

# ALLGEMEINE ANLEITUNG FÜR DIE TEMPERATURMESSUNG

## 1. Temperatur als Messgröße

Die Temperatur ist bei nahezu allen Abläufen in Forschung und Fertigung ein zu berücksichtigender Faktor. Sie hat deshalb als Messgröße ihre entsprechende Bedeutung. Für Temperaturmessungen können die temperaturabhängigen Eigenschaften von Stoffen herangezogen werden, wie die Änderung des elektrischen Widerstandes (Widerstandsthermometer), die von heißen Körpern ausgehende elektromagnetische Strahlung (Strahlungs-pyrometer) und auftretende Thermospannung (Thermoelemente). Die Gruppe der elektrischen Berührungsthermometer hat in der Temperaturmesstechnik eine breite Anwendung gefunden.

## 2. Physikalische Grundlagen

### 2.1. Widerstandsthermometer

Die Temperaturmessungen mit Widerstandsthermometern beruhen auf der Eigenschaft leitender Stoffe, ihren elektrischen Widerstand mit der Temperatur zu ändern. Bei Metallen nimmt dieser mit steigender Temperatur zu. Wenn der Zusammenhang zwischen Temperatur und Widerstand bekannt ist, kann man durch eine Widerstandsmessung die Temperatur ermitteln. Der Vorschlag, die Temperaturabhängigkeit des Widerstandes von metallischen Leitern zur Temperaturmessung zu benutzen, wurde erstmals 1861 von Wilhelm von Siemens, dem Bruder von Werner von Siemens, gemacht und von ihm bei seinem Thermometer für Tiefseetemperaturen verwirklicht. Zum Präzisionsgerät wurde das Widerstandsthermometer 1886 durch die Arbeiten von H.L. Callendar.

### 2.2. Thermoelemente

Die ersten Grundlagen des Thermospannungseffektes wurden 1821 von Seebeck entdeckt. Die konkreten Zusammenhänge wurden 30 Jahre später von Thompson herausgefunden. Die Thermospannung zwischen zwei verschiedenen Metallen hängt von der thermischen Bewegung der Elektronen ab. Sie ist nicht von den Absolutwerten der Temperaturen, sondern nur von Temperaturdifferenzen abhängig. Je höher die Temperaturdifferenz zwischen „kalt“ und „heiß“ ist, um so größer wird die Thermospannung. Die Spannung bei 1 Grad Celsius nennt man die Thermokraft des Thermoelementes. Sie hängt von der Natur der beiden Materialien ab, deren Verbindungsstelle erhitzt wird.

## 3. Das Zeitverhalten der Berührungsthermometer

Die Temperaturmessung mit Berührungsthermometern ist grundsätzlich mit einer Anzeigeverzögerung behaftet. Diese wirkt sich dahingehend aus, dass eine Temperaturänderung nicht sofort, sondern erst nach einer gewissen Zeit richtig angezeigt wird, nämlich erst dann, wenn der Wärmeaustausch zwischen dem zu messenden Medium und dem Temperaturfühler erfolgt ist. Das Thermometer reagiert also mit einer gewissen Trägheit, die bei bestimmten Messaufgaben möglichst klein sein soll. Man spricht von der „Ansprechzeit“ des Thermometers und meint damit in der Regel die Zeitkonstante. Ganz allgemein kann man sagen: Die Zeitkonstante ist gleich dem Verhältnis aus dem Wärmeeinvermögen zum Wärmeabgabevermögen des Thermometers. Diese beiden Eigenschaften werden in erster Linie bestimmt:

- von der Wärmekapazität
- von der transversalen Wärmeleitfähigkeit des Thermometers
- von dem Verhältnis der Oberfläche zum Volumen des Thermometers
- von den Wärmeleitfähigkeits-Koeffizienten zwischen Medium und der Oberfläche des Thermometers sowie von der Geschwindigkeit des Mediums, ihrer Wärmeleitfähigkeit und der spezifischen Wärme.

Wenn man ein Thermometer plötzlich einer anderen Temperatur aussetzt, indem man es z.B. aus Wasser von 20°C in Wasser von 40°C bringt, so steigt die von ihm angezeigte Temperatur annähernd nach einer Exponentialfunktion. Ein für die Änderungsgeschwindigkeit derartiger exponentieller Vorgänge übliches Maß ist bekanntlich die Zeitkonstante. Sie ist gleich der Zeitdauer, die vergeht, bis 63,2 % des Temperatursprungs angezeigt werden. In vielen Fällen ändert sich die Temperaturanzeige jedoch nicht nach einer Exponentialfunktion. Zur Charakterisierung des Zeitverhaltens reicht dann die Zeitkonstante nicht aus. Es ist deshalb zweckmäßig, die Halbwertszeit  $z_{0,5}$  und die 9/10-Wertszeit  $z_{0,9}$  anzugeben. Diese sind definiert als die Zeiten vom Eintritt einer plötzlichen Temperaturänderung bis zum Erreichen von 50 % bzw. 90 % dieser Temperaturänderung. Bei exponentiellem Verlauf ist  $z_{0,5} = 0,693$  (Zeitkonstante) bzw.  $z_{0,9} = 2,303$  (Zeitkonstante) und das Verhältnis  $z_{0,9} / z_{0,5}$  muss dann gleich 3,32 sein.