

VEB Thermometerwerk Geraberg

6306 Geraberg

Elgersburger Straße 1

Anwenderdokumentation

Digitalthermometer

DTM 2010

DTM 2020

DTM 2030

Geräte-Nr.



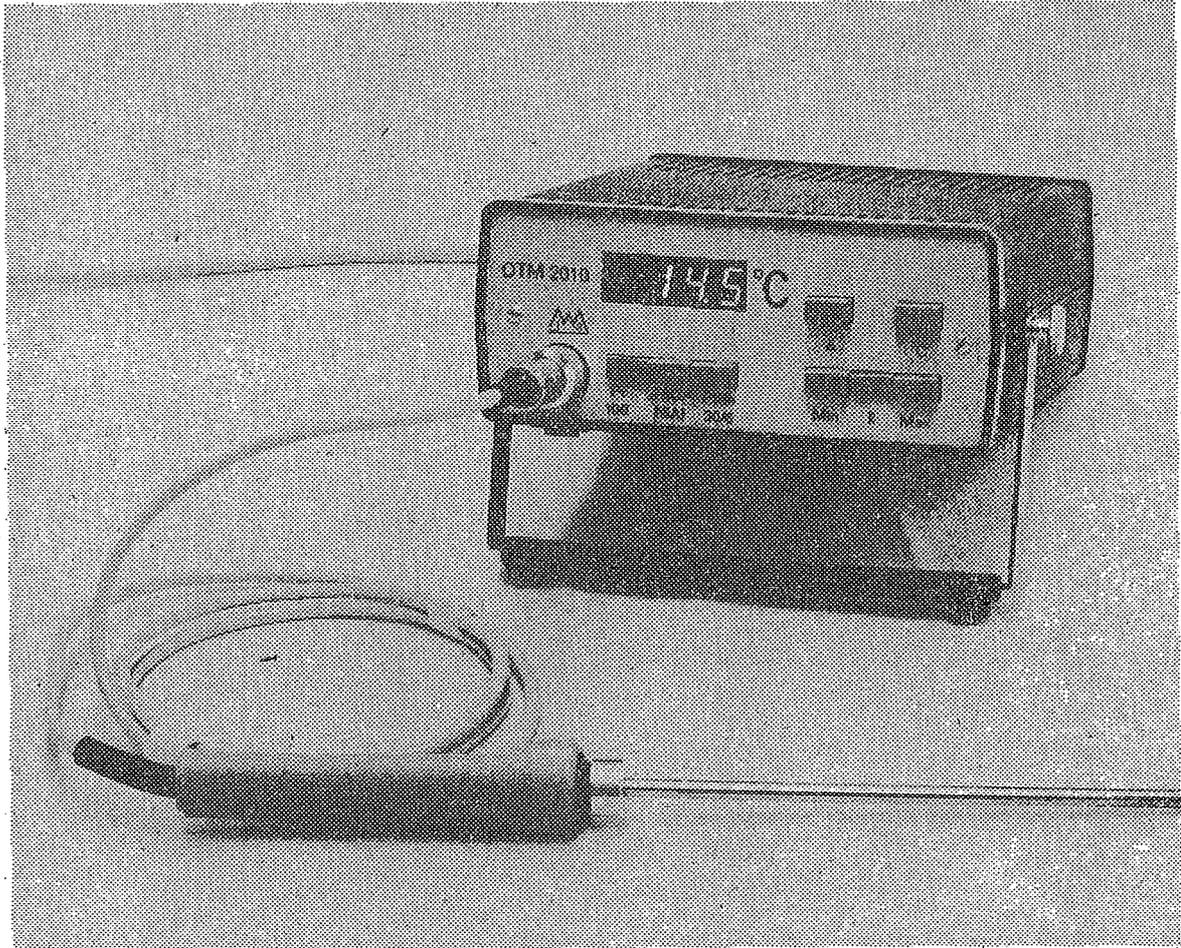
Inhaltsverzeichnis

1. Ansicht des Gerätes
2. Verwendungszweck
3. Lieferumfang
4. Technische Daten
5. Wirkungsweise
6. Betriebsanweisung
7. Überprüfung des Gerätes
8. Elektrische Schaltung
9. Programmbeschreibung
10. Reparaturhinweise
11. Anlagen

- A1 Prinzipschaltbild
- A2 Impulsdigramm
- A3 Schaltteillisten
- A4 Stiftbelegung der Fühlerbuchse und der Datenausgangsbuchse
- A5 Programmablaufplan
- A6 Adapterzwischenkabel
- A7 Garantiebestimmungen
- A8 Garantieurkunde
- A9 Schaltplan Analogteil
- A10 Schaltplan Digitalteil
- A11 Bestückungsplan Analogteil
- A12 Bestückungsplan Digitalteil

Die Anlagen A9 ... A12 sind nicht in die vorliegende Broschüre eingeklebt.

1. Ansicht des Gerätes



2. Verwendungszweck

Das Digitalthermometer DTM 2000 ist ein universelles Temperaturmeßgerät, an das Fühler dreier Grundtypen angeschlossen werden können. Bei geeigneter Auswahl kann der gesamte mögliche Meßbereich von -200°C bis 1800°C genutzt werden. Es sind prinzipiell alle Arten von Berührungstemperaturmessungen möglich. Dabei ist jedoch sicherzustellen, daß das Anzeigegerät unter Laborbedingungen betrieben wird.

Die als Zubehör z. Z. lieferbaren Fühler sind nur für Tauchmessungen und für eingeschränkte Temperaturmeßbereiche geeignet. Neben den zum Gerät gehörenden Fühlern können be-

liebige andere Fühler der entsprechenden Grundtypen sowie fest installierte Temperaturmeßstellen angeschlossen werden. Das Gerät hat die Schutzklasse I. Der Eingang ist geerdet. Eingebaute Vergleichstellenkompensation für Thermoelemente, Zusatzfunktionen wie verschiedene Speicher und anderes sind Merkmale eines hohen Bedienkomforts.

Der Einsatz eines Mikrorechners und anderer moderner Halbleiterbauelemente gewährleisten eine hohe Stabilität und Betriebssicherheit.

3. Lieferumfang

Zur Grundausstattung jedes Gerätes gehören

- drei Tauchfühler für verschiedene Temperaturmeßbereiche,
- ein Adapterzwischenkabel zum Anschluß unedler Thermoelemente,
- ein Steckverbinder mit Griffschalen für Datenausgang,
- eine Anwenderdokumentation,
- eine Garantieurkunde.

