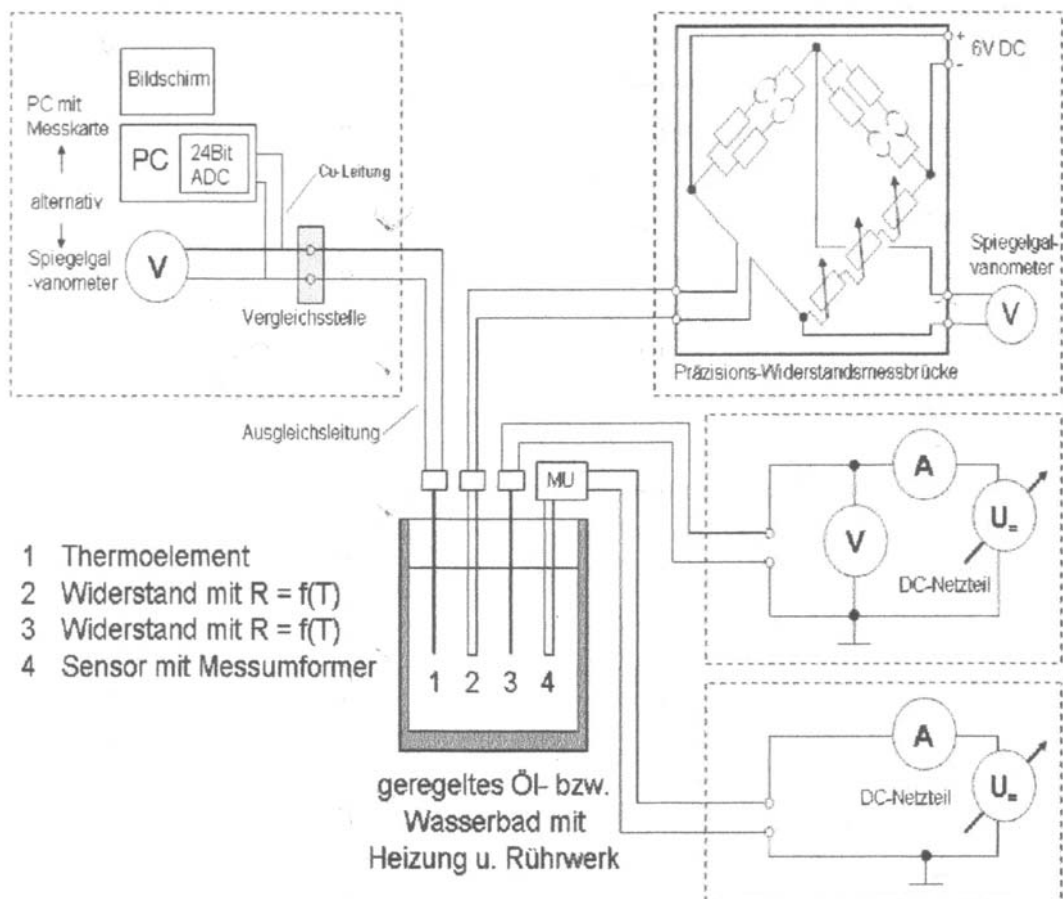


## 1. Aufgaben und Zweck des Versuches:

Im Versuch MSR 1 „Temperaturmessung“ werden Temperaturmessfühler (mechanische oder elektrische Temperatursensoren) auf ihr statisches Verhalten untersucht, welches durch eine statische Kennfunktion oder Kennwerte charakterisiert werden kann. Untersucht werden ein Heißleiter, zwei Widerstandsthermometer und ein Sensor mit Messumformer in einem geregelten Wasserbad mit Heizung und Rührwerk. Zu genaueren Versuchsbeschreibungen (siehe 3) und Versuchsaufbau (siehe 2) komme ich noch später. Ziel des Versuches ist es diese Kennfunktionen oder Kennwerte der jeweiligen Temperatursensoren zu erfassen und so zu bearbeiten (Regression mit Excel) und zu bewerten, dass eine Einteilung der Temperaturmessfühler in Genauigkeitsklassen, eine eventuelle spätere Kalibrierung und ein Vergleich von berechneten Werten mit Werten aus Fachbüchern oder Standards erfolgen kann. Hierdurch soll eine Erweiterung und Vertiefung der Kenntnisse über die Wirkprinzipien von Temperatursensoren und – mессeinrichtungen erreicht werden.

