TA Instruments, Inc.

TMA 2940

Thermomechanischer Analysator

Bedienerhandbuch

STA Vertriebsgesellschaft mbH
Systeme für die Thermische Analyse
Siemensstraße 1
8755 Alzenau

Juni 1992

Bedienungshandbuch TMA 2940

Haftungsausschluß

Die Angaben in diesem Handbuch erachten wir als ausreichend für den bestimmungsgemäßen Gebrauch des Gerätes. Sollen das Gerät oder die Verfahrensanleitungen anders oder für andere als die beschriebenem Zwecke eingesetzt werden, so muß eine schriftliche Unbedenklichkeitsbestätigung von TA Instruments, Inc. angefordert werden. Wird dies unterlassen, so übernimmt TA Instruments, Inc. weder eine Garantie für die Ergebnisse noch irgendeine andere Verpflichtung oder Haftung. Diese Veröffentlichung beinhaltet weder eine Lizenz zur Arbeit mit irgendwelchen Verfahrenspatenten, noch eine Empfehlung bestehende Verfahrenspatente zu verletzen.

Inhalt

Sicherheitshinweise **11**

Elektrische Sicherheit 11
Der Umgang mit Kältemitteln 11

1. Einführung **13**

1.1 Komponenten 15

1.2 Zubehör 15
1.2.1 Standard-Zubehör 15
1.2.2 Optionales Zubehör 16

1.3 Technische Daten 17

2. Installation **19**

2.1 Auspacken und Überprüfen der Lieferung 19

2.2 Wahl des Aufstellungsortes 19

2.3 Zusammenbauen des TMA 20
2.3.1 Entfernen des Verpackungsmaterials 21
2.3.2 Einbauen des Thermoelementes 24
2.3.3 Einbauen der Gewichtekammertür 26
2.3.4 Installieren des Probenträgers 26
2.3.5 Installieren eines Meßfühlers 29
2.3.5.1 Einbauen eines Meßfühlers 29
2.3.5.2 Ausbauen eines Meßfühlers 30

2.4 Anschließen der Kabel und Leitungen 30
2.4.1 Anschließen des GPIB-Kabels 31
2.4.3 Anschließen der Spülgasleitungen 33
2.4.3 Anschließen der Kühlluftleitung 34
2.4.4 Anschließen des Netzkabels 35

3. Einführung in die Bedienung ... 37

3.1 Einschaltreihenfolge der Komponenten des TA-Systems ... 39
3.2 Einschalten des TMA 2940 ... 39
3.2.1 Der automatische Selbsttest des TMA 2940 ... 40
3.3 Starten Ihres TA-Systems ... 41

3.4 Die Steuereinheit ... 43
3.4.1 Die Hauptmenüs ... 43
3.4.1.1 Das SYSTEM CONFIGURATION-Menü ... 43
3.4.1.2 Das INSTRUMENT CONTROL-Menü ... 44
3.4.1.3 Das DATA ANALYSIS-Menü ... 44
3.4.2 Die Funktionstasten der Steuereinheit ... 45
3.4.2.1 Die variablen Funktionstasten ... 45
3.4.2.2 Die konstanten Funktionstasten ... 46
3.4.3 Die Escape-Taste ... 46

3.5 Die Bedienungselemente des TMA 2940 ... 47
3.5.1 Die Anzeige des TMA-Moduls 2940 ... 47
3.5.1.1 Die Methoden-Statuscodes ... 47
3.5.1.2 Die Anzeige der Probentemperatur ... 50
3.5.1.3 Anzeige der Meßsignale ... 50
3.5.2 Das Tastenfeld des TMA 2940 ... 51
3.5.2.1 Die Steuerungstasten des TMA 2940 ... 51
3.5.2.2 Der HEATER-Schalter ... 52
3.5.2.3 Der POWER-Schalter ... 52

3.6 Ausschalten des Moduls ... 53

4. Durchführen von TMA-Versuchen ... 55

4.1 Voraussetzungen ... 55

4.2 Programmieren eines Versuchs auf der Steuereinheit ... 56
4.2.1 Auswählen des anzusprechenden Moduls ... 56
4.2.2 Auswählen des Betriebsmodus' des Moduls ... 57
4.2.3 Eingeben der Probendaten ... 59
4.2.4 Erstellen von Methoden ... 61
4.2.5 Auswählen einer Methode ... 64
4.2.6 Eingeben der Modulparameter ... 64
4.2.6.1 Zurücksetzen der Modulparameter ... 66

4.3 Vorbereiten des TMA-Moduls ... 68
4.3.1 Wahl des geeigneten Meßfühlers ... 68
4.3.2 Kalibrieren des Meßfühlers ... 69
4.3.3 Initialisieren des Längenmeßwerkes ... 70

4.3.4 Vorbereiten und Laden der Probe ... 70
4.3.5 Positionieren des Probenthermoelementes ... 72
4.3.6 Messen der Probenlänge ... 72
4.3.7 Verwendung eines Spülgases ... 72
4.3.8 Luftkühlung des Ofens ... 73

4.4 Starten eines Versuchs ... 74

4.5 Überwachen der Signale während eines Versuchs ... 74
4.5.1 Die im SIGNAL CONTROL-Menü angezeigten Signale ... 75
4.5.2 Die Funktionen des SIGNAL CONTROL-Menüs ... 76

4.6 Beispiel: Durchführen eines TMA-Versuchs ... 77

4.7 Abbrechen eines Versuchs ... 80

4.8 Durchführen eines Kälteversuchs ... 80

5. Kalibrieren des TMA 2940 ... 83

5.1 Kalibrieren des Temperatursignals ... 83
5.1.1 Kalibrierlauf zur Temperaturkalibrierung ... 83
5.1.2 Eingeben der Temperaturkalibrierungstabelle ... 84

5.2 Kalibrierungen unter Verwendung des TMA-Kalibrierprogrammes ... 86
5.2.1 Kalibrieren der auf die Probe ausgeübten Kraft ... 87
5.2.2 Kalibrieren der Ofentemperatur ... 89
5.2.3 Status- und Fehlermeldungen des TMA-Kalibrierprogrammes ... 90

5.3 Bestimmung der Zellenkonstante ... 95

6. Durchführen von Versuchen unter Einsatz optionalen Zubehörs ... 97

6.1 Der Film-/Faser-Zubehörsatz ... 97
6.1.1 Durchführen eines Versuchs mit dem Film-/Faser-Meßfühler ... 98
6.1.2 Installieren des Film-/Faser-Meßfühlers ... 99
6.1.3 Vorbereiten und Laden von Proben ... 102
6.1.3.1 Einspannen einer Probe zwischen Aluminiumkugeln ... 102
6.1.3.2 Einspannen einer Probe zwischen Schraubklemmen ... 103

6.2 Der Zubehörsatz für Biegeuntersuchungen ... 106
6.2.1 Durchführen eines Biegeversuchs ... 106
6.2.2 Installieren des Meßfühlers für Biegeuntersuchungen ... 107
6.2.3 Vorbereiten und Laden der Probe ... 108

6.3 Der Dilatometrie-Zubehörsatz ... 109

6.3.1 Durchführen eines Dilatometrieversuchs ... 110
6.3.2 Installieren des Dilatometrie-Meßfühlers ... 111
6.3.3 Vorbereiten und Laden der Probe ... 113

6.4 Der Zubehörsatz für Parallelplattenrheometrie ... 115
6.4.1 Durchführen eines Parallelplattenrheometrieversuchs ... 116
6.4.2 Installieren des Zubehörsatzes für Parallelplattenrheometrie ... 116
6.4.3 Präparieren von Proben für Parallelplattenrheometrieversuche ... 118
6.4.3.1 Vorbereiten der Probenpresse ... 119
6.4.3.2 Präparieren von preßbaren Pulvern ... 122
6.4.3.3 Präparieren von harzigen Substanzen ... 123
6.4.3.4 Präparieren von Folien ... 124
6.4.4 Laden einer Probe ... 124
6.4.5 Reinigen der Parallelplatten von Probenrückständen ... 125
6.4.6 Auswerten der Meßergebnisse eines Rheometrieversuchs ... 126
6.4.6.1 Korrigieren der Meßwerte um die Ausdehnung der Parallelplatten ... 126
6.4.6.2 Berechnen der Viskosität und der !Grenzflächenscherungsrate ... 127

6.5 Der sphärische Meßfühler ... 128

7. Technische Erläuterungen ... 129

7.1 Funktionsprinzip ... 129
7.1.1 Anwendungen der Thermomechanischen Analyse ... 129
7.1.2 Berechnung des Ausdehnungskoeffizienten einer Probe ... 129

7.2 TA-Methoden ... 130
7.2.1 Der Methodeneditor ... 132
7.2.2 Automatische Testroutine des Moduls vor dem Start einer Methode ... 135

7.3 Meßdatenspeicherung ... 135
7.3.1 Meßdatenkomprimierung ... 136

7.4 Funktionstasten zur Versuchssteuerung ... 136

8. Wartung und Fehlerdiagnose ... 141

8.1 Wartung ... 141
8.1.1 Reinigen des TMA ... 141
8.1.1.1 Reinigen des Tastenfeldes ... 141
8.1.1.2 Reinigen des Meßfühlers ... 141
8.1.1.3 Reinigen des Probenträgers ... 142
8.1.1.4 Reinigen des Probenthermoelementes ... 142
8.1.2 Ersatzteile ... 142

8.2 Diagnose von Stromversorgungsproblemen ... 143

8.2.1 Auswechseln von Sicherungen 143
8.2.2 Probleme mit der Betriebsspannung 144

8.3 Der Automatische Selbsttest 144

Anhang A: Fehlermeldungen des TMA 2940 147

Kritische Fehler (Fatal Errors) 147
Nicht-kritische Fehler (Nonfatal Errors) 149

Anhang B: Laden einer neuen Modul-Software 165

Fehlermeldungen des Modulsoftware-Ladeprogrammes 167

Anhang C: Anschriften und Telephonnummern 171

Glossar 173

Notizen

Sicherheitshinweise

Beim Lesen dieses Handbuches wird Ihnen auffallen, daß einzelne Absätze mit den Schlagworten **Warnung, Achtung, und Hinweis** hervorgehoben wurden.

Das Nichtbeachten einer **Warnung** kann zur Gefährdung des Bedienenden und/ oder der Umgebung führen.

Wo wir Sie zur **Achtung** ermahnen, folgt ein Hinweis, dessen Nichtbeachtung zu Schäden an Ihrem Gerät oder zum Verlust von Meßdaten führen kann.

Auf wichtige Punkte, denen kein gefährlicher Aspekt anhaftet, erfolgt ein **Hinweis.**

Elektrische Sicherheit

Das TMA-Modul 2940 führt in seinem Inneren lebensgefährliche Spannungen. Ziehen Sie daher vor Inangriffnahme jeglicher Wartungsarbeit unbedingt den Netzstecker.

Warnung **Aus Sicherheitsgründen dürfen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten im Inneren des Gerätes nur von hierfür geschulten Fachkräften vorgenommen werden. Öffnen Sie die Gehäuse nur, wenn dies im Bedienungshandbuch ausdrücklich gefordert wird.**

Achtung **Das TMA-Modul 2940 benötigt eine Betriebsspannung von 115 V +/ - 10% bei 50 oder 60 Hz. Eine zu große Betriebsspannung kann das Gerät beschädigen; eine zu kleine kann zu Funktionsstörungen führen.**

Der Umgang mit Kältemitteln

Bei der Arbeit mit dem TMA 2940 kann flüssiger Stickstoff als Kältemittel eingesetzt werden. Aufgrund seiner tiefen Temperatur von -195°C führt flüssiger Stickstoff bei Kontakt mit der Haut zu Verbrennungen, weswegen wir Ihnen beim Umgang damit folgende Vorsichtsmaßnahmen empfehlen möchten:

- Wir tragen beim Umgang mit Kältemitteln eine Schutzbrille oder einen Gesichtsschild, übergroße (damit wir sie gegebenenfalls mit einer Handbewegung abschütteln können) Handschuhe, eine Gummischürze und hohe Schuhe, wobei wir unsere Hosenbeine außerhalb der Schuhe tragen (so kann nichts am Hosenbein entlang in einen Schuh hineinlaufen).

- Wir verwenden nur kältefeste Behälter und füllen auch in diese nur langsam Kältemittel ein, um sie nicht trotz ihrer Kältefestigkeit durch thermischen Schock zu zerstören. Selbstverständlich verwenden wir für flüssige Kältemittel keine luftdicht schließenden Behältnisse, die den sich nach dem Schließen langsam aufbauenden Druck nicht vertragen.

- Um akute Stoffwechselschwierigkeiten zu vermeiden, belüften wir unsere Arbeitsplätze gut, wenn wir bei unserer Arbeit Gase freisetzen, die schleichend den Sauerstoff aus unserer Atemluft verdrängen.

- Flüssiger Stickstoff, der schon einige Zeit bei Zimmertemperatur offen herumsteht, kann durchaus soviel aus der Luft kondensierten Sauerstoff enthalten, daß er bei hohen Temperaturen Oxydationsüberraschungen bescheren kann.

Bei Kältemittel-Verbrennungen der Haut muß die verbrannte Hautfläche sofort mit großen Mengen kühlen Wassers in Berührung gebracht werden; später sollten kalte Kompressen angelegt werden. Wenn sich Blasen bilden, und vor allem bei jeder Augenverletzung, sollte unbedingt sofort ärztliche Hilfe in Anspruch genommen werden.

1. Einführung

Der Thermomechanische Analysator TMA 2940 ist ein Gerät zur Messung verschiedener pysikalischer Eigenschaften einer Probe, während diese gesteuerten physikalischen Bedingungen ausgesetzt wird. Es kann betrieben werden an einer TA-Steuereinheit Typ 9900, 2000, oder 2100 unter dem Betriebssystem TA OS ab Version 8.0. Abbildung 1 zeigt ein TA-System mit TMA.

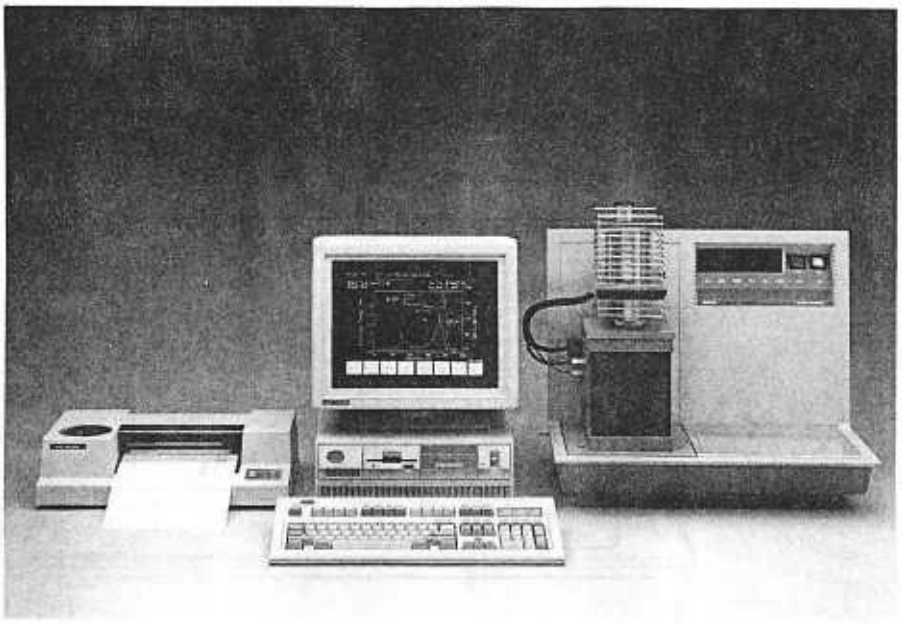


Bild 1

Der TMA 2940 (Abb. 2) ermöglicht Messungen an einer Vielzahl verschiedenartiger Probensubstanzen. Er zeichnet sich vor allem durch folgende Merkmale aus:

- Mit verschiedenen auswechselbaren Meßfühlern können folgende Eigenschaften einer Probe aufgenommen werden: Schmelztemperatur, Erweichungstemperatur, Glastemperatur, Ausdehnungkoeffizient, Elastizitätsmodul, und Kompressionsmodul.

- Die Eigenschaften der Probe werden in Abhängigkeit von vier Variablen gemessen: Temperatur, Krafteinwirkung, Atmosphäre und Zeit.

- Die Probentemperatur kann im Bereich von -150 °C bis 1000 °C gesteuert werden, wobei Heizraten von bis zu 200 K/min möglich sind.

- Es können Proben in Festkörper-, Pulver-, Film- und in Faserform untersucht werden.

- Unter Verwendung optionalen Zubehörs sind auch Biege- und Dilatometrieversuche, sowie Versuche zur Bestimmung von Faserspannungen, Spannungsrelaxationsverhalten oder Viskositäten möglich.

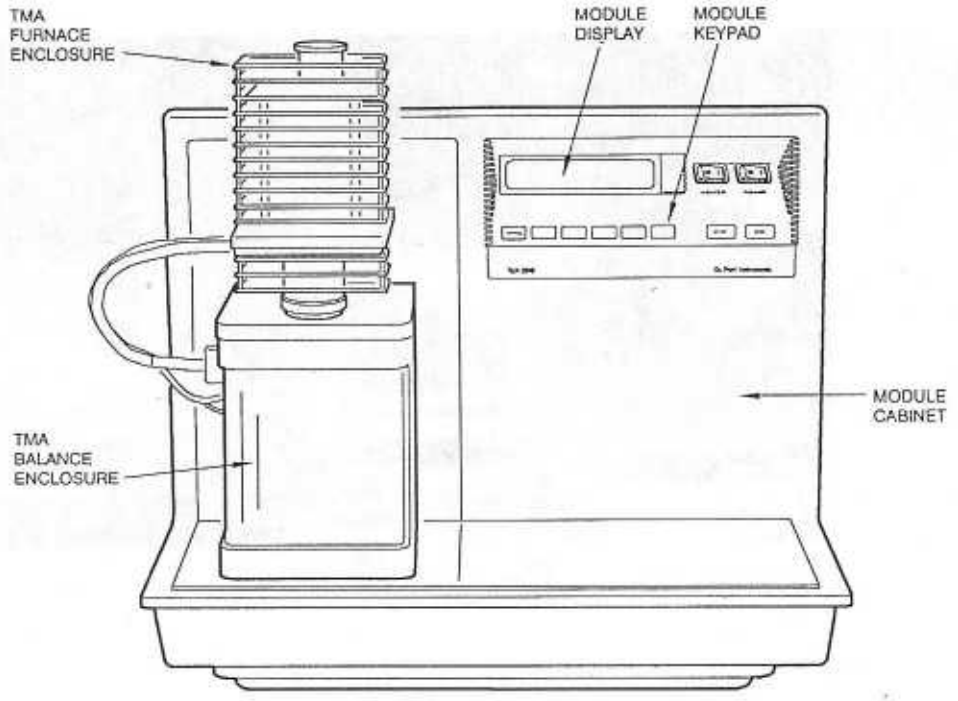


Bild 2

1.1 Komponenten

Der TMA 2940 (s. Abb. 2) besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

- Die Wägeeinheit übt die in der Methode geforderte mechanische Kraft auf die Probe aus.
- Der Meßfühler ist austauschbar; so können mit verschiedenen Meßfühlern die verschiedensten Messungen durchgeführt werden.
- Der Probenträger ist ein ebenfalls austauschbares Teil, auf das die Probe gestellt wird.
- Die Ofeneinheit umgibt den Probenträger; sie kontrolliert die Probentemperatur.
- Die Gewichtefach befindet sich hinter einer Tür im Modulgehäuse; in sie werden Gewichte eingelegt, um Kraft auf die Probe auszuüben.
- Das Probenthermoelement nimmt die Probentemperatur auf.
- Das Modulgehäuse beherbergt die Elektronik des Moduls, einschließlich einer GPIB-Schnittstelle zur Kommunikation mit der Steuereinheit, eines batteriegespeisten RAM zur Speicherung von Versuchsparametern, einer alphanumerischen Anzeige, und eines Tastenfeldes.

1.2 Zubehör

1.2.1 Standard-Zubehör

Im Lieferumfang des TMA 2940 enthalten sind: ein Gewichtesatz, ein Probenträger, ein Schraubenschlüssel, eine Pinzette, Kalibrierproben, und drei Meßfühler. Die drei Standard-Meßfühler (Abb. 3) erlauben eine Reihe einfacher Messungen:

- Der Standard-Expansionsfühler eignet sich zur Messung von thermischen Ausdehnungskoeffizienten und von Glastemperaturen.
- Der Makro-Expansionsfühler eignet sich für dieselben Messungen, hat aber eine größere Auflagefläche. Er eignet sich daher für Messungen an Pulvern, Körpern mit unebenen Oberflächen, gefrorenen Flüssigkeiten, und an Filmen.

- Der Penetrationsfühler eignet sich zur Messung von Erweichungs- und Schmelzpunkten.

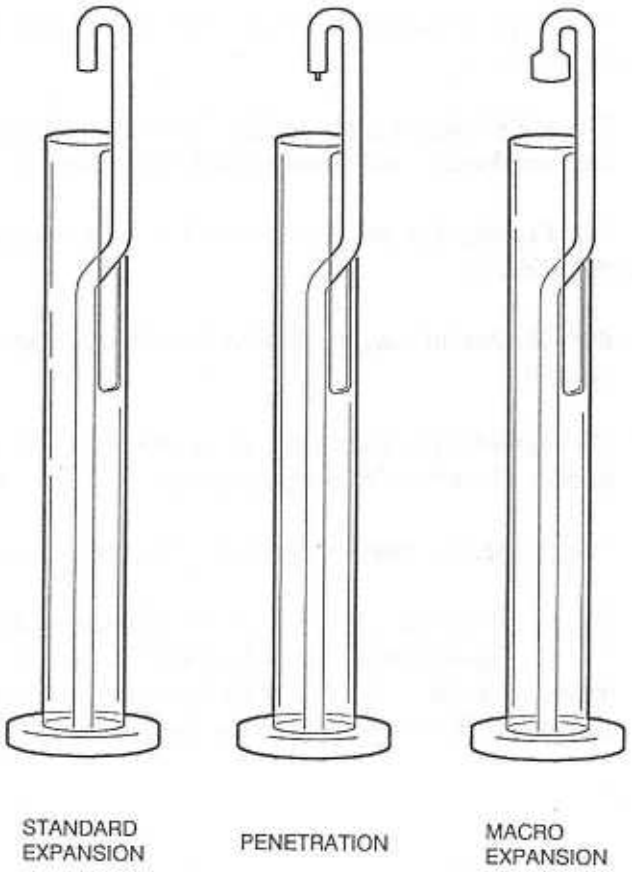


Bild 3

1.2.2 Optionales Zubehör

Wir bieten eine Reihe von Zubehörsätzen an, die speziellere Messungen mit dem TMA 2940 ermöglichen:

- Film/Faser-Zubehörsatz
- Dilatometrie-Zubehörsatz
- Zubehörsatz für Parallelplattenrheometrie

- Zubehörsatz für Biegeversuche
- Sphärischer Meßfühler

Das optionale Zubehör und dessen Einsatz sind in Kapitel 6 beschrieben.

1.3 Technische Daten

Betriebsdaten

Temperaturbereich	-150 °C bis 1000 °C
Probenthermoelement	Chromel/Alumel
Heizrate	0,01 bis 200 K/min
Temperatur-Reproduzierbarkeit	±2 K
maximale Probenhöhe	25 mm
maximaler Probendurchmesser	10 mm
Empfindlichkeit	100 nm
Meßbereich	±2,5 mm
Linearität	±0,5 %
Kraft auf die Probe	0,001 bis 1,0 N
Probenathmosphäre	statischer oder gesteuerter Durchfluß von inerten oder reaktiven Gasen

Anschlußwerte / Abmessungen

Tiefe	45,5 cm
Breite	58,5 cm
Höhe	66 cm
Gewicht	ca. 18 kg

Betriebsspannung	115 V ±10% bei 50 oder 60 Hz
maximale Stromaufnahme	10 A
zulässige Steuereinheiten	TA 9900, TA 2000, TA 2100
Schnittstelle	GPIB

2. Installation

Ihr Analysenmodul wurde vor der Auslieferung auf elektrische wie mechanische Funktionsfähigkeit geprüft. Es ist betriebsbereit, sobald Sie folgende Schritte durchgeführt haben:

- Auspacken des Moduls und seiner separat verpackten Teile
- Prüfen der Lieferung auf Vollständigkeit und auf Transportschäden
- Zusammenbauen des TMA
- Anschließen des TMA-Moduls an Ihre Steuereinheit
- Herstellen aller anderen Kabel- und Schlauchverbindungen

Hinweis **Sie können diese Installationsarbeiten auch von unserem Kundendienst durchführen lassen.**

2.1 Auspacken und Überprüfen der Lieferung

Packen Sie Ihr Modul gleich nach Erhalt aus, um eventuelle Transportschäden feststellen zu können. Benachrichtigen Sie gegebenenfalls sofort uns (STA Vertriebsgesellschaft mbH), sowie den Spediteur.

Stellen Sie auch sicher, daß alle auf dem Lieferschein verzeichneten Teile in der Sendung enthalten sind; andernfalls benachrichtigen Sie uns. Überlegen Sie sich, ob Sie die Verpackungen später noch gebrauchen könnten bevor Sie sie wegwerfen.

2.2 Wahl des Aufstellungsortes

Um später Messungen mit optimaler Genauigkeit durchführen zu können, sollten Sie Ihr TA-System so aufstellen, daß störende Umwelteinflüsse möglichst weitgehend ausgeschlossen werden. Beachten Sie bei der Auswahl und Vorbereitung eines geeigneten Aufstellungsortes folgende Anforderungen:

- Stellen Sie das Modul auf einer ebenen, stabilen, und sauberen Arbeitsfläche auf.
- Denken Sie auch an den Platz, der um die Geräte herum für die Kühlluftzirkulation freibleiben muß, und an den, den Sie später eventuell für verschiedene Hilfsgeräte brauchen werden.
- Die Umgebungstemperatur darf keinen groben Schwankungen unterworfen sein.
- Eine staubige Umgebung eignet sich nicht zum Betrieb eines TA-Systems.
- Der Aufstellungsort sollte keiner direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt sein.
- Analysenmodul und TA-Steuereinheit müssen aufgrund der Kabelreichweite nah beieinander aufgestellt werden.
- Der TMA 2940 benötigt eine Betriebsspannung von nominal 115 V mit 50 oder 60 Hz, die mit 10 A belastet werden kann.
- Wahrscheinlich werden Sie das Modul mit Druckluft und/oder Spülgasen versorgen wollen.
- Der Aufstellungsort muß ausreichend belüftet sein.
- Der TMA 2940 darf keiner direkten Zugluft und keinen Vibrationen ausgesetzt sein.
- Gehen Sie mit allen TA-Geräten vorsichtig um.

2.3 Zusammenbauen des TMA

Öffnen Sie zunächst den Versandkarton, in dem Ihr TMA geliefert wurde, und verfahren Sie nach der Anleitung zum Auspacken, die Sie dort finden. Führen Sie dann der Reihe nach folgende Schritte durch:

- Entfernen des Verpackungsmaterials
- Einbauen des Thermoelementes
- Einbauen der Gewichtekammertür
- Einbauen des Probenträgers
- Einbauen eines Meßfühlers

2.3.1 Entfernen des Verpackungsmaterials

Zum Schutz vor Transportschäden wurden die empfindlichsten Teile Ihres TMA 2940 mit stoßdämpfenden Materialien verpackt. Entfernen Sie diese vor der Inbetriebnahme des Gerätes wie folgt:

1. Schrauben Sie den schwarzen Deckel vom Ofen ab.

2. Entfernen Sie den Pappzylinder, und schrauben Sie den Deckel wieder auf.

3. Heben Sie den Ofen an, und drehen Sie ihn im Uhrzeigersinn zur Seite weg.

4. Nehmen Sie den Probenträgermantel ab, und entfernen Sie den darumgewickelten Schaumstoff (s. Abb. 10).

5. Drehen Sie die Haltemutter des Probenträgers los, und nehmen Sie sie ab.

6. Drehen Sie den Probenträgerflansch (s. Abb. 10) gegen den Uhrzeigersinn los, und nehmen Sie ihn ab.

7. Entfernen Sie den darin befindlichen Schaumstoff.

8. Nehmen Sie den Sechskant-Schraubenschlüssel aus dem Zubehörkasten.

9. Drehen Sie die Befestigungschrauben der Gewichtekammerabdeckung heraus (Es befinden sich an der rechten und an der linken Seite jeweils zwei Schrauben; s. Abb. 4).

10. Ziehen Sie die Gewichtekammerabdeckung nach vorne hin heraus (s. Abb. 4).

Warnung **Vergewissern Sie sich vor dem Abnehmen der Gewichtekammerabdeckung stets, daß der Netzstecker gezogen ist, und daß der TMA ausgeschaltet ist.**

11. Stellen Sie sich vor die rechte Seite des TMA. Fassen Sie den oberen Schaumstoffklotz an seiner oberen Kante, und ziehen Sie ihn vorsichtig nach rechts heraus (s. Abb. 5).

12. Stellen Sie sich vor die linke Seite des TMA. Drücken Sie den mittleren Schaumstoffklotz ein wenig zusammen, während Sie ihn nach links herausziehen (s. Abb. 6).

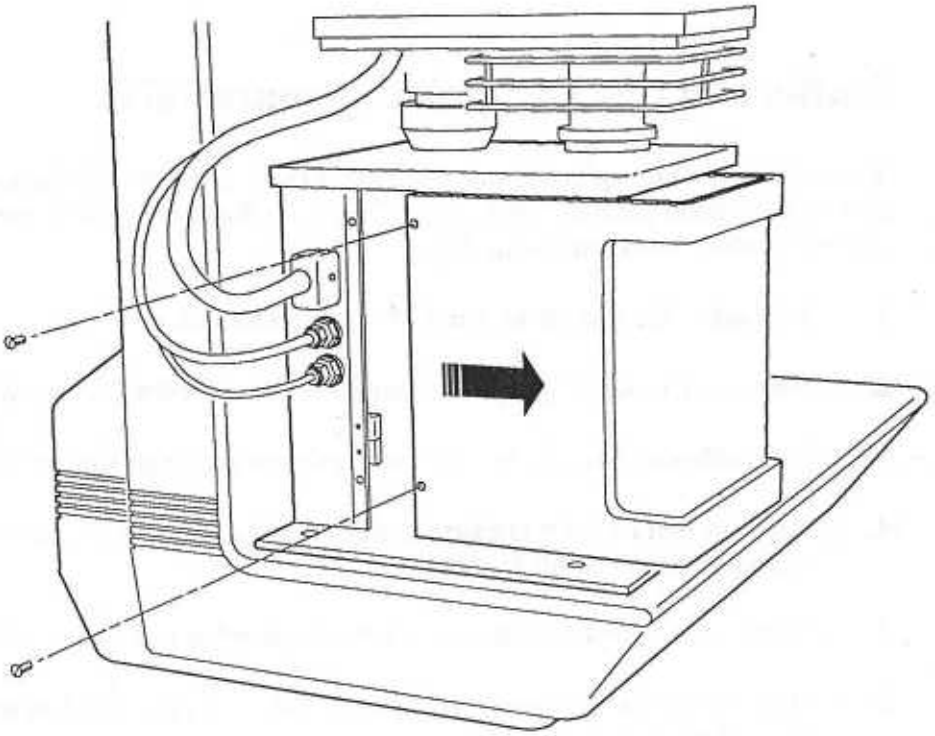


Bild 4

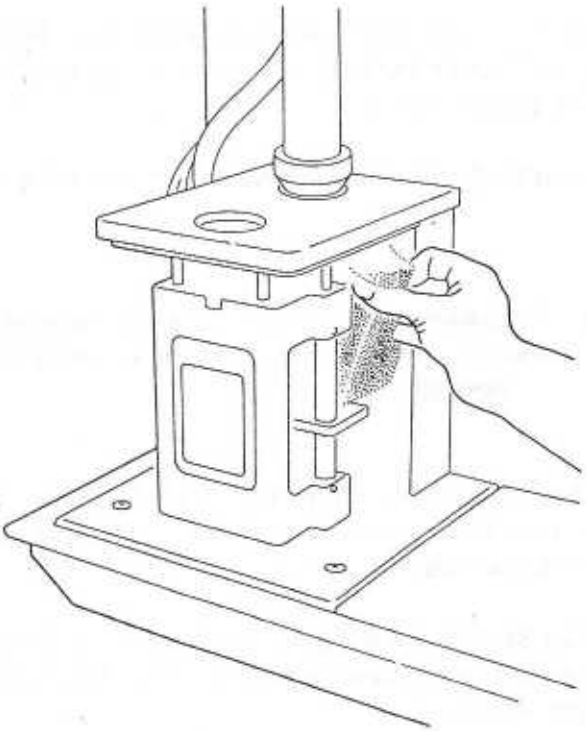


Bild 5

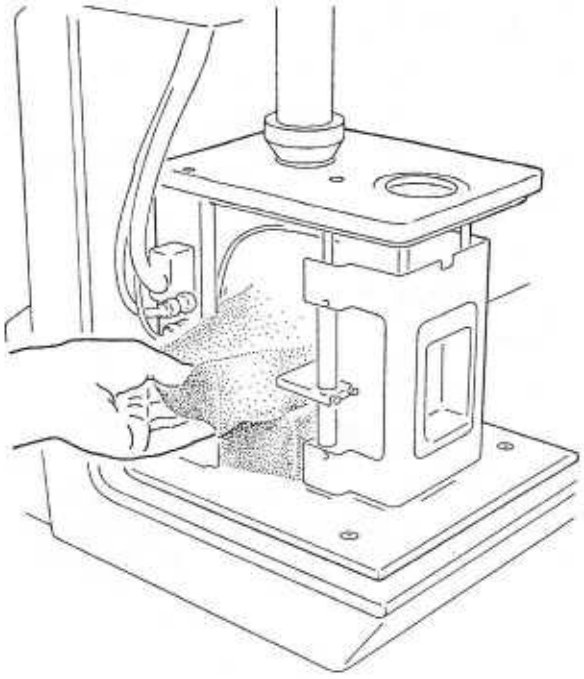


Bild 6

Achtung **Vollführen Sie beim Herausziehen des Schaumstoffklotzes mit Ihrer Hand keine Auf- und Abbewegung, um die empfindliche Zugmechanik nicht zu beschädigen.**

13. Drücken Sie den unteren Schaumstoffklotz ein wenig zusammen, während Sie ihn nach links herausziehen (s. Abb. 7).

Achtung **Vollführen Sie beim Herausziehen des Schaumstoffklotzes mit Ihrer Hand keine Auf- und Abbewegung, um die empfindliche Zugmechanik nicht zu beschädigen.**

14. Ziehen Sie die Schaumstoffplatte hinten in der Gewichtekammer nach oben heraus.

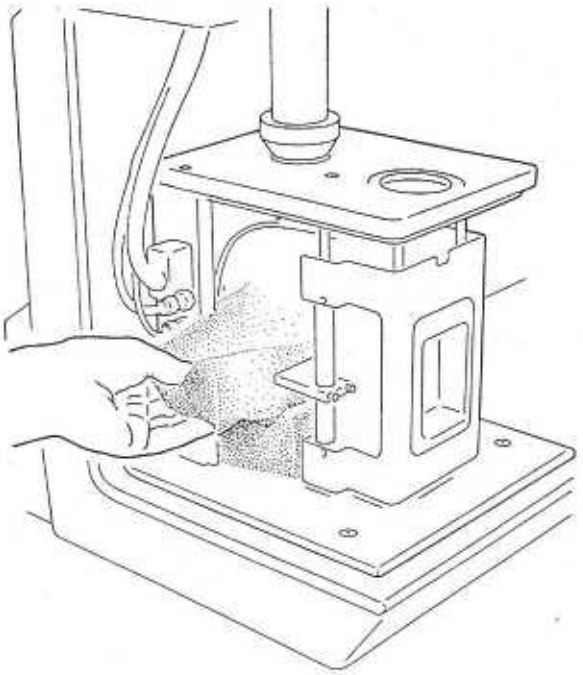


Bild 7

2.3.2 Einbauen des Thermoelementes

Verfahren Sie bei geöffnetem Ofen und abgenommener Gewichtekammerabdekkung (s. Abschnitt 2.3.1) wie folgt, um ein Thermoelement einzubauen:

1. Stecken Sie den Stecker des Thermoelementes wie in Abbildung 8 gezeigt am TMA ein.

2. Führen Sie das Thermoelement vorsichtig mit der Spitze zuerst durch das Loch in der oberen Wand der Gewichtekammer (s. Abb. 9).