Für die verschiedenen Modelle sind die Temperaturfühler vom Grundtyp:

DTM 2010

- Widerstandsthermometer Pt 100, $W_{100} = 1,385$, TGL 39438,
- Thermoelement NiCr-NiAl, TGL 39440
- Thermoelement PtRh30%-PtRh6%, TGL 39440,

DTM 2020

- Widerstandsthermometer Pt 100, $W_{100} = 1,385$, TGL 39438,
- Thermoelement Fe-CuNi, TGL 39440,
- Thermoelement PtRh30%-PtRh6%, TGL 39440,

DTM 2030

- Widerstandsthermometer Pt 100, $W_{100} = 1,385$, TGL 39438
- Thermoelement Fe-Ko, TGL 0-437-10
- Thermoelement PtRh30% - PtRh6%, TGL 39440

DTM 2040

- Widerstandsthermometer Pt100, $W_{100} = 1,385$ TGL 39438
- Thermoelement Pt-PtRh10%, TGL 39440
- Thermoelement PtRh30%-PtRh6%, TGL 39440

4. Technische Daten

4.1. Anzeigegerät

- Geräteart: Labortischgerät, netzgebunden
- Meßbereich: - 200°C bis 1800°C
- anschließbare Fühlergrundtypen

<u>DTM 2010</u>	<u>DTM 2020</u>	<u>DTM 2030</u>	<u>DTM 2040</u>
- Pt100	- Pt100	- Pt100	- Pt100
- NiCr-NiAl	- Fe-CuNi	- Fe-Ko	- Pt-PtRh10
- PtRh30/6	- PtRh30/6	- PtRh30/6	- PtRh30/6

- Fühlerkennlinien:
 - Pt 100, $W_{100} = 1,385$ nach TGL 39438
 - NiCr-NiAl nach TGL 39440
 - Fe-CuNi nach TGL 39440
 - Fe-Ko nach TGL 0-43710
 - PtRh30%-PtRh6% nach TGL 39440
 - Pt-PtRh10% nach TGL 39440
- Anzeigebereich:
 - Pt 100 -200 bis 850°C
 - NiCr-NiAl -200 bis 1300°C
 - Fe-CuNi -200 bis 900°C
 - Fe-Ko -200 bis 900°C
 - PtRh30%-PtRh6% +300 bis 1800°C
 - Pt-PtRh10% +200 bis 1600°C
- Verarbeitungsfehler:
 - Pt 100, $\pm 0,15$ K für $t < 200^\circ\text{C}$
 - $\pm 0,3$ K für $t < 850^\circ\text{C}$
 - Thermoelemente
 - ± 2 K für - 200 < t < - 100°C
 - ± 1 K für - 100 < t < + 200°C
 - ± 3 K für + 200 < t < Meßbereichsende

(gilt für alle Thermoelemente)

- Auflösung Bereich - 199,9 bis 199,9^oC 0,1 K
200 bis 1800^oC 1 K
- Meßverfahren: Dual-slope Integration, Linearisierung im Digitalteil
- Integrationszeit einer Messung: 40 ms
- Meßrate: ca. 2/s
- Widerstandsthermometeranschluß: direkt über geeignete Leitung und Steckverbinder in Dreileiterschaltung, Zuleitungswiderstand pro Ader kleiner 10 Ohm
- Thermoelementanschluß: direkt über Steckverbinder bzw. Ausgleichleitung und Steckverbinder, Vergleichstellenkompensation durch Anzeigegerät, Widerstand des Thermokreises kleiner 20 Ohm, bei unedlem Thermoelement Adapterzwischenkabel erforderlich.
- Auswahl des Fühlergrundtyps: durch Tastenschalter
- Zusatzfunktionen: Maximalwertspeicher, Minimalwertspeicher, Mittelwertspeicher, Differenztemperaturmessung
- Datenausgang: an IMS 2 (IEC-Bus) angeglichen, verkettbar mit Geräten im Ion-Betrieb

- Arbeitsbedingungen: Laboreinsatz, Einsatzgruppe 1 nach TGL 14283/05
- Umgebungstemperaturbereich: + 5 bis 40°C
- Abgleichtemperatur: + 23°C
- Netzanschluß: 220V \pm 22V, 50Hz \pm 1 Hz
- Einlaufzeit: 10 Minuten
- Leistungsaufnahme: kleiner 12W bei Nennspannung 220V
- Funkentstörgrad: F1
- Schutzgüte: Schutzklasse I (Schutzerdung), Schutzgrad IP 20

Das Erzeugnis wurde auf der Grundlage der TGL 14238/07 und der TGL 30101 auf Einhaltung der Vorschriften des Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutzes (GAB) überprüft. Der GAB-Nachweis sowie die Stellungnahme der betrieblichen Schutzgütekommision liegen vor.

Dementsprechend besitzt das Erzeugnis Schutzgüte gemäß der 3. Durchführungsbestimmung zur Arbeitsschutzverordnung.

- Verbleibende Gefährdungen bzw. Erschwernisse: keine
- Das Erzeugnis fällt nicht in den Arbeitsbereich der technischen Überwachung.

- Gehäuse: schlagfestes Plastikgehäuse
- Masse: 1700 g
- Abmessungen: 180 x 210 x 75 mm
- Ausfallrate: 2×10^{-4} pro Stunde

4.2. Fühler

- Typ 377 Widerstandsthermometer Pt 100, Klasse I, $W_{100} = 1,385$, mit verjüngtem Stahlschutzrohr und Plastgriff, Fühlerlänge 250 mm, Einsatztemperaturbereich -200°C bis $+300^{\circ}\text{C}$, wobei der Temperaturbereich -35°C bis $+70^{\circ}\text{C}$ am Griffelement einzuhalten ist, Fühlerkennlinie nach TGL 39438
- Typ 277.1 Mantelthermoelement Fe-Ko, Grundwerte nach TGL 43710, Durchmesser 2 mm, Griffelement-Plastgriff, Fühlerlänge 250 mm, Einsatztemperaturbereich -50 bis 700°C , wobei der Temperaturbereich -35 bis $+70^{\circ}\text{C}$ am Griffelement einzuhalten ist
- Typ 277.2 Mantelthermoelement Fe-CuNi, Grundwerte nach TGL 39440, Durchmesser 2 mm, Griffelement-Plastgriff, Fühlerlänge 250 mm, Einsatztemperaturbereich -50 bis 700°C wobei der Temperaturbereich -35 bis $+70^{\circ}\text{C}$ am Griffelement einzuhalten ist
- Typ 277.3 Mantelthermoelement NiCr-NiAl, Grundwertreihe nach TGL 39440, Durchmesser 2 mm, Griffelement-Plastgriff, Fühlerlänge 250 mm, Einsatztemperaturbereich 0°C bis 750°C wobei der Temperaturbereich -35 bis $+70^{\circ}\text{C}$ am Griffelement einzuhalten ist
- Typ 267.4 Thermoelement Pt-PtRh10% Grundwertreihe nach TGL 39440, Keramisches Schutzrohr aus KER 710, Fühlerlänge 500 mm, Griffelement - Stahl, Einsatztemperaturbereich $+200$ bis 1600°C , wobei die Maximaltemperatur am Griffelement 80°C betragen darf.
- Typ 267.5 Thermoelement PtRh30%-PtRh6%, Grundwertreihe nach TGL 39440, Keramisches Schutzrohr aus KER 710, Fühlerlänge 500 mm, Griffelement - Stahl, Einsatztemperaturbereich $+300$ bis 1600°C , wobei die Maximaltemperatur am Griffelement 80°C betragen darf.