## 2. Skizze des Versuchsaufbaus:



### 3. Versuchsbeschreibung:

Als erstes wurden Umgebungstemperatur und Luftdruck gemessen und notiert. Alle Temperaturmessfühler, am Stativ befestigt, befinden sich im vollständig im Wasserbad und sind mit ihren jeweiligen Messgeräten ordnungsgemäß verbunden. Die 4 Temperaturmessfühler sind ein Thermoelement mit einem Spiegelgalvanometer zur Spannungsmessung, ein Pt100 in Kombination mit einer Widerstandsmessbrücke und Spiegelgalvanometer, ein NTC in Kombination mit einem Digitalmultimeter zur Widerstandsmessung und ein Pt100 von Höntzsch in Kombination mit einem Digitalthermometer. Das Thermoelement hatte als Vergleichstemperatur im Eisbad 0,9 °C(siehe 5.).Nun erfolgte eine schrittweise Erwärmung des Wasserbades um jeweils 5K bei einer Anfangstemperatur von 22°C bis zu der Endtemperatur von 60 °C(aufgrund Zeitmangels nicht höher !!), wobei die charakteristischen Werte der einzelnen Temperaturmessfühler in Abhängigkeit von der Temperatur in eine Exceltabelle eingetragen und ihre Kennlinien graphisch dargestellt werden(siehe 5).Anschließend erfolgte die lineare Regression mit Hilfe von Excel. Zur Messung der Referenztemperatur wurde ein Flüssigkeitsausdehnungsthermometer(Quecksilber) benutzt, welches sich ebenfalls im Wasserbad befand. Nach Erreichen der 60 °C Marke wurde der Thermostat wieder abgeschaltet und der Arbeitsplatz ordnungsgemäß verlassen.

### 4. Angabe der Geräte und Hilfsmittel

PC- Softwareprogramm Tabellenkalkulation Excel  
 Drucker  
 Wasserbad mit Thermostat  
 Vergleichsbad mit Eiswasser für das Thermoelement (0,9°C)  
 Verbindungskabel  
 Präzisionswiderstandsmessbrücke(Genauigkeitsklasse 0,5)  
 Spiegelgalvanometer(Genauigkeitsklasse 0,5)  
 Digitalthermometer Typ Höntzsch µm-Flowtherm dazu passend Pt100 von Höntzsch  
 Digitalmultimeter (Genauigkeit 0,1%)  
 Ni-Cr-Ni(K) Thermoelement Nr.447644-0107 0/+600  
 Jumo 1x Pt100 90.295-F73 P3  
 NTC