3. Legen Sie das Thermoelement neben der Einbauposition des Probenträgers ab.

4. Hängen Sie das Thermoelementekabel in die Kabelführung (s. Abb. 8) ein.

5. Bauen Sie die Gewichtekammerabdeckung wieder ein und schrauben Sie sie fest (4 Schrauben).

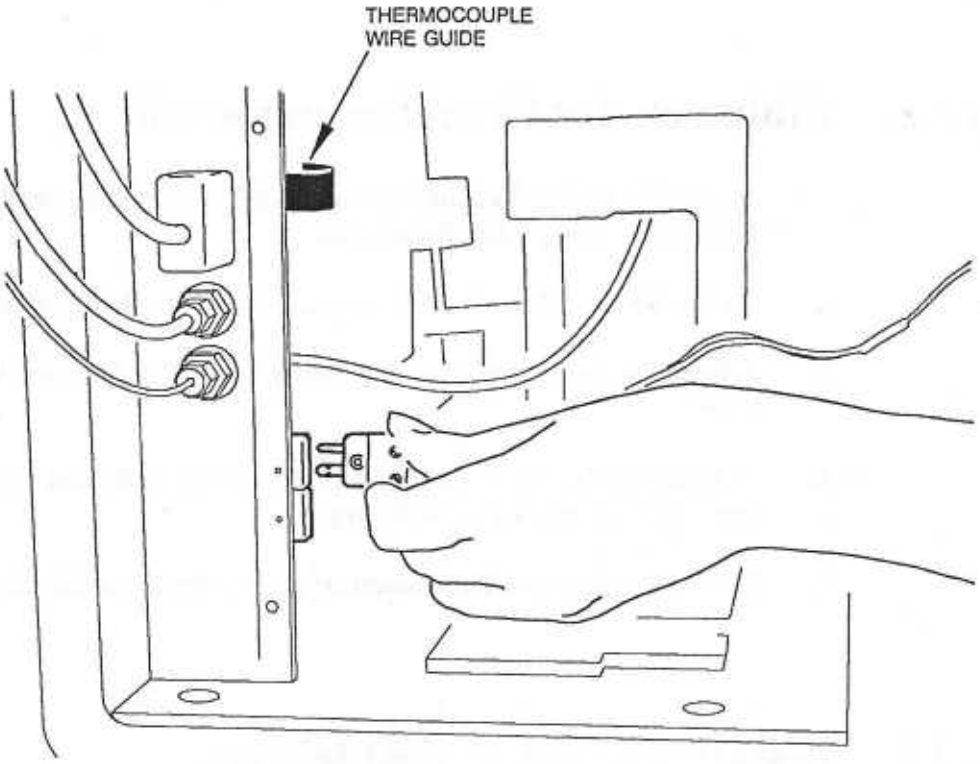


Bild 8

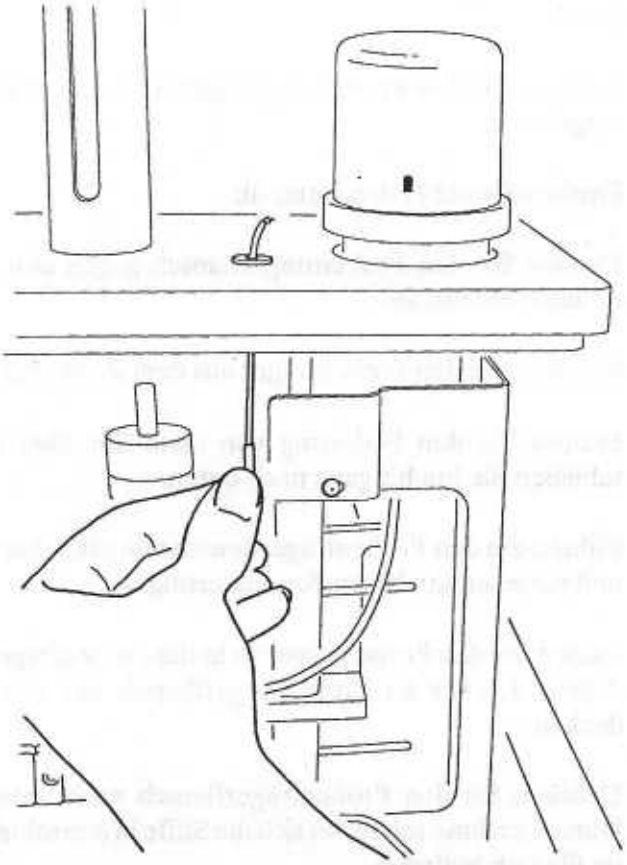


Bild 9

2.3.3 Einbauen der Gewichtekammertür

1. Finden Sie in dem Versandkarton mit dem Zubehörkasten die Gewichtekammertür, und packen Sie sie aus.

2. Halten Sie die Tür so in der Hand, daß ihre Befestigungslöcher links sind.

3. Führen Sie das untere Loch über den unteren Stift links von dem Gewichtefach.

4. Drücken Sie die Tür vorsichtig nach unten, während Sie das obere Loch über den oberen, konischen Stift führen.

5. Lassen Sie die Gewichtekammertür los und schließen Sie sie.

2.3.4 Installieren des Probenträgers

Verfahren Sie bei geöffnetem Ofen wie folgt, um den Probenträger einzubauen (s. auch Abb. 10):

1. Nehmen Sie den Probenträgermantel ab, indem Sie ihn gerade nach oben wegziehen.

2. Drehen Sie die Haltemutter ab.

3. Drehen Sie den Probenträgerflansch gegen den Uhrzeigersinn los, und nehmen Sie ihn ab.

4. Nehmen Sie den Probenträger aus dem Zubehörkasten.

5. Führen Sie den Federring von oben her über den Probenträger, und schieben Sie ihn bis ganz nach unten.

6. Führen Sie den Probenträgerflansch von oben her über den Probenträger, und schieben ihn bis an den Federring.

7. Stellen Sie den Probenträger so in die Probenträgerhalterung, daß sich die runden Löcher im Probenträgerflansch mit den Stiften der Halterung decken.

8. Drücken Sie den Probenträgerflansch nach unten, während Sie ihn im Uhrzeigersinn drehen, bis sich die Stifte in den schmalen Enden der Schlitze im Flansch befinden.

9. Schrauben Sie die Haltemutter wieder auf.

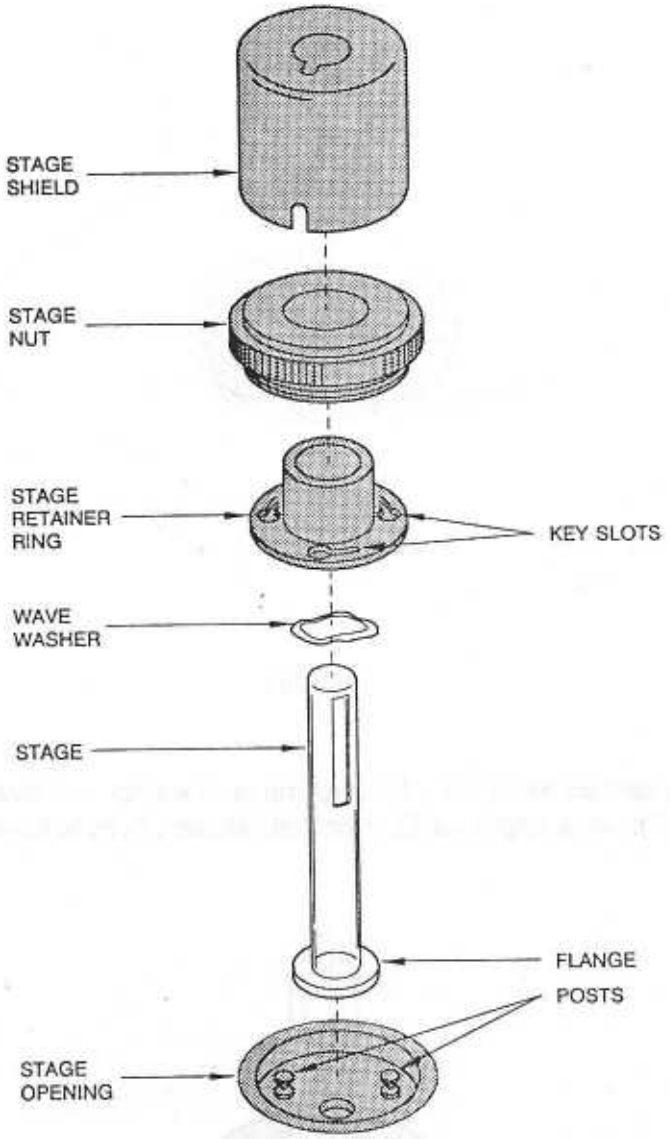


Bild 10

10. Halten Sie das Thermoelement an den Probenträger, und positionieren Sie es so, daß seine Spitze sich ungefähr auf halber Höhe der Probe befindet, und zur Probe hin weist. Legen Sie dann die Haltefeder an, um das Thermoelement in dieser Position zu sichern (s. Abb. 11).

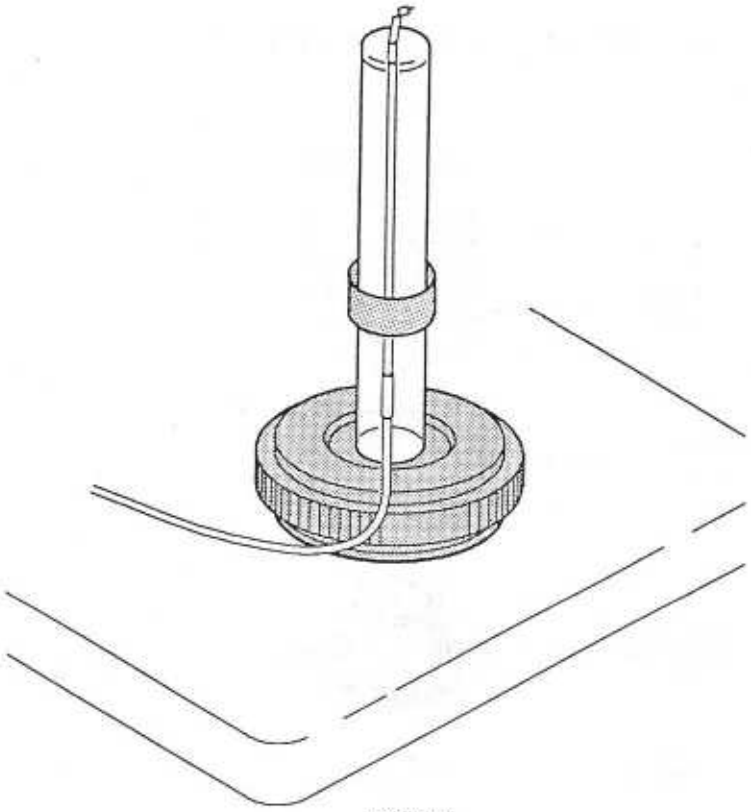


Bild 11

11. Setzen Sie den Probenträgermantel wieder auf. Beachten Sie hierbei die Aussparungen für Thermoelement und Thermoelementekabel (s. Abb. 12).

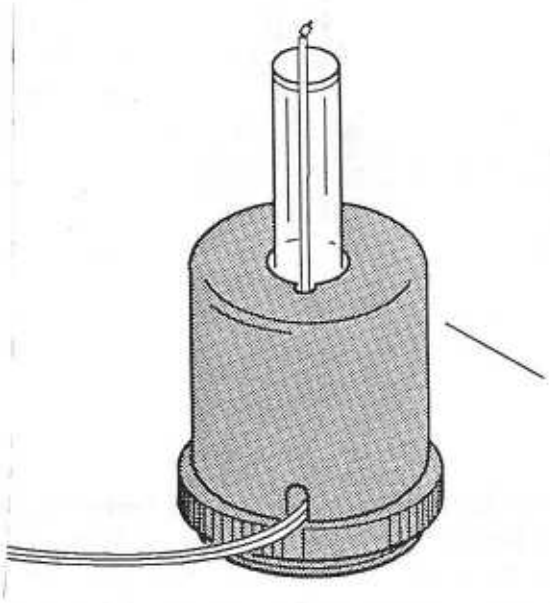


Bild 12

2.3.5 Installieren eines Meßfühlers

Je nach Form der Probe und Art der beabsichtigten Messung muß der TMA 2940 mit verschiedenen Meßfühlern bestückt werden. Die beiden folgenden Anleitungen gelten für alle Meßfühler, mit Ausnahme des Film/Faser-Meßfühlers.

Hinweis **Eine Anleitung zum Installieren des Film/Faser-Meßfühlers finden Sie in Abschnitt 6.1.2.**

2.3.5.1 Einbauen eines Meßfühlers

1. Heben Sie den Ofen an, und drehen Sie ihn im Uhrzeigersinn zur Seite weg.
2. Führen Sie das gerade Ende des Meßfühlers vorsichtig in den Schlitz im Probenträger ein (s. Abb. 13).

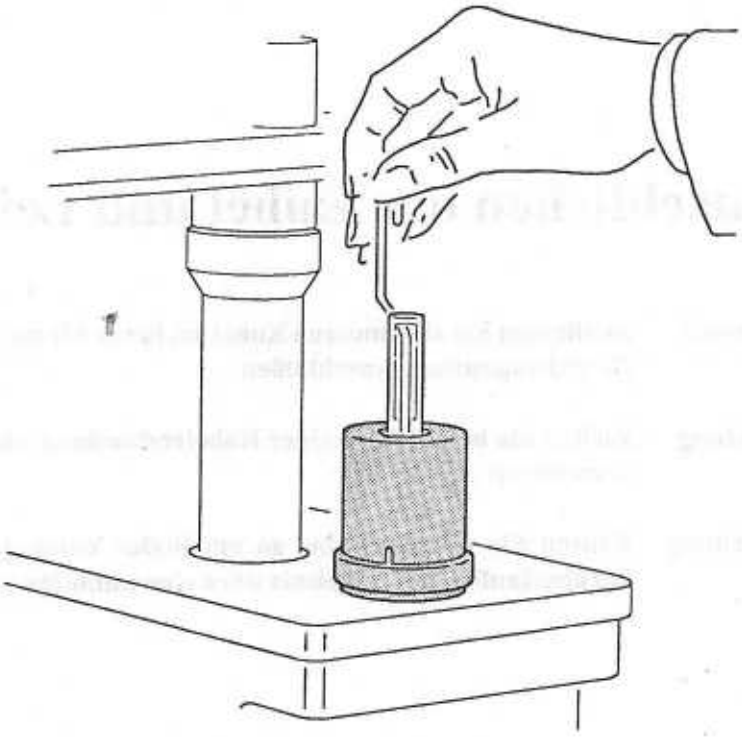


Bild 13

3. Halten Sie den Meßfühler-Feststellhebel (er befindet sich hinter der Gewichtekammertür) in seiner geöffneten Position, während Sie den Meßfühler bis zum Anschlag nach unten schieben.

4. Drehen Sie den Meßfühler-Feststellhebel im Uhrzeigersinn fest.

5. Vergessen Sie nicht, den nun installierten Meßfühler vor der Durchführung eines Versuchs wie in Abschnitt 4.3.2 beschrieben zu kalibrieren.

2.3.5.2 Ausbauen eines Meßfühlers

1. Heben Sie den Ofen an, und drehen Sie ihn im Uhrzeigersinn zur Seite weg.

2. Halten Sie mit einer Hand das obere Ende des Meßfühlers, während Sie mit der anderen den Meßfühler-Feststellhebel (er befindet sich hinter der Gewichtekammertür) um ca. eine Umdrehung (gegen den Uhrzeigersinn) lockern.

3. Ziehen Sie den Meßfühler vorsichtig aus dem Probenträger heraus. Um sein Ende durch den Schlitz im Probenträger zu manövrieren, müssen Sie ihn ein wenig verdrehen.

2.4 Anschließen der Kabel und Leitungen

Hinweis **Schliessen Sie alle anderen Kabel an, bevor Sie die Netzkabel an die Betriebsspannung anschließen.**

Achtung **Ziehen Sie beim Lösen einer Kabelverbindung nie am Kabel, sondern immer am Stecker.**

Warnung **Führen Sie nie ein Kabel so am Boden entlang, daß Menschen darüberlaufen; das Ergebnis wäre eine unnötige Stolpergefahr.**

2.4.1 Anschließen des GPIB-Kabels

1. Schließen Sie das GPIB-Kabel am GPIB-Anschluß an der Rückseite des Moduls (s. Abb. 14) an.

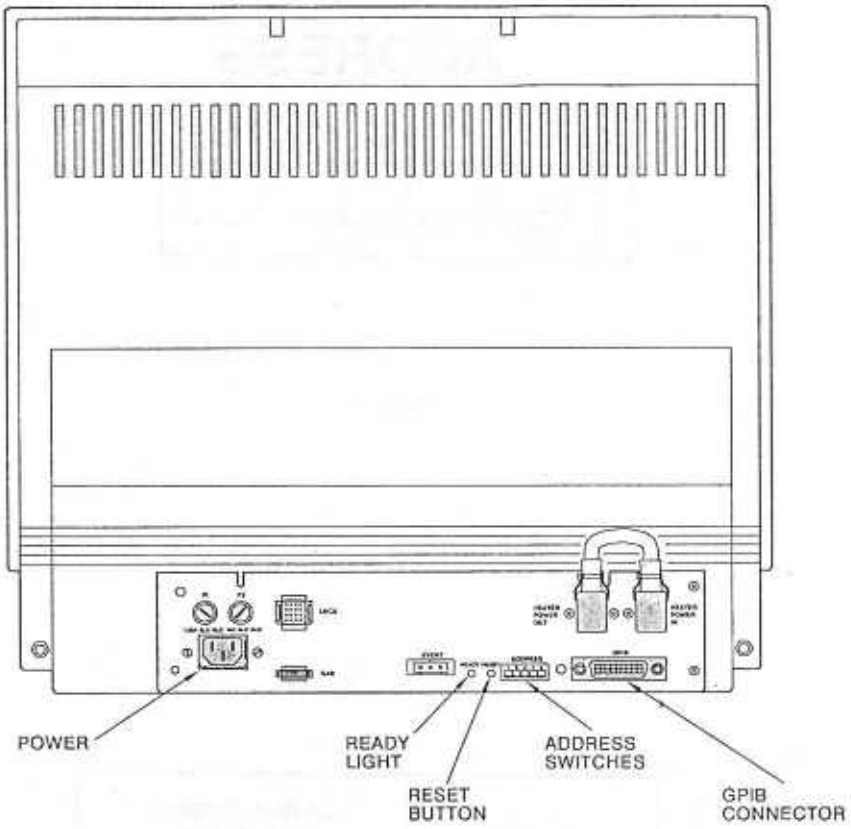


Bild 14

2. Schrauben Sie den Stecker dort fest.

3. Stecken Sie den Stecker am anderen Ende des GPIB-Kabels in den entsprechenden Anschluß an Ihrer TA-Steuereinheit, oder in den GPIB-Anschluß eines bereits an die Steuereinheit angeschlossenen Gerätes, und schrauben Sie ihn dort fest.

4. Stellen Sie am Adressenschalter des Moduls (Abb. 15) eine Geräteadresse zwischen 1 und 9 ein, die in Ihrem TA-System bisher noch nicht vorkommt. Abbildung 16 zeigt, wie die einzelnen Binärschalter für jede zulässige Adresse zu stellen sind.

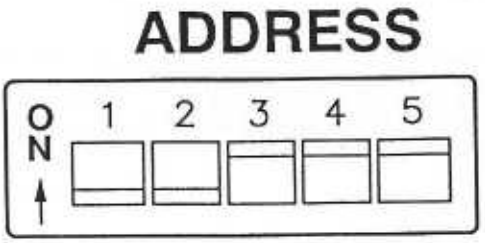


Bild 15

Address	Switch Pattern 1 2 3 4 5
1	0 0 0 0 1
2	0 0 0 1 0
3	0 0 0 1 1
4	0 0 1 0 0
5	0 0 1 0 1
6	0 0 1 1 0
7	0 0 1 1 1
8	0 1 0 0 0
9	0 1 0 0 1
* 0 = OFF; 1 = ON	

Bild 16

2.4.3 Anschließen der Spülgasleitungen

Schließen Sie den Spülgasanschluß (an der linken Seite des Moduls; s. Abb. 17) mit einem ¼- Zoll- Durchmesser-Schlauch an Ihre Spülgasquelle an.

Warnung **Die Verwendung explosiver Gase als Spülgase für den TMA 2940 ist gefährlich und wird von uns ausdrücklich NICHT EMPFOHLEN.**

Achtung **Die Verwendung ätzender Gase setzt die Lebensdauer Ihres Moduls herab.**

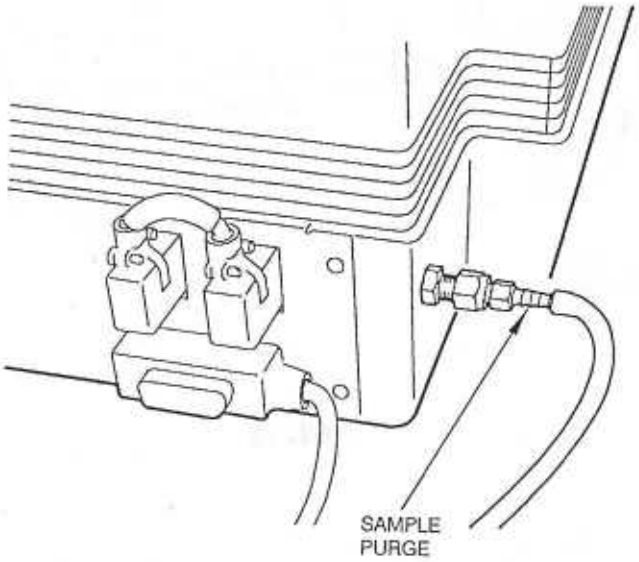


Bild 17

Das Spülgas wird innerhalb des Moduls durch den in Abbildung 18 gezeigten Spülgasschlauch weitergeleitet.

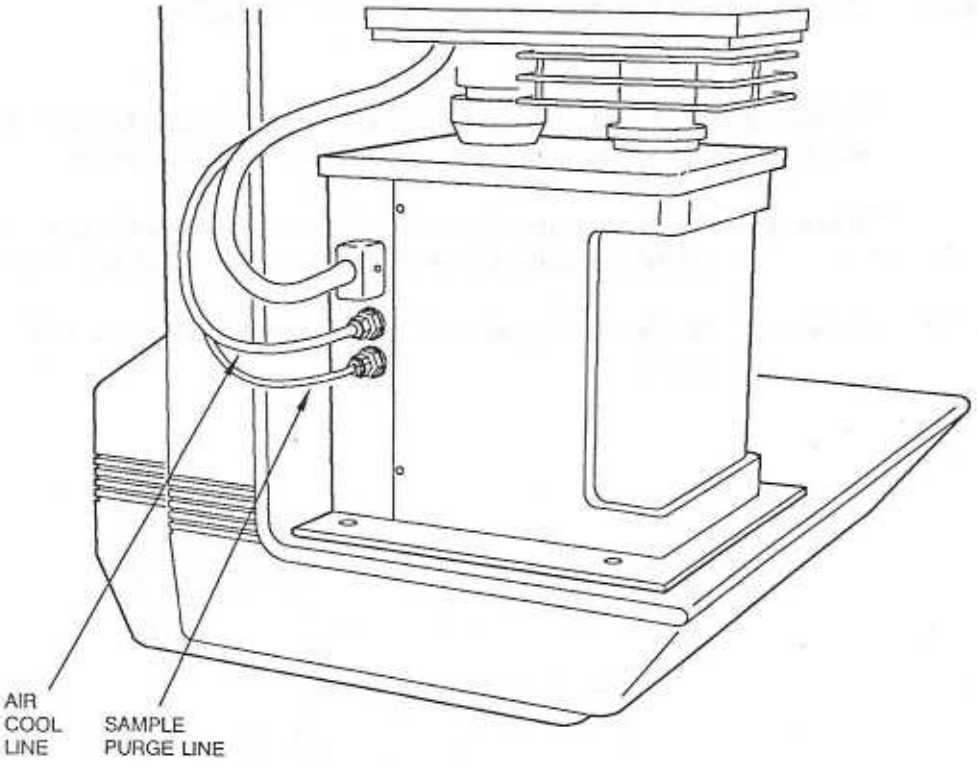


Bild 18

2.4.3 Anschließen der Kühlluftleitung

1. Vergewissern Sie sich, daß Ihre Druckluftquelle auf einen Druck von zwischen 171 und 684 kPa (25 und 120 psi) eingestellt ist, und daß die Druckluft ausreichend getrocknet und gefiltert wird.

2. Schließen Sie Ihre Kältemittelquelle mit einem entsprechend druckfesten Schlauch mit einem Durchmesser von ¼ Zoll an den Kühlluftanschluß ("AIR COOL"; s. Abb. 19) Ihres Moduls an.

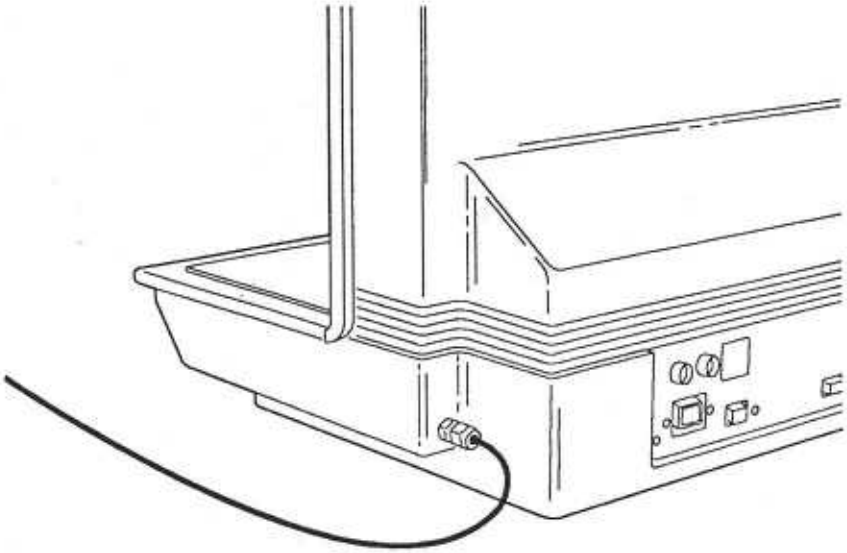


Bild 19

2.4.4 Anschließen des Netzkabels

Hinweis **Schliessen Sie alle anderen Kabel an, bevor Sie das Netzkabel an die Betriebsspannung anschließen.**

1. Vergewissern Sie sich, daß das Modul ausgeschaltet ist (Schalter "POWER" auf Stellung "0").

2. Schließen Sie das Netzkabel am Modul an.

Achtung **Bevor Sie Ihr Modul an eine Spannungsquelle anschließen, sollten Sie sich vergewissern, daß diese die richtige Spannung führt (nominal 115 V bei 50 Hz).**

3. Schließen Sie das Netzkabel an eine geeignete Spannungsquelle an.

Notizen

3. Einführung in die Bedienung

Dieses Kapitel enthält grundlegendes Wissen über Ihr TA-System. Ein TA-System besteht aus einer Steuereinheit und mindestens einem Analysenmodul. Die Steuereinheit (Abb. 21) ist ein Personal-Computer mit einer speziellen Software, die sowohl alle Versuchsparameter, als auch die Meßdaten für Sie verwaltet; weiterhin können auf der Steuereinheit auch Auswertungsprogramme betrieben werden. Die Steuereinheit steht während des Versuchs mit dem Analysenmodul ständig in bidirektionalem Datenaustausch.

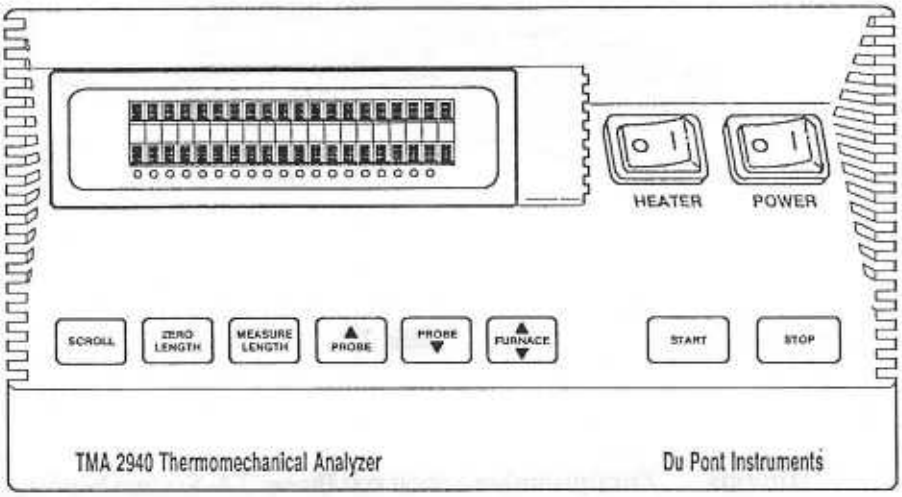


Bild 21

Das Analysenmodul (hier: TMA-Modul 2940; Abb. 22) sorgt für die eigentliche (physikalische) Ausführung Ihrer Versuche.