4.3. Lager- und Transportbedingungen

- in Herstellertransportverpackung:
 - Umgebungstemperaturbereich -25 bis 70°C
 - rel. Luftfeuchte 95% (bis maximal 25°C)
- ohne Herstellertransportverpackung:
 - siehe Arbeitsbedingungen

5. Wirkungsweise

Kernstück des DTM 2000 ist ein Mikrorechner. Er steuert den Meßablauf, führt notwendige Berechnungen und Zuordnungen aus und steuert die Anzeige.

Als AD-Umsetzer ist eine Schaltungskonfiguration eingesetzt, die zusammen mit dem Rechner die AD-Umsetzung vornimmt.

Die Umsetzung erfolgt nach dem Dual-slope Prinzip. Als Zähler fungiert der CTC-Baustein des Rechners. Die für die Umsetzung erforderliche konstante Zeit (Meßwertintegrationszeit) wird ebenfalls im CTC-Baustein erzeugt.

Näherungsweise kann die Umsetzung eines Meßwertes wie folgt beschrieben werden:

- Am Eingang liegt ein Kurzschluß, es erfolgt die Wandlung der Offsetgrößen des Eingangsverstärkers und anderer Baugruppen in eine Impulszahl. Im Rechner entsteht der Zählerstand Z1.
- Am Eingang liegt eine Referenzspannung, es erfolgt die Wandlung dieser Spannung in eine Impulszahl und man erhält den Zählerstand Z2.
- Am Eingang liegt die eigentliche Meßspannung, die Wandlung führt zum Zählerstand Z3.

Da alle drei Wandlerschritte schnell hintereinander ablaufen, sind die zu einer Messung gehörenden Zählerstände alle mit den gleichen Offsetwerten (Summanden) behaftet. Durch Differenzenbildung $Z3-Z1$ und $Z2-Z1$ erhält man Binärzahlen, die direkt proportional dem Meßwert bzw. der Referenzgröße sind. Im Weiteren wird der Quotient dieser Differenzen gebildet.

$$\frac{U_{\text{meß}}}{U_{\text{ref}}} = \frac{Z_3 - Z_1}{Z_2 - Z_1} \quad /5.1/$$

Damit liegt eine Größe vor, die den jeweiligen Meßwert bezogen auf den Referenzwert darstellt.

Eine Entnormierung gemäß Gl. 5.2 liefert den Meßwert.

$$U_{\text{meß}} = \frac{U_{\text{meß}}}{U_{\text{ref}}} \cdot U_{\text{ref}} \quad /5.2/$$

Temperaturdrift der Verstärker, Drift der Komparatorschwellen u. a. gehen nicht als Fehler in die Umsetzung ein.

Allein die Stabilität der Referenzgrößen, die Rechengenauigkeit und die Linearität des Wandler bestimmen die erreichbare Genauigkeit.

Die durch die nichtlinearen Fühlerkennlinien erforderliche Linearisierung erfolgt in Form einer Zuweisung. Dem in binärer Form vorliegenden Meßwert (Thermospannung bzw. Widerstandswert des Pt 100) wird die anzuzeigende Temperatur zugeordnet. Dies erfolgt gemäß Fühlerkennlinie, die im Mikrorechner vorliegt.

Das gewählte Verfahren garantiert Driftfreiheit und hohe Stabilität der Linearisierung.

Die Abspeicherung der Fühlerkennlinien im Rechner wurde in Form von Tabellen ausgeführt. Stützstellen der Kennlinien, jeweils im Abstand von 10 K sind im ROM fixiert. Erforderliche Zwischenwerte werden durch lineare Interpolation gewonnen. Abweichungen von der Sollkennlinie sind kleiner 0,03 K. In der praktischen Realisierung hat das DTM 2000 vier verschiedene Schaltzustände der Eingangsschalterbaugruppe.

Neben den genannten Schaltzuständen Kurzschluß, Referenzgröße und Meßgröße am Eingang wird in einem vierten Zustand der Vergleichstellentemperaturfühler angeschaltet.

Der Rechenablauf und die Temperaturzuordnung geschieht derart, daß dem Quotienten Meßwert/Referenzwert (Gl. 5.1) die gesuchte Temperatur zugewiesen wird. Die Tabellen der Fühlerkennlinien sind auf die jeweilige Referenzgröße bezogen. Die

Entsprechend Gl. /5.3/ wird der Widerstandswert des Pt 100 bezogen auf den Referenzwiderstand berechnet. Durch die Differenzenbildung in Zähler und Nenner von Gl. /5.3/ wird der Einfluß des Summanden $1\text{mA} \cdot (2 R_L)$ eliminiert.

$$\frac{R_{\text{Pt 100}}}{R_{\text{ref}}} = \frac{Z_3 - Z_1}{Z_2 - Z_1} \quad /5.3/$$

5.2. Betriebsart Thermoelement PtRh30%-PtRh6%

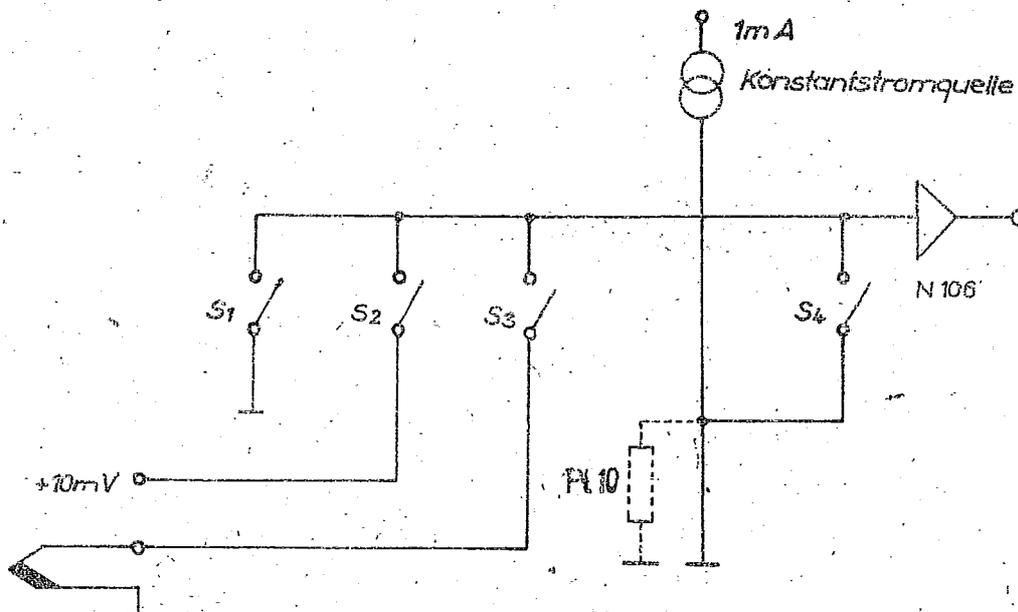


Bild 5.2

Bild 5.2 zeigt das Prinzip der Schalterbaugruppe für alle Thermoelemente. Die Schalter S1 bis S4 sind wiederum MOS-Schalter, die der Mikrorechner betätigt. Folgende Spannungen liegen am Eingang des Eingangsverstärkers.

