei offene, am anderen ein offener
und ein geschlossener Kabelschuh, die zum Anschließen an das Thermo-
element dienen. Der offene mit einem + Zeichen versehene Schuh
ist an die + Klemme des Elements, der geschlossene Schuh an die
- Klemme anzuschließen. Bei nicht kenntlich gemachten Kompensations-
leitungen ist die + Leitung auch daran zu erkennen, daß sie einen
größeren Durchmesser hat als die - Leitung.

Die beiden anderen Enden werden entweder unmittelbar oder mit
Kupferleitungen zum Temperaturanzeiger geführt. Auch hier ist der
Polarität besondere Beachtung zu schenken, da bei unrichtigem An-
schluß ein Ausschlag nach der falschen Seite erfolgt.

Für Verwendung und Anschluß von Kompensationsleitungen sowie
für den Anschluß der Anzeige-Instrumente gilt bei Handpyrometern
das gleiche wie bei fest eingebauten Pyrometern.

c) Platin-Platinrhodium-Elemente.

Platin-Platinrhodium-Thermoelemente werden für festen Einbau
ebenfalls in Längen von 0,5, 0,85 und 1,25 m hergestellt. Für den Ein-
bau und für die Verwendung von Kompensationsleitungen gilt das
gleiche wie für Eisen-Konstantan- und Nickel-Nickelchrom-Thermo-
elemente. Kompensationsleitungen sind gerade bei Platin-Thermo-
elementen besonders angebracht, weil man, um Platin zu sparen, die
Elemente und ihre Schutzrohre so kurz wie möglich wählt, so daß
eine höhere Temperatur infolge Bestrahlung am Anschlußkopf kaum
zu vermeiden ist.

Diese Kompensationsleitungen für Platinelemente bestehen aus
Unedelmetalllegierungen, die gegeneinander die gleiche Thermokraft
besitzen wie Platin gegen Platinrhodium.

Als Handpyrometer werden die Platin-Thermoelemente bzw. ihre
Schutzrohre ebenfalls in einer Länge von 0,5 m gefertigt. Kompen-

sationsleitungen führen im wagerechten Rohr vom Anschlußkopf am Knie bis zu den Anschlußklemmen am Handgriff, wo die Instrumentenleitungen angeschlossen werden.

Bei allen Platin-Platinrhodium-Thermoelementen wird das eigentliche Element 0,15 bis 0,25 m länger bemessen als das Schutzrohr (wobei die Restenden zu Rollen im Anschlußkopf aufgewickelt werden), damit bei Bruch und Erneuerung der Lötstelle oder des der höchsten Temperatur ausgesetzten Elementendes das Element nicht zu kurz wird.

Auch hier ist beim Verbinden der Kompensationsleitungen mit dem Thermoelement streng auf die Polarität zu achten. Der Platinrhodiumdraht, der bei Neulieferung des Elements durch ein mit + bezeichnetes Schildchen gekennzeichnet ist, ist mit der mit geschlitztem Kabelschuh versehenen, rot abgebundenen Leitung zu verbinden, während der Platin- draht an die mit geschlossenem Kabelschuh versehene Leitung anzuschließen ist.

Die anderen Enden der Kompensationsleitungen am Handgriff werden durch die an diesem angebrachten Klemmen mittels Kupferleitungen mit dem Temperaturanzeiger verbunden. Der + Pol der Kompensationsleitung ist mit dem + Pol des Anzeige-Instrumentes zu verbinden.

d) Anzeige-Instrumente.

Betriebsmeßinstrumente, ob mit Kurbelschalter oder mit Umschalttafel, sind stets in beliebiger Entfernung vom Thermoelement an einem Orte mit konstanter Temperatur einzubauen, wo sie von einer direkten Strahlung der Öfen usw. nicht getroffen werden und die Ablesung möglichst bequem vorgenommen werden kann. Beim Einbau mehrerer Anzeige-Instrumente nebeneinander ist darauf zu achten, daß die Entfernung zwischen den Instrumenten von Mitte zu Mitte mindestens 30 cm betragen muß, damit sie einander nicht beeinflussen, auch ist darauf zu achten, daß die Instrumente nicht in der Nähe starker magnetischer Felder angebracht werden.

IV. Gebrauch.

Die fest eingebauten Pyrometer sind von Zeit zu Zeit auf ihren Zustand zu untersuchen. Stark verbrauchte Schutzrohre sind rechtzeitig zu erneuern, weil sonst die Thermoelemente den Ofengasen ausgesetzt und durch diese sehr schnell zerstört werden. Besonders schonende

Behandlung erfordern die Marquardtrohre. Lassen sich bei deren Verwendung kalte Luftströme durch Anordnung des Pyrometers im Ofen nicht vermeiden, so müssen sie durch die gegen Temperaturwechsel widerstandsfähigeren Rohre aus bester Schamotte oder Silit noch besonders geschützt werden.

Die Handpyrometer sind nur für kurzzeitige Messungen bestimmt. Die Eisenschutzhöhre werden in Chlorbarium-, Zyankalium-, Zinkbädern usw., die Quarzhöhre durch flüssige Metalle und Schlacken stark angegriffen und schnell zerstört. Infolgedessen dürfen die Handpyrometer nur so lange eingetaucht werden, wie für die Messung unbedingt nötig ist. Bei dem Handpyrometer für Metallschmelzen ist das Quarzrohr öfter zu untersuchen; sollte es von den Metallen stark angegriffen sein, so ist es zu erneuern, um auf jeden Fall zu verhindern, daß das flüssige Metall in unmittelbare Berührung mit dem Thermoelement kommt und es so zerstört. In ähnlicher Weise ist beim Handpyrometer für Härtebäder von Zeit zu Zeit das innere Eisenrohr auf den galvanischen Überzug hin zu untersuchen. Ist er nicht mehr ausreichend, dann muß das Rohr durch ein neu vernickeltes ersetzt werden. Die übergeschobene Eisenmuffe ist vor vollständiger Zerstörung durch Schlacken zu erneuern.

Die tragbaren Feinmeßinstrumente sind auf einem Tische stets möglichst wagrecht aufzustellen; das Instrument mit Drehspule in Bandaufhängung ist nach der im Gehäusedeckel befindlichen Libelle genau auszurichten und darauf die Arretierung für die Drehspule zu lösen.

Sämtliche Anzeigeinstrumente, sowohl die für Betriebs- als auch für Laboratoriumsmessungen, besitzen eine Nullpunkt-Einstellung. Entspricht die Temperatur der freien Enden des Thermoelements bzw. der Kompensationsleitung nicht dem Anfangspunkt der Skala, so muß man das Instrument auf die vorhandene Temperatur einstellen, da das Thermoelement die Temperaturdifferenz zwischen Lötstelle und freien Enden anzeigt. Bei dieser Einstellung empfiehlt es sich, nach Abschalten des Elements zwecks besserer Dämpfung der Zeigerbewegung die beiden Instrumentklemmen durch einen kurzen Draht miteinander zu verbinden. Nach dem Einstellen ist der Draht wieder zu entfernen.

Wenn das Instrument nach dem Anschließen an das Thermoelement nach der falschen Seite ausschlägt, sind die Zuleitungen am Anzeigeinstrument zu vertauschen.