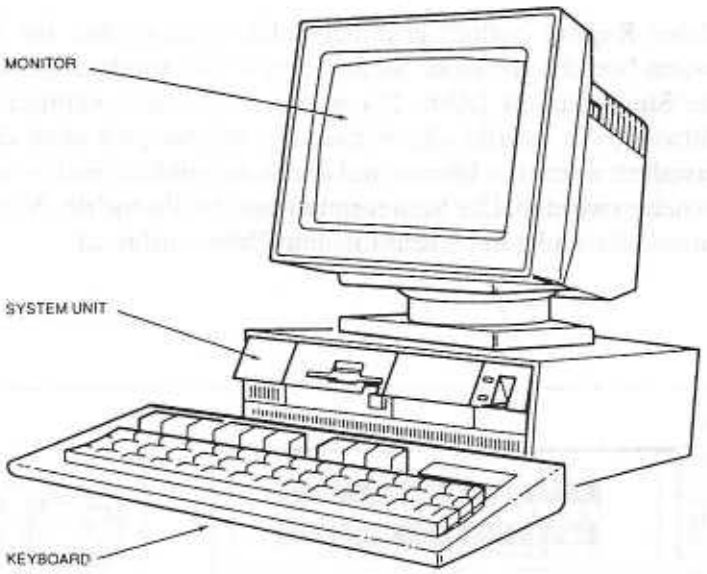


Bild 22

Hinweis **Zur optimalen Arbeit mit Ihrem TA-System benötigen Sie nicht nur das Wissen dieses Bedienungshandbuches, sondern auch das des Bedienungshandbuches Ihrer Steuereinheit.**

Hinweis **Wenn Sie eine TA-Steuereinheit 9900 verwenden, sind Abweichungen von den die Steuereinheit betreffenden Angaben in diesem Handbuch möglich; richten Sie sich daher gegebenenfalls nach den Angaben in dem Bedienungshandbuch Ihres TA 9900.**

3.1 Einschaltreihenfolge der Komponenten des TA-Systems

Schalten Sie die einzelnen Geräte Ihres TA-Systems immer in folgender Reihenfolge ein:

1. alle angeschlossenen Analysenmodule und Module Interfaces
2. alle anderen angeschlossenen Geräte (einschließlich des Bildschirmes der Steuereinheit, und, soweit vorhanden, des externen Diskettenlaufwerkes)
3. die Steuereinheit selbst.

Hinweis **Wenn Ihre Steuereinheit ein Festplattenlaufwerk besitzt, vergewissern Sie sich vor dem Einschalten, daß in keines der Diskettenlaufwerke eine Diskette eingelegt ist.**

3.2 Einschalten des TMA 2940

Hinweis **Lassen Sie Ihr TMA mindestens eine halbe Stunde lang warmlaufen, bevor Sie damit einen Versuch durchführen.**

1. Vergewissern Sie sich, daß alle notwendigen Kabel korrekt angeschlossen sind.
2. Schalten Sie das Modul ein, indem Sie den POWER-Schalter in die Stellung "1" bringen.
3. Das Modul führt nun einen automatischen Selbsttest durch; wenn hierbei ein Fehler auftritt, erscheint der entsprechende Fehlercode auf der Anzeige. Die Bedeutungen der einzelnen Fehlercodes werden in Anhang A erklärt.

Wenn die Meldung "Module Loader" auf der Anzeige erscheint, bedeutet dies, daß keine Modulsoftware installiert ist; verfahren Sie gegebenenfalls nach der Anleitung in Anhang B.

Nachdem der automatische Selbsttest abgeschlossen ist, zeigt das Modul seinen Status (mit seiner GPIB-Geräteadresse und dem freien RAM-Speicherplatz) an (wie z. B. in Abb. 23).

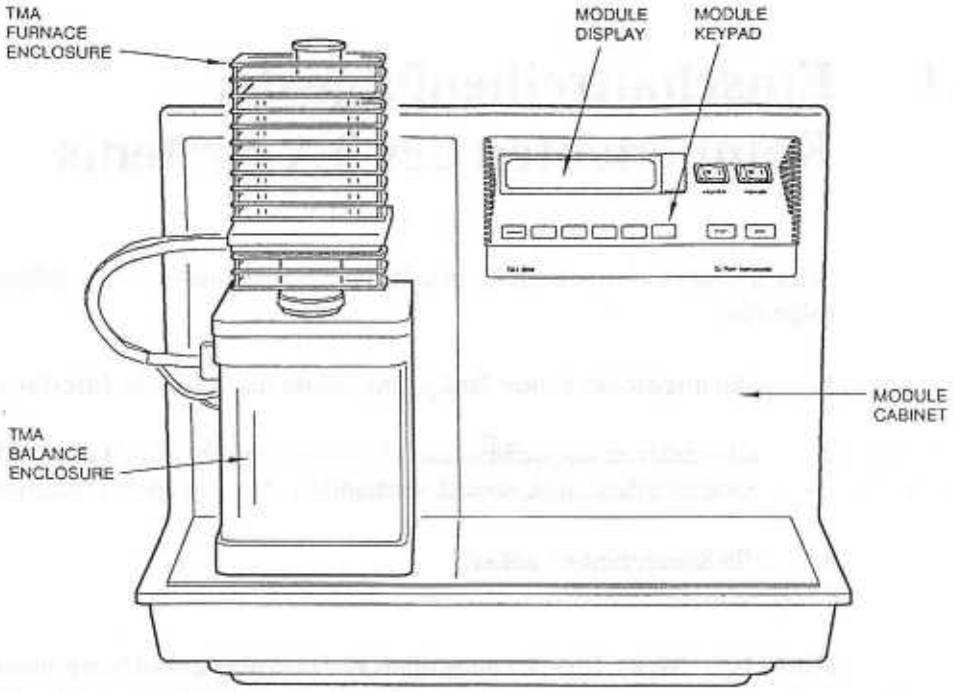


Bild 23

3.2.1 Der automatische Selbsttest des TMA 2940

Nachdem es eingeschaltet worden ist, führt das Modul stets einen automatischen Selbsttest seiner logischen Schaltungen durch; dies dauert ca. 15 Sekunden. Hierbei werden die einzelnen Bereiche der Modullogik in der aus Abb. 24 ersichtlichen Reihenfolge geprüft; Die in der Tabelle angegebenen Testnummern erscheinen während des jeweiligen Tests auf der Anzeige des Moduls.

Wenn im Verlauf des automatischen Selbsttests kein Fehler auftritt, verhält sich das Modul danach wie im vorigen Abschnitt beschrieben, wobei das READY-Lämpchen an der Rückseite des Moduls brennt.

Wenn ein Fehler auftritt, erscheint ein Fehlercode auf der Anzeige; Weiterhin werden die Nummer des Tests (s. Abb. 24), bei dem der Fehler aufgetreten ist, und ein Hinweis, ob der Fehler als kritisch (fatal) eingeschätzt wird, angezeigt.

Bei einem nichtkritischen Fehler bleibt diese Anzeige drei Sekunden lang bestehen, damit Sie den Fehlercode notieren können, woraufhin der automatische Selbsttest fortgesetzt wird. Sie können dann selbst entscheiden, ob Sie trotz des Fehlers Versuche durchführen wollen, oder ob der Fehler vorher behoben werden soll.

Bei Auftreten eines kritischen Fehlers reagiert das Modul überhauptnichtmehr, da ein sinnvoller Betrieb des Gerätes ohnehin nicht möglich ist. Benachrichtigen Sie in diesem Fall den Kundendienst.

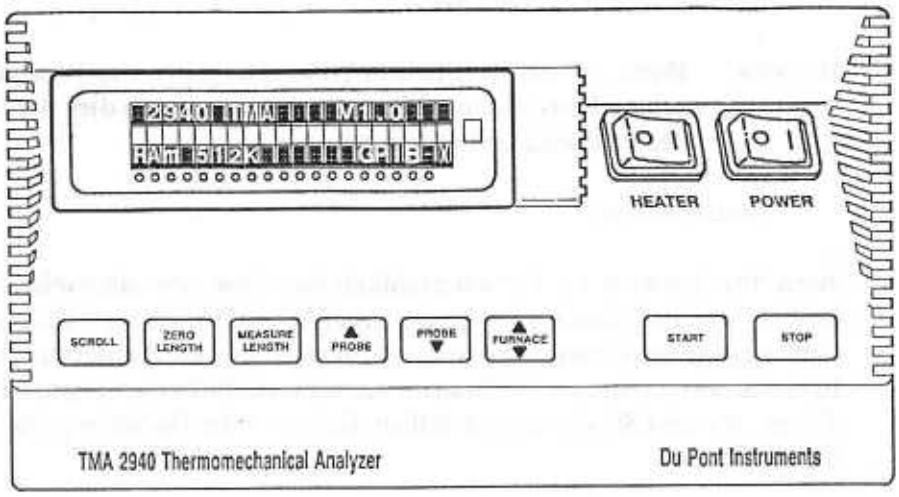


Bild 24

3.3 Starten Ihres TA-Systems

1. Stellen Sie sicher, daß sich keine Diskette im Diskettenlaufwerk der Steuereinheit befindet.

2. Schalten Sie die einzelnen Geräte Ihres Systems in folgender Reihenfolge ein:
   - Analysenmodul(e)
   - Modul Interface(s)

Hinweis **Ein Modul oder ein MI sollte mindestens 30 Minuten lang warmlaufen, bevor ein Versuch, an dem es beteiligt ist, gestartet wird.**

   - andere Geräte, die am GPIB hängen
   - Drucker
   - Plotter
   - externes 5¼ Zoll- Diskettenlaufwerk der Steuereinheit (soweit vorhanden)

Hinweis **Wenn die Controllerkarte für das externe Laufwerk eingebaut ist, muß das Laufwerk auch angeschlossen sein, und immer vor Einschalten des Computers eingeschaltet werden; ansonsten kommt es zu einem CONFIGURATION ERROR.**

- Bildschirm der Steuereinheit

Hinweis **Wenn Sie das INTENSITY-Potentiometer des Bildschirmes über seine Mittelstellung hinaus aufdrehen, kann dies die Lebensdauer des Bildschirmes verkürzen.**

- Steuereinheit

Nach dem Einschalten der Steuereinheit gibt diese normalerweise einen einzelnen Ton von sich, und das Einschaltmenu (Abb. 25) erscheint auf dem Bildschirm. Gibt sie dagegen zwei Töne von sich und zeigt eine Fehlermeldung auf dem Bildschirm an, so hat sie bei ihrem automatischen Selbsttest einen Fehler diagnostiziert; wenden Sie sich in dem Fall an Kapitel 6 des Bedienungshandbuches der Steuereinheit.

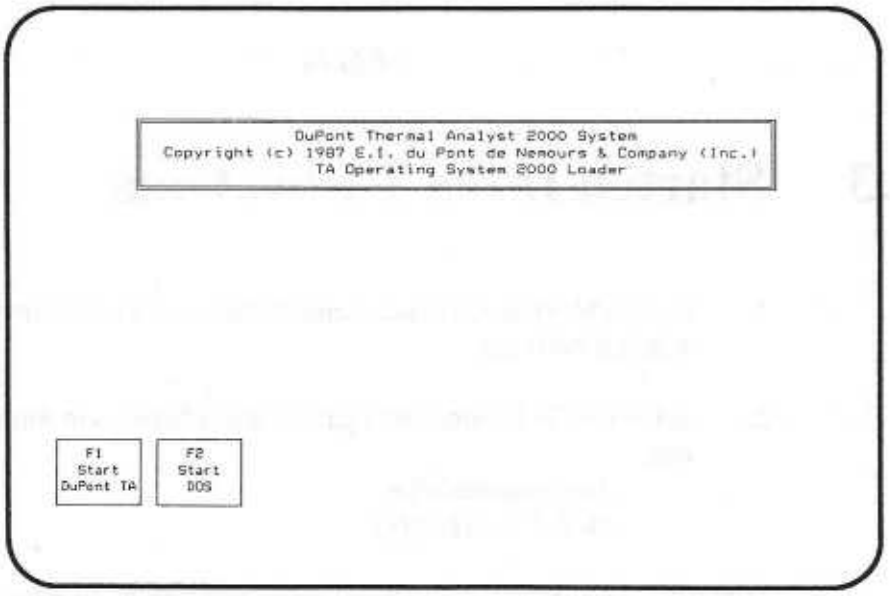


Bild 25

3. Drücken Sie F1, um TA OS zu starten. TA OS meldet sich, indem das SYSTEM CONFIGURATION-Menü (Abb. 26) auf dem Bildschirm erscheint.

Entnehmen Sie die weitere Vorgehensweise zur Durchführung von Versuchen im Kapitel fünf dieses Handbuches.

3.4 Die Steuereinheit

3.4.1 Die Hauptmenüs

Das Betriebssystem TA OS ist in drei Hauptmenüs gegliedert: Das SYSTEM CONFIGURATION-Menü, das INSTRUMENT CONTROL-Menü, und das DATA ANALYSIS-Menü. Die Hauptmenüs werden im folgenden jeweils kurz beschrieben; genauere Angaben finden im Bedienungshandbuch Ihrer Steuereinheit.

3.4.1.1 Das SYSTEM CONFIGURATION-Menü

Nach dem Laden von TA OS (durch Drücken von F1 nach dem Einschalten der Steuereinheit) erscheint als erstes immer das SYSTEM CONFIGURATION-Menü (Abb. 26) auf dem Bildschirm.
Die oberste Zeile auf dem Bildschirm ist die Statuszeile; sie informiert über den Status aller online befindlichen Module. Die Statuszeile erscheint in jedem Menü.
Im mittleren Bereich des Bildschirms befindet sich die Gerätetabelle mit Informationen über alle im System installierten Geräte.
Rechts von der Gerätetabelle befindet sich eine Liste der auf Ihrem System installierten Optionen.
Genauere Angaben finden Sie im Bedienungshandbuch Ihrer Steuereinheit.

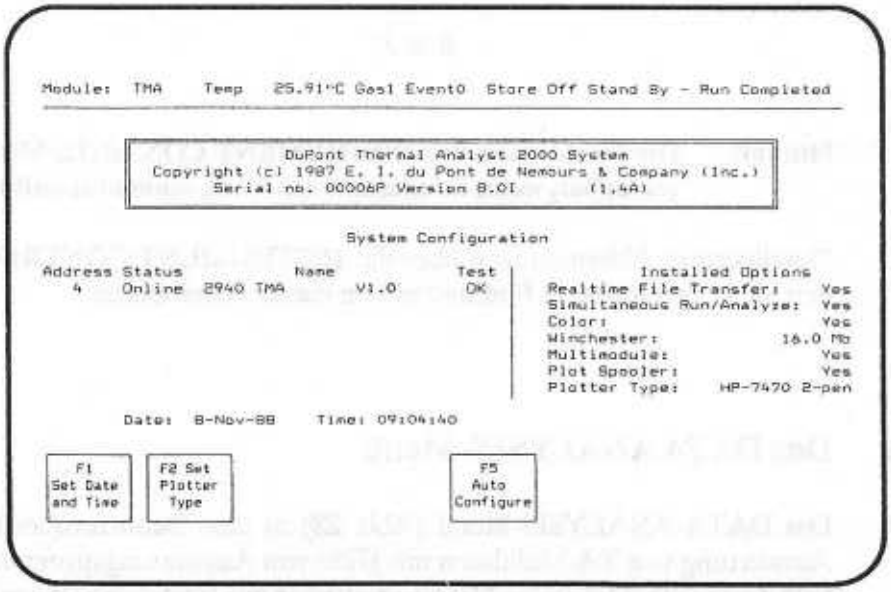


Bild 26

3.4.1.2 Das INSTRUMENT CONTROL-Menü

Das INSTRUMENT CONTROL-Menü (Abb. 27) ist eine Benutzeroberfläche für die Eingabe aller Versuchsparameter und für die Analysensteuerung. Es kann bei aktivem TA OS jederzeit durch Drücken von F12 erreicht werden.

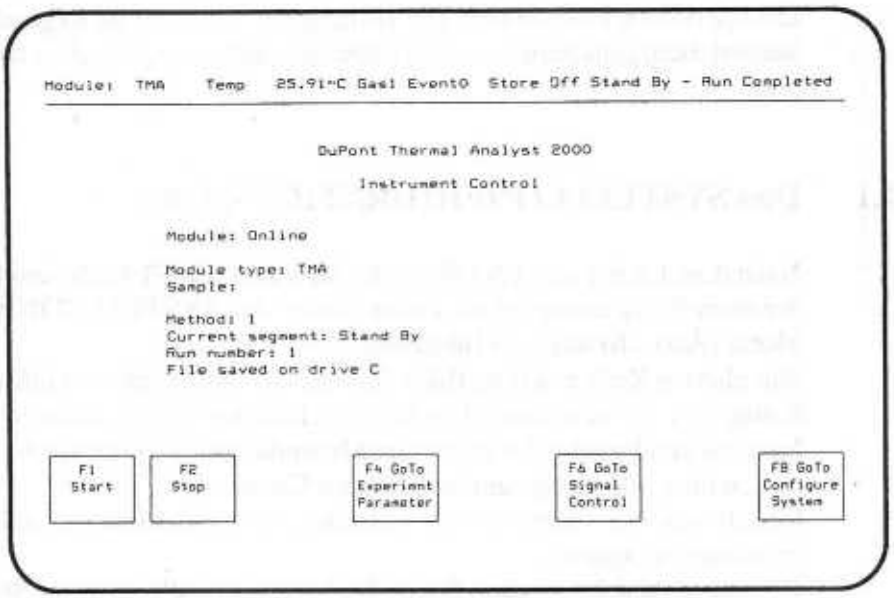


Bild 27

Hinweis **Die Funktionen des INSTRUMENT CONTROL-Menüs sind nur verfügbar, wenn mindestens ein Analysenmodul online ist.**

Detailliertere Abhandlungen über das INSTRUMENT CONTROL-Menü finden Sie in den Kapiteln fünf und sieben dieses Handbuches.

3.4.1.3 Das DATA ANALYSIS-Menü

Das DATA ANALYSIS-Menü (Abb. 28) ist eine Benutzeroberfläche für die Auswertung von TA-Meßdaten mit Hilfe von Auswertungsprogrammen, innerhalb derer auch allgemeine Dateioperationen zur Verfügung stehen. Es kann bei aktivem TA OS jederzeit durch Drücken von F11 erreicht werden.
Genauere Angaben finden im Bedienungshandbuch Ihrer Steuereinheit.

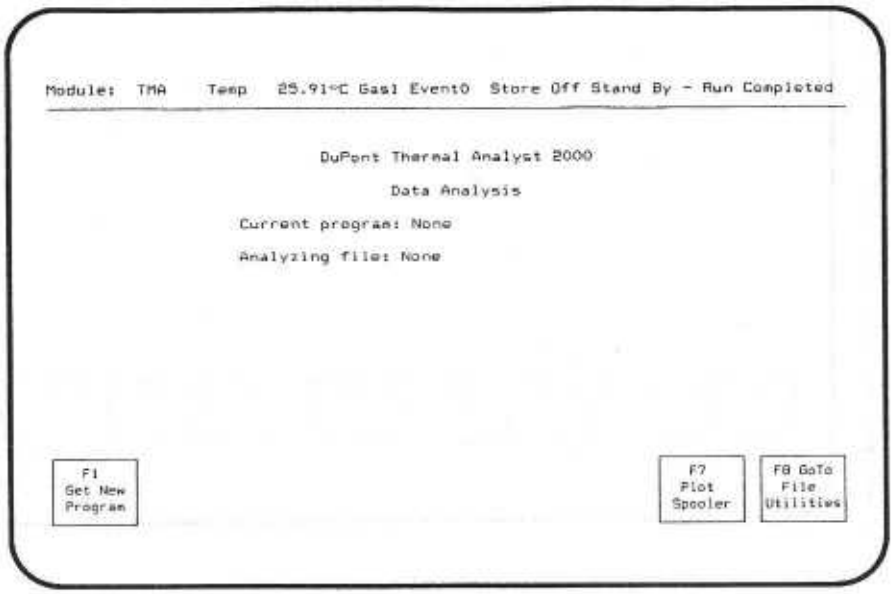


Bild 28

3.4.2 Die Funktionstasten der Steuereinheit

Auf der Tastatur Ihrer Steuereinheit finden Sie 12 durchnummerierte Funktionstasten. F1 bis F8 sind variable Funktionstasten, d. h. ihre Funktion ist abhängig davon, welches Menu gerade aktiv ist. F9 hat garkeine Wirkung, und F10 bis F12 sind konstante Funktionstasten, d. h. ihre Funktion ist innerhalb von TA OS immer dieselbe.

3.4.2.1 Die variablen Funktionstasten

Die variablen Funktionstasten, die in dem gerade aktiven Menu eine Bewandtnis haben, werden immer am unteren Rand des Bildschirmes jeweils mit dem Namen der zugeordnten Funktion dargestellt (Abb. 29).

F8 - ACCEPT THIS FORM

Diese Funktionstaste kommt in vielen Menus vor, und wird deswegen hier beschrieben. Wenn Sie F8 drücken, bestätigen Sie gleichzeitig die aktuellen Inhalte aller auf dem Bildschirm befindlicher Eingabefelder als von Ihnen gewünschte Eingaben.

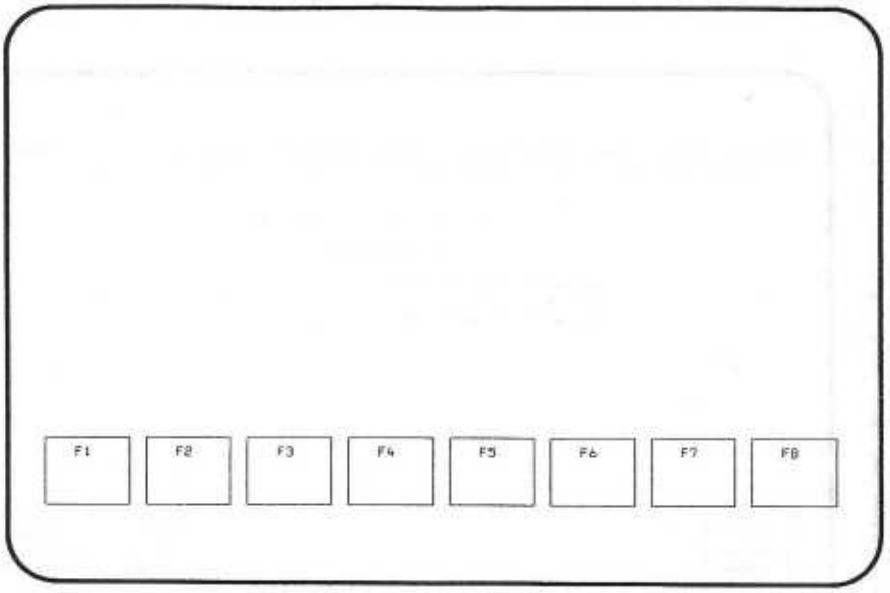


Bild 29

3.4.2.2 Die konstanten Funktionstasten

F10 - HELP (Hilfe)

Immer dann, wenn das System eine Eingabe fordert, können Sie es durch Drücken von F10 um weitere sachbezogene Informationen bitten. Es erscheint dann in der rechten unteren Ecke des Bildschirmes ein gelbes Hilfefenster, welches nach einem weiteren Tastendruck wieder verschwindet.

F11 - DATA ANALYSIS

Durch Drücken von F11 gelangen Sie in das DATA ANALYSIS-Menü, einer Benutzeroberfläche zur Arbeit mit bereits vorhandenen Meßdaten.

F12 - INSTRUMENT CONTROL

Durch Drücken von F12 gelangen Sie in das INSTRUMENT CONTROL-Menu, einer Benutzeroberfläche für die Analysensteuerung.

3.4.3 Die Escape-Taste

Ein Druck auf die Escape-Taste bringt Sie stets zum vorherigen Menü zurück.

3.5 Die Bedienungselemente des TMA2940

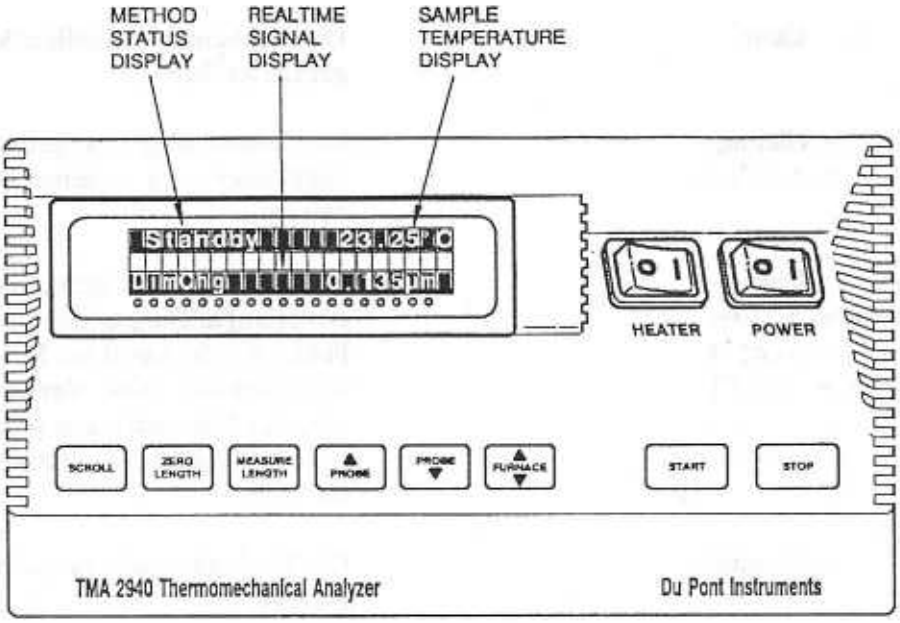


Bild 30

3.5.1 Die Anzeige des TMA-Moduls 2940

Die Anzeige des Moduls (s. Abb. 30) zeigt bei normalem Betrieb links oben den Methodenstatus, rechts oben die Probentemperatur, und in der unteren Zeile das Meßsignal an.

3.5.1.1 Die Methoden-Statuscodes

In der linken Hälfte der oberen Zeile der Modulanzeige wird stets ein Methoden-Statuscode angezeigt, der die derzeitige Aktivität des Moduls bezeichnet. Genauere Statusinformationen erhalten Sie jederzeit im INSTRUMENT CONTROL-Menü Ihrer Steuereinheit (erreichbar durch Drücken von F12).
Folgende Tabelle erklärt die Bedeutungen der einzelnen Methoden-Statuscodes des TMA 2940.

Air Cool	Der Ofen wird zur Zeit mit einem Luftstrom gekühlt.
Balance	Es findet ein Kraft-Kalibriervorgang statt.
Calib	Das Probenlängenmeßwerk (LVDT) wird gerade kalibriert.
closing	Der Ofen wird gerade geschlossen, oder der Meßfühler wird in seine Betriebsposition bewegt.
Cold	Der Ofen kann zur Zeit die von der Methode verlangte Temperatur nicht liefern. Mögliche Ursachen sind ein JUMP-Segment in der Methode, eine Verwendung von F3 (Modify Segment), ein schadhafter Ofen, oder ein falsches Signal vom Steuerthermoelement.
Complete	Die Methode wurde bis zu ihrem Ende ausgeführt.
Cooling	Das Modul folgt zur Zeit einem RAMP-Segment mit negativer Heizrate.
Equilib	Das Modul folgt zur Zeit einem EQUILIBRATE-Segment, indem es versucht, die Probentemperatur auf einen bestimmten Wert zu stabilisieren.
Err ...	Ein Fehler ist aufgetreten. Der angezeigte Fehlercode bezeichnet die Art des Fehlers (s. Anhang A).
Heating	Das Modul folgt einem RAMP-Segment mit positiver Heizrate.
Holding	Die Methode wurde unterbrochen; die Versuchsbedingungen werden gehalten. Drükken Sie START, um mit der Methode fortzufahren.
Hot	Das Modul kann die Probentemperatur nicht schnell genug senken, um der Methode folge zu leisten. Dies bedeutet meist, daß ein RAMP-Segment eine zu große negative

Heizrate hat, oder daß ein JUMP-Segment einen zu großen Temperatursprung negativen Betrages fordert.

Initial — Das Modul folgt zur Zeit einem INITIAL TEMPERATURE-Segment, indem es versucht, die Probentemperatur auf dem dort angegebenen Anfangswert zu stabilisieren. Sobald dies geschehen ist, wechselt der Status zu READY.

Iso — Das Modul hält die Probentemperatur zur Zeit isothermisch.

Jumping — Das Modul folgt gerade einem JUMP-Segment, indem es sprunghaft eine bestimmte Probentemperatur zu erreichen versucht.

Measure — Die Anfangsprobenlänge wird gerade gemessen.

No Power — Dem Modul ist es nicht gelungen, einen Heizstrom durch den Ofen zu schicken. Überprüfen Sie den HEATER-Schalter, sowie die Sicherung.

Opening — Der Ofen wird gerade geöffnet, oder der Meßfühler wird nach oben bewegt.

Preheat — Das Modul heizt gerade den geöffneten Ofen auf eine bestimmte Temperatur vor. Sobald die Soll-Temperatur erreicht ist, wird der Ofen geschlossen, wonach die Temperatur eine bestimmte Zeit lang isothermisch gehalten wird.

Ramping — Die auf die Probe ausgeübte Kraft wird gerade mit einer bestimmten zeitlichen Änderungsrate auf einen bestimmten neuen Wert gebracht.

Ready — Das Modul hat die in einem INITIAL TEMPERATURE-Segment angegebene Anfangstemperatur stabilisiert, und wartet nun auf Ihr Drücken von START, um die Methode fortzusetzen.

Reject	Der Versuch wurde abgebrochen, und seine Daten wurden gelöscht.
Repeat	Das Modul führt eine REPEAT-Schleife aus, in der keine Temperatursteuerungs-Segmente enthalten sind.
Set Up	Das Modul bereitet sich auf die Ausführung der gestarteten Methode vor.
Standby	Methode und METHOD END-Operationen wurden abgeschlossen.
Temp °C	Die Temperaturkalibrierung ist nicht aktiv.
Temp *	Die Temperaturkalibrierung ist aktiv.
Unstable	Das Modul führt gerade ein Isostrain-Segment aus, hat die im Segment geforderten Bedingungen aber noch nicht realisiert (möglicherweise ist es dazu garnicht in der Lage).
Zeroing	Das Modul justiert gerade das Probenlängenmeßwerk, sodaß das Probenlängensignal zu null wird.

3.5.1.2 Die Anzeige der Probentemperatur

Die Probentemperatur wird von einem Thermoelement in der Nähe der Probe aufgenommen, und wird sowohl rechts oben auf der Modulanzeige, als auch in der Statuszeile auf dem Bildschirm der Steuereinheit angezeigt.

3.5.1.3 Anzeige der Meßsignale

Die einzelnen Meßsignale des TMA 2940 sind in Abschnitt 4.4 dieses Handbuchs beschrieben. Sie können durch Drücken der SCROLL-Taste des Moduls auf der unteren Zeile der Modulanzeige durchgeblättert werden, oder sie können im SIGNAL CONTROL-Menü auf der Steuereinheit betrachtet werden.

Hinweis **Das angezeigte Probenlängensignal ist bereits um die Längenausdehnung des Meßfühlers berichtigt.**

3.5.2 Das Tastenfeld des TMA 2940

3.5.2.1 Die Steuerungstasten des TMA 2940

Im Folgenden werden die einzelnen Tasten des Tastenfeldes des Moduls (s. Abb. 30) erklärt.

SCROLL	Dient zum "Durchblättern" der verschiedenen vom Modul aufgenommenen Meßsignale. (Auf der Anzeige des Moduls hat nur ein Meßsignal auf einmal Platz.) Weitere Einzelheiten über einen laufenden Versuch erhalten Sie, wenn Sie auf der Steuereinheit F12 und dann F6 drücken.
ZERO LENGTH	Bewirkt ein Justieren des Probenlängenmeßwerkes. Dies sollte nach jedem Wechseln des Meßfühlers unbedingt geschehen.
MEASURE LENGTH	Bewirkt ein automatisches Messen der Probenlänge. Dies sollte vor dem Starten eines Versuchs geschehen. Das Meßergebnis wird dann von der Steuereinheit als SAMPLE SIZE gespeichert.
PROBE <Pfeil nach oben>	Bewegt den Meßfühler nach oben: Auf den ersten Druck hin nur um 3 mm, den Stellbereich des LVDT-Meßwerkes; Auf einen weiteren Druck hin werden Meßfühler und LVDT-Meßwerk gemeinsam ganz nach oben bewegt.
PROBE <Pfeil nach unten>	Bewegt den Meßfühler nach unten: Auf den ersten Druck hin nur um 3 mm, den Stellbereich des LVDT-Meßwerkes; Auf einen weiteren Druck hin werden der Meßfühler in seine Betriebsposition, und das LVDT-Meßwerk in seine Nullstellung gebracht.
FURNACE	Bewegt den Ofen in seine obere oder untere Position (Schließen bzw. Öffnen des Ofens). Wenn diese Taste gedrückt wird, während sich der Ofen bewegt, bleibt er stehen.

START	Startet einen vorbereiteten Versuch. (Erfüllt dieselbe Funktion wie die Taste F1 (Start) auf der Steuereinheit.)
STOP	Bricht einen laufenden Versuch ab, speichert die bereits aufgenommenen Meßdaten, und startet die eingestellten METHOD-END-Operationen. (Erfüllt dieselbe Funktion wie die Taste F2 (Stop) auf der Steuereinheit.) Wenn kein Versuch läuft, beendet ein Drücken der STOP-Taste jede andere Aktivität des Moduls (z. B. Luftkühlung des Ofens).
REJECT	(Drücken von STOP bei niedergehaltenem SCROLL) Bricht einen laufenden Versuch ab, löscht alle bereits aufgenommenen Meßdaten, und startet die eingestellten METHOD-END-Operationen. (Erfüllt dieselbe Funktion wie die Taste F3 (Reject) auf der Steuereinheit.)

3.5.2.2 Der HEATER-Schalter

Der HEATER-Schalter (s. Abb. 30) schaltet die Betriebsspannung des Ofens ein oder aus. Er muß vor dem Starten eines Versuchs in die Stellung "1" gebracht werden.