- S1 geschlossen, $U_e = 0$ △ Z1
- S2 geschlossen, $U_e = 10,000\text{mV} = U_{\text{ref}}$ △ Z2
- S3 geschlossen, $U_e = U_{\text{meß}}$ △ Z3
- S4 geschlossen, $U_e = 0$ △ Z4

Der Zählerstand Z4 wird nicht benötigt.

$$\frac{U_{\text{meß}}}{U_{\text{ref}}} = \frac{Z3-Z1}{Z2-Z1} \quad /5.4/$$

Dem entsprechend Gl. /5.4/ gewonnenen Wert wird die zugehörige Temperatur zugeordnet und angezeigt.

5.3. Betriebsart Thermoelement NiCr-NiAl (Fe-CuNi, Fe-Ko)

Die Schaltungsanordnung zeigt Bild 5.2, wobei der eingezeichnete Kurzschluß über dem Pt 10 Widerstand entfällt, im Rechner liegen im Verlaufe der vier Schaltzustände die im Abschnitt 5.2. beschriebenen Größen am Eingangsverstärker.

Eine Ausnahme bildet Z4. Diesem Zählerstand entspricht der Wert (Spannungswert) $1 \text{ mA} \cdot \text{Pt } 10 = f(t_{\text{vergl.}})$.

Die Bearbeitung der Zählerstände geschieht wie folgt.

Zunächst wird gemäß Gl. /5.4/ die effektive Thermospannung berechnet. Über Gl. /5.5/ ermittelt der Rechner eine Meßgröße, die in direktem Zusammenhang mit der Vergleichstellentemperatur steht.

$$\frac{1 \text{ mA} \cdot \text{Pt } 10}{10,000 \text{ mV}} = \frac{Z4-Z1}{Z2-Z1} \quad /5.5/$$

Daraus erfolgt die Berechnung der Vergleichstellentemperatur. Aus dieser und der effektiven Thermospannung wird die auf den Eispunkt bezogene Thermospannung berechnet. Dieser Thermospannung, die auf die Referenzspannung normiert ist, wird die gesuchte Temperatur zugeordnet.

Der Platinfühler Pt 10 für die Vergleichstellentemperatur ist im Stecker des Adapterzwischenkabels montiert. Der Anschluß von unedlen Thermoelementen direkt an das Gerät ist somit nicht möglich.

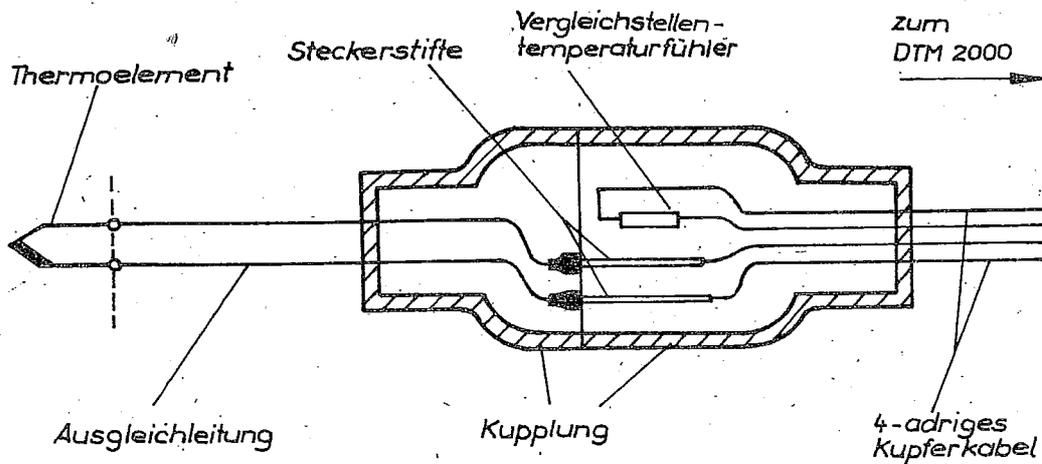


Bild 5.3: Anschlußprinzip unedler Thermoelemente

Fehlerfreies Messen ist nur gewährleistet, wenn Vergleichstellenfühlertemperatur und Vergleichstellentemperatur gleich sind. Ein Temperaturgleichgewicht liegt ca. 10 min nach Fügen der Steckverbindung, in der sich der Pt 10 befindet, vor.