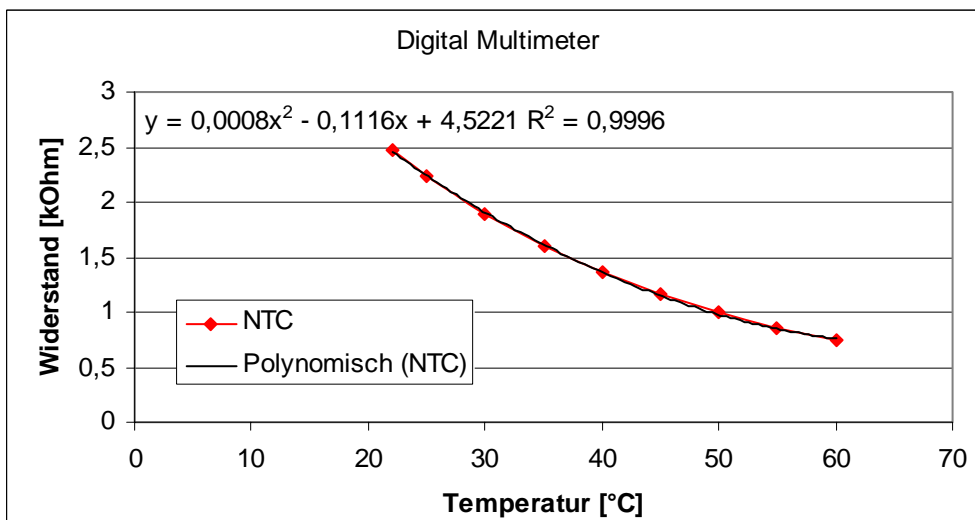
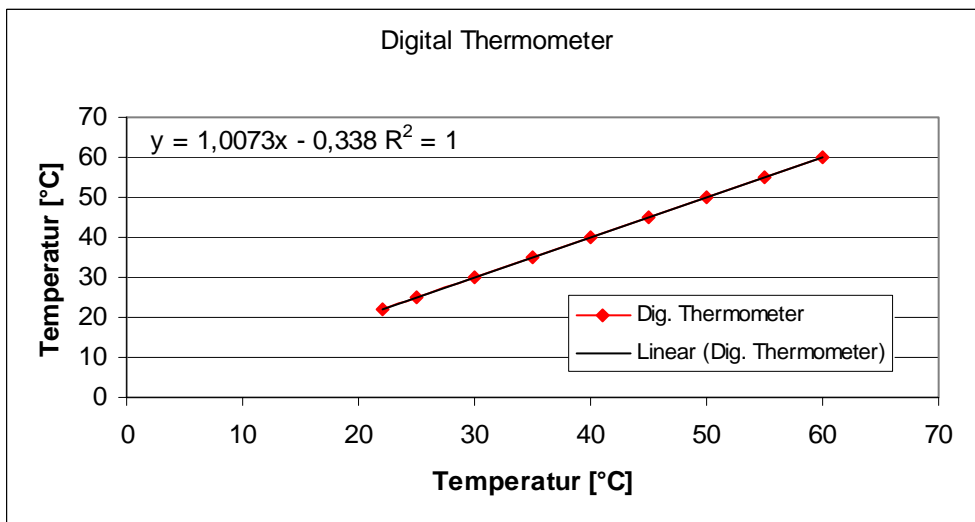
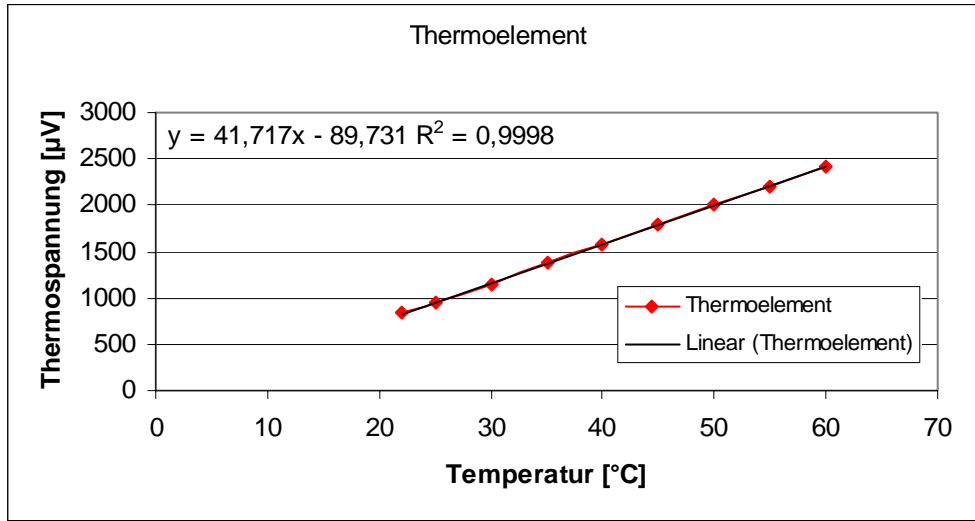
### 5. Zusammenstellung und Dokumentation der Messergebnisse:

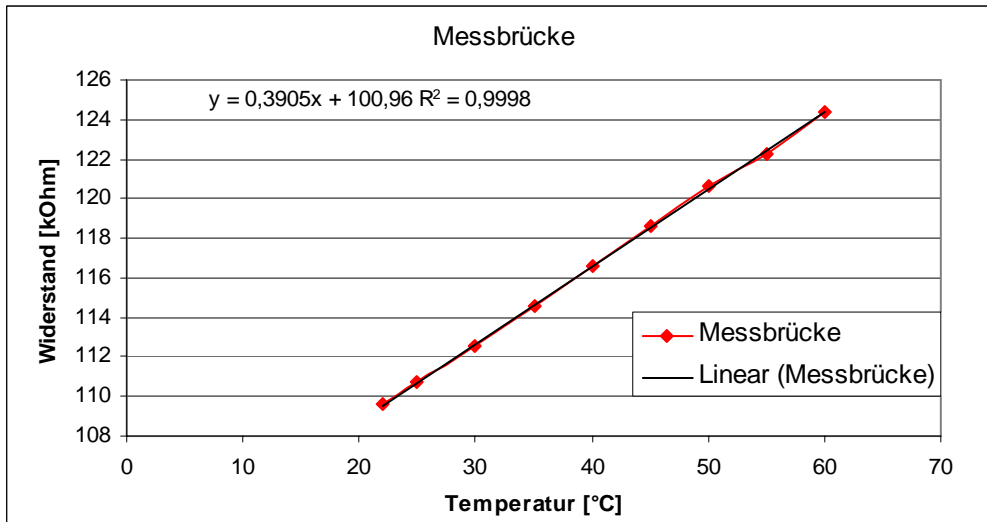
Vergleichstemperatur Eisbad: 0,9 °C  
 Vergleichsspannung Thermoelement: 41µV/K  
 Umgebungstemperatur: 22°C  
 Luftdruck: 1027 mbar