Hinweis **Der HEATER-Schalter leuchtet nur, während ein Versuch läuft.**

3.5.2.3 Der POWER-Schalter

Der POWER-Schalter (s. Abb. 30) dient zum Ein- und Ausschalten des Moduls.

3.6 Ausschalten des Moduls

Schalten Sie den TMA 2940 aus, indem Sie die Schalter POWER und HEATER jeweils in die Stellung "0" bringen.

Hinweis **Alle Komponenten Ihres TA-Systems sind für lange Einschaltzeiten ausgelegt. Schalten Sie Ihr TA-System möglichst nicht aus, wenn Sie es an demselben Tag nocheinmal benötigen: Sie werden zuverlässigere Meßwerte erhalten, wenn die Elektronik nicht abkühlt und dann wieder warmläuft.**

Notizen

4. Durchführen von TMA-Versuchen

In diesem Kapitel finden Sie Schritt-für-Schritt-Anleitungen zur Durchführung von TMA-Versuchen mit Ihrem TMA 2940. Weitere Informationen über die Funktionsweise des TMA 2940 finden Sie in Kapitel 7 dieses Handbuchs.

Die Durchführung eines TMA-Versuchs läßt sich in folgende Arbeitsgänge gliedern:

- Eingeben aller Versuchs- und Modulparameter auf der Steuereinheit
- Erstellen und Auswählen einer Methode auf der Steuereinheit
- Auswählen, Einbauen und Kalibrieren eines Meßfühlers
- Vorbereiten und Laden der Probe
- Positionieren des Thermoelementes und Schließen des Ofens
- Messen der Probenlänge
- Starten des Versuchs

4.1 Voraussetzungen

Bevor Sie mit Ihrem Modul Versuche durchführen, sollten Sie:

- Das Modul installiert haben, d. h., auch alle Kabel und Gasleitungen angeschlossen haben (s. Kapitel 2).
- Alle gewünschten Optionen installiert haben (s. Kapitel 2).
- Ihr TA-System gestartet haben (s. Kapitel 3).
- Das Bedienungshandbuch Ihrer Steuereinheit studiert haben.

4.2 Programmieren eines Versuchs auf der Steuereinheit

Der erste Schritt in der Vorbereitung eines TMA-Versuchs besteht darin, alle notwendigen Informationen auf der Steuereinheit einzugeben.

4.2.1 Auswählen des anzusprechenden Moduls

Wenn Sie ein Multimodulsystem mit mehr als einem online-geschalteten Modul haben, müssen Sie beachten, daß alle im folgenden beschriebenen Funktionen immer nur das gerade ausgewählte Modul betreffen.

1. Drücken Sie F12 (Instrument Control). Das INSTRUMENT CONTROL-Menü (Abb. 31) erscheint auf dem Bildschirm.

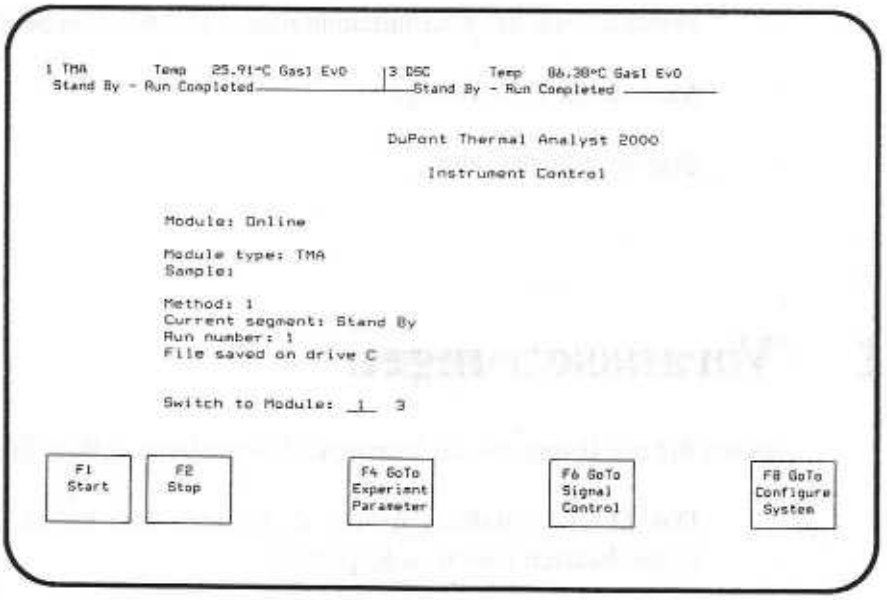


Bild 31

2. Bewegen Sie den Cursor in der Zeile "Switch to module:" mit der linken oder rechten Pfeiltaste auf die Nummer des gewünschten Moduls (1 bis 4).

Hinweis **Wenn das Modul, das Sie verwenden wollen, nicht in der Liste erscheint, befindet es sich nicht online. Schalten Sie es in dem Fall ein, und drücken Sie F8 (GoTo Configure System), und dann F5 (Auto Configure).**

4.2.2 Auswählen des Betriebsmodus' des Moduls

1. Drücken Sie F12 (Instrument Control).

2. Drücken Sie F4 (GoTo Experimental Parameters). Das EXPERIMENTAL PARAMETERS-Menü (Abb. 32) erscheint.

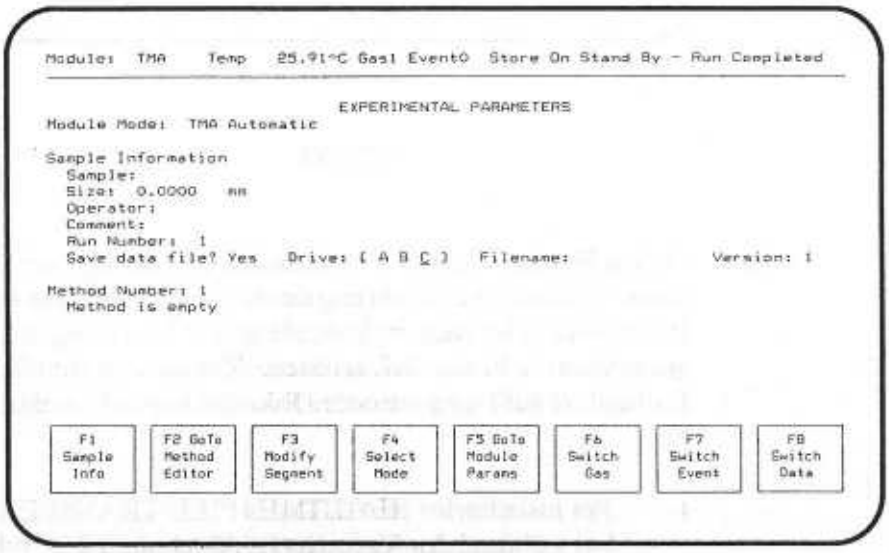


Bild 32

3. Drücken Sie F4 (Select Mode). Eine Liste der verfügbaren Betriebsmodi (Abb. 33) erscheint auf dem Bildschirm.

4. Geben Sie die Nummer des gewünschten Betriebsmodus' ein:

   "2", wenn Sie in Ihrem Versuch einen Film-/Faser-Meßfühler verwenden.
   "1", wenn Sie einen der anderen Meßfühler-Typen verwenden.

```
Module:  TMA    Temp   25.91-C Gas1 Event0  Store Off Stand By - Run Completed

                                MODE SELECTION

     1  TMA Automatic                    2   TMA Automatic Film/Fiber



Selection?  1
Maximum number of runs stored:  1
```

Bild 33

5. Geben Sie ein, wieviele Probenläufe im Modul gespeichert werden sollen (max. 4). Nach Durchführung der hier eingegebenen Anzahl von Probenläufen wird jeder weitere Probenlauf zur Löschung des ältesten im Modul gespeicherten Probenlaufes führen. Zur dauerhaften Speicherung muß ein Probenlauf auf Festplatte oder Diskette kopiert werden; dies kann geschehen:

   - Bei installierter REALTIME FILE TRANSFER-Option unmittelbar während des Versuchs (s. Abschnitt 4.2.3), oder
   - nach Ablauf des Versuchs mit F2 (Module Data File Transfer).

Hinweis **Beim Ändern des Betriebsmodus' des Moduls werden stets alle Modulparameter auf ihre Vorgabewerte zurückgesetzt. Dies macht ein erneutes Kalibrieren des Meßfühlers (s. Abschn. 4.3.2) erforderlich.**

4.2.3 Eingeben der Probendaten

1. Drücken Sie im EXPERIMENTAL PARAMETERS-Menü F1 (Sample Information).

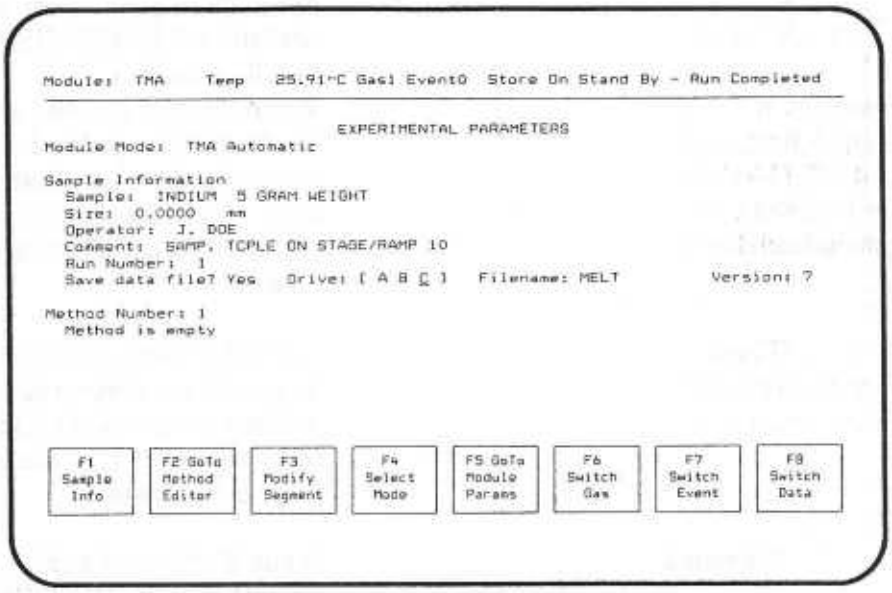


Bild 34

2. Machen Sie in jedem Eingabefeld die geforderte Eingabe, und drücken Sie jeweils ENTER, um zum nächsten Eingabefeld zu springen. Folgende Tabelle erklärt die einzelnen Eingabefelder (s. Abb. 34).

Sample	Bezeichnung der Probe (max. 32 Zeichen lang).
Size	Die Anfangslänge der Probe. Sie wird nicht auf der Tastatur eingegeben, sondern mit der Funktion MEASURE LENGTH automatisch bestimmt.
Operator	Ihr Name (max. 25 Zeichen).
Comment	Jegliche Bemerkungen, die Sie im Zusammenhang mit Ihrem Versuch festhalten möchten (max. 64 Zeichen).

Save data file?

Wenn Sie hier mit YES antworten, werden die Meßdaten bereits während des Versuches auf Festplatte oder Diskette gespeichert. Es findet dann während des Versuches alle 30 sec (Festplatte), bzw. alle 5 min (Diskette), ein Schreibvorgang statt. Dies ist nur dann möglich, wenn auf Ihrem System die Option REALTIME FILE TRANSFER installiert ist.
Wenn Sie hier mit NO antworten, werden die Meßdaten im Modul gespeichert, und können später von dort mit F2 (Module Data File Transfer) auf ein Laufwerk kopiert werden (s. Bedienungshandbuch Ihrer Steuereinheit).

Drive

Wenn Sie "Save data file?" mit YES beantwortet haben, müssen Sie hier angeben, auf welches Laufwerk die Meßdaten geschrieben werden sollen. (s. Bedienungshandbuch Ihrer Steuereinheit)

Filename

Wenn Sie "Save data file?" mit YES beantwortet haben, müssen Sie hier einen Dateinamen für die entstehende Meßdatendatei angeben (max. 10 Zeichen).

Version

Die Erweiterung des Dateinamens (eine ganze Zahl von 1 bis 99). Jedesmal, wenn ein Probenlauf gestartet wird, wird sie automatisch um 1 hochgezählt.

Die Angaben zu "Run Number", "Method Number", und "Module Mode" können in diesem Menü nicht verändert werden. Die Probenlaufnummer (Run Number) wird automatisch immer weitergezählt, die Methodennummer (Method Number) wird wie in Abschnitt 4.2.6 beschrieben eingegeben, und der Betriebsmodus des Moduls (Module Mode) wie in Abschnitt 4.2.2 beschrieben.

4.2.4 Erstellen von Methoden

Bevor Sie einen Versuch durchführen können, müssen Sie mindestens eine METHODE für Ihr Modul erstellt haben. Eine METHODE ist aus Steuerbefehlen zusammengesetzt; jeder einzelne Steuerbefehl wird als SEGMENT bezeichnet. Eine Beschreibung aller für den TMA 2940 verfügbaren Segmenttypen finden Sie in Abschnitt 7.2.
Erstellte Methoden werden im nicht-flüchtigen Speicher Ihres Moduls gespeichert; es haben dort bis zu 15 Methoden mit zusammen maximal 60 Segmenten Platz.

1. Drücken Sie im EXPERIMENTAL PARAMETERS-Menü F2 (GoTo Method Editor), um in das Hauptmenü des Methodeneditors (s. Abb. 35) zu gelangen.

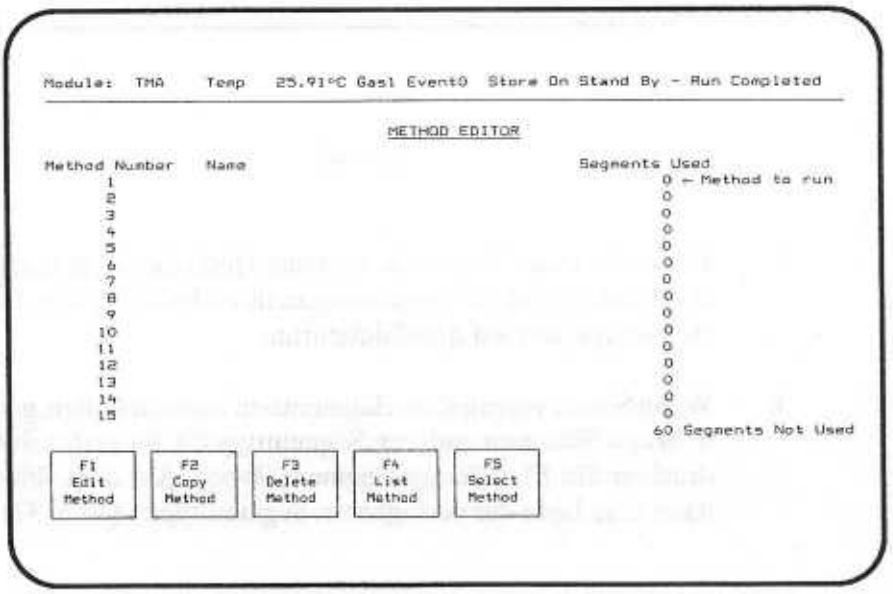


Bild 35

2. Drücken Sie F1 (Edit Method). Auf dem Bildschirm erscheint die Anforderung:

   Edit Method:

3. Geben Sie eine leere Methodennummer ein. Eine leere Nummer ist in der auf dem Bildschirm befindlichen Methodenliste daran zu erkennen, daß ihr kein Name und null Segmente zugeordnet sind. Der eigentliche Methodeneditor (Abb. 36) erscheint auf dem Bildschirm.

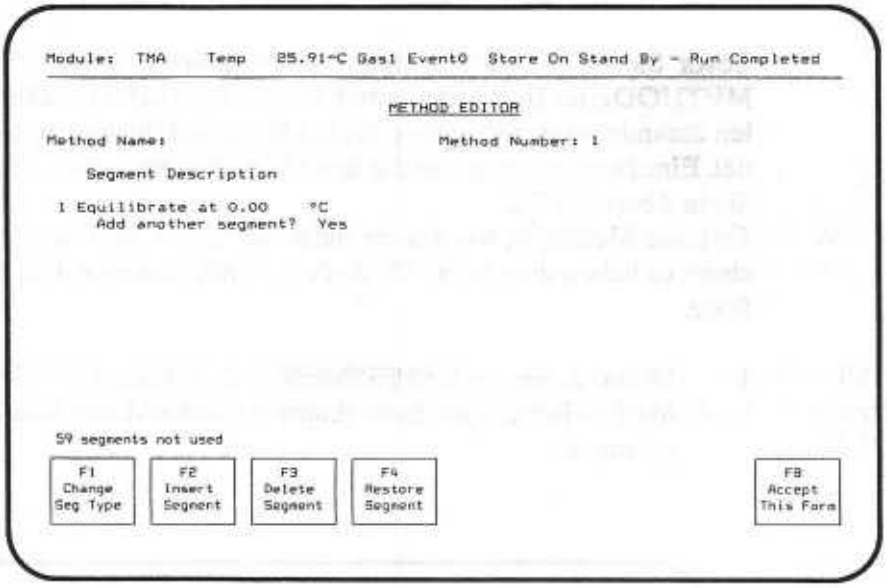


Bild 36

4. Geben Sie einen Namen für die neue Methode ein; er darf bis zu 25 Zeichen lang sein. Das erste Vorgabesegment und einige zusätzliche Funktionstasten erscheinen auf dem Bildschirm.

5. Wenn Sie das vorgegebene Segment verwenden wollen, gehen Sie zu Schritt 6. Wenn Sie einen anderen Segmenttyp für Ihr erstes Segment brauchen, drücken Sie F1 (Change Segment Type). Auf dem Bildschirm erscheint dann eine Liste der verfügbaren Segmenttypen (Abb. 37).

```
Module:  TMA    Temp   25.91°C Gas1 Event0  Store On Stand By - Run Completed

                                METHOD EDITOR

Editing Method: 1                                   Select new type for segment 1
   Name: 10°C/min Ramp                               Jump
                                                     Equilibrate
Segment Description                                  Initial temperature
 1 Equilibrate at 0.00    °C                         Ramp
     Add another segment?  Yes                       Isothermal
                                                     Step
                                                     Increment
                                                     Repeat
                                                     Repeat til Final Temp
                                                     Sample interval
                                                     Gas
                                                     Event
                                                     Data Storage
                                                     Preheat
59 segments not used                                 Force
                                                     Ramp force
Controlled heat/cool to final temp.                  Increment force        F8
Start next segment when temp is stable.              Isostrain            Accept
                                                                          This Form
```

Bild 37

Bewegen Sie den Cursor mit den Pfeiltasten auf den gewünschten Segmenttyp, und drücken Sie ENTER.

6. Geben Sie das, bzw. die, Parameter des Segmentes ein. Es erscheint die Anforderung:

   Add another segment?

7. Geben Sie Y ein, um ein weiteres Segment an die Methode anzufügen, oder N, um dem System mitzuteilen, daß die Methode fertig eingegeben ist.

8. Wiederholen Sie Schritte 6 bis 8 für jedes weitere einzugebende Segment. In den Speicher des Modules passen maximal 60 Segmente, die auf bis zu 15 Methoden verteilt sein dürfen.

9. Drücken Sie, nachdem Sie Ihre Methode fertig eingegeben haben, F8 (Accept This Form). Die Methode wird im Modul abgespeichert, und es erscheint wieder das METHOD EDITOR-Menü auf dem Bildschirm.

4.2.5 Auswählen einer Methode

Verfahren Sie folgendermaßen, um eine Methode auswählen, damit diese einem dann gestarteten Probenlauf zugrundegelegt wird:

1. Drücken Sie im METHOD EDITOR-Menü F5 (Select Method). Auf dem Bildschirm erscheint die Anforderung:

   Select Method to run:

2. Geben Sie die Nummer der gewünschten Methode ein. Diese Methode wird nun in der Liste in grün dargestellt, und mit dem Hinweis "Method to run" versehen.

3. Drücken Sie die ESCAPE-Taste, um in das EXPERIMENTAL PARAMETERS-Menü zurückzugelangen.

4.2.6 Eingeben der Modulparameter

1. Drücken Sie im EXPERIMENTAL PARAMETERS-Menü F5 (GoTo Module Params), um in das MODULE PARAMETERS-Menü (Abb. 38) zu gelangen.

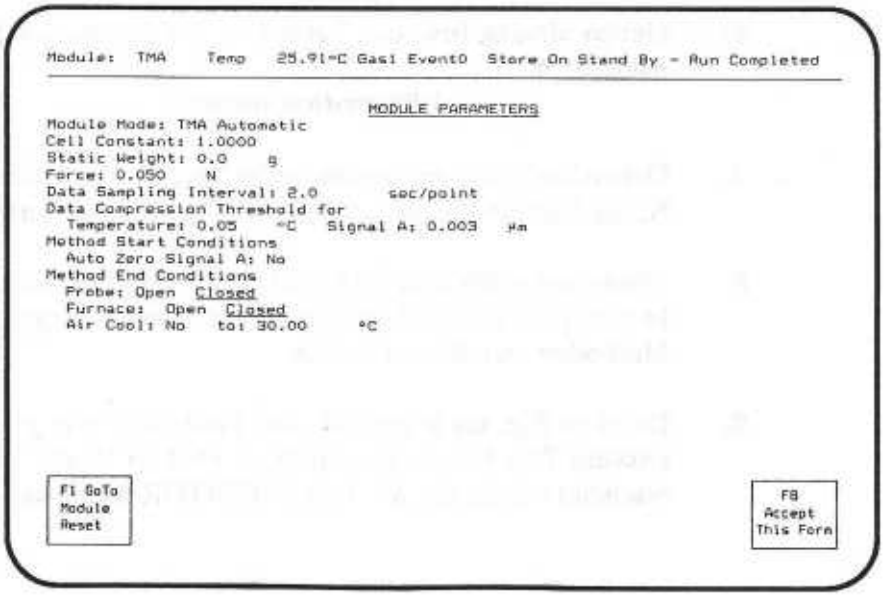


Bild 38

2. Geben Sie für alle zu ändernden Parameter die jeweils benötigten Werte ein. Drücken Sie hierbei die ENTER-Taste, um in das jeweils nächste Eingabefeld zu gelangen; verwenden Sie die Pfeiltasten, um den Cursor innerhalb eines Eingabefeldes zu bewegen.
Die folgende Tabelle erklärt die einzelnen Parameter.

Module Mode	Der derzeit eingestellte Betriebsmodus Ihres Moduls (s. Abschnitt 4.2.2).
Cell Constant	Ein Kalibrierfaktor für Signal A, der bei Bedarf als Quotient des tatsächlichen und des gemessenen Ausdehnungskoeffizienten ermittelt wird.
Static Weight	Das in dem Gewichtefach befindliche Gewicht. Der hier eingegebene Betrag wird zu der programmierten Kraft hinzuaddiert, um die gesamte Kraft auf die Probe für die Meßdatendatei zu erhalten.
Force	Die während des Versuchs auf die Probe auszuübende Kraft.

Hinweis **Eine geringe Kraft auf die Probe kann zu verstärktem Vibrationsrauschen des Meßsignals führen.**

Auto Measure Offset	(Erscheint nur bei Film/Faser-Betriebsmodus.) Eine Konstante, die notwendig ist, um die Meßwerte um die Nullposition des Film-/Faser-Meßfühlers zu bereinigen. Ihre Bestimmung ist in Abschnitt 6.1.2 beschrieben.
Data Sampling Interval	Das Meßwertnahmeintervall in Sekunden. (Das Meßwertnahmeintervall kann auch von der Methode aus mit einem Sample Interval-Segment festgelegt werden. In jedem Fall aber gilt nach Beendigung einer Methode wieder der im MODULE PARAMETERS-Menü eingegebene Wert.)
Data Compression Threshold	Der Schwellwert, um den sich ein Meßdatenpunkt vom dem vorhergehenden Meßdatenpunkt unterscheiden muß, um aufgenommen zu werden. Dies hat den Sinn, daß in weitgehend linearen Kurvenbereichen weniger Meßdatenpunkte aufgenommen werden als in solchen mit starken Veränderungen. (s. Abschn. 7.3)

Method Start Conditions	Auto Zero Signal A: Wenn Sie hier "yes" wählen, setzt das System vor Beginn jedes Versuchs automatisch Signal A auf null.
Method End Conditions	Probe: Wenn Sie hier "open" wählen, wird der Meßfühler nach Beendigung eines Versuchs automatisch geöffnet (von der Probe abgehoben).
Furnace:	Wenn Sie hier "open" wählen, wird der Ofen nach Beendigung eines Versuchs automatisch geöffnet. Geöffnet kühlt er schneller ab als geschlossen.
Air Cool:	Wenn Sie "Furnace: open" gewählt haben und hier "yes" wählen, wird nach Beendigung des Versuchs die Luftkühlung des Ofens eingeschaltet, bis die angegebene Temperatur erreicht ist.

4.2.6.1 Zurücksetzen der Modulparameter

Um alle Modulparameter auf ihre Vorgabewerte zurückzusetzen, können Sie im MODULE PARAMETERS-Menü F1 (GoTo Module Reset) drücken. Da hierbei auch die Kalibrierkonstanten zurückgesetzt werden, ist danach ein erneutes Kalibrieren des Moduls erforderlich.
Die Vorgabewerte der einzelnen Modulparameter können Sie der nachfolgenden Tabelle entnehmen.

Achtung **Die Funktion MODULE RESET setzt alle Modul-Parameter (einschließlich der Kalibrierkonstanten) zurück; hierbei werden auch alle im Modul gespeicherten Methoden und Probenläufe gelöscht.**

Module Mode:	TMA
Cell Constant:	1.0000
Static Weight:	0.0 g
Force:	0.050 N

Data Sampling Interval	2.0 sec/point
Data Compression Threshold	
forTemperatur:	0.05 °C
Signal A:	0.003 μm
Method Start Conditions	
Auto Zero Signal A:	No
Method End Conditions	
Probe:	Closed
Furnace:	Closed
Air Cool:	No to 30 °C

4.3 Vorbereiten des TMA-Moduls

Nach dem Eingeben aller notwendigen Informationen auf der Steuereinheit sind vor dem Starten eines Versuchs noch folgende Schritte durchzuführen:

- Auswählen eines geeigneten Meßfühlers
- Kalibrieren des Meßfühlers
- Kalibrieren des Längenmeßwerkes
- Vorbereiten und Laden der Probe
- Positionieren des Thermoelementes
- Messen der Probenlänge

4.3.1 Wahl des geeigneten Meßfühlers

Nachfolgende Tabelle zeigt die Anwendungsbereiche und die Spezifikationen der drei Standard-Meßfühler. Die optionalen Meßfühler sind in Kapitel 6 beschrieben.

Meßfühler-Typ	Durchmesser der Auflagefläche (mm)	Druck auf die Probe pro aufgelegtes Gewicht (kPa/g)	geeignet zur Messung von:
Penetration	0,89	16	Schmelzpunkt Erweichungstemperatur
Expansion	2,54	1,9	Ausdehnungskoeff. Kompressionsmodul Elastizitätsmodul Glasübergang
Makro-Expansion	6,07	0,34	Kompressionsmodul Elastizitätsmodul Glasübergang Ausdehnungskoeff.

Die Installation der drei Standard-Meßfühler ist in Kapitel 2 beschrieben; die der optionalen Meßfühler in Kapitel 6.

4.3.2 Kalibrieren des Meßfühlers

Nach jedem Wechseln des Meßfühlers oder des Betriebsmodus' müssen die Nullstellungen des Längenausdehnungsmeßwerkes (LVDT) und des Kraftstellwerkes kalibriert werden. (Man bezeichnet den Vorgang auch als Initialisierung des Meßfühlers.)

1. Drücken Sie F12 (Instrument Control).

2. Drücken Sie F6 (GoTo Signal Control). Das SIGNAL CONROL-Menü (Abb. 39) erscheint.

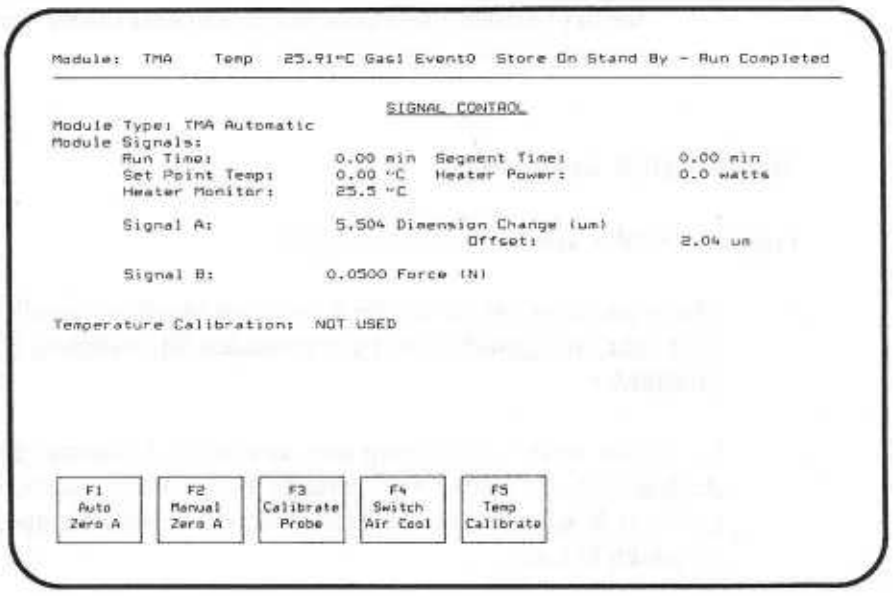


Bild 39

3. Nehmen Sie gegebenenfalls die Probe vom Probenträger.

4. Drücken Sie F3 (Calibrate Probe). Das System führt nun beide notwendigen Kalibrierungen automatisch durch.

4.3.3 Initialisieren des Längenmeßwerkes

Im Interesse genauer Längenmessungen sollte die Nullposition des Längenmeßwerkes in regelmäßigen Abständen nachgestellt werden. Drücken Sie, um dies zu tun, einfach nur die ZERO LENGTH-Taste auf dem Tastenfeld des Moduls.

4.3.4 Vorbereiten und Laden der Probe

Hinweis **Dieser Abschnitt beschreibt das Vorbereiten und Laden von Proben für Messungen mit einem der drei Standard-Meßfühler. Verfahren Sie bei Verwendung eines optionalen Meßfühlers nach der entsprechenden Anleitung in Kapitel 6.**

Vorbereiten der Probe

Folgende Punkte sind zu berücksichtigen:

- Ober- und Unterseite der Probe sollten einander parallel und möglichst eben sein. Dies gewährleistet einen stabilen Sitz zwischen Probenträger und Meßfühler.

- Die Probe sollte groß genug sein, um in der Messung eine ausreichende Auflösung zu erzielen. Andererseits muß bedacht werden, daß innerhalb größerer Körper bei hohen Heizraten erhebliche Temperaturgradienten auftreten können.

- Thermoplastische Probensubstanzen können zur Formung in geeignete Körper erhitzt werden. Es ist jedoch möglich, daß die Substanz nach dem Erhitzen und Wiederabkühlen nicht mehr genau dieselben Eigenschaften hat wie vorher.

Laden der Probe

1. Fahren Sie den Ofen nach oben und drehen Sie ihn im Uhrzeigersinn zur Seite weg.

2. Vergewissern Sie sich, daß der Probenträger frei von Verunreinigungen von früheren Proben ist.

3. Drücken Sie die ZERO LENGTH-Taste auf dem Tastenfeld des Moduls.

4. Fahren Sie den Meßfühler nach oben.

5. Stellen Sie die Probe unter die Auflagefläche des Meßfühlers auf den Probenträger (s. Abb. 40).

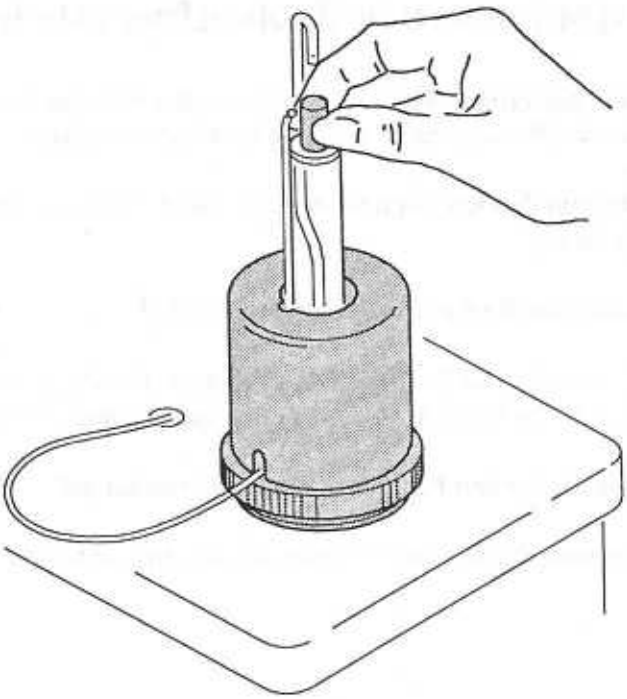


Bild 40

6. Fahren Sie den Meßfühler nach unten.

7. Korrigieren Sie nötigenfalls die Position des Thermoelementes (s. Abschn. 4.3.5).

8. Drehen Sie den Ofen wieder zurück und schließen Sie ihn.

9. Geben Sie wie benötigt die auf die Probe auszuübende Kraft im MODULE PARAMETERS-Menü ein, und/oder legen Sie Gewichte in das Gewichtefach. Wenn Sie das Gewichtefach beladen, müssen Sie dem System dies mitteilen, indem Sie den Gewichtsbetrag in das Feld "Static Weight" auf dem MODULE PARAMETERS-Menü eingeben.