6. Betriebsanweisung

6.1. Anordnung der Bedien- und Anschlußelemente

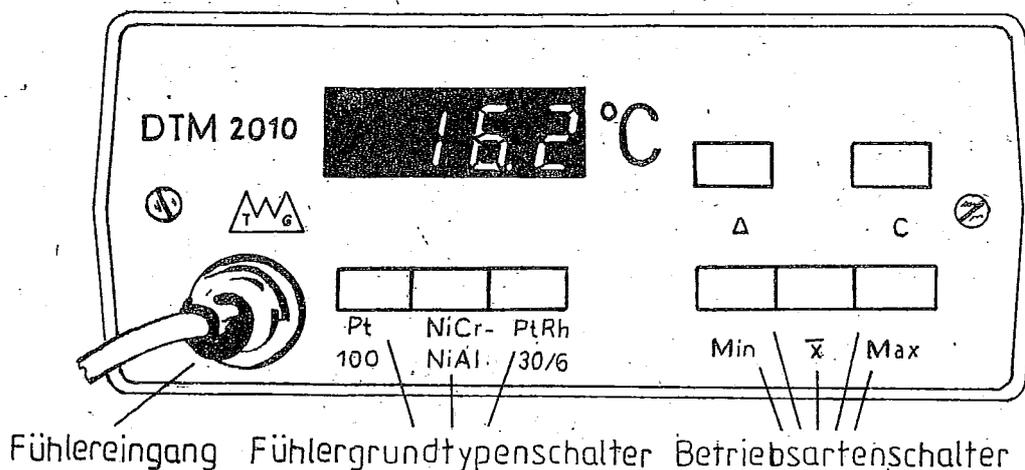


Bild 6.1: Bedien- und Anschlußelemente von vorn

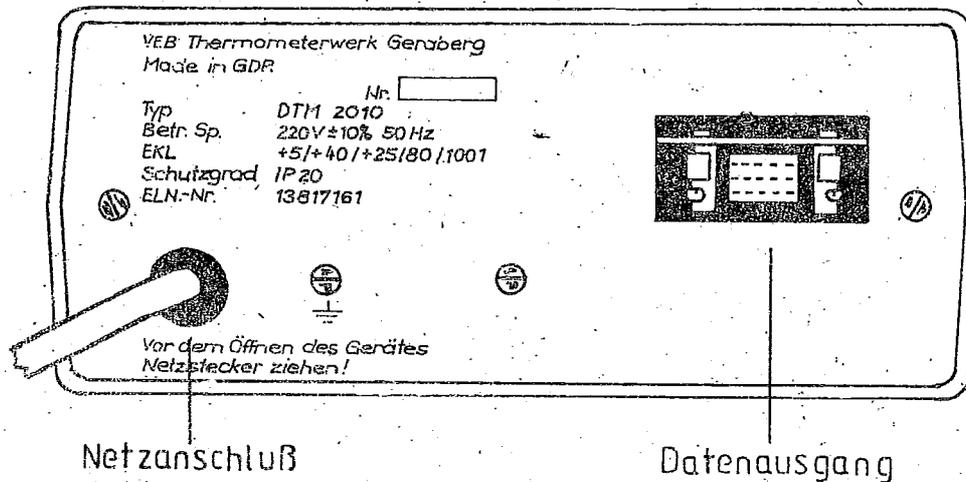


Bild 6.2: Geräteansicht /Rückseite

6.2. Vorbereitung für die Messung

Gerät niemals mit offenem Eingang betreiben.
Fühlerwechsel bei gezogenem Netzstecker.
Bei Nichtbeachtung keine Garantieleistung.

Durch Herstellen des Netzanschlusses, Anschluß eines Fühlers und Wahl der zugehörigen Fühlergrundtypentaste ist das Gerät betriebsbereit. Dabei ist zu beachten, daß der Anschluß nur über eine Steckdose mit Schutzkontakt erfolgen darf. Das Aufleuchten der Anzeige signalisiert die Betriebsbereitschaft. Ist außer der Fühlertaste keine weitere gesetzt, ist Normalbetrieb gewählt und es wird die Meßstellentemperatur des angeschlossenen Fühlers angezeigt.

Das Gerät hat eine Einlaufzeit von 10 min. Diese ist erforderlich, wenn die angegebene Genauigkeit erreicht werden soll. Dabei ist zu beachten, daß während dieser Zeit der für die Messung benötigte Fühler angeschlossen ist.

Unmittelbar nach Einschalten des Gerätes, Anschluß eines anderen Fühlers oder Setzen einer Fühlertaste erscheinen in der Anzeige vier Meßwerte, die nicht mit der Meßstellentemperatur in Zusammenhang stehen.

Das Gerät verfügt über eine automatische Nullpunktkorrektur. Eine Kalibrierung ist nicht erforderlich.

6.3. Durchführung der Messungen

Das DTM 2000 besitzt je nach Typ die Anschlußmöglichkeit dreier Fühlergrundtypen (siehe 3. Lieferumfang). Für jeden Fühlergrundtyp ist die Betriebsart

- Normalbetrieb,
 - Maximumanzeige,
 - Minimumanzeige,
 - Mittelwert über 128 Messungen und
 - Differenztemperaturmessung
- wählbar.

6.3.1. Abfrage der Speicher

In allen Betriebsarten werden die internen Speicher wie Maximalwert-, Minimalwert- und Mittelwertspeicher ständig aktualisiert. Die Anzeige des Maximal-, Minimal- bzw. Mittelwertes erfolgt, wenn die entsprechende Taste gesetzt wird. Bei zusätzlichem Drücken der Taste "C" zur Speicherwahltaste wird der Speicherinhalt durch den folgenden eintreffenden Meßwert überschrieben.

Falsche Anzeigewerte, die nach dem Einschalten des Gerätes bzw. nach Fühlerumschaltung auftreten können, werden in den Extremwertspeichern bzw. dem Mittelwertspeicher abgelegt. Ist die Nutzung der Speicher vorgesehen, so sind sie nach dem Einlaufen des Gerätes mit aktuellen Meßwerten zu füllen. Bei den Extremwertspeichern erfolgt dies durch Drücken der Taste "C" zusätzlich zur jeweiligen Extremwertspeicherwahltaste. Beim Mittelwertspeicher ist kein Löschen erforderlich. Falsche Anzeigewerte werden ca. 1,5 Minuten nach deren Auftreten nicht mehr zur Berechnung herangezogen.

Der Mittelwert ist das arithmetische Mittel über die letzten 128 Messungen. Nach dem Einschalten, bevor 128 Meßwerte eingelaufen sind, erfolgt die Bildung aus den vorhandenen Werten. Nachdem die Zahl 128 erreicht ist, wird der erste Wert nicht mehr berücksichtigt und der folgende Meßwert in den Berechnungszyklus aufgenommen.

6.3.2. Betriebsart Differenztemperaturmessung

Bevor die Betriebsart genutzt werden kann, ist das Laden des Bezugstemperaturspeichers erforderlich. Dazu wird einer der Fühler der Bezugstemperatur ausgesetzt. Nachdem diese in der Anzeige erscheint, kann sie durch kurzes Drücken der "C" Taste in den Speicher übernommen werden. Dabei darf außer der Fühlergrundtypentaste keine weitere gesetzt sein. Durch Drücken der Δ -Taste wird die Betriebsart Differenztemperaturmessung gewählt. In der Anzeige erscheint die Differenz zwischen aktuellem Meßwert und gespeicherter Bezugstemperatur. Die Inhalte des Maximalwert-, Minimalwert- und Mittelwertspeichers bleiben durch Setzen der Δ -Taste unberührt und werden ständig aktualisiert. Wird während der Betriebsart Differenztemperaturmessung einer der Speicher durch Setzen der entsprechenden Taste aufgerufen, erscheint in der Anzeige jeweils die Differenz von Speicherinhalt und Bezugstemperatur. Der Bezugstemperaturspeicher behält ebenso wie die anderen Speicher seinen Inhalt nur so lange, wie die Speicherschaltkreise mit Betriebsspannung versorgt werden. Nach Netztrennung oder kurzzeitigem Netzausfall ist der Bezugstemperaturspeicher neu zu laden.

6.3.3. Fühleranschluß

Neben den z. Z. lieferbaren Tauchfühlern (siehe technische Daten) können beliebige andere Fühler sowie feste Temperaturmeßstellen des entsprechenden Grundtyps angeschlossen werden.