Messergebnisse:

Referenz- temperatur [°C]	Thermoelement Ni-Cr-Ni [µV]	Temperatur berechnet [°C]	Digital Multimeter NTC [kOhm]	Digital- Thermometer [°C]	Messbrücke Pt100 [Ohm]
22	834	21,241	2,474	21,9	109,6
25	950	24,071	2,242	24,8	110,7
30	1150	28,949	1,893	29,8	112,6
35	1375	34,437	1,602	34,9	114,6
40	1575	39,315	1,36	39,9	116,6
45	1800	44,802	1,156	45,1	118,6
50	2000	49,680	0,993	50,1	120,6
55	2200	54,559	0,858	55,1	122,3
60	2410	59,680	0,742	60	124,4

### Kennlinienverläufe mit Regressionskurven





## 6. Fehlerbetrachtung/Fehlerrechnung:

Keine Messung ist richtig und trifft den wahren Wert, daher ist eine Fehlerbetrachtung bezüglich der Messergebnisse unverzichtbar. Denkbar als systematische Fehler wären zum Beispiel minimal verbogene Zeiger der Multimeter oder eine ungenaue Kalibrierung der Messfühler, welche zu einer Messergebnisverfälschung führen können. Auch unbedingt anzumerken ist, dass die Temperatur im Eisbad trotz Eises, welche erheblichen Einfluss auf die Vergleichsspannung des Thermoelementes hat, minimal schwanken könnte (statt konstant) und so zu einem falschen Messergebnis führen könnte. Messtechnisch kritikwürdig ist auch die Tatsache, dass selbst bei kurzem Stopp des Thermostaten und Ablesen der jeweiligen für die Temperaturmessfühler charakteristischen Werte, die Temperatursteigerung in den Messfühlern je nach Einstellungszeit noch anhält (dynamisches Verhalten) und es dies ebenfalls zu einer Ergebnisverfälschung führen kann. Auch kann es durch das menschliche Auge zu weiteren Fehlern gekommen sein, sei es der ständig wechselnde Bezugspunkt bei Ablesen der Skala beim Spannungsmesser oder unterschiedliche Höhe (wechselnde Personen) beim Ablesen des Flüssigkeitsthermometers. Auch wurden die jeweiligen Messwerte zu einer bestimmten Referenztemperatur mit Zeitdifferenz der „messwertaufnehmenden“ Person zugetragen (dynamisches Verhalten beachten!). Auch kann der angenommene richtige Wert des Flüssigkeitsausdehnungsthermometers nicht richtig sein. Es misst also nicht exakt.

### Bestimmung Genauigkeitsklasse des Digitalthermometers:

Bereich: 0-199°C (für Klassenbestimmung)

Temperatur [°C]	Digital Thermometer [°C]	A absolut	A relativ [%]	Klasse
22	21,9	-0,1	-0,4545455	-0,05025126
25	24,8	-0,2	-0,8	-0,10050251
30	29,8	-0,2	-0,66666667	-0,10050251
35	34,9	-0,1	-0,28571429	-0,05025126
40	39,9	-0,1	-0,25	-0,05025126
45	45,1	0,1	0,22222222	0,05025126
50	50,1	0,1	0,2	0,05025126
55	55,1	0,1	0,18181818	0,05025126
60	60	0	0	0

## 7. Auswertung der Messergebnisse und Vergleich mit der Theorie:

### Kurze Erläuterung der Bauelemente und Vergleich/Auswertung der Messergebnisse:

#### NTC (Thermistor):

Der NTC ist ein Heißleiter – Widerstandsthermometer – bei hohen Temperaturen nimmt sein Widerstand nichtlinear/regressiv (stark negativer Temperaturkoeffizient) ab/seine Leitfähigkeit nichtlinear zu. In der Technik wird der Thermistor außer als Temperatursensor auch zur Temperaturkompensation oder als Anlaufstrombegrenzung eingesetzt.