Hinweis **Eine geringe Kraft auf die Probe kann zu verstärktem Vibrationsrauschen des Meßsinganls führen.**

10. Messen Sie die Probenlänge wie in Abschnitt 4.3.6 beschrieben.

4.3.5 Positionieren des Probenthermoelementes

Das Ende des Probenthermoelementes sollte sich von der Höhe her ungefähr in der Mitte der Probe befinden. Korrigieren Sie seine Position nötigenfalls wie folgt:

1. Fahren Sie den Ofen nach oben und drehen Sie ihn im Uhrzeigersinn zur Seite weg.
2. Nehmen Sie den Probenträgermantel ab.
3. Verstellen Sie das Thermoelement so, daß sich seine Spitze von der Höhe her in der Mitte der Probe und in unmittelbarer Nähe zu ihr befindet.
4. Setzen Sie den Probenträgermantel wieder auf.
5. Drehen Sie den Ofen wieder zurück und schließen Sie ihn.

4.3.6 Messen der Probenlänge

Vor Beginn eines Versuchs muß unbedingt die Probenlänge gemessen werden. Drücken Sie dazu die Taste MEASURE LENGTH auf dem Tastenfeld des Moduls; die Probenlänge wird dann automatisch gemessen und gespeichert.

4.3.7 Verwendung eines Spülgases

Sie können die Atmosphäre, der Ihre Probe während eines TMA-Versuchs ausgesetzt ist, kontrollieren, indem Sie eine Spülgasquelle an Ihr Modul anschließen. (Der Spülgasanschluß befindet sich an der linken Seite des Moduls; s. Kapitel 2.)

Als Spülgase für den TMA 2940 kommen in Frage:

- Helium (besonders empfohlen)
- Stickstoff, · Sauerstoff
- gefilterte und getrocknete Luft

Folgende Punkte sind im Zusammenhang mit Spülgasen zu bedenken:

- Um eine inerte Probenatmosphäre zu garantieren, empfehlen wir einen Spülgasstrom von 100 ml/min.

- Leiten Sie bei Kältebetrieb nur gründlich getrocknetes Gas in das Modul ein.

- Für Kälteversuche empfehlen wir aufgrund seiner Warmeleitfähigkeit Helium. (Vorteile: eine tiefe Starttemperatur kann schneller erreicht werden, und die Kälte breitet sich weniger im Innern des Moduls aus.)

- Verwenden Sie bei Temperaturen bis -100 °C einen Heliumstrom von 100 ml/min; bei Temperaturen bis -150 °C einen Heliumstrom von 200 ml/min.

- Wenn Sie bei tiefen Temperaturen ein dichteres Spülgas als Helium verwenden, sollten Sie dem Meßfühler die Silikondichtung aus dem Zubehörkasten anlegen, um einer Ausbreitung der Kälte in die Gewichtekammer hinein entgegenzuwirken. Fahren Sie dazu den Meßfühler ganz nach oben, und legen Sie die Dichtung so an, daß sie sich unmittelbar unterhalb der Öffnung im Probenträger befindet.

- Lassen Sie das Spülgas drei bis fünf Minuten lang durch die Probenkammer strömen, bevor Sie Kältemittel einfüllen oder den Versuch starten (um jegliche feuchte Luft aus der Probenkammer auszuspülen).

4.3.8 Luftkühlung des Ofens

Nach Beendigung eines Versuchs können Sie die Abkühlung des Ofens mit Druckluft beschleunigen. Schließen Sie hierzu eine Quelle gefilterter und getrockneter Druckluft mit zwischen 172 und 688 kPa (25 und 100 psig) an den Anschlußstutzen an der rechten Seite des Moduls an.
Sie können die Steuereinheit vorprogrammieren, die Luftkühlung nach Beendigung eines Versuchs automatisch einzuschalten (s. Abschn. 4.2.6), oder Sie können sie mit F4 (Switch Air Cool) im SIGNAL CONTROL-Menü manuell ein-/ausschalten.

4.4 Starten eines Versuchs

1. Öffnen Sie die Spülgaszufuhr.

2. Prüfen Sie die Position der Probe, und vergewissern Sie sich, daß sich der HEATER-Schalter des TMA-Moduls in der Stellung "1" befindet.

3. Drücken Sie entweder F1 (Start) im INSTRUMENT CONTROL-Menü der Steuereinheit, oder drücken Sie die START-Taste auf dem Tastenfeld des Moduls.

4. Wenn Sie den Verlauf der Signale während des Versuchs mitverfolgen möchten, drücken Sie F6 (GoTo Signal Control) im INSTRUMENT CONTROL-Menü.
   Wenn auf Ihrem System die Option REALTIME PLOT installiert ist, können Sie auch F5 (GoTo Realtime Plot) drücken, um die Meßsignale in Echtzeit auf dem Bildschirm graphisch darstellen zu lassen.

4.5 Überwachen der Signale während eines Versuchs

Wenn Sie den Verlauf der Signale während des Versuchs mitverfolgen möchten, drücken Sie F6 (GoTo Signal Control) im INSTRUMENT CONTROL-Menü. So gelangen Sie in das SIGNAL CONTROL-Menü (Abb. 41), dessen Anzeigeparameter und Funktionen nachfolgend erklärt werden.

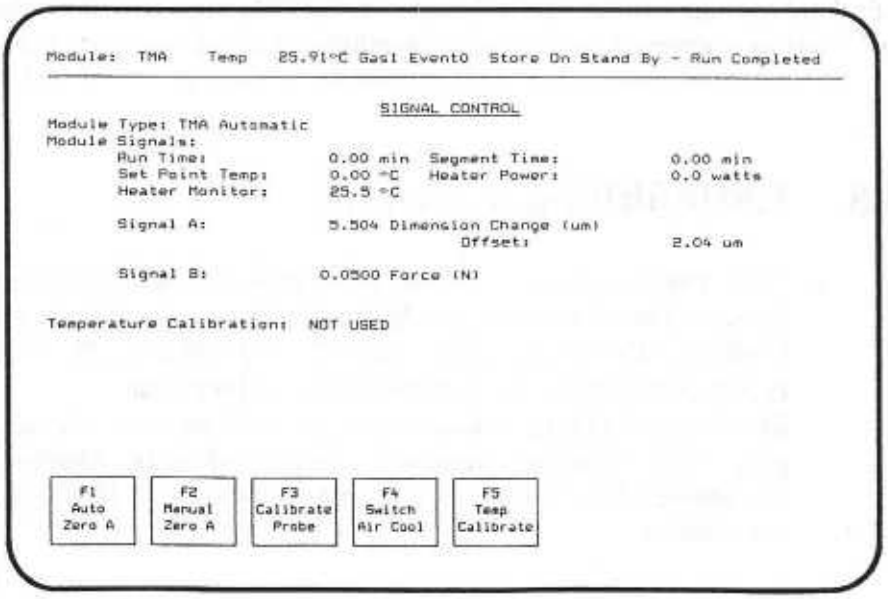


Bild 41

4.5.1 Die im SIGNAL CONTROL-Menü angezeigten Signale

Module Type	Der Typ des Moduls, auf dem der Versuch läuft (TMA).
Run Time	Die seit dem Starten des Versuchs vergangene Zeit in Minuten.
Segment Time	Die seit Beginn des aktuellen Segments vergangene Zeit.
Set Point Temp	Die Solltemperatur, die der Ofen zu erreichen versucht.
Heater Power	Die momentane Heizleistung in Watt.
Heater Monitor	Die von dem in den Ofen eingebauten Steuerthermoelement gemessene Ofentemperatur.
Signal A	Die vom Meßfühler wahrgenommene Längenänderung.
Offset	Eine positive oder negative Konstante, um die Signal A korrigiert wird, d. h., der Offset wird von Signal A subtrahiert (s. Abschn. 4.5.2).
Signal B	Die vom Meßfühler auf die Probe ausgeübte Kraft.
Temperature Calibration	Eine Tabelle von bis zu fünf Paaren jeweils einer tatsächlichen und der hierbei gemessenen Temperatur, die zur Kalibrierung des Temperatursignals verwandt wird. Wenn hier keine Tabelle erscheint, ist die Temperaturkalibrierung ausgeschaltet. (Näheres über die Temperaturkalibrierung finden Sie in Abschnitt 5.1)

4.5.2 Die Funktionen des SIGNAL CONTROL-Menüs

Automatisches gleich-null-Setzen von Signal A

Wenn Sie F1 (Auto Zero A) drücken, wird das momentane Längensignal als negativer Offset für den aktuellen Meßbereich gespeichert; es wird danach stets von der jeweils aktuellen Signalspannung von Signal A subtrahiert.

Hinweis **Sie können die Steuereinheit vorprogrammieren, Signal A zu Beginn jedes Versuchs automatisch gleich null zu setzen (s. Abschn. 4.2.6).**

Manuelles gleich-null-Setzen von Signal A

Drücken Sie, um einen beliebigen Offset für Signal A einzugeben, F2 (Manual Zero A). Der Cursor springt in das Eingabefeld

Offset:_____ µm

Geben Sie hier den gewünschten Signaloffset in µm ein. (Wenn beispielsweise Signal A = 0,135 µm angezeigt wird, können Sie einen Offset von 0,135 µm eingeben, um eine Anzeige von Signal A gleich null µm zu bekommen).

Kalibrieren des Meßfühlers

Nach jedem Wechseln des Meßfühlers muß der neue Meßfühler wie folgt kalibriert werden:

1. Nehmen Sie alles dort befindliche vom Probenträger und aus dem Gewichtefach.

2. Drücken Sie F3 (Calibrate Probe). Dies führt dazu, daß das Eigengewicht des Meßfühlers automatisch gemessen und gespeichert wird, um es danach beim Einstellen der auf die Probe ausgeübten Kraft berücksichtigen zu können.

Ein-/Ausschalten der Luftkühlung

F4 (Switch Air Cool) schaltet die Kühlluftzufuhr zum Ofen ein, bzw. aus. Diese Funktion ist nur dann verfügbar, wenn der Ofen geöffnet ist.

Hinweis **Sie können die Steuereinheit vorprogrammieren, die Luftkühlung des Ofens nach Beendigung jedes Versuchs automatisch einzuschalten (s. Abschn. 4.2.6).**

Temperaturkalibrierung

Die Funktion F5 (Temperature Calibrate) erlaubt die Eingabe von bis zu fünf Paaren von jeweils gemessener und tatsächlicher Temperatur, die dann zur Kalibrierung der Probentemperatur verwandt werden. Je mehr Paare eingegeben werden, desto genauer wird die Temperaturkalibrierung. Wenn Sie nur ein Temperaturpaar eingeben, besteht die Temperaturkalibrierung lediglich in einer linearen Verschiebung. Paare von zweimal 0.00 °C werden von dem Kalibrieralgorythmus ignoriert.
Eine Anleitung zur Duchführung von Temperaturkalibrierungen finden Sie in Abschnitt 5.1.

Hinweis **Wenn die Temperaturkalibrierung wirksam ist, können Sie dies daran erkennen, daß in der Statuszeile "TEMP *" steht. (Bei leerer Temperaturkalibrierungstabelle steht dort "Stand By".)**

Löschen der Temperaturkalibrierungstabelle

Wenn Sie F6 (Reset Temperature Calibration) drücken, setzen Sie damit alle Temperaturpaare auf jeweils zweimal 0.00 °C zurück.

4.6 Beispiel: Durchführen eines TMA-Versuchs

In diesem Beispiel wird das Ausdehnungsverhalten einer Teflon(R)-Probe bestimmt.

1. Drücken Sie F12 (Instrument Control) auf der Steuereinheit.

2. Wählen Sie das TMA-Modul aus.

3. Drücken Sie F4 (GoTo Experimental Parameters).

4. Drücken Sie F4 (Select Mode), und wählen Sie Betriebsmodus 1 ("TMA Automatic").

5. Geben Sie als Anzahl der zu speichernden Probenläufe "1" ein.

6. Drücken Sie F1 (Sample Information), und machen Sie folgende Eingaben:

Sample:	Teflon (Expansions-Meßfühler)
Size:	<Die Probenlänge wird später automatisch eingegeben>
Operator:	<Ihr Name>
Comment:	Spülung mit He 100 ml/min; Kraft = 0,05 N
Save data file?	YES
Drive:	C
Filename:	TEFLON
Version:	1

7. Drücken Sie F2 (GoTo Method Editor).

8. Drücken Sie F1 (Edit Method). Auf dem Bildschirm erscheint die Anforderung:

Edit Method:

9. Geben Sie eine leere Methodennummer ein. Eine leere Nummer ist in der auf dem Bildschirm befindlichen Methodenliste daran zu erkennen, daß ihr kein Name zugeordnet ist, und sie null Segmente hat.

10. Geben Sie als Methodenname "Rampe 5 K/min" ein.

11. Geben Sie folgende Segmente ein:

Equilibrate at -60°C
Isothermal for 2 min
Ramp 5°C/min to 60°C

(Sie benötigen hierzu die Funktion F1 (Change Segment Type).)

12. Drücken Sie F8 (Accept This Form), um den Methodeneditor zu verlassen.

13. Drücken Sie F5 (Select Method), und geben Sie die Methodennummer aus Schritt 9 ein.

14. Drücken Sie die ESCAPE-Taste, um in das EXPERIMENTAL PARAMETERS-Menü zurückzukehren.

15. Drücken Sie F5 (GoTo Module Parameters), und ändern Sie nötigenfalls die einzelnen Modulparameter. Stellen Sie für dieses Beispiel folgende Parameter ein:

Cell Constant:	1.00
Static Weight:	0.0 g
Force:	0.050 N
Data Sampling Interval:	2.0 sec/pt
Data Compression Threshold for	
Temperature:	0.01
Signal A:	0.04 μm
Method Start Conditions	
Auto Zero Signal A:	Yes
Method End Conditions	
Probe:	Open
Furnace:	Open
Air Cool:	Yes to 30.00 °C

16. Installieren Sie den Standard-Expansions-Meßfühler.

17. Kalibrieren Sie den Meßfühler, indem Sie F12 (Instrument Control), F6 (GoTo Signal Control), und dann F3 (Calibrate Probe) drücken.

18. Drücken Sie die ZERO LENGTH-Taste auf dem Tastenfeld des Moduls.

19. Präparieren und laden Sie eine Teflon-Probe (s. Abschn. 4.3.4).

20. Korrigieren Sie nötigenfalls die Position des Thermoelementes.

21. Drücken Sie die MEASURE LENGTH-Taste auf dem Tastenfeld des Moduls, um die Probenlänge automatisch messen und im EXPERIMENTAL PARAMETERS-Menü eintragen zu lassen.

22. Schließen Sie den Ofen.

23. Bringen Sie den HEATER-Schalter am Modul in die Position "1".

24. Öffnen Sie die Spülgaszufuhr, und lassen Sie das Helium mindestens drei Minuten lang strömen, um sicherzugehen, daß die Probe keiner feuchten Luft mehr ausgesetzt ist.

4.7 Abbrechen eines Versuchs

Wenn Sie aus irgendeinem Grund einen laufenden Versuch abbrechen wollen, drücken Sie entweder F2 (Stop) im INSTRUMENT CONTROL-Menü, oder die STOP-Taste auf dem Tastenfeld des Moduls. Die bereits aufgenommenen Meßdaten eines mit der STOP-Funktion abgebrochenen Versuchs bleiben gespeichert; um einen Versuch abzubrechen und gleichzeitig alle Meßdaten dieses Versuchs zu löschen, drücken Sie entweder F3 (Reject) im INSTRUMENT CONTROL-Menü, oder drücken Sie auf dem Tastenfeld des Moduls die STOP-Taste zusammen mit der SCROLL-Taste.

Achtung **Alle Meßdaten eines mit der REJECT-Funktion oder mit der Tastenkombination SCROLL-STOP abgebrochenen Versuchs gehen verloren.**

Sie können einen Versuch auch mit F1 (Hold) anhalten. Wenn Sie dies tun, bleibt er suspendiert, bis Sie ihn entweder mit RESUME fortsetzen oder mit STOP abbrechen.

4.8 Durchführen eines Kälteversuchs

Mit dem TMA 2940 können Proben bei tiefen Temperaturen untersucht werden, indem z. B. flüssiger Stickstoff in dem Ofen eingefüllt wird. Bereiten Sie dazu den Versuch wie in den Abschnitten 4.2 und 4.3 beschrieben vor, und verfahren Sie dann wie folgt:

1. Drehen Sie die Spülgaszufuhr auf 100 ml/min auf, und lassen Sie das Spülgas 3 bis 5 Minuten lang durch die Probenkammer strömen, um die feuchte Raumluft restlos auszuspülen.

2. Füllen Sie vorsichtig Kältemittel in den Ofen ein. Füllen Sie nötigenfalls immerwieder etwas nach, bis die angezeigte Probentemperatur die gewünschte Starttemperatur unterschreitet.

Warnung **Beachten Sie, insbesondere wenn Sie als Kältemittel flüssigen Stickstoff verwenden, unbedingt die Sicherheitshinweise zum Umgang mit Kältemitteln am Anfang dieses Handbuches.**

3. Starten Sie den Versuch.

4. Achten Sie darauf, daß der Ofen bis zum Erreichen der Umgebungstemperatur ständig Heizleistung verbraucht. Tut er dies nicht, so können Sie entweder vorsichtig langsam Kältemittel nachfüllen, oder den Versuch mit etwas mehr Kältemittel wiederholen.

Hinweis **Das Nachfüllen von Kältemittel während des Versuchs kann zu nichtlinearen Heizraten führen, die sich ihrerseits in einem verrauschten oder unstetigen Meßsignal äußern können.**

Weiterhin sind bei Kälteversuchen folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Die ideale Kältemittelmenge für einen Versuch ist die geringste, die dazu führt, daß der Ofen über die gesamte Temperaturrampe ununterbrochen Heizleistung zieht.

- Leiten Sie das Spülgas unbedingt durch einen Trockner, und verwenden Sie völlig gasdichte Schläuche.

Hinweis **Wenn während eines Versuchs Feuchtigkeit in der Probenkammer vorhanden ist, können im Bereich zwischen -20 und +20 °C Übergänge gemessen werden, die nichts mit der Probe zu tun haben.**

- Für Kälteversuche empfehlen wir aufgrund seiner Warmeleitfähigkeit Helium als Spülgas. (Vorteile: eine tiefe Starttemperatur kann schneller erreicht werden, und die Kälte breitet sich weniger im Innern des Moduls hinein).

- Verwenden Sie bei Temperaturen bis:
  -100 °C einen Heliumstrom von 100 ml/min;
  -150 °C einen Heliumstrom von 200 ml/min.

- Wenn Sie bei tiefen Temperaturen ein dichteres Spülgas als Helium verwenden, sollten Sie dem Meßfühler die Silikondichtung aus dem Zubehörkasten anlegen, um einer Ausbreitung der Kälte in die Gewichtekammer hinein entgegenzuwirken. Fahren Sie dazu den Meßfühler ganz nach oben, und legen Sie die Dichtung so an, daß sie sich unmittelbar unterhalb der Öffnung im Probenträger befindet.

- Wenn Sie unterhalb der Umgebungstemperatur niedrige Heizraten oder isothermische Plateaus realisieren wollen, sollten Sie den Aluminiumblock aus dem Zubehörkasten in das Kältemittelreservoir des Ofens hineintun, um die Wärmekapazität des Kältemittelreservoirs zu erhöhen.

Achtung **Heizen Sie den Ofen nicht auf über 600 °C auf, solange sich der Aluminiumblock in seinem Kältemittelreservoir befindet.**

Notizen

5. Kalibrieren des TMA 2940

Ihr TMA 2940 kann nur dann optimal funktionieren, wenn Sie die in diesem Kapitel gegebenen Kalibrierungsvorschriften einhalten. Einige der hier beschriebenen Kalibrierungsvorgänge müssen in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden; andere nur gelegentlich.

5.1 Kalibrieren des Temperatursignals

Das Temperatursignal des TMA 2940 sollte kalibriert werden:

- nach seiner Erstinstallation,
- nach jedem Wechseln des Probenthermoelementes,
- nach jeglicher Wartung oder Reparatur,
- bei jeder Änderung des interessierenden Temperaturbereichs,
- wannimmer die Meßergebnisse eines Versuchs unglaubhaft erscheinen
- ansonsten einmal monatlich.

Dies geschieht, indem Sie Kalibrierläufe mit max. fünf verschiedenen hochreinen Metallproben durchführen, und dann die hierbei gemessenen Schmelzpunkte zusammen mit den tatsächlichen Schmelzpunkten in die Temperaturkalibrierungstabelle eingeben.

5.1.1 Kalibrierlauf zur Temperaturkalibrierung

1. Programmieren Sie den Kalibrierlauf auf der Steuereinheit:

   a. Wählen Sie Ihr TMA-Modul aus.
   b. Wählen Sie den Betriebsmodus des Moduls.
   c. Geben Sie die Probendaten für eine Indiumprobe ein.
   d. Erstellen Sie eine Methode, die die Indiumprobe mit 10 °C/min von Umgebungstemperatur auf 180 °C aufheizt, und wählen Sie sie aus.
   e. Geben Sie die Modulparameter ein.

2. Installieren Sie einen Penetrations-Meßfühler auf Ihrem TMA.

3. Kalibrieren Sie den Meßfühler.

4. Präparieren und laden Sie eine Indiumprobe.

5. Korrigieren Sie nötigenfalls die Position des Probenthermoelementes.

6. Vergewissern Sie sich, daß die Temperaturkalibrierung inaktiv ist (daran zu erkennen, daß sich neben der Temperaturanzeige in der Statuszeile kein * befindet).
(Wenn die Temperaturkalibrierung aktiv ist, drücken Sie F6 (Reset Temperature Calibration) im SIGNAL CONTROL-Menü.)

7. Starten Sie den Kalibrierlauf.

8. Bestimmen Sie mit einem geeigneten Auswertungsprogramm aus der Meßdatendatei den Schmelzpunkt der Indiumprobe.

9. Wiederholen Sie die Schritte 1 bis 8 mit einer Zinkprobe und einer Methode, die diese mit 10 °C/min von 250 °C auf 450 °C aufheizt.

Hinweis **Für eine noch präzisere Temperaturkalibrierung können Sie bis zu insgesamt fünf Kalibrierläufe mit verschiedenen Metallproben (z. B. Quecksilber, Blei, Zinn) durchführen. Wenn Sie das Temperatursignal nur an einer Probe kalibrieren, besteht die Temperaturkalibrierung lediglich in einer linearen Verschiebung.**

10. Geben Sie die aus den Kalibrierläufen ermittelten Schmelzpunkte zusammen mit den tatsächlichen Schmelzpunkten der Kalibriersubstanzen (Indium: 156,6 °C; Zink: 419,5 °C) in die Temperaturkalibrierungstabelle ein (s. nächsten Abschnitt).

5.1.2 Eingeben der Temperaturkalibrierungstabelle

1. Drücken Sie F12 (Instrument Control).

2. Drücken Sie F6 (GoTo Signal Control). Das SIGNAL CONTROL-Menü (Abb. 43) erscheint auf dem Bildschirm.

3. Drücken Sie F5 (Temperature Calibrate). Die Temperaturkalibrierungstabelle (Abb. 44) erscheint auf dem Bildschirm.

4. Geben Sie für jeden Kalibrierlauf in der linken Spalte den gemessenen Schmelzpunkt (s. Abschnitt 5.1.1) ein, und in der rechten Spalte den tatsächlichen Schmelzpunkt der Kalibriersubstanz. Die Reihenfolge der Zeilen spielt keine Rolle. Je mehr Temperaturpaare eingegeben werden, desto genauer wird die Temperaturkalibrierung. Wenn Sie nur ein Tempe-

raturpaar eingeben, besteht die Temperaturkalibrierung lediglich in einer linearen Verschiebung um die Differenz dieses Paares.

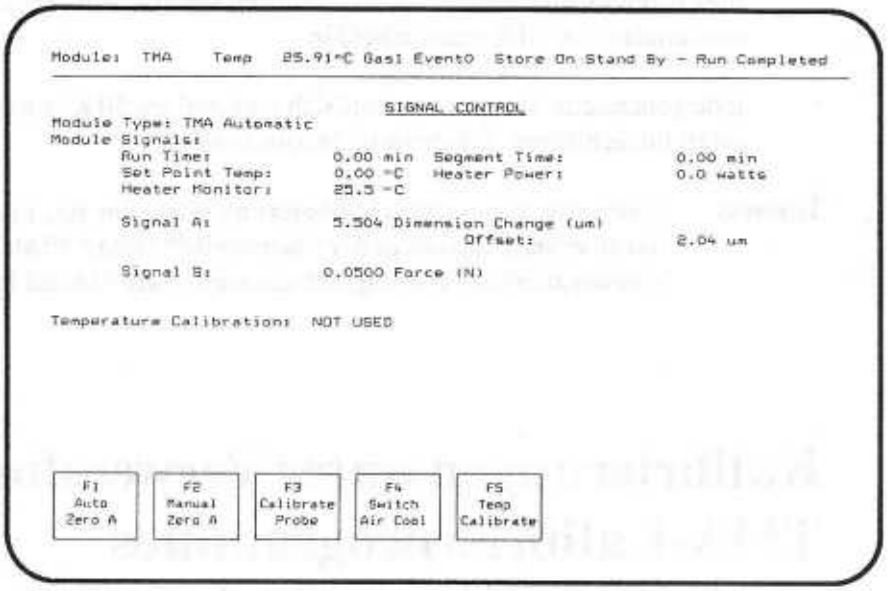


Bild 43

	Observed Temperature	Correct Temperature
Point 1:	0.00°C	0.00°C
Point 2:	0.00°C	0.00°C
Point 3:	0.00°C	0.00°C
Point 4:	0.00°C	0.00°C
Point 5:	0.00°C	0.00°C

Bild 44

- Paare von zweimal 0.00 °C werden von dem Kalibrieralgorhythmus ignoriert.
- alle Paare müssen innerhalb des zulässigen Temperaturbereichs liegen.
- die einzelnen tatsächlichen Temperaturen müssen sich voneinander jeweils um mindestens 10 K unterscheiden.
- jede gemessene Temperatur darf sich maximal um 50 K von der ihr zugehörigen tatsächlichen Temperatur unterscheiden.

Hinweis **Wenn die Temperaturkalibrierung wirksam ist, können Sie dies daran erkennen, daß in der Statuszeile "TEMP *" steht. (Bei leerer Temperaturkalibrierungstabelle steht dort "Stand By".)**

5.2 Kalibrierungen unter Verwendung des TMA-Kalibrierprogrammes

Mit dem TMA-Kalibrierprogramm können Sie einerseits das Temperatursignal des Steuerthermoelementes im Ofen an dem bereits kalibrierten Temperatursignal des Probenthermoelementes kalibrieren, und andererseits die auf die Probe ausgeübte Kraft kalibrieren.

Verfahren Sie wie folgt, um das TMA-Kalibrierprogramm zu verwenden:

1. Drücken Sie F11 (Data Analysis).
2. Drücken Sie F1 (Get New Program).
3. Bewegen Sie den Cursor mit den Pfeiltasten auf den Buchstaben des Laufwerkes, auf dem sich das TMA-Kalibrierprogramm befindet.
4. Bewegen Sie den Cursor mit den Pfeiltasten auf den Progammnamen TMAMCal, und drücken Sie F3 (Select File). (Sollte der Programmname nicht auf dem Bildschirm erscheinen, drücken Sie F2 (Next Page), um in der Dateienliste weiterzublättern.)
5. Warten Sie, bis die Meldung "Ready" erscheint, und drücken Sie dann F1 (Start Program). Das TMA-Kalibrierungsprogramm begrüßt Sie mit seinem Eingangsmenü (Abb. 45).

Bild 45

6. Verfahren Sie nach Abschnitt 5.2.1, um die Kraft zu kalibrieren, oder nach Abschnitt 5.2.2, um die Ofentemperatur zu kalibrieren.

5.2.1 Kalibrieren der auf die Probe ausgeübten Kraft

Die auf die Probe ausgeübte Kraft sollte kalibriert werden:

- nach der Erstinstallation des Moduls,
- nach der Installation einer neuen Modulsoftware, und
- ansonsten einmal monatlich.

Für diesen Vorgang muß auf dem Modul ein Meßfühler installiert sein, aber es spielt keine Rolle, welcher. Verfahren Sie wie folgt:

1. Drücken Sie F1 (Force). Es erscheint der in Abb. 46 gezeigte Bildschirm.

2. Vergewissern Sie sich, daß sich nichts in dem Gewichtefach oder auf dem Probenträger befindet, und drücken Sie irgendeine Taste. Folgender Text erscheint auf dem Bildschirm:

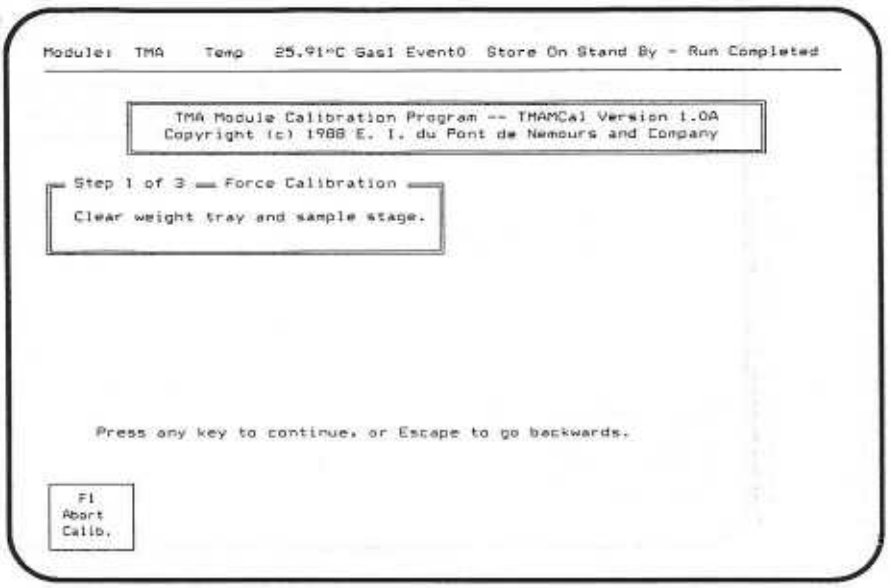


Bild 46

Step 2 of 3 Force Calibration
Place calibration weight on the weight tray. Recommended weight is 50 g, range is 10 to 100 g. Type any key to continue Step 3.

3. Legen Sie zwischen 10 und 100 g (empfohlen sind 50 g) in das Gewichtefach, und geben Sie den Betrag des eingelegten Gewichtes auf der Tastatur ein. Drücken Sie dann irgendeine Taste, worauf folgender Text auf dem Bildschirm erscheint:

Step 3 of 3 Force Calibration
Calibration constant is displayed. It should be 1 ± .25. Answer Yes to "Save calibration?" or No to abort the calibration.

4. Wenn Ihnen der angezeigte Kalibrierkoeffizient zufriedenstellend erscheint, geben Sie auf der Tastatur "Yes" ein, um ihn abzuspeichern. Andernfalls, geben Sie "No" ein, um den Kalibriervorgang zu wiederholen.

5.2.2 Kalibrieren der Ofentemperatur

Das Temperatursignal des Steuerthermoelementes im Ofen sollte kalibriert werden:

- nach der Erstinstallation des Moduls,
- nach der Installation einer neuen Modulsoftware, und
- nach dem Wechseln des Ofens.

1. Stellen Sie für zwei Probentemperaturen (empfohlen werden die Umgebungstemperatur und das obere Ende des interessierenden Temperaturbereichs) jeweils die angezeigte Ofentemperatur fest. Dies geschieht, indem Sie jeweils ein Equilibrate-Segment und ein Isothermal-Segment ausführen lassen, und während der Ausführung des Isothermal-Segmentes die im SIGNAL CONTROL-Menü angezeigten Proben- und Ofentemperaturen notieren.

2. Drücken Sie F2 (Heater Temperature). Der in Abbildung 47 wiedergegebene Bildschirm erscheint.

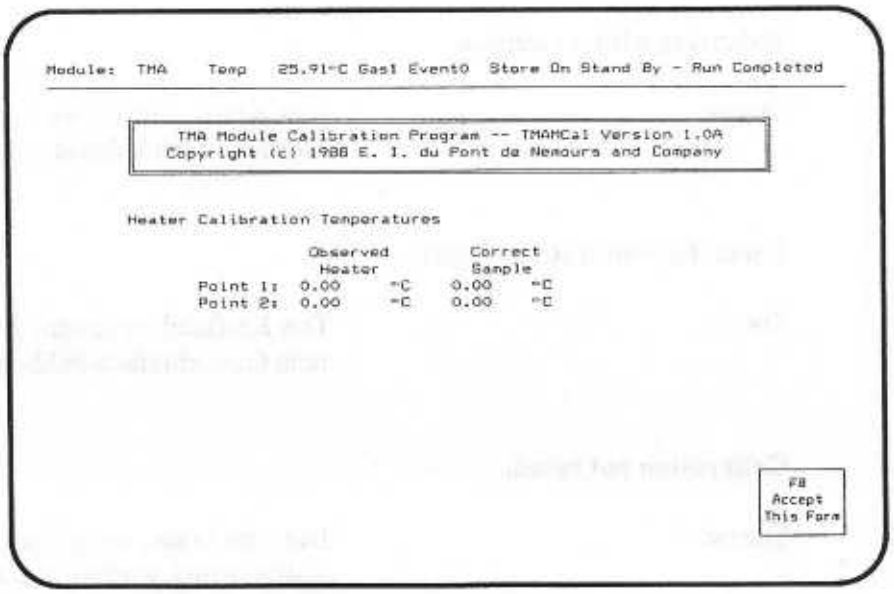


Bild 47

3. Geben Sie die beiden Temperaturpaare in die Tabelle ein (Die Ofentemperaturen links und die Probentemperaturen rechts).