Der Anschluß erfolgt über den Stecker (Steckdose Form 21, TGL 31428-02). Die Anschlußbelegung ist in A4 zu finden (Anhang). Bei Anschluß unedler Thermoelemente ist das zugehörige Adapterzwischenkabel zu verwenden.

Das Adapterzwischenkabel trägt die jeweilige Gerätenummer. Ein Vertauschen der Adapterzwischenkabel führt zu Meßfehlern. Es ist zu beachten, daß zum Lötten der Anschlußleitungen, Thermodrähte und Ausgleichleitungen nur Kolophonium ver-

wendet werden darf. Bei Anwendung von Löt fett u. ä. werden in den Meßkreis parasitäre galvanische Elemente eingebracht, die zu erheblichen Meßfehlern führen.

Der Anschluß von Widerstandsthermometern erfolgt in Dreileiterschaltung. Dabei gilt die Forderung, gleich große Zuleitungswiderstände der einzelnen Leiter zum Meßeinsatz zu realisieren. Unsymmetrien bewirken Meßfehler. Der Zuleitungswiderstand pro Ader darf 10 Ohm nicht übersteigen. Als Anschlußkabel ist abgeschirmte Leitung zu verwenden.

Thermoelemente sind direkt bzw. über entsprechende Ausgleichleitung anzuschließen. Der Gesamtwiderstand des Thermokreises muß kleiner 20 Ohm sein.

Bei niederohmigen Meßkreisen (kleiner 5 Ohm) und Leitungslängen kleiner 5 m ist keine Abschirmung der Ausgleichleitungen bzw. Anschlußkabel erforderlich.

Bei Fühlern mit metallischen Schutzrohren ist ein Isolationswiderstand zwischen Meßstelle und Schutzrohr von größer 100 kOhm zu gewährleisten.

Nach Anschluß eines Thermoelementes ist unbedingt ein Temperaturengleich entlang der Stifte von Stecker und Steckdose des Eingangssteckverbinders abzuwarten (siehe Abschnitt 5.3.). Ein Gleichgewicht liegt nach etwa 10 Minuten vor. Temperaturengfälle längs der Stifte führt zu Meßfehlern.

6.3.4. Datenausgang

Der Datenausgang entspricht keinem gültigen Standard. Sein Ausgabemodus ist an IMS 2 (IEC-Bus) angelehnt. Das DTM 2000 kann mit einem Listener-Gerät in der Betriebsart Ion (Listener on) betrieben werden. Die geräteseitige Datenausgangsbuchse trägt die Bezeichnung Buchsenleiste 402-15, TGL 29331/04-7. Der Stecker sowie zugehörige Griffschalen gehören zum Lieferumfang. Ein je nach Anforderungen entsprechendes Anschlußkabel ist vom Anwender selbst zu fertigen. Die Anschlußbelegung des Datenausgangs liegt im Anhang A4 vor.

Zum Anschluß als peripheres Gerät eignen sich der Thermo-streifendrucker G - 3407.500 vom VEB Mikroelektronik

"Karl Marx" Erfurt und alle Geräte mit IMS-2 Interface, sowie Geräte, die den Dreidrahthandshake des IMS-2 realisieren können (z. B. Mikrorechner).

In jedem Datenaustauschzyklus werden 16 Zeichen des ISO - 7 bit - Codes übermittelt. Die Zeichen 3 bis 5 enthalten den verschlüsselten Tastenzustand (LLL, MAX, MIN, MIT, DLT) und die Zeichen 7 bis 13 die angezeigte vorzeichenbehafte Temperatur. Die Zeichenkette für eine Übermittlung ohne gedrückte Funktionstaste hat folgendes Aussehen.

Zeichen	- 1 6 . 8															
Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Für eine Übermittlung mit gedrückter Maximalwerttaste erhält die Zeichenkette folgende Form.

Zeichen	M A X 1 2 9 4															
Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Ein Übergabezyklus ist abgeschlossen, wenn 16 Zeichen übermittelt sind.

Anmerkung: Bei Anschluß des Thermostreifendruckers G-3407.500 ist vor Inbetriebnahme die Kabelverbindung zwischen den Geräten herzustellen. Danach ist das Digitalthermometer ans Netz anzuschließen und die gewünschte Anzeige abzuwarten. Zu den geforderten Zeitpunkten wird der Drucker eingeschaltet.

7. Überprüfung des Gerätes

Die Genauigkeit des Gerätes in den Betriebsarten Pt 100 und RtrRh30%-PtRh6% kann sehr einfach überprüft werden.

Wird anstelle eines PT 100 ein 100 Ohm Präzisionswiderstand in Dreileiterschaltung angeschlossen, erscheint in der Be-

triebsart Pt 100-Normalbetrieb 0,0 in der Anzeige.

Werden bei gewählter Betriebsart PtRh30/6, Normalbetrieb anstelle einer Thermospannung 10,000 mV über die Eingangsbuchse eingespeist, erscheint der Anzeigewert 1492.

Bei den unedlen Thermoelementen (NiCr-NiAl, Fe-CuNi, Fe-Ko) gestaltet sich die Prüfung schwieriger, da neben der effektiven Thermospannung die Vergleichstellentemperatur bei der Meßwertberechnung ausgewertet wird.

Zunächst kann die Vergleichstellentemperaturmessung überprüft werden, indem das Adapterzwischenkabel angeschlossen wird und anstelle eines Fühlers ein Kurzschluß zwischen den Stiften 1,2 und 4 des Steckers Form 11 erzeugt wird. In der Anzeige erscheint bei Betriebsart unedles Thermoelement, Normalbetrieb die Vergleichstellentemperatur.

Werden zusätzlich zur Fühlergrundtypentaste die Tasten "max" und "min" gedrückt, bleibt die Vergleichstellentemperatur unberücksichtigt. Speist man über den Stecker Form 11 des Adapterzwischenkabels 10,000 mV ein, erscheint in der Anzeige einer der im folgenden genannten Werte.

- NiCr-NiAl	246
- Fe-CuNi	186,0
- Fe-Ko	183,0

Eine weitere Prüfmöglichkeit besteht darin, eine Meßkette, bestehend aus Anzeigegerät und Fühler zu prüfen.

Bei dieser Prüfung sind die zulässigen Toleranzen der Fühler laut TGL O-43710, TGL 39438 und TGL 39440 und die alterungsbedingt mögliche Drift zu berücksichtigen.

8. Elektrische Schaltung

Bild A1 zeigt eine Prinzipschaltung des Gerätes. Die Baugruppen Mikrorechner, Anzeige und Datenausgang werden im folgenden als Digitalteil bezeichnet und sind auf der Digitalleiterplatte angeordnet. A10 zeigt die Schaltung dieser Baugruppe, A12 den Bestückungsplan der Leiterplatte.