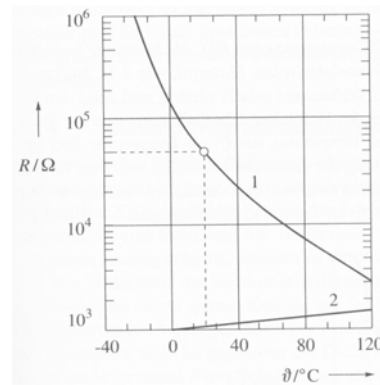
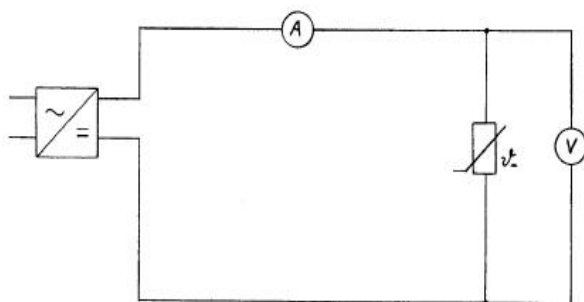


Abb.1

#### Messschaltung eines NTC

Die Kennlinie eines NTC (Abb.1) folgt annähernd der Gleichung  $R_T = A \cdot e^{\frac{B}{T}}$ . A ist die Form- und Materialkonstante, B die Steuerkonstante (wird vom Hersteller angegeben) und T ist die absolute Temperatur (in K). Unser NTC (genauere Bezeichnung nicht bekannt) zeigte im Versuch ein sehr ähnliches Verhalten und sein Widerstand nahm mit steigender Temperatur ab! Leider bin ich zurzeit nicht im Besitz von Standard- und Fachbüchern, um mit einem eventuellen Koeffizientenvergleich den NTC zu ermitteln. Im Internet konnte ich leider auch nichts Genaueres finden.

#### Pt100:

Der Pt100 ist ein Widerstand aus Platin, der bei 0°C einen Widerstand von 100Ω aufweist, und dessen Widerstand linear ansteigt. Pt100, sowie Pt1000 haben selten Abweichungen von über 1°C in ihrem Messbereich. Sie gelten als sehr gute Temperatursensoren in der Elektrotechnik/Elektronik. Für den Pt100 ist eine Widerstandstabelle für den Temperaturbereich zwischen -200°C und +850°C in der DIN EN 60751 aufgelistet. Der Kennlinienverlauf kann der Abbildung 2 entnommen werden. In unserem Versuch wurden 2 Pt100 untersucht. Der Widerstand des Jumo Pt100 verbunden mit der Widerstandsmessbrücke (Genauigkeitsklasse 0,5) ist fast linear mit Erhöhung der Temperatur gestiegen, welches auch durch das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression mit  $R=0,9998$  gut erkennbar ist. Es ergaben sich also nur geringe Abweichungen. Der zweite Pt100 von Höntzsch verbunden mit dem passenden Messgerät von Typ Höntzsch µP- Flowtherm (Digitalthermometer) zeigte ebenfalls nur eine sehr geringe Abweichung von der Referenztemperatur (ca. 0,1 °C Abweichung). Das Bestimmtheitsmaß wurde sogar mit 1 angegeben. Es ist also anzunehmen, dass die Referenztemperatur und gemessene Temperatur nur minimal voneinander abweichen (Im Kennlinienverlauf auch minimal sichtbar).