4. Drücken Sie F8 (Accept This Form). Die Kalibrierkonstanten werden automatisch berechnet und im Modul gespeichert.

5.2.3 Status- und Fehlermeldungen des TMA-Kalibrierprogrammes

Aborting this step.

Status: Der aktuelle Kalibrierschritt wird abgebrochen, da entweder F1 (Abort Calibration) oder die STOP-Taste des Moduls gedrückt wurde.

Applying force.

Status: Es wird gerade eine bestimmte Kraft auf den Meßfühler eingestellt.

Balancing with no weight.

Status: Das Kraftstellwerk wird gerade bei leerem Gewichtefach kalibriert.

Balancing calibration weight.

Status: Das Kraftstellwerk wird gerade bei beladenem Gewichtefach kalibriert.

Calibration not saved.

Status: Die Ergebnisse der gerade durchgeführten Kalibrierung wurden nicht abgespeichert, da Sie die Frage "Save result?" mit "No" beantwortet haben.

Calibrating LVDT.

Status: Das Längenmeßwerk (LVDT) wird gerade kalibriert.

Calibration step aborted.

Status: Der letzte Kalibrierschritt wurde mit F1 (Abort Calibration) oder mit der STOP-Taste des Moduls abgebrochen.

Completed calibration step.

Status: Der aktuelle Kalibrierschritt wurde erfolgreich abgeschlossen. Das Programm wird zum nächsten Schritt weitergehen.

Computing slope and offset.

Status: Das Programm berechnet gerade die beiden Kalibrierkonstanten für das Kraftstellwerk.

Force error, balance probe failed.

Problem: Es konnte kein Kraftwert bestimmt werden, der zu einem stabilen Längensignal geführt hätte.

Abhilfe: Vergewissern Sie sich, daß der Meßfühler korrekt installiert ist, und starten Sie den Kalibriervorgang erneut. Tritt dieselbe Fehlermeldung nochmals auf, rufen Sie den Kundendienst.

Force Error, drive board not operational.

Problem: Es wurde eine Fehlfunktion der Drive-Platine diagnostiziert. Eine Kraft-Kalibrierung kann somit nicht durchgeführt werden.

Abhilfe: Benachrichtigen Sie den Kundendienst.

Force Error, invalid instrument mode.

Problem: Sie haben ein älteres TMA-Modul, das die automatische Kraft-Kalibrierung nicht unterstützt.

Abhilfe: Benachrichtigen Sie den Kundendienst, um Ihr TMA-Modul aufrüsten zu lassen.

Force Error, probe calibration failed.

Problem: Das Probenlängensignal hat sich innerhalb der hierfür vorgesehenen Zeitspanne nicht stabilisiert.

Abhilfe: Vergewissern Sie sich, daß der Meßfühler korrekt installiert ist und starten Sie den Kalibriervorgang erneut. Tritt dieselbe Fehlermeldung nochmals auf, rufen Sie den Kundendienst.

Force Error, zero length failed.

Problem: Das Probenlängensignal konnte nicht zu null gemacht werden.

Abhilfe: Vergewissern Sie sich, daß der Meßfühler korrekt installiert ist und daß sich nichts auf dem Probenträger befindet, und starten Sie den Kalibriervorgang erneut. Tritt dieselbe Fehlermeldung nochmals auf, rufen Sie den Kundendienst.

Idle.

Status: Ein Kalibriervorgang ist abgebrochen worden.

Module not a 2940 TMA.

Problem: Das auf der Steuereinheit als aktuelles selektierte Modul ist kein TMA 2940.

Abhilfe: Wählen Sie auf Ihrer Steuereinheit Ihr TMA 2940 als aktuelles Modul aus.

Module not responding.

Problem:	Das Modul reagiert nicht mehr auf die an es gerichteten Kommunikationen.
Abhilfe:	Überprüfen Sie die GPIB-Kabelverbindungen, und bringen Sie das Modul dann wieder online. Wenn derselbe Fehler wiederholt auftritt, benachrichtigen Sie den Kundendienst.

Module offline.

Problem:	(1) Ihr TMA ist auf Ihrer Steuereinheit nicht als aktuelles Modul selektiert, oder (2) Ihr TMA ist offline.
Abhilfe:	(1) Wählen Sie auf Ihrer Steuereinheit Ihr TMA 2940 als aktuelles Modul aus. (2) Bringen Sie Ihr TMA online.

Opening probe.

Status:	Der Meßfühler wird gerade in seine obere Position gefahren.

Press any key to continue, or Escape to go backwards.

Status:	Das Kalibrierprogramm wartet auf einen Tastendruck, mit dem Sie ihm mitteilen, daß Sie die auf dem Bildschirm befindlichen Anweisungen ausgeführt haben. (Mit der ESCAPE-Taste können Sie zu dem vorhergehenden Schritt zurückkehren.)

Result out of range.

Problem:	Das errechnete Ergebnis liegt außerhalb des zulässigen Bereichs.
Abhilfe:	Wiederholen Sie den Kalibriervorgang. Tritt dieselbe Fehlermeldung nochmals auf, rufen Sie den Kundendienst.

Rezeroing the probe.

Status: Der Meßfühler wird gerade in seine Nullstellung bewegt.

Saving Calibration.

Status: Die neuen Kalibrierkonstanten werden gerade im Modul abgespeichert.

Starting calibration step.

Status: Der angezeigte Kalibrierschritt wird gerade gestartet.

TMA calibration complete.

Status: Der Kalibriervorgang wurde erfolgreich durchgeführt.

TMA calibration incomplete.

Status: Der Kalibriervorgang wurde ohne Erfolg abgeschlossen. Überlegen Sie sich, wo der Fehler verursacht worden sein könnte, und versuchen Sie es nocheinmal.

Warning: Result out of normal range.

Problem: Das errechnete Ergebnis liegt außerhalb des Erwartungsbereiches.

Abhilfe: Wiederholen Sie den Kalibriervorgang. Tritt dieselbe Warnung nochmals auf, und haben Sie keine Erklärung für die erhebliche Abweichung, so rufen Sie den Kundendienst.

Zeroing probe.

Status: Die Nullstellung des Meßfühlers wird gerade definiert.

5.3 Bestimmung der Zellenkonstante

Ausgiebige Untersuchungen haben ergeben, daß der TMA 2940 mit einer Zellenkonstanten von 1,000 bei der Messung von Ausdehnungskoeffizienten in der Regel Ergebnisse liefert, die um weniger als zwei Prozent von den tatsächlichen Werten abweichen. Daher wird es normalerweise nicht nötig sein, die Zellenkonstante zu bestimmen.

Wenn Sie in Ihren Versuchen große Heizraten verwenden, oder Proben von geringer Wärmeleitfähigkeit und großer Masse untersuchen, kann es zu größeren Fehlern kommen. Wenn Sie zur Minimierung des Meßfehlers die Zellenkonstante genau bestimmen möchten, verfahren Sie wie folgt:

1. Drücken Sie F12 (Instrument Control).

2. Drücken Sie F4 (GoTo Experimental Parameters).

3. Drücken Sie F5 (GoTo Module Parameters).

4. Bewegen Sie den Cursor mit Hilfe der Pfeiltasten in das Eingabefeld "Cell Constant", und geben Sie dort 1.000 ein.

5. Drücken Sie F8 (Accept This Form).

6. Führen Sie einen Kalibrierlauf durch, in dem Sie den Ausdehnungskoeffizienten einer Probe bestimmen, deren Ausdehnungskoeffizient bekannt ist (z. B. Aluminium oder Bor-Silikat-Glas).
   Verwenden Sie eine Kalibrierprobe, deren thermische Eigenschaften den Proben ähneln, die Sie später untersuchen wollen.
   Verwenden Sie die Heizrate, die Sie auch in Ihren späteren Versuchen verwenden wollen.
   Wählen Sie für den Kalibrierlauf einen Temperaturbereich, der nach oben und nach unten hin um 20 bis 30 K über den Temperaturbereich hinausgeht, der Sie bei Ihren Versuchen interessieren wird.

7. Berechnen Sie entweder mit dem TMA-Auswertungsprogramm oder mit der Formel in Abschnitt 7.1.2 aus den Meßdaten den Ausdehnungskoeffizienten der Kalibrierprobe für den interessierenden Temperaturbereich.

8. Bringen Sie von dem Lieferanten der Kalibrierprobe oder aus der Literatur den tatsächlichen Ausdehnungskoeffizienten der Kalibriersubstanz für den ineressierenden Temperaturbereich in Erfahrung.

9. Berechnen Sie die Zellenkonstante, indem Sie den gemessenen Ausdehnungskoeffizienten aus Schritt 7 durch den tatsächlichen Ausdehnungskoeffizienten aus Schritt 8 dividieren.

10. Geben Sie die Zellenkonstante aus Schritt 9 in dem MODULE PARAMETERS-Menü ein.

6. Durchführen von Versuchen mit optionalem Zubehör

In diesem Kapitel werden die für den TMA 2940 erhältlichen optionalen Zubehörsätze beschrieben. Auch werden jeweils detaillierte Anleitungen gegeben für:

- Installation
- Kalibrierung
- Vorbereiten von Proben
- Durchführen von Versuchen

6.1 Der Film-/Faser-Zubehörsatz

Der Film-/Faser-Zubehörsatz besteht aus:

- dem Film-/Faser-Meßfühler,
- dem Film-/Faser-Probenträger,
- einem Fläschchen geschlitzter Aluminiumkugeln,
- einem Satz stählerner Schraubklemmen,
- einer Probenlängenschablone, und
- einem Schraubenzieher.

Er eignet sich zum Messen der physikalischen Eigenschaften einer faser-oder filmförmigen Probe als Funktion der auf diese einwirkenden Kraft, der Probentemperatur, oder der Zeit.

Die Zugspannung innerhalb der Probe läßt sich berechnen mit folgender Formel:

$$S_T = F / A$$

Hierin ist:

S_T die Zugspannung bei der Temperatur T in Pascal

F die Kraft auf die Probe in Newton

A der Probenquerschnitt in Quadratmetern.

6.1.1 Durchführen eines Versuchs mit dem Film-/ Faser-Meßfühler

1. Wählen Sie Ihr TMA-Modul aus.

2. Wählen Sie Betriebsmodus "2" (Film-/Faser-Modus).

3. Geben Sie die Probeninformationen ein.

4. Erstellen Sie eine Methode für den geplanten Versuch, und selektieren Sie sie.

Hinweis **Proben in Film- oder Faserform sind meist sehr lang im Vergleich zu festen Proben. Da sich der Temperaturgradient innerhalb des Ofens dann wesentlich stärker auf die Meßergebnisse auswirkt, empfehlen wir, bei Untersuchungen an längeren Proben Heizraten von maximal 5 K/min zu verwenden.**

Hinweis **Wenn Sie die Meßergebnisse von mehreren Versuchen direkt miteinander vergleichen wollen, sollten Sie all diese Versuche mit derselben Heizrate und mit dem Probenthermoelement in derselben Position durchführen.**

5. Geben Sie alle Modulparameter ein, und beladen Sie gegebenenfalls das Gewichtefach so, wie Ihr Versuch es verlangt.

Hinweis **Da sich Ihr TMA im Film-/Faser-Betriebsmodus befindet, erscheint außer den gewohnten ein weiteres Modulparameter im MODULE PARAMETERS-Menü: der "Auto Measure Offset". Die Bestimmung dieser Größe ist am Ende von Abschnitt 6.1.2 beschrieben.**

6. Installieren Sie den Film-/Faser-Meßfühler wie in Abschnitt 6.1.2 beschrieben.

7. Präparieren und laden Sie die Probe wie in Abschnitt 6.1.3. beschrieben.

8. Schließen Sie den Ofen.

9. Drücken Sie die Taste MEASURE LENGTH.

10. Drücken Sie START.

6.1.2 Installieren des Film-/Faser-Meßfühlers

Das Installieren des Film-/Faser-Meßfühlers gliedert sich in folgende Schritte:

- Ausbauen des bereits installierten Meßfühlers
- Ausbauen des Probenträgers
- Einbauen des Film-/Faser-Meßfühlers
- Einbauen des Film-/Faser-Probenträgers
- Bestimmen und Eingeben des AUTO MEASURE OFFSET

Ausbauen des bereits installierten Meßfühlers

1. Heben Sie den Ofen an, und drehen Sie ihn im Uhrzeigersinn zur Seite weg.

2. Halten Sie mit einer Hand das obere Ende des Meßfühlers, während Sie mit der anderen den Meßfühler-Feststellhebel (er befindet sich hinter der Gewichtekammertür) um ca. eine Umdrehung (gegen den Uhrzeigersinn) lockern.

3. Ziehen Sie den Meßfühler vorsichtig aus dem Probenträger heraus. (Um sein Ende durch den Schlitz im Probenträger zu manövrieren, müssen Sie ihn ein wenig verdrehen.)

Ausbauen des Probenträgers

1. Ziehen Sie den Probenträgermantel gerade nach oben ab.

2. Nehmen Sie die Klemmfeder, die das Probenthermoelement hält, vom Probenträger ab.

3. Legen Sie das Probenthermoelement neben dem Probenträger hin.

4. Drehen Sie die Haltemutter des Probenträgers los, und nehmen Sie sie ab.

5. Drehen Sie den Probenträgerflansch gegen den Uhrzeigersinn, bis sich seine runden Löcher mit den Stiften decken, und nehmen Sie ihn ab.

6. Nehmen Sie den Federring vom Probenträger ab.

7. Nehmen Sie den Probenträger ab.

Einbauen des Film-/Faser-Meßfühlers

Hinweis **Im Gegensatz zu allen anderen Meßfühlern, muß der Film-/Faser-Meßfühler BEI AUSGEBAUTEM PROBENTRÄGER eingebaut werden.**

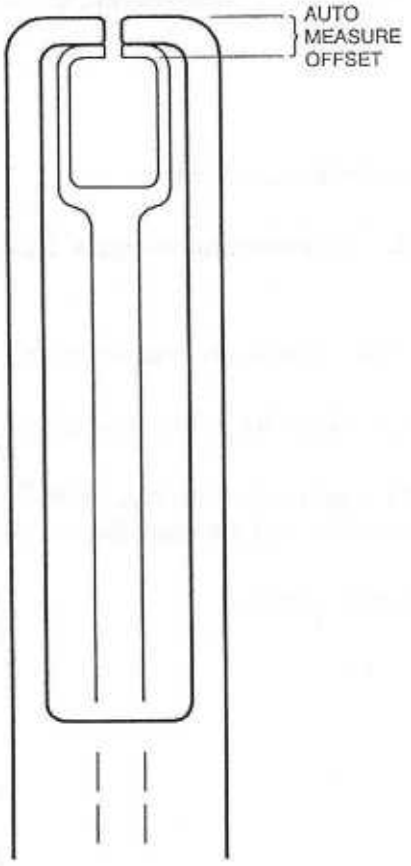
1. Führen Sie das gerade Ende des Meßfühlers vorsichtig in die Meßfühlerhalterung am Modul ein.

2. Öffnen Sie die Gewichtekammertür, und nehmen Sie den dahinter befindlichen Meßfühler-Feststellhebel in eine Hand.

3. Halten Sie den Meßfühler-Feststellhebel in seiner geöffneten Position, während Sie den Meßfühler bis zum Anschlag nach unten schieben.

4. Drehen Sie den Meßfühler so, daß der Schlitz in seinem oberen Ende nach vorne und nach hinten weist, und drehen Sie den Meßfühler-Feststellhebel im Uhrzeigersinn fest.

5. Schließen Sie die Gewichtekammertür.



Einbauen des Film-/Faser-Probenträgers

1. Stellen Sie den Probenträger vorsichtig über den Meßfühler.

2. Führen Sie den Federring von oben her über den Probenträger, und schieben Sie ihn bis ganz nach unten.

3. Führen Sie den Probenträgerflansch von oben her über den Probenträger, und schieben Sie ihn bis an den Federring.

4. Drücken Sie den Probenträgerflansch nach unten, während Sie ihn im Uhrzeigersinn drehen, sodaß er sich an den Stiften einhakt.

5. Drehen Sie den Probenträger so, daß sich seine Öffnung vorne befindet, und daß sich die Schlitze in den oberen Enden von Meßfühler und Probenträger decken (s. Abb. 48).

Bild 48

6. Schrauben Sie die Haltemutter wieder auf.

7. Drücken Sie im EXPERIMENTAL PARAMETERS-Menü F4 (Select Mode), und wählen Sie Betriebsmodus "2" (TMA Automatic Film-/Fiber-Mode).

8. Drücken Sie im SIGNAL CONTROL-Menü F3 (Calibrate Probe), um den Meßfühler zu kalibrieren.

9. Drücken Sie die Taste ZERO LENGTH auf dem Tastenfeld des Moduls, um das Längenmeßwerk zu initialisieren.

10. Halten Sie das Thermoelement an den Probenträger, und positionieren Sie es so, daß sich seine Spitze ungefähr auf halber Länge der einzuspannenden Proben befindet, und zu ihr hinweist. Legen Sie dann die Haltefeder an, um das Thermoelement in dieser Position zu sichern.

Hinweis **Wenn Sie bei angeklemmtem Thermoelement die Funktion ZERO LENGTH verwenden wollen, müssen Sie das Thermoelement vorher aus dem Weg des Meßfühlers wegdrehen.**

11. Setzen Sie den Probenträgermantel wieder auf.

12. Schließen Sie den Ofen.

Bestimmen und Eingeben des AUTO MEASURE OFFSET

Ihr TA-System muß zu der gemessenen Probenlänge noch die Summe der Dicken der geschlitzten Platten von Film-/Faser-Meßfühler und -Probenträger hinzuaddieren, um die eigentliche Probenlänge zu erhalten. Teilen Sie ihr diese Größe nach dem Installieren Ihres Film-/Faser-Zubehörs daher wie folgt mit:

1. Drücken Sie die Taste ZERO LENGTH auf dem Tastenfeld des Moduls, um das Längenmeßwerk in seine Nullposition zu bringen.

2. Messen Sie mit einer Schieblehre die Summe der Dicken der beiden geschlitzten Platten (die in Abb. 48 eingezeichnete Strecke).

3. Drücken Sie F12 (Instrument Control).

4. Drücken Sie F4 (GoTo Experimental Parameters).

5. Drücken Sie F5 (Module Parameters).

6. Bewegen Sie den Cursor in das Eingabefeld "Auto Measure Offset", und geben Sie dort die Strecke aus Schritt 2 ein. (Danach wird dieser Offset stets automatisch vom System berücksichtigt.)

6.1.3 Vorbereiten und Laden von Proben

Proben können entweder mit geschlitzten Aluminiumkugeln, oder mit Schraubklemmen in den Film-/Faser-Meßfühler eingespannt werden. Dabei eignen sich die Aluminiumkugeln eher für faserförmige Proben; die Schraubklemmen für filmförmige und für faserförmige.

6.1.3.1 Einspannen einer Probe zwischen Aluminiumkugeln

1. Messen und schneiden Sie von der faserigen Probensubstanz eine etwas mehr als 26 mm lange Probe ab.

2. Plazieren Sie zwei geschlitzte Aluminiumkugeln in einer Entfernung von 26 mm voneinander.

3. Legen Sie die Probe über die beiden Kugeln, und drücken Sie die Faser in die Schlitze beider Kugeln hinein (s. Abb. 49).

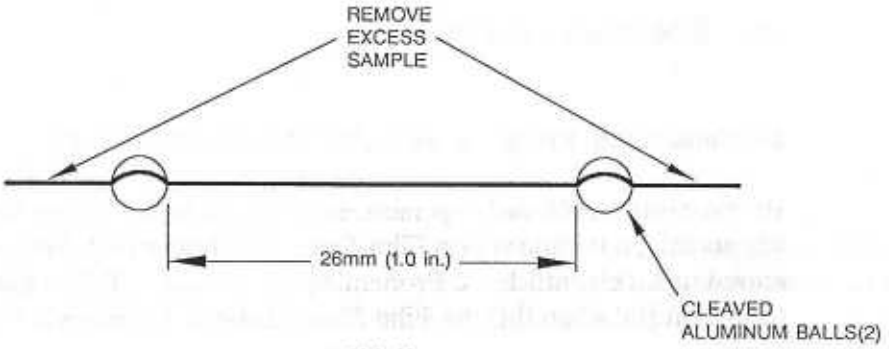


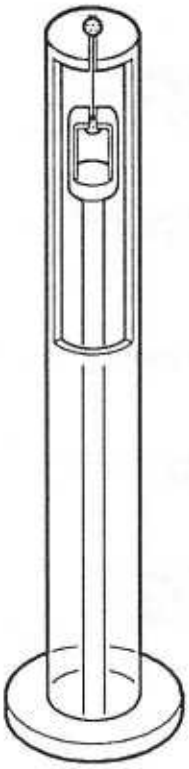
Bild 49

4. Drücken Sie die Kugeln zu. Prüfen Sie durch Ziehen mit der Hand, daß die Probe in beiden Kugeln jeweils fest eingeklemmt ist.

5. Schneiden Sie die überstehenden Enden der Probe ab.

6. Führen Sie die Probe von vorne in den Schlitz im Probenträger ein, und legen Sie die obere Kugel auf den Schlitz.

7. Bringen Sie die zweite Kugel unter den Schlitz im Meßfühler, sodaß die Probe zwischen Meßfühler und Probenträger eingespannt ist (s. Abb. 50).



8. Messen Sie die Probenlänge.

9. Korrigieren Sie nötigenfalls die Position des Probenthermoelementes, sodaß es sich mög lichst nahe an der Probe befindet, ohne sie jedoch zu berühren.

Bild 50

6.1.3.2 Einspannen einer Probe zwischen Schraubklemmen

1. Messen und schneiden Sie von der faserigen Probensubstanz eine etwas mehr als 26 mm lange Probe ab. Wenn die Probe filmförmig ist, sollte ihre Breite über die gesamte Länge konstant sein.

2. Nehmen Sie eine Schraubklemme auseinander, und legen Sie die Probe so ein, daß auf der Seite, an der die obere Klemmbacke eine Aussparung hat, ein kurzes Stück herausschaut (s. Abb. 51). Schrauben Sie die Klemme dann fest zusammen.

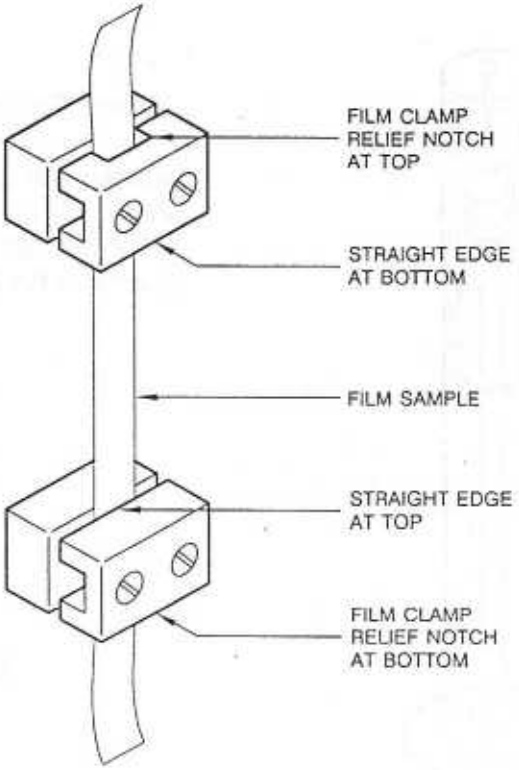


Bild 51

3. Legen Sie Schraubklemme mit der Probe in die Probenlängenschablone ein (s. Abb. 52).

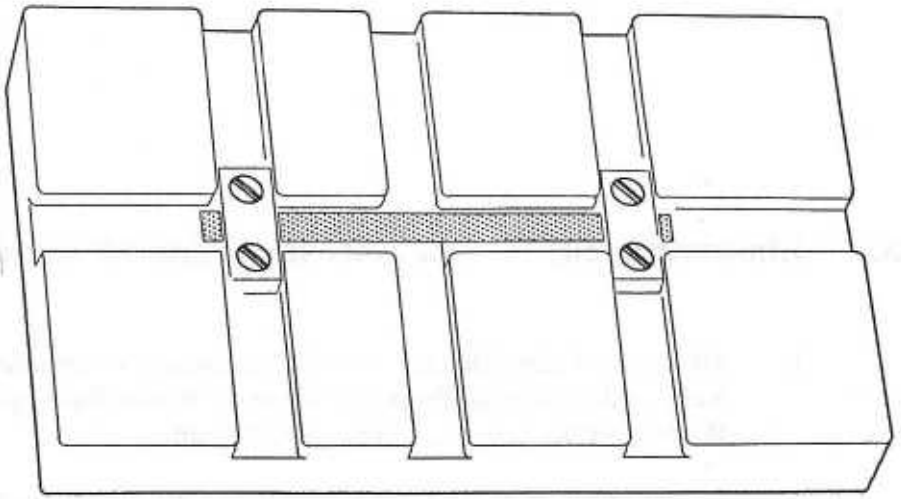


Bild 52

4. Führen Sie das lange Ende der Probe von der Seite ohne Aussparung her durch die zweite Klemme (S. Abb. 51).

5. Legen Sie die zweite Klemme je nach gewünschter Probenlänge (13 oder 26 mm) in eine der beiden Kerben der Probenlängenschablone ein (s. Abb. 52).

6. Ziehen Sie die Probe durch die noch nicht festgeschraubte Klemme hindurch glatt, und schrauben Sie diese dann fest zusammen.

7. Nehmen Sie die Schraubklemmen mit der Probe aus der Probenlängenschablone heraus, und schneiden Sie die überstehenden Probenenden ab.

8. Führen Sie die Probe von vorne in den Schlitz im Probenträger ein, und legen Sie die obere Schraubklemme auf den Schlitz.

9. Bringen Sie die zweite Schraubklemme unter den Schlitz im Meßfühler, sodaß die Probe zwischen Meßfühler und Probenträger eingespannt ist (s. Abb. 53).

10. Messen Sie die Probenlänge.

11. Korrigieren Sie nötigenfalls die Position des Probenthermoelementes, sodaß es sich möglichst nahe an der Probe befindet, ohne sie jedoch zu berühren.

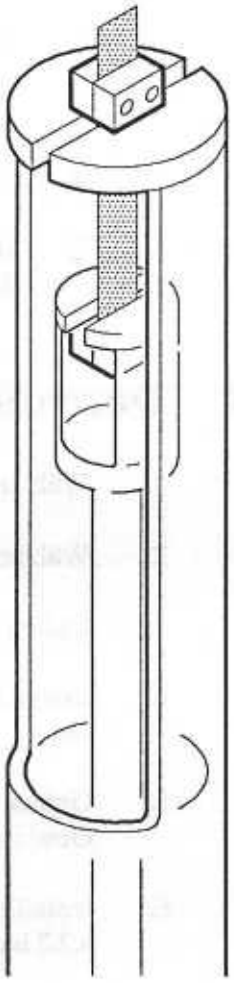


Bild 53

6.2 Der Zubehörsatz für Biegeuntersuchungen

Der Zubehörsatz für Biegeuntersuchungen ermöglicht Dreipunkt-Biegeuntersuchungen an beispielsweise Kunststoffen und mehrschichtigen Materialien. Er besteht aus einem scharfkantigen Meßfühler und einer Probenplattform mit zwei 5,08 mm auseinanderliegenden scharfen Kanten.
Die zur Bestimmung der Verbiegetemperatur bei Belastung vom Meßfühler auszuübende Kraft kann mit folgender Formel berechnet werden:

$$P = \frac{2\,S\,b\,d^2}{3\,L}$$

Hierin ist:

- P die vom Meßfühler auszuübende Kraft in Newton
- S die maximale Faserspannung in Pascal
- b die Probenbreite in Metern
- d die Probentiefe in Metern
- L der Abstand der beiden Auflagekanten der Probenplattform = 0,00508 Meter.

6.2.1 Durchführen eines Biegeversuchs

1. Wählen Sie Ihr TMA-Modul aus.
2. Wählen Sie Betriebsmodus "1" (TMA automatic).
3. Geben Sie die Probeninformationen ein.
4. Erstellen Sie eine Methode für den geplanten Versuch, und selektieren Sie sie.
5. Geben Sie alle Modulparameter ein, und beladen Sie gegebenenfalls das Gewichtefach so, wie Ihr Versuch es verlangt.
6. Installieren Sie den Meßfühler für Biegeuntersuchungen wie in Abschnitt 6.2.2 beschrieben.

7. Drücken Sie F3 (Calibrate Probe) im SIGNAL CONTROL-Menü, um den Meßfühler zu kalibrieren.

8. Präparieren und laden Sie die Probe wie in Abschnitt 6.2.3. beschrieben.

9. Drücken Sie die Taste ZERO LENGTH auf dem Tastenfeld des Moduls, um das Längenmeßwerk zu initialisieren.

10. Schließen Sie den Ofen.

11. Drücken Sie START.

6.2.2 Installieren des Meßfühlers für Biegeuntersuchungen

Das Installieren des Meßfühlers für Biegeuntersuchungen gliedert sich in folgende Schritte:

- Ausbauen des bereits installierten Meßfühlers
- Einbauen des Meßfühlers für Biegeuntersuchungen
- Kalibrieren des Meßfühlers

Ausbauen des bereits installierten Meßfühlers

1. Heben Sie den Ofen an, und drehen Sie ihn im Uhrzeigersinn zur Seite weg.

2. Halten Sie mit einer Hand das obere Ende des Meßfühlers, während Sie mit der anderen den Meßfühler-Feststellhebel (er befindet sich hinter der Gewichtekammertür) um ca. eine Umdrehung (gegen den Uhrzeigersinn) lockern.

3. Ziehen Sie den Meßfühler vorsichtig aus dem Probenträger heraus. (Um sein Ende durch den Schlitz im Probenträger zu manövrieren, müssen Sie ihn ein wenig verdrehen).

Einbauen des Meßfühlers für Biegeuntersuchungen

1. Führen Sie das gerade Ende des Meßfühlers vorsichtig duch die Öffnung im Probenträger.

2. Öffnen Sie die Gewichtekammertür, und nehmen Sie den dahinter befindlichen Meßfühler-Feststellhebel in eine Hand.

3. Halten Sie den Meßfühler-Feststellhebel in seiner geöffneten Position, während Sie den Meßfühler bis zum Anschlag nach unten in seine Halterung schieben.

4. Drehen Sie den Meßfühler-Feststellhebel im Uhrzeigersinn fest.

5. Schließen Sie die Gewichtekammertür.

Kalibrieren des Meßfühlers

Wie nach jedem Installieren eines Meßfühlers, müssen Sie nun den gerade installierten Biege-Meßfühler kalibrieren. Tun Sie dies, indem Sie im SIGNAL CONTROL-Menü F3 (Calibrate Probe) drücken.

6.2.3 Vorbereiten und Laden der Probe

Eine Probe für eine Biegemessung sollte:

- nicht breiter als die Biegemessungs-Probenplattform sein,
- gleichmäßig breit sein, und
- dick genug sein, um sich beim Auflegen auf die Probenplattform nicht bereits durch ihr Eigengewicht zu verbiegen.

1. Fahren Sie den Ofen nach oben und drehen Sie ihn im Uhrzeigersinn zur Seite weg.

2. Vergewissern Sie sich, daß der Probenträger frei von Verunreinigungen von früheren Proben ist.

3. Fahren Sie den Meßfühler nach oben.

4. Stellen Sie die Probenplattform so auf den Probenträger, daß ihre beiden Auflagekanten gleichen Abstand zur Meßfühlerkante haben und parallel zu ihr sind (s. Abb. 54).

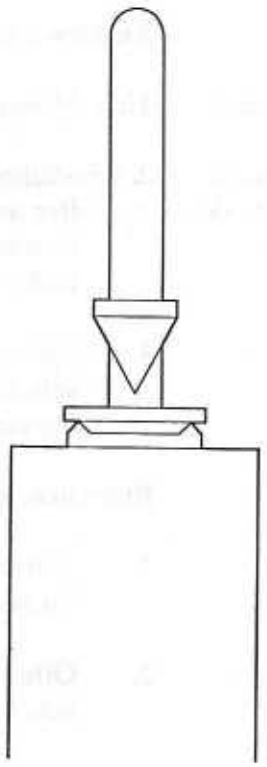


Bild 54

5. Legen Sie die Probe mittig auf die beiden Auflagekanten der Probenplattform.

6. Drücken Sie die ZERO LENGTH-Taste auf dem Tastenfeld des Moduls.

7. Korrigieren Sie nötigenfalls die Position des Probenthermoelementes, sodaß es sich möglichst nahe an der Probe befindet, ohne sie jedoch zu berühren.