Die restlichen Baueinheiten einschließlich Taktgenerator

und Tor befinden sich auf der Analogleiterplatte und sind Bestandteil der Schaltung A9. Den Bestückungsplan dieser Platine zeigt die Darstellung A11.

Der Rechner steuert über die PI01 (D 207) mit den Toren A5 bis A7 die MOS-Schalter der Eingangsschaltergruppe. Je nach Schaltzustand liegen damit am Eingang des Spannungs-Zeit-Wandlers Meßspannungen entsprechend der Abschnitte 5.1 bis 5.3.

Der Rechner gibt eine konstante Zeit aus, während dieser ein der jeweiligen Meßspannung proportionaler Strom in den Integrator des Spannungs-Zeit-Wandlers fließt. Nach Ablauf dieser Zeit erfolgt die Rückintegration mittels eines Referenzstromes entgegengesetzter Polarität. Der Rechner schaltet den Zustand der MOS-Schalter kontinuierlich, so daß das im Abschnitt 5 beschriebene Regime erreicht wird.

Bild A2 zeigt neben dem Spannungsverlauf am Integrator des Spannungs-Zeit-Wandlers die Pegel an den Toren A4 bis A7 der PI01 (D 207). Weiterhin ist in der Darstellung die Verknüpfung $A5 \wedge A6 \wedge A7$ (Meßgröße) aufgetragen.

Die Umschaltung der MOS-Schalter erfolgt nach Ablauf der Meßwertintegration. Damit ist gesichert, daß die Spannung am Ausgang des Meßverstärkers mit Beginn der neuen Meßintegrationsphase eingeschwungen ist.

Im weiteren erfolgt die Beschreibung der einzelnen Baugruppen.

8.1. Mikrorechner, Anzeige, Datenausgang

Die Schaltung zeigt die Darstellung A10. Der Mikrorechner auf der Basis U 880 ist eine Minimalkonfiguration. Er besteht aus CPU (D 201), CTC (D 206), PI01 (D 207), PI02 (D 208), 1k RAM (D 202, D 203), 2k ROM (D 204, D 205) und einigen Logikbausteinen. Die Korrespondenz zum Analogteil erfolgt über die PI01 sowie über die CTC. Weitere Tore der PI01 geben die anzuzeigenden Daten im BCD-Multiplex-Code aus. Außerdem wird mittels PI01 die Tastaturabfrage realisiert.

Die Steuerung der LED-Anzeige erfolgt über einen BCD/sieben-Segment-Dekoder und entsprechende Digtreiber. Die Zustands-

abfrage der Tasten wird über die Verknüpfung der vier Digit-treibersignale mit zwei Toren der PIO1 realisiert.

Über die PIO2 erfolgt die Steuerung des Datenausgangs. Eine Entkopplung des Busses von den PIO-Toren bewirken zwischengeschaltete Transistorstufen.

Als weitere Baugruppe enthält die Digitalplatine eine Reset-einrichtung. Diese erzeugt einige Sekunden nach dem Einschalten des Gerätes ein RESET und startet damit den Meßablauf.

Wird der planmäßige Meßablauf gestört, erfolgt ebenfalls die Ausgabe eines Resetimpulses (Autoreset).

8.2. Takterzeugung

Die Takterzeugung ist eine Baugruppe der Schaltung A9. Zum Taktgenerator gehören die Schaltkreise D 101 und D 102.

Mittels zweier DL 000-Gatter (D 101) wird eine quarzstabilisierte Frequenz von 4,433619 MHz erzeugt. Dem Generator sind zwei Teilerstufen (DL 074, D 102) nachgeschaltet. Nach einmaliger Teilung und Entkopplung über ein DL 000-Gatter steht der Rechnertakt bereit. Eine weitere Teilerstufe erzeugt den Zähltakt.

8.3. Stromversorgung

Im Gerät werden vier Spannungen benötigt. Zum Betrieb der EPROMs sind erforderlich +5V, +12V und -5V. Das Analogteil benötigt +12V und -8V. Über drei Serienstabilisierungsschaltungen werden aus den gleichgerichteten und gesiebten drei Wechselspannungen, die der Netztrafo bereitstellt, die Spannungen +5V, +12V und -8V gewonnen. Über zwei Vorwiderstände (R 150, R 151) wird die erforderliche -5V-Spannung aus der -8V-Spannung abgeleitet.

Um die Verluste in den Längsstelltransistoren möglichst gering halten zu können, wird mit vergleichsweise niedrigen Rohspannungen (gleichgerichtete und gesiebte Wechselspannungen) gearbeitet. Die für den ordnungsgemäßen Betrieb der Regelverstärker erforderlichen höheren Spannungen werden

gesondert erzeugt.

Erforderliche Funkentstörmaßnahmen werden durch C 129 realisiert.

8.4. Referenzbaugruppe

Die Referenzbaugruppe stellt eine hochstabile Spannung von 10,000 mV und einen Konstantstrom von 1 mA zur Verfügung. Wesentliche Bauelemente dieser Baugruppe sind N 101 und N 102. Von der stabilisierten Spannung und dem Konstantstrom werden Langzeitstabilität und geringer Temperaturkoeffizient gefordert.

Die Konstantspannung 10,000 mV wird der Teilerkette R 102 bis R 108 entnommen. Je nach Spannung des Referenzelementes V 123 wird für R 106 ein Widerstand im Bereich 9,9 bis 10,2 Ohm eingesetzt. Am Ausgang von N 101 liegt eine Spannung zwischen 9,7 und 10,7 Volt.

Der Stromregelverstärker N 102 arbeitet so, daß der Spannungsabfall über R 102 betragsmäßig gleich dem Spannungsabfall über R 103 plus R 104 ist. Somit kann mittels R 104 der Strom durch V 101 lastunabhängig eingestellt werden.

8.5. Schalterbaugruppe

Die Schalterbaugruppe beinhaltet folgende Einheiten des Prinzipschaltbildes nach Darstellung A1

- Verknüpfung und Pegelumformer,
- Tastenschalter für Fühlergrundtypen,
- Schaltergruppe MOS-Schalter.

Die Verknüpfung und Pegelumformung wird mit den Transistorstufen V 108 bis V 112 erreicht. An den Schnittstellen zur PI01 (D 207) liegen TTL-Pegel vor. Aus den drei Signalen A5 bis A7 werden die vier Steuersignale für die MOS-Schalter, die negative Logiksignale benötigen, erzeugt.

Die nachgeschalteten Fühlergrundtypenschalter legen die vier Steuersignale an die entsprechenden MOS-Schalter.

Die MOS-Schalter V 102 bis V 105 schalten den Strom der Kon-

stantstromquelle entsprechend Bild 5.1 bzw. 5.2. Die auszuwertenden Spannungsabfälle bzw. Spannungen werden über die Schalter V 106/1..6 an den Eingangsverstärker geschaltet.