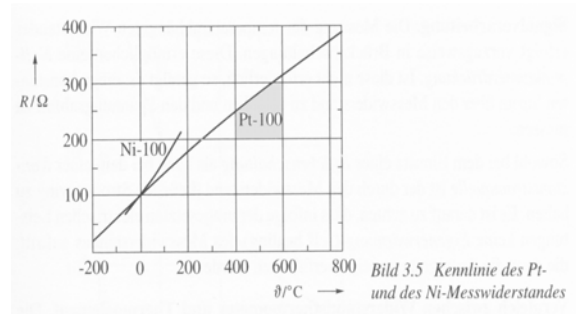


Abb.2

**Thermoelement:**

Thermoelemente messen die Temperatur über eine Vergleichstemperatur. Sie messen eine statische bekannte Temperatur (Spannung) an einem festen Ort, und vergleichen mit dieser die gemessene Spannung an einem Ort mit der Messtemperatur. Über die Spannungsdifferenz (Vergleich) kann die Temperatur des Messortes bestimmt werden. Thermoelemente haben lineare Spannungs – Temperatur – Kennlinien(Abb.3) und sind ebenso gute Temperatursensoren wie der Pt100.

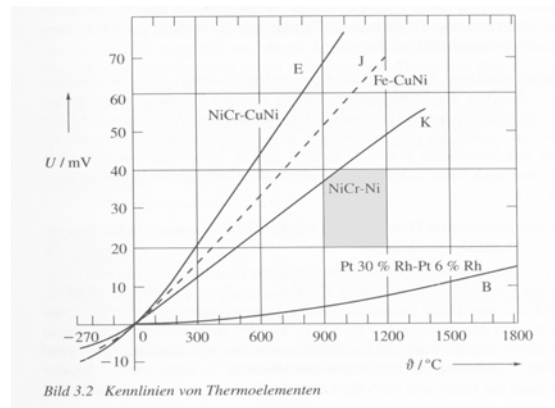
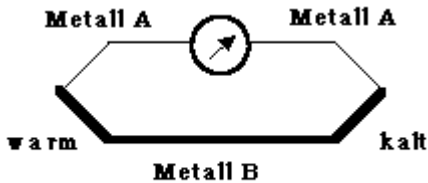


Abb.3

**Aufbau eines Thermoelements**

In unserem Fall bestand das TE aus Ni-Cr-Ni. Zur Identifizierung wurde die Nummer 447644-0107 0/+600 angegeben. Die Änderung der Spannung wurde mit  $41\mu\text{V}/\text{K}$  angegeben. Zur Einhaltung der Vergleichsspannung wurde Eiswasser von gemessenen  $0,9^\circ\text{C}$  benutzt. Wie man an den gemessenen Werten sieht, ist die Temperaturbestimmung mittels Thermoelement nicht ganz so genau, wie die der beiden Pt100, gewesen. Gründe dafür können nichtkonstant halten der Vergleichstemperatur im Eisbad sein und damit Verfälschung der Messergebnisse. Aber mehr als einmal  $1^\circ\text{C}$  Abweichung wurde nicht erreicht. Da keine Genauigkeitsklasse des Thermoelementes angegeben wurde, kann eine Überprüfung der Einhaltung der Genauigkeitsklasse nicht erfolgen.

**Digitalmultimeter**

Das Digitalmultimeter kann seriell mit dem PC-Interface verbunden werden oder auch viele Sensoren können direkt an das DTM angeschlossen werden, nur die Angabe der Sensorart ist dabei notwendig. Unser DGT besaß im Bereich von 1-5kΩ eine Genauigkeit von 0,1%.

## **8. Auswertung des Gesamtversuches/Zusammenfassung:**

Zusammenfassend ist zuzusagen, dass die Temperaturmessung auf verschiedene Wege, sei es mit Hilfe der mechanischen oder elektrischen Temperaturmessfühler, erfolgen kann. Je nach eingesetzten Temperaturmessfühler und kombinierten Messgeräten entstanden auch unterschiedliche Kennlinienverläufe, die für die jeweiligen Temperaturmessfühler charakteristisch sind. Je nach Einsatzgebiet (Temperaturbereich) und geforderter Genauigkeit sollte der jeweilige Temperatursensor ausgewählt, und seine Vor- und Nachteile abgeschätzt werden. Jedoch ist anzumerken, dass jede Messung mit Messfehlern behaftet war, egal welches Messsystem eingesetzt wurde. Wichtig dafür ist es das dynamische und statische Verhalten der jeweiligen Sensoren zu kennen, um nach der Messung eventuelle Korrekturen vornehmen zu können und so das Messergebnis den „wahren Wert“ wieder anzunähern. Die Wirkungsweise und das statische Verhalten der verschiedenen Temperaturmessfühler wurden erkannt und ihre Kennlinien grafisch dargestellt und dementsprechend ausgewertet.