Hinweis **Die beiden Anschlußdrähte des Probenthermoelementes dürfen einander nicht berühren.**

8. Drehen Sie den Ofen wieder zurück und schließen Sie ihn.

9. Geben Sie wie benötigt die auf die Probe auszuübende Kraft im MODULE PARAMETERS-Menü ein, und/oder legen Sie Gewichte in das Gewichtefach.

10. Geben Sie im EXPERIMENTAL PARAMETERS-Menü die Probendikke ein.

6.3 Der Dilatometrie-Zubehörsatz

Unter Verwendung des Dilatometrie-Zubehörsatzes können Sie mit Ihrem TMA 2940 den Ausdehnungskoeffizienten einer Probe bestimmen. Der Ausdehnungskoeffizient berechnet sich hierbei nach folgender Formel:

$$a = \frac{K \cdot (S-B)}{V}$$

Hierin ist:

a der Ausdehnungskoeffizient der Probe in μm/mK

K die Gefäßkonstante in Kubikzentimeter/Meter

S die Steigung in μm/K

V das Probenvolumen bei Zimmertemperatur in Kubikzentimeter. (Es kann als Quotient der Probenmasse und der Probendichte berechnet werden.)

B die Basisliniensteigung in μm/K

Die Gefäßkonstante K berechnet sich nach folgender Formel:

$$K = \frac{d \cdot V}{(S-B)}$$

Hierin ist:

K die Gefäßkonstante in Kubikzentimeter/Meter

S die Steigung in μm/K

d der Volumenausdehnungskoeffizient von Aluminium für den interessierenden Temperaturbereich.
(Er kann berechnet werden als das Dreifache des Längenausdehnungskoeffizienten für den interessierenden Temperaturbereich.)

V das Probenvolumen bei Zimmertemperatur in Kubikzentimetern.
(Es kann als Quotient der Probenmasse und der Probendichte berechnet werden.)

B die Basisliniensteigung in μm/K

Der Dilatometrie-Zubehörsatz besteht aus folgenden Teilen:

- Dilatometrie-Meßfühler,
- Dilatometrie-Gefäß,
- Verdrängungsmedium, und
- Aluminium-Kalibrierproben.

6.3.1 Durchführen eines Dilatometrieversuchs

1. Wählen Sie Ihr TMA-Modul aus.
2. Wählen Sie Betriebsmodus "1" (TMA automatic).
3. Geben Sie die Probeninformationen ein.
4. Erstellen Sie eine Methode für den geplanten Versuch, und selektieren Sie sie.

Hinweis **Bei Dilatometrieversuchen muß eine sehr große Wärmekapazität (vor allem das Dilatometriegefäß und das Verdrängungsmedium) zusammen mit der Probe aufgeheizt werden. Daher ist der Ofen nur bei Heizraten von höchstens 3 bis 5 K/min in der Lage, die eingestellte Heizrate am Probenthermoelement zu halten.**
Wir empfehlen daher, in Dilatometrieversuchen Heizraten von maximal 5 K/min zu verwenden.

Hinweis **Wenn Sie die Meßergebnisse von mehreren Versuchen direkt miteinander vergleichen wollen, sollten Sie all diese Versuche mit derselben Heizrate, mit demselben Füllstand an Verdrängungsmedium, und mit dem Probenthermoelement in derselben Position durchführen.**

5. Geben Sie alle Modulparameter ein, und beladen Sie gegebenenfalls das Gewichtefach so, wie Ihr Versuch es verlangt.

6. Installieren Sie den Dilatometrie-Meßfühler wie in Abschnitt 6.3.2 beschrieben.

7. Drücken Sie F3 (Calibrate Probe) im SIGNAL CONTROL-Menü, um den Meßfühler zu kalibrieren.

8. Präparieren und laden Sie die Probe wie in Abschnitt 6.3.3. beschrieben.

9. Drücken Sie die Taste ZERO LENGTH auf dem Tastenfeld des Moduls, um den Meßfühler zu initialisieren.

10. Schließen Sie den Ofen.

11. Drücken Sie START.

6.3.2 Installieren des Dilatometrie-Meßfühlers

Das Installieren des Dilatometrie-Meßfühlers gliedert sich in folgende Schritte:

- Ausbauen des bereits installierten Meßfühlers
- Einbauen des Dilatometrie-Meßfühlers
- Kalibrieren des Meßfühlers
- Basislinienkalibrierung
- Bestimmen der Gefäßkonstante

Ausbauen des bereits installierten Meßfühlers

1. Heben Sie den Ofen an, und drehen Sie ihn im Uhrzeigersinn zur Seite weg.

2. Halten Sie mit einer Hand das obere Ende des Meßfühlers, während Sie mit der anderen den Meßfühler-Feststellhebel (er befindet sich hinter der Gewichtekammertür) um ca. eine Umdrehung (gegen den Uhrzeigersinn) lockern.

3. Ziehen Sie den Meßfühler vorsichtig aus dem Probenträger heraus. (Um sein Ende durch den Schlitz im Probenträger zu manövrieren, müssen Sie ihn ein wenig verdrehen).

Einbauen des Dilatometrie-Meßfühlers

1. Führen Sie das gerade Ende des Meßfühlers vorsichtig durch die Öffnung im Probenträger.

2. Öffnen Sie die Gewichtekammertür, und fassen Sie den dahinter befindlichen Meßfühler-Feststellhebel mit einer Hand.

3. Halten Sie den Meßfühler-Feststellhebel in seiner geöffneten Position, während Sie den Meßfühler bis zum Anschlag nach unten in seine Halterung schieben.

4. Drehen Sie den Meßfühler-Feststellhebel im Uhrzeigersinn fest.

5. Schließen Sie die Gewichtekammertür.

6. Verschieben Sie das Probenthermoelement so, daß sich seine Spitze ungefähr 13 mm oberhalb des Probenträgers befindet.

Kalibrieren des Meßfühlers

Wie nach jedem Installieren eines Meßfühlers, müssen Sie nun den gerade installierten Dilatometrie-Meßfühler kalibrieren. Tun Sie dies, indem Sie im SIGNAL CONTROL-Menü F3 (Calibrate Probe) drücken.

Basislinienkalibrierung

1. Führen Sie einen Kalibrierlauf ohne Probe durch. Füllen Sie dazu das Dilatometriegefäß dreiviertelvoll mit dem Verdrängungsmedium, und stellen Sie die Kraft ein, die Sie in Ihren Versuchen verwenden werden.

Hinweis **Der Füllstand des Dilatometriegefäßes wirkt sich auf die Basislinie aus. Markieren Sie daher bei der Durchführung des Kalibrierlaufs den Füllstand auf dem Dilatometriegefäß, um ihn danach möglichst genau reproduzieren zu können.**

2. Verwenden Sie die Meßdatendatei aus dem Kalibrierlauf, um die Ergebnisse späterer Versuche um die Basislinie zu bereinigen. Hierfür gibt es zwei Möglichkeiten:
   Sie können mit dem FILE MODIFICATION PROGRAM aus der Meßdatendatei des Kalibrierlaufes eine Kalibrierdatei erzeugen.
   Oder Sie können beim Plotten Ihrer Thermogramme stets auch die Basislinie in dieselbe Graphik in demselben Maßstab einzeichnen lassen. Die bereinigte Ergebniskurve ergibt sich dann als Differenz der beiden Kurven.

Bestimmen der Gefäßkonstante

1. Nehmen Sie drei Aluminiumkugeln aus dem Zubehörkasten, wiegen Sie sie, und laden Sie sie wie in Abschnitt 6.3.3 beschrieben.

2. Führen Sie damit einen Kalibrierlauf durch.

3. Bestimmen Sie aus dem Thermogramm des Kalibrierlaufes mit der zu Anfang des Abschnittes 6.3 wiedergegebenen Formel die Gefäßkonstante.

6.3.3 Vorbereiten und Laden der Probe

Hinweis **Das Verdrängungsmedium muß unbedingt vor Feuchtigkeit geschützt werden; lagern Sie es grundsätzlich in einem Exsikkator. Trocknen Sie Proben, die Luftfeuchtigkeit aufgenommen haben könnten, vor dem Laden eine Stunde lang bei 200 °C in einem Vakuumofen.**

1. Füllen Sie das Dilatometriegefäß zu einem Drittel mit Verdrängungsmedium.

2. Pressen Sie das Verdrängungsmedium mit einem geeigneten Stab leicht zusammen.

3. Verwenden Sie eine Probe, die problemlos in das Dilatometriegefäß paßt, ohne dessen Wandung zu berühren.

4. Legen Sie die Probe in die Mitte des Dilatometriegefäßes auf das Verdrängungsmedium. Vergewissern Sie sich, daß die Probe das Dilatometriegefäß nicht berührt.

5. Füllen sie das Dilatometriegefäß mit Verdrängungsmedium auf ungefähr dreiviertelvoll auf, und pressen Sie seinen Inhalt mit einem geeigneten Stab fest zusammen. Wiederholen Sie das Nachfüllen und das Zusammenpressen sooft, bis das Dilatometriegefäß genau bis an die bei der Basislinienkalibrierung markierte Stelle mit fest zusammengepacktem Verdrängungsmedium gefüllt ist.

6. Betrachten Sie das Dilatometriegefäß von allen Seiten, um sich zu vergewissern, daß die Probe nicht sichtbar ist (s. Abb. 55).

7. Öffnen Sie den Ofen und drehen Sie ihn im Uhrzeigersinn zur Seite weg.

8. Vergewissern Sie sich, daß der Probenträger frei von Verunreinigungen von früheren Proben ist.

9. Fahren Sie den Meßfühler nach oben.

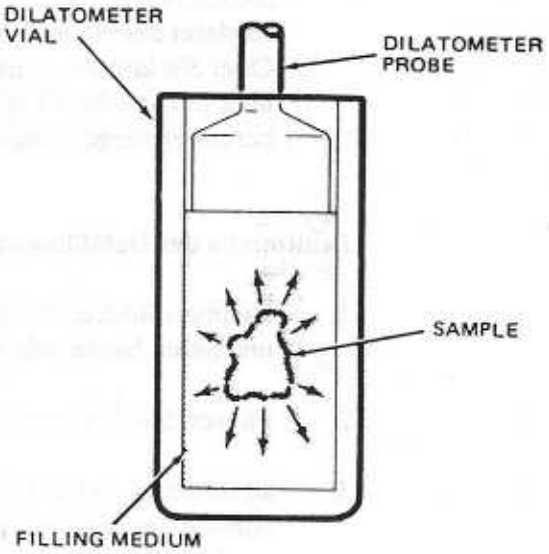


Bild 55

10. Stellen Sie das Dilatometriegefäß auf den Probenträger.

11. Fahren Sie den Meßfühler soweit nach unten, daß sich sein Kopf innerhalb des Dilatometriegefäßes befindet, ohne jedoch das Verdrängungsmedium zu berühren.

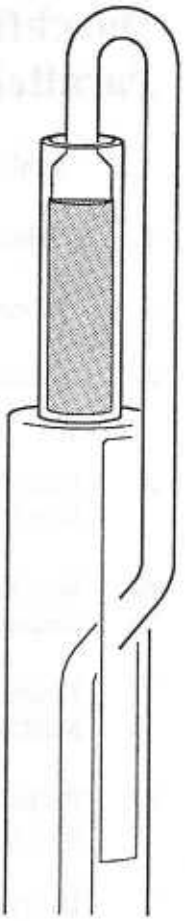
12. Klopfen Sie sachte gegen den Bogen des Meßfühlers. Sein Kopf muß innerhalb des Dilatometriegefäßes frei hin- und herschwingen können.

13. Fahren Sie den Meßfühler soweit nach unten, daß sein Kopf das Verdrängungsmedium geradeso berührt. Klopfen Sie den Meßfühler vorsichtig weiter nach unten, bis er auf dem Verdrängungsmedium ruht (s. Abb. 56).

14. Drücken Sie die ZERO LENGTH-Taste auf dem Tastenfeld des Moduls.

15. Korrigieren Sie nötigenfalls die Position des Probenthermoelementes, sodaß es sich möglichst nahe an dem Dilatometriegefäß befindet, ohne es jedoch zu berühren.

Bild 56



Hinweis **Die beiden Anschlußdrähte des Probenthermoelementes dürfen einander nicht berühren.**

16. Drehen Sie den Ofen wieder zurück und schließen Sie ihn.

17. Geben Sie wie benötigt die auf die Probe auszuübende Kraft im MODULE PARAMETERS-Menü ein, und/oder legen Sie Gewichte in das Gewichtefach.

18. Geben Sie im EXPERIMENTAL PARAMETERS-Menü in das Feld SAMPLESIZE den Wert null ein.

6.4 Der Zubehörsatz für Parallelplattenrheometrie

Dieser Zubehörsatz ermöglicht die Aufnahme von Viskositätskurven bei niedrigen Scherungsraten, und zwar als Funktion der Temperatur oder der Zeit. Der Meßbereich erstreckt sich von 100 poise (10 Pascalsekunden) bis 10^8 poise (10^7 Pa s).
Der Zubehörsatz für Parallelplattenrheometrie besteht aus dem Probenkäfig, den Parallelplatten, und einem Satz Tablettierwerkzeug.

6.4.1 Durchführen eines Parallelplattenrheometrieversuchs

1. Wählen Sie Ihr TMA-Modul aus.
2. Wählen Sie Betriebsmodus "1" (TMA automatic).
3. Geben Sie die Probeninformationen (einschließlich der Probendicke) ein.
4. Erstellen Sie eine Methode für den geplanten Versuch, und selektieren Sie sie.
5. Geben Sie alle Modulparameter ein, und beladen Sie gegebenenfalls das Gewichtefach so, wie Ihr Versuch es verlangt.
6. Installieren Sie den Zubehörsatz für Parallelplattenrheometrie wie in Abschnitt 6.4.2 beschrieben.
7. Drücken Sie F3 (Calibrate Probe) im SIGNAL CONTROL-Menü, um den Meßfühler zu kalibrieren.
8. Präparieren und laden Sie die Probe wie in den Abschnitten 6.4.3 und 6.4.4 beschrieben.
9. Drücken Sie die Taste ZERO LENGTH auf dem Tastenfeld des Moduls, um den Meßfühler zu initialisieren.
10. Schließen Sie den Ofen.
11. Drücken Sie START.
12. Werten Sie die Meßdaten aus dem Versuch wie in Abschnitt 6.4.6 beschrieben aus.

6.4.2 Installieren des Zubehörsatzes für Parallelplattenrheometrie

Das Installieren des Zubehörsatzes für Parallelplattenrheometrie gliedert sich in folgende Schritte:

- Ausbauen des installierten Meßfühlers (sofern nicht bereits der Makro-Expansionsfühler installiert ist)
- Einbauen des Makro-Expansionsfühlers
- Kalibrieren des Probentemperatursignals

Ausbauen des bereits installierten Meßfühlers

1. Heben Sie den Ofen an, und drehen Sie ihn im Uhrzeigersinn zur Seite weg.

2. Halten Sie mit einer Hand das obere Ende des Meßfühlers, während Sie mit der anderen den Meßfühler-Feststellhebel (er befindet sich hinter der Gewichtekammertür) um ca. eine Umdrehung (gegen den Uhrzeigersinn) lockern.

3. Ziehen Sie den Meßfühler vorsichtig aus dem Probenträger heraus. (Um sein Ende durch den Schlitz im Probenträger zu manövrieren, müssen Sie ihn ein wenig verdrehen).

Einbauen des Makro-Expansionsfühlers

1. Führen Sie das gerade Ende des Meßfühlers vorsichtig duch die Öffnung im Probenträger.

2. Öffnen Sie die Gewichtekammertür, und fassen Sie den dahinter befindlichen Meßfühler-Feststellhebel mit einer Hand.

3. Halten Sie den Meßfühler-Feststellhebel in seiner geöffneten Position, während Sie den Meßfühler bis zum Anschlag nach unten in seine Halterung hinein schieben.

4. Drehen Sie den Meßfühler-Feststellhebel im Uhrzeigersinn fest.

5. Schließen Sie die Gewichtekammertür.

6. Verschieben Sie das Probenthermoelement so, daß sich seine Spitze ungefähr 13 mm oberhalb des Probenträgers befindet.

Hinweis **Die beiden Anschlußdrähte des Probenthermoelementes dürfen einander nicht berühren.**

Kalibrieren des Meßfühlers

Wie nach jedem Installieren eines Meßfühlers, müssen Sie nun den gerade installierten Makro-Expansionsfühler kalibrieren. Tun Sie dies, indem Sie im SIGNAL CONTROL-Menü F3 (Calibrate Probe) drücken.

Prüfen der Kalibrierung Probentemperatursignals

1. Schneiden Sie von dem Indium aus dem TMA-Zubehörkasten eine dünne Scheibe (ca. 3 mg) ab. Legen Sie die Indiumscheibe zwischen die beiden Parallelplatten in den Probenkäfig, und stellen Sie den Probenkäfig auf den Probenträger.

2. Drücken Sie die Taste ZERO LENGTH auf dem Tastenfeld des Moduls, um den Meßfühler zu initialisieren.

3. Schließen Sie den Ofen.

4. Wählen Sie Ihr TMA-Modul aus.

5. Wählen Sie Betriebsmodus "1" (TMA automatic).

6. Geben Sie die Probeninformationen (einschließlich der Probendicke) ein.

7. Erstellen Sie folgende Methode, und selektieren Sie sie.

   Eqilibrate at 110 °C
   Ramp at 5 °C/min to 180 °C

Hinweis **Die anfängliche Equilibrate-Temperatur eines Versuchs sollte stets so gewählt werden, daß die darauffolgende Temperaturrampe den interessierenden Temperaturbereich erst nach 3 bis 4 Minuten erreicht.**

8. Geben Sie alle Modulparameter ein; stellen Sie dabei eine Kraft von 0.10 Newton ein (oder legen Sie 10 Gramm in das Gewichtefach).

9. Drücken Sie START.

10. Berechnen Sie aus den Meßwerten den (gemessenen) Schmelzpunkt der Indiumprobe. Wenn er nicht innerhalb des Bereichs von (156,6 ± 1,0) °C liegt, führen Sie eine Temperaturkalibrierung durch (s. Abschn. 5.1), und wiederholen Sie diese Prozedur.

6.4.3 Präparieren von Proben für Parallelplattenrheometrieversuche

Es können Substanzen untersucht werden, die in harziger Form, in Form eines preßbaren Pulvers, oder als Folie vorliegen. Eine zu untersuchende Probe muß zu einem zylindrischen Körper mit einem Durchmesser von 9,53 mm und einer Höhe von zwischen 0,25 und 1,00 mm geformt werden. Bei Pulvern geschieht dies mit Hilfe einer Probenpresse (Bestellnr. 900680.902).

Wenden Sie sich entsprechend der Form Ihrer Probensubstanz an die Abschnitte:

- Vorbereiten der Probenpresse - 6.4.3.1
- Präparieren von preßbaren Pulvern - 6.4.3.2
- Präparieren von harzigen Substanzen - 6.4.3.3
- Präparieren von Folien - 6.4.3.4

6.4.3.1 Vorbereiten der Probenpresse

Die Probenpresse (Abb. 57) wird verwendet, um pulverförmige Proben für Rheometrieversuche zu zylindrischen Tabletten zu formen. Zuvor müssen ein eventuell noch installierter Probentiegel-Stempelsatz ausgebaut, und das Tablettierwerkzeug installiert werden.

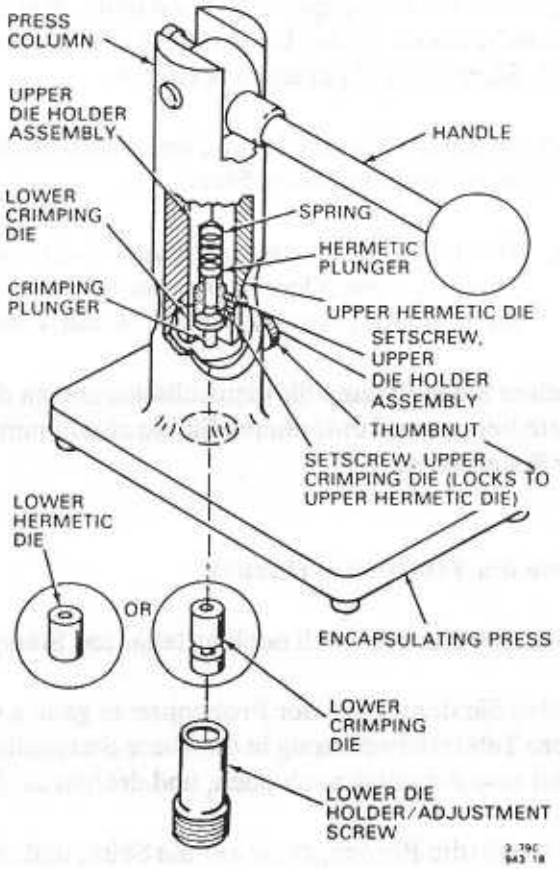


Bild 57

Ausbauen eines Probentiegel-Stempelsatzes

Hinweis **Der obere nicht-hermetische Stempel sitzt -wenn er installiert ist- auf dem oberen hermetischen Stempel, und ist mit einer Klemmschraube an ihm befestigt.**

1. Ziehen Sie den Hebel nach unten, und drehen Sie den (bzw. die) oberen Stempel so, daß ihre Klemmschraube(n) durch das Loch im Gehäuse erreichbar sind.

2. (Nur, wenn der obere nicht-hermetische Stempel installiert ist). Lockern Sie die Klemmschraube des oberen nicht-hermetischen Stempels, und ziehen Sie ihn ab, indem Sie den Hebel nach oben stellen.

3. Ziehen Sie den Hebel wieder nach unten, und lockern Sie die Klemmschraube an der Halterung des unteren Stempels.

4. Legen Sie die Probenpresse auf die Seite, und drehen Sie die Stempelhöhenstellschraube an der Unterseite der Bodenplatte soweit hinein, daß sich die beiden Stempel geradeso berühren.

5. Lockern Sie die Klemmchraube am oberen Stempel. Dessen Feder drückt ihn nun gegen den unteren Stempel.

Warnung **Der obere hermetische Stempel steht unter Federspannung. Lokkern Sie seine Klemmschraube daher aus Sicherheitsgründen nur nach Ausführung der Schritte 3 und 4 dieser Anleitung.**

6. Drehen Sie die Stempelhöhenstellschraube an der Unterseite der Bodenplatte heraus, und entnehmen Sie sie zusammen mit beiden Stempeln und der Spannfeder.

Installieren des Tablettierwerkzeugs

1. Bauen Sie alle eventuell noch installierten Stempel aus (s. o.).

2. Stellen Sie den Hebel der Probenpresse ganz nach unten. Führen Sie das obere Tablettierwerkzeug in die obere Stempelhalterung ein, schieben Sie es bis zum Anschlag nach oben, und drehen Sie die Klemmschraube fest.

3. Legen Sie die Probenpresse auf die Seite, und drehen Sie die Stempelhöhenstellschraube hinein, bis sie fast mit der Bodenplatte fluchtet.

4. Stellen Sie das untere Tablettierwerkzeug (s. Abb. 58) mit dem offenen Ende nach unten in die untere Stempelhalterung.

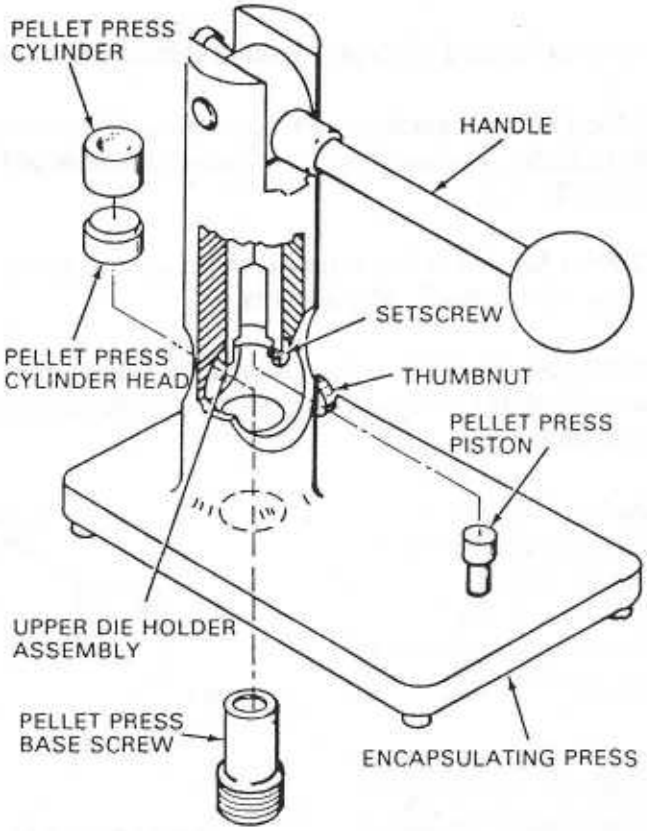


Bild 58

5. Stellen Sie den Hebel parallel zur Bodenplatte, drehen Sie die Stempelhöhenstellschraube hinein, bis sich unteres und oberes Tablettierwerkezeug berühren, und drehen Sie die Klemmschraube der unteren Stempelhalterung fest.

6. Stellen Sie die Presse wieder aufrecht, und schieben Sie den Tablettierzylinder mit seinem weiteren Ende auf das untere Tablettierwerkzeug auf (s. Abb. 58).

6.4.3.2 Präparieren von preßbaren Pulvern

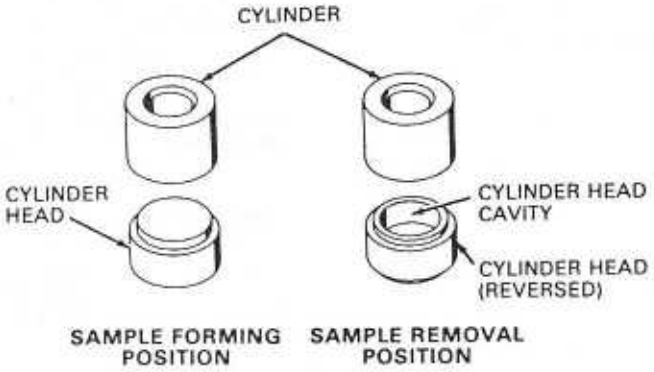
1. Bereiten Sie die Probenpresse zum Tablettenpressen vor (s. Abschn. 6.4.3.1).

2. Füllen Sie eine geeignete Menge von der Probensubstanz in den Tablettierzylinder, um eine zwischen 0,25 und 1,0 mm dicke Tablette zu formen (ca. 30 bis 50 mg).

3. Ziehen Sie den Hebel bis zum Anschlag nach unten, und drücken Sie ihn dann nocheinmal kräftig abwärts.

4. Stellen Sie den Hebel wieder nach oben. Entnehmen Sie das untere Tablettierwerkzeug zusammen mit dem Tablettierzylinder aus der unteren Stempelhalterung.

5. Nehmen Sie den Tablettierzylinder vom unteren Tablettierwerkzeug ab, und setzen Sie ihn auf dessen anderes Ende auf (s. Abb. 59).



6. Stellen Sie das untere Tablettierwerkzeug zusammen mit dem Tablettierzylinder wieder in die Probenpresse, und ziehen Sie den Hebel nach unten. Stellen Sie dann den Hebel wieder nach oben, nehmen Sie den Zylinder vom unteren Tablettierwerkzeug, und entnehmen Sie den Probenkörper.

7. Messen Sie mit einer Schieblehre die Dicke des Probenkörpers. (Eine Messungstoleranz von ± 0,02 mm ist zulässig.)

8. Legen Sie die Probe zwischen die beiden Parallel platten in den Probenkäfig (s. Abb. 60).

9. Laden Sie die Probe wie in Abschnitt 6.4.4 be schrieben.

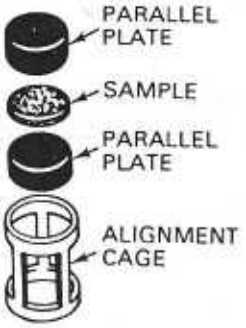


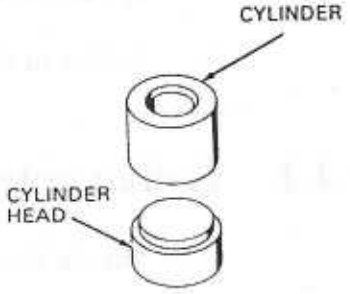
Bild 60

6.4.3.3 Präparieren von harzigen Substanzen

1. Schieben Sie den Tablettierzylinder wie in Abbildung 61 gezeigt auf das untere Tablettierwerkzeug auf, um eine Schmelzform zu bilden.

2. Bringen Sie eine Heizplatte auf eine Temperatur ca. 20 K oberhalb des Schmelzpunktes der Probensubstanz.

3. Stellen Sie die Schmelzform auf die Heizplatte, und warten Sie, bis es deren Temperatur angenommen hat.



Warnung **Berühren Sie die heiße Schmelzform nicht mit den Händen, sondern verwenden Sie eine Zange.**

4. Füllen Sie eine geeignete Menge von der Probensubstanz in die Schmelzform, um einen zwischen 0,25 und 1,0 mm dicken Probenkörper zu formen (ca. 30 bis 50 mg).

5. Stellen Sie das obere Tablettierwerkzeug in die Schmelzform, und beschweren Sie es mit einem geeigneten Gewicht (i.d.R. 50 g).

6. Beobachten Sie, wie das obere Tablettierwerkzeug während des Schmelzvorganges absinkt.

7. Warten Sie, bis das obere Tablettierwerkzeug aufhört weiter abzusinken, und nehmen Sie dann mit einer Zange das Gewicht ab.

8. Nehmen Sie die Schmelzform mit einer Zange von der Heizplatte, und warten Sie, bis sie abgekühlt ist.

9. Zerlegen Sie die Schmelzform in ihre Teile, und entnehmen Sie die Probe.

10. Messen Sie mit einer Schieblehre die Dicke des Probenkörpers. (Eine Messungstoleranz von ± 0,02 mm ist zulässig.)

11. Legen Sie die Probe zwischen die beiden Parallelplatten in den Probenkäfig (s. Abb. 60).

12. Laden Sie die Probe wie in Abschnitt 6.4.4 beschrieben.

6.4.3.4 Präparieren von Folien

1. Verwenden Sie eine reguläre 9,5-mm-Lochstanze, um aus der Folie, die zwischen 0,25 und 1,0 mm dick sein muß, eine 9,5 mm durchmessende Scheibe herauszutrennen.

2. Messen Sie mit einer Schieblehre die Dicke des Probenkörpers. (Eine Messungstoleranz von ± 0,02 mm ist zulässig.)

3. Legen Sie die Probe zwischen die beiden Parallelplatten in den Probenkäfig (s. Abb. 60).

4. Laden Sie die Probe wie in Abschnitt 6.4.4 beschrieben.

6.4.4 Laden einer Probe

1. Öffnen Sie den Ofen und drehen Sie ihn im Uhrzeigersinn zur Seite weg.

2. Fahren Sie den Meßfühler nach oben.

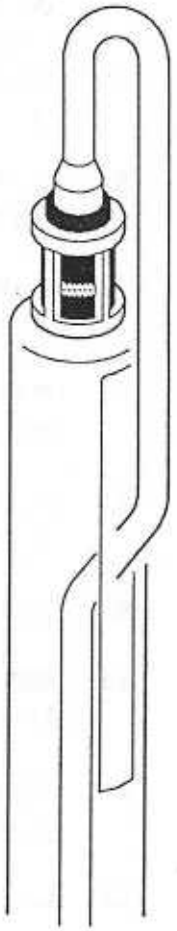
3. Vergewissern Sie sich, daß der Probenträger frei von Verunreinigungen von früheren Proben ist.

4. Stellen Sie den vorbereiteten Probenkäfig unter die Spitze des Meßfühlers auf den Probenträger (s. Abb. 62).

5. Korrigieren Sie nötigenfalls die Position des Probenthermoelementes, sodaß sich seine Spitze möglichst nahe an der Probe befindet, ohne jedoch die Probe, die Parallelplatten, oder den Käfig zu berühren.

Hinweis **Die beiden Anschlußdrähte des Probenthermoelementes dürfen einander nicht berühren.**

6. Drücken Sie die ZERO LENGTH-Taste auf dem Tastenfeld des Moduls.



7. Drehen Sie den Ofen wieder zurück und schließen Sie ihn.

8. Geben Sie wie benötigt die auf die Probe auszuübende Kraft im MODULE PARAMETERS-Menü ein, und/oder legen Sie Gewichte in das Gewichtefach.

6.4.5 Reinigen der Parallelplatten von Probenrückständen

Warnung **Halten Sie beim Umgang mit gefährlichen Chemikalien und bei der Anwendung von großer Hitze stets die entsprechenden Sicherheitsvorschriften ein.**

Oft kommt es vor, daß eine während eines Versuchs erweichte Probe die beiden Parallelplatten aneinander festklebt.

Thermoplastische Verunreinigungen

Wenn Ihre Parallelplatten mit einer thermoplastischen Substanz aneinandergeklebt sind, erhitzen Sie sie in dem Käfig behutsam mit einem Brenner, bis sie sich voneinander lösen. Lassen Sie sie dann abkühlen, und schaben Sie sie mit einem Spatel sauber.