8.6. Eingangsverstärker

Aufgrund des Meßprinzips werden an den Eingangsverstärker bezüglich Offsetspannungsdrift vergleichsweise geringe Anforderungen gestellt. Ein B080Dp (N 106) erfüllt die Forderungen.

Über die Fühlergrundtypenschalter wird die Verstärkung des Eingangsverstärkers je nach Betriebsart eingestellt.

Die Betriebsspannungen werden aus der +12V und der -8V Spannung abgeleitet.

8.7. Spannungs-Zeit-Wandler

Der Spannungs-Zeit-Wandler arbeitet nach dem Dual-slope-Prinzip. N 107 ist als Integrator geschaltet. N 108 fungiert als Komparator, die Transistoren V 117/1..2 bilden den Meßstromschalter, die Transistoren V 118 und V 119/1 den Referenzstromschalter und durch V 119/3..6 ist ein RS-Flip-Flop realisiert.

Die Meßwertintegrationszeit zum Betrieb des Wandlers wird über den Rechner bereitgestellt. Neben den Betriebsarten Meßstromintegration und Referenzstromintegration ist ein Wartebetrieb vor Beginn einer Meßstromintegrationsphase vorgesehen. Das ist erforderlich, da der Rechner bedingt durch ständig ablaufende Interrupts eine Meßwertintegrationszeit mit einer Zeitverschiebung von bis zu 20 μ s nach Eintreffen der Anforderung bereitstellt.

Der Meßstromschalter wird direkt durch A4 der PI01 (D 207) über den Pegelwandler V 120 und den Inverter V 119/2 betätigt. Die Rückschaltflanke der Meßwertintegrationszeit setzt das RS-Flip-Flop. Damit wird auf Referenzintegration umgeschaltet. Außerdem wird über den Pegelwandler V 121 das Zähltor (D 101) geöffnet. Die Rücksetzung des RS-Flip-Flops

erfolgt durch den Komparator N 108. Mit dem Schalten des Flip-Flops öffnet der Referenzstromschalter und der Integrator geht in den Wartebetrieb. Das Zähltor wird geschlossen. An den Rechner ergeht die Anforderung einer Meßwertintegrationszeit. Mit dem Pegelwechsel an A4 der PIO1 (D 207) beginnt der beschriebene Vorgang von neuem.

Bild A2 zeigt neben dem Spannungsverlauf am Integrator die Pegel an den Toren A4 bis A7 der PIO1 (D 207).

Unüblich an der beschriebenen Schaltung ist die Tatsache, daß während der Meßstromintegrationsphase die Spannung am Integrator absinkt, während sie im Verlaufe der Referenzstromintegrationsphase ansteigt.

8.8. Torschaltung

Als Tor wird ein DL 000-Gatter (D 101) verwendet. Während der Phase der Referenzstromintegration ist das RS-Flip-Flop (V 119/3..6) gesetzt. Über den Pegelwandler V 121 erfolgt die Öffnung des Tores.

9. Programmbeschreibung

Das Mikrorechnerprogramm gliedert sich in drei Bestandteile

- Hauptprogramm
- Interruptprogramme und Unterprogramme,
- Tabellen der gespeicherten Fühlerkennlinien.

Nach dem Start des Hauptprogramms werden alle peripheren Mikrorechnerschaltkreise initialisiert, die erforderlichen Arbeitszellen geladen und die Anfangstorbelegung der PIO1 (D 207) ausgegeben. Danach verbleibt der Prozessor im Halt.

Die Interruptprogramme sorgen für die Steuerung der Schalterbaugruppe, des Spannungs-Zeit-Umsetzers und der Anzeige.

Sind die vier Einzelmessungen Offsetwert, Referenzwert, Meßwert und Vergleichstellenwert vorhanden, beginnt die arithmetische Behandlung dieser Größen.

Zuerst erfolgt die Differenzenbildung (siehe Abschnitt 5). Aus jeweils vier Meßwert-, bzw. Referenzwertdifferenzen

wird ein arithmetisches Mittel gebildet (interner Mittelwert). Schließlich erfolgt die Quotientenbildung Meßwert/Referenzwert. In der Betriebsart Thermoelement NiCr-NiAl (Fe-CuNi, Fe-Ko) wird die ermittelte Vergleichstellentemperatur in ein binäres Thermospannungsäquivalent umgerechnet und zum ermittelten Quotienten $U_{\text{meß}}/U_{\text{ref}}$ addiert.

Stellt der erhaltene Meßwert einen neuen Minimal- oder Maximalwert dar, wird der entsprechende Speicher mit diesem Wert aktualisiert. Beim Mittelwertspeicher erfolgt dies mit jedem eintreffenden Meßwert.

Im nächsten Programmabschnitt wird je nach Tastenzustand die Entscheidung getroffen, ob Meß-, Minimal-, Mittel- oder Maximalwert angezeigt werden soll. Ist die Betriebsart Mittelwert gewählt, erfolgt die Bildung des arithmetischen Mittels aus den abgespeicherten 128 Einzelmeßwerten.

Das sich anschließende Linearisierungsprogramm arbeitet nach der Multisegmentmethode mit äquidistanten Schritten (10 K Schritte). Der binär vorliegende Meßwert wird mit den Tabellenwerten verglichen und so dasjenige Segment gefunden, in dem der Meßwert liegt. Durch lineare Interpolation wird der genaue Temperaturwert bestimmt. Anschließend erfolgt die Umwandlung in eine BCD-Zahl.

Ist die Funktionstaste Δ gesetzt, wird die Differenz aus Meßstellentemperatur und gespeicherter Bezugstemperatur (Δ -Speicher) gebildet.

Schließlich wird der Anzeigewert gerundet, je nach Meßstellentemperatur mit einer Auflösung von 1 K oder 0,1 K und im Anzeigespeicher abgelegt.

Eine Ausgabe an die Adresse des Autoreset beendet das Programm und es erfolgt ein Rücksprung auf "Halt". Fehlt der Impuls an das Autoreset, liegt eine Störung im Programmablauf vor und es erfolgt ein Neustart des Programms.

Im Anhang A5 ist ein Programmablaufplan zu finden.

10. Reparaturhinweise

Das Digitalthermometer DTM 2000 ist ein kompliziertes elektronisches Gerät, zu dessen Reparatur im allgemeinen ein umfangreicher Meßmittelpark, eine detaillierte Kundendienst-dokumentation sowie erfahrenes und geschultes Reparaturpersonal erforderlich sind.

Reparaturen dürfen nur von autorisiertem Fachpersonal bzw. vom Herstellerbetrieb ausgeführt werden.

Das Gerät ist zur Reparatur an den Herstellerbetrieb einzusenden, dabei ist zu beachten, daß das Adapterzwischenkabel beigefügt wird.