Duroplastische Verunreinigungen

Wenn Ihre Parallelplatten mit einer duroplastischen Substanz aneinandergeklebt sind, können Sie sie in einem geeigneten Lösungsmittel einweichen und darin abwaschen.
Steht kein geeignetes Lösungsmittel zur Verfügung, erhitzen Sie sie im oxydierenden Bereich einer Brennerflamme bis zur Rotglut. Tun Sie dies solange, bis alle Rückstände vollständig oxydiert sind.

6.4.6 Auswerten der Meßergebnisse eines Rheometrieversuchs

6.4.6.1 Korrigieren der Meßwerte um die Ausdehnung der Parallelplatten

1. Berechnen Sie die scheinbare Probenhöhe h' bei der interessierenden Temperatur (bzw. Zeit) als Differenz der anfänglichen Probenhöhe und der gemessenen Höhenänderung.

2. Entnehmen Sie der Tabelle in Abbildung 63 den Ausdehnungskoeffizienten von Edelstahl für die interessierende Temperatur, und multiplizieren Sie ihn mit der Gesamthöhe beider Platten von 10,16 mm, um den Ausdehnungs-Korrekturfaktor zu erhalten.

Bild 63

T (°C)	Coefficient of Expansion (α) (μm/m°C)
−18	14.8
93	16.0
149	16.6
204	16.7
260	16.9
316	17.3
371	17.5
427	17.6
482	17.8
538	18.0

3. Subtrahieren Sie den Ausdehnungs-Korrekturfaktor von der scheinbaren Probenhöhe h', um die Probenhöhe h zu erhalten.

4. Berechnen Sie $1/h^2$.

5. Erstellen Sie eine Tabelle von $\frac{d1/h^2}{dt}$ als Funktion von T.

Verwendete Formelzeichen:

h' scheinbare Probenhöhe

h Probenhöhe

t Zeit

T Temperatur

6.4.6.2 Berechnen der Viskosität und der Grenzflächenscherungsrate

Nachdem Sie die Meßwerte Ihres Versuchs um die Ausdehnung der Parallelplatten korrigiert haben, können Sie durch Einsetzen in die folgenden Formeln die Viskosität und die Grenzflächenscherungsrate berechnen.

$$\eta = \frac{\frac{4F}{3\pi r^4}}{\frac{\Delta(1/h^2)}{\Delta t}}$$

$$\gamma = \frac{\frac{3rh}{2}}{\frac{\Delta(1/h^2)}{\Delta t}}$$

Hierin ist:

F die auf die Probe ausgeübte Kraft in Newton

r der Radius der Parallelplatten in Metern

h die Probenhöhe in Metern

t die Zeit in Sekunden.

6.5 Der sphärische Meßfühler

Der sphärische Meßfühler (Abb. 65) eignet sich zur Messung von Erweichungstemperaturen. Für seine Installation und seinen Betrieb gelten die in Kapitel 4 für die Standard-Meßfühler gegebenen Anleitungen (siehe dort).

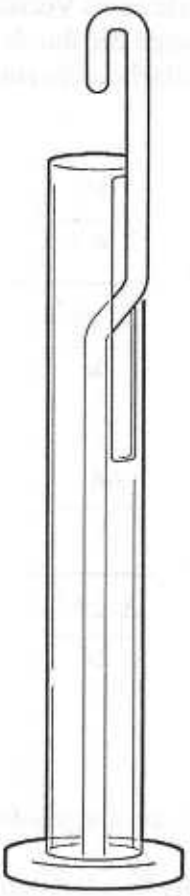


Bild 65

7. Technische Erläuterungen

7.1 Funktionsprinzip

Der Thermomechanische Analysator 2940 setzt eine Probe einem Temperaturprogramm aus, während er mit einem Meßfühleraus Quarz, der mit einer programmierten Kraft auf die Probe einwirkt, Dimensionsänderungen der Probe aufnimmt.
Er eignet sich vor allem zur Bestimmung von Schmelzpunkten, Glastemperaturen, Ausdehnungskoeffizienten, Geltemperaturen und -zeiten, Delaminationstemperaturen, und Kriechverhalten.

7.1.1 Anwendungen der Thermomechanischen Analyse

Die Thermomechanische Analyse ist ein Untersuchungsverfahren, das von vielen Herstellern und Laboratorien in den Bereichen der Chemie, der Elektronik, und der Pharmazie geschätzt wird. Sie wird in der Qualitätssicherung, zur Untersuchung von Fertigungsbedingungen, und zur Produktcharakterisierung eingesetzt. Einige der Stoffgruppen, zu deren Untersuchung sich der TMA 2940 eignet, sind:

- Polymere für Verpackungsmaterial
- optische und andere Fasern
- alle Arten von Filmen
- vernetzte Laminate (wie z. B. für multilayer-Platinen)
- Verbundwerkstoffe (zusammengesetzte Werkstoffe)
- Elastomere
- Epoxide
- Harze

7.1.2 Berechnung des Ausdehnungskoeffizienten einer Probe

Nachdem Sie mit Ihrem TMA 2940 die Ausdehnungskurve einer Probe aufgenommen haben, können Sie hieraus den Ausdehnungskoeffizienten der Probe errechnen. Verwenden Sie hierzu entweder das TMA Standard Data Analysis Program, oder die folgende Formel:

$$@ = \frac{dL \cdot K}{dT \cdot L}$$

hierin sind:

@ der im Versuch gemessene Ausdehnungskoeffizient der Probe in μm/mK

L die Probenlänge in m

dL die Probenlängenänderung in μm

dT die Temperaturänderung in Kelvin, und

K die Zellenkonstante.

7.2 TA-Methoden

Ihr TA-System verwendet Programme zur Steuerung von Versuchen, die METHODen genannt werden. Eine Methode setzt sich zusammen aus einzelnen Steuerbefehlen, die SEGMENTe genannt werden. Methoden werden im METHOD EDITOR der Steuereinheit erstellt, und im batteriegespeisten Speicher des Moduls gespeichert, wo bis zu 15 Methoden mit insgesamt bis zu 60 Segmenten Platz haben.

Für den TMA 2940 stehen folgende Segmenttypen zur Verfügung:

Segmenttyp	Bedeutung
Jump	Bewirkt eine sprunghafte Änderung der Solltemperatur, wonach sofort mit der Ausführung des nächsten Semgents begonnen wird. Bei der Ausführung eines Jump-Segments schießt die Probentemperatur meist weit über die angegebene Solltemperautur hinaus.
Equilibrate	Bewirkt das Aufheizen oder Abkühlen der Probe auf die angegebene Solltemperatur. Mit der Ausführung des nächsten Segments wird erst begonnen, nachdem die Solltemperatur erreicht und stabilisiert wurde.

Initial Temperature	Bewirkt das Aufheizen oder Abkühlen der Probe auf die angegebene Starttemperatur. Nachdem die Solltemperatur erreicht und stabilisiert wurde, wird gewartet, bis Sie den Versuch starten.
***Ramp**	Stellt die angegebene Heiz- oder Kühlrate ein, und behält sie bei, bis die angegebene Endtemperatur erreicht ist.
***Isothermal**	Hält die Probentemperatur für die angegebene Dauer konstant.
***Step**	Bewirkt Temperatursprünge um die angegebenen Temperaturdifferenz in dem angegebenen zeitlichen Abstand, bis die angegebene Endtemperatur erreicht ist.
Increment	Ändert die Temperatur um die angegebene Temperaturdifferenz. Mit der Ausführung des nächsten Segments wird erst begonnen, nachdem die neue Temperatur erreicht und stabilisiert wurde.
Repeat Segment	Bewirkt die Wiederholung eines oder Mehrerer Segmente der Methode.
Repeat til Final Temp	Bewirkt die Wiederholung eines oder mehrerer Segmente der Methode bis die angegebene Endtemperatur erreicht oder überschritten wird.
Sample Interval	Legt das zeitliche Intervall der aufzunehmenden Meßwerte (Meßwertnahmeintervall) fest.
Gas	Steuert die Schaltstellung des Gasumschaltventils.
Event	Steuert die Schaltstellung des EVENT-Relais', mit dem externes Gerät von der Methode aus geschaltet werden kann.
Data Storage	Schaltet die Meßdatenspeicherung ein oder aus.

Preheat	Bewirkt das Vorheizen des Ofens auf die angegebene Temperatur, und danach bei geschlossenem Ofen das Konstanthalten der Temperatur für die angegebene Dauer.
Force	Stellt den angegebenen Wert als auf die Probe auszuübende Kraft ein.
Increment Force	Ändert die auf die Probe ausgeübte Kraft um den angegebenen positiven oder negativen Wert.
***Ramp Force**	Ändert die auf die Probe ausgeübte Kraft mit der angegebenen Änderungsgeschwindigkeit, bis der angegebe Kraftwert erreicht wird. Die Probentemperatur wird währenddessen konstant gehalten.
Isostrain	Bewirkt das Ausüben einer Kraft auf die Probe (max. 1,0 N), die zu der angegebenen relativen (an der Probenlänge zu Beginn der Ausführung des Isostrain-Segments bemessenen) Längenänderung führt. Die Isostrain-Funktion bleibt bis zur Ausführung eines weiteren Kraftsteuerungssegmentes aktiv, und regelt solange die Kraft, um die (neue) Probenlänge konstant zu halten. "Isostrain at 0.00 %" deaktiviert die Isostrain-Funktion, und übernimmt die aktuelle Regelkraft als neue konstante Kraft.

Die mit * gekennzeichneten Segmenttypen schalten die Meßdatenspeicherung automatisch ein, wenn sie nicht unmittelbar auf ein DATA STORAGE: OFF - Segment folgen.

7.2.1 Der Methodeneditor

Indem Sie im EXPERIMENTAL PARAMETERS-Menü die Taste F2 (GoTo Method Editor) drücken, gelangen Sie in das METHOD EDITOR- Menü (Abb. 66), in dem Sie Methoden erstellen, ändern, und ausdrucken können (s. Abschn. 4.2.4).

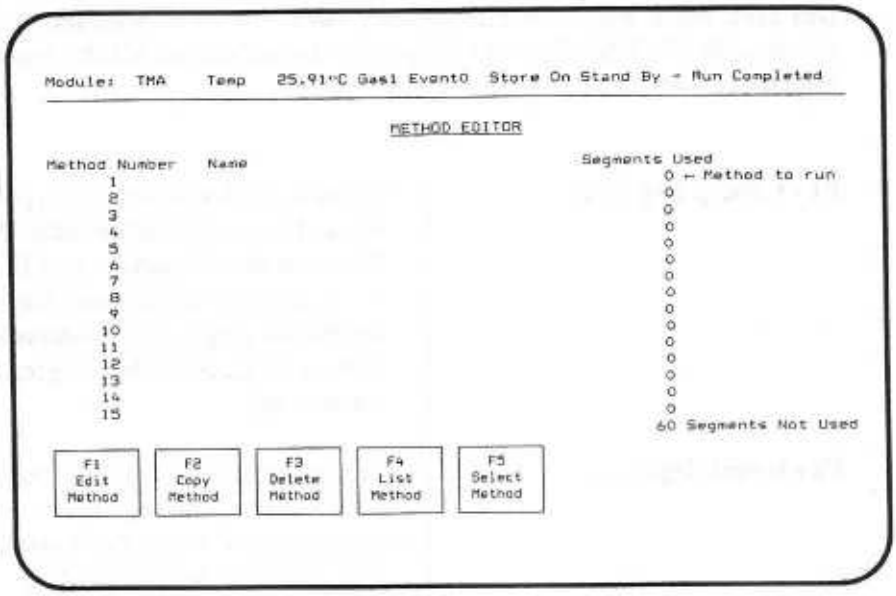


Bild 66

Folgende Funktionen sind innerhalb des METHOD EDITOR-Menüs verfügbar; sie sind im Bedienungshandbuch Ihrer Steuereinheit ausführlich erklärt:

F1 - Edit Method	Startet den eigentlichen Methodeneditor, mit dem Sie eine neue Methode eingeben, oder eine bereits bestehende abändern können.
F2 - Copy Method	Erstellt eine Kopie einer bestehenden Methode. Sie können dann unter Wahrung der bestehenden Methode an der Kopie Änderungen vornehmen.
F3 - Delete Method	Löscht eine gespeicherte Methode, um deren Speicherplatz freizugeben.
F4 - List Method	Druckt eine Methode auf Drucker oder Plotter aus.
F5 - Select Method	Läßt Sie eine der gespeicherten Methoden zum Ablauf auswählen.

Um eine neue Methode einzugeben, oder um eine bestehende abzuändern, drücken Sie F1 (Edit Method). Sie gelangen damit in den Methodeneditor, in dem folgende Funktionen zur Verfügung stehen:

F1 - Change Seg Type	Erlaubt die Änderung des Typs des Segmentes, auf dem der Cursor steht. Positionieren Sie nach dem Drücken von F1 den Cursor mit Hilfe der Pfeiltasten auf dem gewünschten Segmenttyp, und drücken Sie ENTER. Geben Sie dann alle benötigten Segmentparameter ein.
F2 - Insert Segment	Fügt oberhalb des Segmentes, auf dem der Cursor steht, ein Segment ein, das mit diesem identisch ist; es kann dann mit F1 wie gewünscht verändert werden.
F3 - Delete Segment	Löscht das Segment, auf dem der Cursor steht; alle nachfolgenden Segmente werden hierbei aufgerückt.
F4 - Restore Segment	Fügt das zuletzt gelöschte Segment oberhalb des Cursors wieder ein. Ein Segment kann innerhalb einer Methode bewegt werden, indem Sie es zunächst mit F3 löschen, dann den Cursor an die gewünschte Position des Segmentes bewegen, und F4 drücken.
F8 - Accept This Form	Beendet den Editiermodus und speichert die Methode im Modul ab.

Abbildung 67 zeigt ein typisches Beispiel einer Methode für einen TMA-Versuch.

Hinweis **Bei der Bestimmung von Erweichungstemperaturen kann es zur Elimination von falschen Meßwerten sinnvoll sein, das Eindringen des Penetrationsfühlers in Abhängigkeit von der Kraft, die er ausübt, zu untersuchen.**

Hinweis **Für Untersuchungen an Polymeren und an Elastomeren ist eine Heizrate von 5 K/min am günstigsten.**

Hinweis **Die anfängliche Equilibrate-Temperatur eines Versuchs sollte stets so gewählt werden, daß die darauffolgende Temperaturrampe den interessierenden Temperaturbereich erst nach 3 bis 4 Minuten erreicht.**

7.2.2 Automatische Testroutine des Moduls vor dem Start einer Methode

Ihr TMA 2940 überprüft beim Start einer Methode stets, daß:

- es selbst funktionsfähig ist.
- die Kraft- und Meßfühlerkalibrierkonstanten zulässig sind.
- alle Temperaturvorgaben der gewählten Methode für den gewählten Betriebsmodus zulässig sind.
- der Ofen betriebsbereit ist. (Eine häufige Ursache dafür ist, daß der HEATER-Schalter am Modul noch ausgeschaltet ist.)

Wenn eine dieser Bedingungen nicht zutrifft, wird der Versuch nicht gestartet, und eine Fehlermeldung (s. Anhang A) wird angezeigt.

7.3 Meßdatenspeicherung

Die Meßdatenspeicherung während eines Versuchs wird gesteuert durch:

- Das Meßwertnahmeintervall (Data Sampling Interval; s. Abschn. 4.2.6)
- Die Ausführung von Segmenten bestimmter Typen (s. Abschn. 7.2)
- Die Taste F8 (Switch Data) (s. Abschn. 7.4)

- Die Meßdatenschwellwerte (Data Collection Thresholds; s. Abschn. 7.3.1)

7.3.1 Meßdatenkomprimierung

Da ein längerer TMA-Versuch durchaus einige MByte an Meßdaten liefern kann, verwendet Ihr TMA 2940 einen Algorhythmus, der die Anzahl der aufzunehmenden Meßdatenpunkte in den linearen Teilen der Kurve stark reduziert: Wenn ein Meßdatenpunkt um weniger als den von Ihnen eingegebenen Meßdatenschwellwert von einer Geraden durch die letzten beiden aufgenommenen Meßdatenpunkte abweicht, wird er nicht aufgenommen. In größeren Bereichen ohne Schwellwertüberschreitung wird trotzdem jeder einhundertste Meßdatenpunkt aufgenommen.

Es gibt für jedes Meßsignal einen eigenen Meßdatenschwellwert, und ein Meßdatenpunkt muß alle Schwellwertbedingungen unterschreiten, um nicht aufgenommen zu werden.

Die Meßdatenschwellwerte werden im MODULE PARAMETERS-Menü eingegeben; der für die Temperatur in Kelvin, und der für Signal A in μm. So kann die gesamte TMA-Kurve mit einem konstanten Signal-Rauschabstand aufgenommen werden; d. h., in linearen Kurvenbereichen werden nur wenige Meßdatenpunkte aufgenommen, in Bereichen großer Krümmung dagegen viele.

Die Eingabe eines Meßdatenschwellwertes von null schaltet die Meßdatenkomprimierung aus.

7.4 Funktionstasten zur Versuchssteuerung

Die Funktionen zur Steuerung von Versuchen befinden sich in den Menüs INSTRUMENT CONTROL und EXPERIMENTAL PARAMETERS; teilweise sind sie auch über das Tastenfeld des Moduls erreichbar.

Start

Drücken von F1 (Start) im INSTRUMENT CONTROL-Menü, oder von START auf dem Tastenfeld des Moduls, startet einen Versuch. Dies trifft auch auf unterbrochene und auf nach dem Erreichen der Initialtemperatur wartende Versuche zu.

Hold

Drücken von F1 (Hold) im INSTRUMENT CONTROL-Menü unterbricht den Versuch und hält die Methode an, wobei die Versuchsbedingungen aufrechterhalten werden, bis der Versuch entweder mit STOP abgebrochen, oder mit RESUME wiederaufgenommen wird.

Resume

Die Funktion F1 (Resume) im INSTRUMENT CONTROL-Menü nimmt eine mit F1 (Hold) unterbrochene Methode mit dem Segment, in dem die Unterbrechung erfolgte, wieder auf.

Stop

Diese Funktion ist über F2 (Stop) im INSTRUMENT CONTROL-Menü, sowie über die STOP-Taste auf dem Tastenfeld des Moduls erreichbar; sie bricht den laufenden Versuch ab, schaltet die Heizung aus, und startet die vorprogrammierten Method-End-Operationen (s. Abschn. 4.2.6). Alle bereits aufgenommenen Meßdaten bleiben gespeichert. Der Versuch kann dann mit F1 (Start) neu gestartet werden. Wenn kein Versuch läuft, hält STOP jede andere Aktivität des Moduls an, wie z. B. ein Schließen oder Öffnen des Ofens, oder die Luftkühlung.

Reject

Diese Funktion ist über F3 (Reject) im INSTRUMENT CONTROL-Menü, sowie durch Drücken der STOP-Taste bei niedergehaltener SCROLL-Taste über das Tastenfeld des Moduls erreichbar; sie bricht den laufenden Versuch ab, schaltet die Heizung aus, und startet die vorprogrammierten Method-End-Operationen (s. Abschn. 4.2.6). Alle aus diesem Versuch gewonnenen Meßdaten werden gelöscht, und die Versuchs-Nummer wird beim Starten des nächsten Versuchs nicht hochgezählt.

Modify Segment

Nachdem Sie im EXPERIMENTAL PARAMETERS-Menü F3 (Modify Segment) gedrückt haben, können Sie zwischen zwei Funktionen wählen:
Drücken Sie F1 (Goto Next Segment), um das momentan aktive Segment zu überspringen, oder F2 (Change Parameters), um es abzuändern.
Wenn Sie F2 drücken, erscheint eine Liste der verfügbaren Segmenttypen; Wählen Sie mit den Pfeiltasten den gewünschten Segmenttyp aus, und drücken Sie Enter. Geben Sie dann wie verlangt die gewünschten Segmentparameter ein. Wenn Sie mit dieser Funktion ein Segment ändern, ändern Sie es nur für den gerade laufenden Versuch; d.h., beim nächsten Starten der Methode erscheint diese wieder in ihrer ursprünglichen Form.

Switch Data (F8 im EXPERIMENTAL PARAMETERS-Menü)

Einige Segmenttypen schalten die Meßdatenspeicherung automatisch ein. Außerdem kann die Meßdatenspeicherung auch gezielt durch den Segmenttyp DATA STORAGE ON/OFF, sowie bei laufendem Versuch manuell durch Drücken von F8 (Switch Data) ein-/ausgeschaltet werden. Den Status der Meßdatenspeicherung (ein- oder ausgeschaltet) können Sie jederzeit aus der obersten Zeile auf dem Bildschirm Ihrer Steuereinheit ablesen.

Achtung **Wenn Sie die Meßdatenspeicherung durch Drücken von F8 (Switch Data) ausschalten, kann sie danach nur durch eine weitere Betätigung von F8, oder durch ein DATA STORAGE ON-Segment wieder eingeschaltet werden. Nach Beendigung einer Methode geht der manuelle Meßdatenspeicherungsschalter stets wieder auf ON.**

Switch Gas (F6 im EXPERIMENTAL PARAMETERS-Menü)

Wenn Sie F6 (Switch Gas) drücken, schließt das Gasumschaltventil (GSA) die momentan geöffnete seiner beiden Gasleitungen, und öffnet die andere. Beachten Sie, daß dies nur dann eine Umschaltung der Gasquelle bedeutet, wenn das GSA eingeschaltet ist, und entsprechende Gasleitungsverbindungen bestehen.
Das GSA kann auch von der Methode aus automatisch gesteuert werden.

Switch Event (F7 im EXPERIMENTAL PARAMETERS-Menü)

Mit dem EVENT-Relais können zusätzliche Geräte vom TA-System aus ein-/ausgeschaltet werden. Dies kann sowohl von der Methode aus vorprogrammiert werden, als auch manuell durch Drücken von F7 (Switch Event) geschehen.

Switch Air Cool (F4 im SIGNAL CONTROL-Menü)

Mit F4 (Switch Air Cool) können Sie die Luftkühlung des Ofens manuell ein-bzw. ausschalten. Die Luftkühlung kann nur dann eingeschaltet werden, wenn kein Versuch läuft und der Ofen geöffnet ist.
Sie können ein automatisches Einschalten der Luftkühlung nach Beendigung eines Versuchs vorprogrammieren (s. Abschn. 4.2.6).

Notizen

8. Wartung und Fehlerdiagnose

Wir empfehlen Ihnen, alle in diesem Handbuch nicht beschriebenen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten nicht selbst in Angriff zu nehmen, sondern gegebenenfalls unseren Kundendienst herbeizurufen.

Warnung **Aus Sicherheitsgründen dürfen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an den Elektrischen Schaltungen des TMA 2940 nur von hierfür geschulten Fachkräften vorgenommen werden.**

8.1 Wartung

8.1.1 Reinigen des TMA

Halten Sie Ihren TMA stets sauber; Führen Sie die in den folgenden Abschnitten beschriebenen Prozeduren regelmäßig durch.

8.1.1.1 Reinigen des Tastenfeldes

Bei Bedarf können Sie das Tastenfeld mit ganz normalem Fensterreiniger abwischen; sprühen Sie den Fensterreiniger jedoch nicht direkt auf das Tastenfeld, sondern auf das Tuch, mit dem Sie es abwischen.

8.1.1.2 Reinigen des Meßfühlers

Prüfen Sie den Meßfühler nach jedem Versuch. Ist er verschmutzt, reinigen Sie ihn wie folgt:

1. Bauen Sie den Meßfühler aus (s. Abschn. 2.3.5.2, bzw. Kapitel 6).

2. Reinigen Sie den Meßfühler mit Ausnahme seiner Spitze mit einem geeigneten Lösungsmittel (z. B. Aceton) und einer weichen Bürste oder einem Tuch.

3. Halten Sie die Spitze des quarzenen Meßfühlers in die Flamme eines Bunsenbrenners, bis alle Rückstände verdampft sind.

8.1.1.3 Reinigen des Probenträgers

Prüfen Sie den Probenträger nach jedem Versuch. Ist er verschmutzt, befeuchten Sie ein Tuch mit einem geeigneten Lösungsmittel (z. B. Aceton), und wischen Sie damit die Oberfläche des Probenträgers ab.
Führt dies zu keinem befriedigenden Ergebnis, bauen Sie den Probenträger aus (s. Abschn. 6.1.2), und halten Sie seine Oberfläche in die Flamme eines Bunsenbrenners, bis alle Rückstände verdampft sind.

8.1.1.4 Reinigen des Probenthermoelementes

Ein verschmutztes Probenthermoelement kann ein verfälschtes Temperatursignal liefern. Verfahren Sie gegebenenfalls wie folgt, um das Probenthermoelement zu reinigen:

1. Öffnen Sie den Ofen und drehen Sie ihn im Uhrzeigersinn zur Seite weg.

2. Ziehen Sie den Probenträgermantel ab.

3. Nehmen Sie die Federspange, die das Probenthermoelement hält, vom Probenträger ab.

4. Halten Sie das Probenthermoelement vom Probenträger weg, und reinigen Sie es behutsam mit einer nicht zu heißen Flamme.

8.1.2 Ersatzteile

Ersatzteile für Ihren TMA 2940 können Sie bei Bedarf über den STA-Kundendienst bestellen. (Anschrift und Telephon s. Anhang C)

Das Probenthermoelement können Sie nach der Anleitung in Abschnitt 2.3.2 wechseln.
Alle anderen Reparaturarbeiten empfehlen wir, von unserem Kundendienst (s. Anhang C) erledigen zu lassen.

8.2 Diagnose von Stromversorgungsproblemen

8.2.1 Auswechseln von Sicherungen

Warnung **Das Durchbrennen einer der Sicherungen im Inneren des Moduls könnte auf einen gefährlichen Defekt am Gerät hindeuten. Überlassen Sie das Prüfen und Auswechseln der Sicherungen im Inneren des Moduls daher unbedingt dem Kundendienst.**

Das Modul besitzt zwei von außen zugängliche Sicherungen, deren Halterungen mit "F1" und "F2" beschriftet sind (s. Abb. 68).

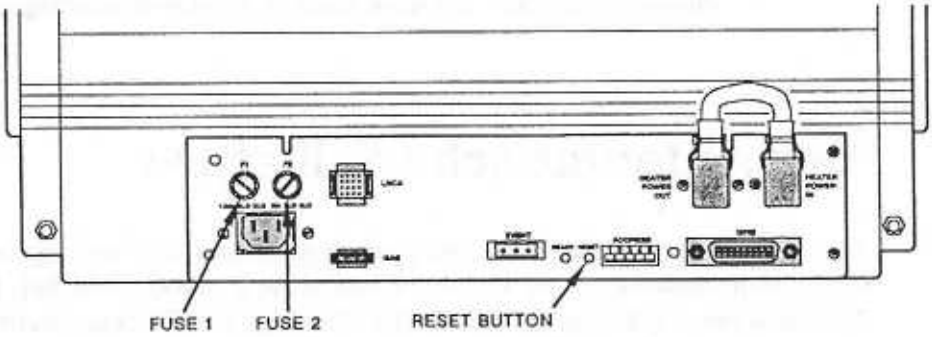


Bild 68

Warnung **Ziehen Sie immer den Netzstecker des Moduls, bevor Sie eine Sicherung entnehmen.**

Die Sicherung F1 sichert alle vom Modul aufgenommenen Ströme ab, mit Ausnahme des Heizstromes. Wenn diese Sicherung durchgebrannt ist, reagiert das Gerät überhauptnicht mehr.

Die Sicherung F2 sichert den Strom für den Ofen ab. Eine durchgebrannte Sicherung F2 wird vom automatischen Selbsttest nicht erkannt, erzeugt jedoch beim Starten einer Methode einen Fehler.

8.2.2 Probleme mit der Betriebsspannung

Ein erheblicher Abfall der Betriebsspannung, der 20 ms oder länger andauert, führt dazu, daß das Gerät nach der Wiederkehr der Betriebsspannung einen RESET (Warmstart) durchführt.

Auf einen geringfügigen oder kürzer als 20 ms andauernden Abfall der Betriebsspannung kann das Gerät mit der Fehlermeldung ERR F02 reagieren, wobei es den laufenden Prozeß abbricht. In diesem Fall müssen Sie durch Drücken der RESET-Taste einen Warmstart durchführen. Wenn die Fehlermeldung ERR F02 nach dem Warmstart wieder auftritt, versuchen Sie es ein zweites mal; hilft auch dies nicht, so ist das Gerät defekt, und Sie sollten den Kundendienst benachrichtigen.

Achtung **Der TMA 2940 benötigt eine Betriebsspannung von 115 V ±10% bei 50 oder 60 Hz. Eine zu große Betriebsspannung kann das Gerät beschädigen; eine zu kleine kann zu Funktionsstörungen führen.**

8.3 Der Automatische Selbsttest

Der TMA 2940 führt jedesmal, wenn er eingeschaltet oder warmgestartet wird, einen Automatischen Selbsttest durch, um seine Funktionsfähigkeit zu prüfen. Während des automatischen Selbsttests, der ungefähr 12 Sekunden in Anspruch nimmt, gibt eine zweistellige Hexadezimalzahl rechts unten auf der Anzeige des Moduls (s. Abb. 69) an, welcher Funktionsbereich gerade getestet wird.

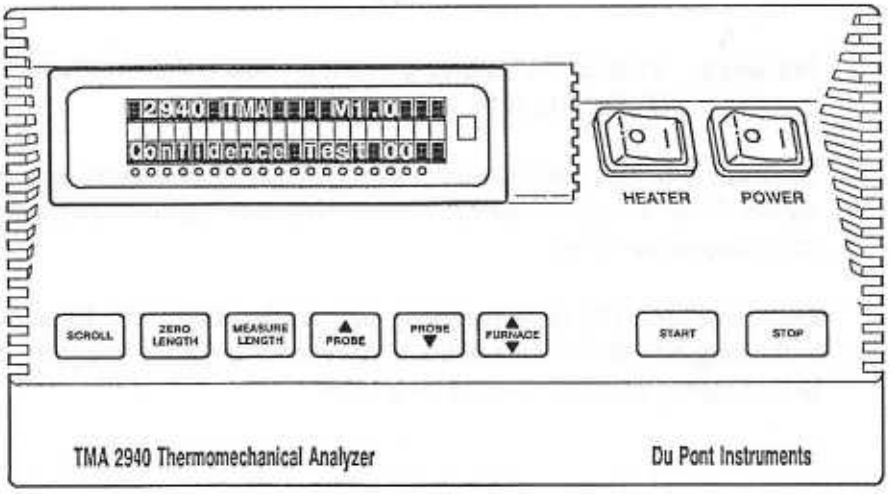


Bild 69

Wenn der automatische Selbsttest einen Fehler findet, erscheint eine Fehlermeldung in der unteren Zeile der Anzeige des Moduls.
Wenn es sich um einen nicht-kritischen Fehler handelt, bleibt die Fehlermeldung drei Sekunden lang stehen, wonach der automatische Selbsttest fortgesetzt wird.
Wenn es sich um einen kritischen Fehler handelt, bricht sich der automatische Selbsttest ab, da ohnehin keinerlei Betrieb des Moduls möglich ist.
In Abbildung 70 sind alle Fehlermeldungen, die der Automatische Selbsttest kennt, aufgeführt.

Test Number	Test	Fatal (Y/N)
00	System failed start up	Y
30	CMOS RAM read/write test	Y
4n	PROM checksum, location, and version test	Y
5n	CPU board I/O function tests	Y
6n	Data storage memory (DRAM) read/write test	N
70	GPIB communications test	N
82	Keypad shorted key test	N
An	Analog board tests	N
Bn	Motor drive board tests	N
D0	CMOS saved memory checksum test	N
E0	Fatal error while running	Y

Bild 70

Notizen

Anhang A: Fehlermeldungen des TMA 2940

Kritische Fehler (Fatal Errors)

Ein Fehler wird dann als kritisch bezeichnet, wenn er das Modul völlig Funktionsunfähig macht; die Kontrolleuchte READY bleibt ausgeschaltet, bis der Fehler behoben worden ist. Wenn an Ihrem Modul ein kritischer Fehler auftritt, benachrichtigen Sie den Kundendienst.

Eine elektrostatische Entladung kann einen kritischen Fehler verursachen. Führen Sie gegebenenfalls einen Warmstart durch; wenn die Fehlermeldung danach wieder auftritt, rufen Sie den Kundendienst.

Err F00	**Invalid system state. Halt.**
Problem:	Defekt an der Hardware oder Software; nicht vom Benutzer verursacht.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.

Err F02	**Power Fail.**
Problem:	Diese Fehlermeldung deutet auf Fluktuationen der Betriebsspannung hin.
Abhilfe:	Nehmen Sie Abschnitt 7.4.2 zur Kenntnis. Wenn Sie die Ursache des Fehlers nicht erkennen können, rufen Sie den Kundendienst.

Err F06	**Invalid instruction. Halt.**
Problem:	Defekt an der Hardware oder Software; nicht vom Benutzer verursacht.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.

Err F07	**CPU watchdog time-out. Halt.**
Problem:	Defekt an der Hardware oder Software; nicht vom Benutzer verursacht.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.
Err F08	**Stack underflow. Halt.**
Problem:	Defekt an der Hardware oder Software; nicht vom Benutzer verursacht.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.
Err F09	**Stack overflow. Halt.**
Problem:	Defekt an der Hardware oder Software; nicht vom Benutzer verursacht.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.
Err F10	**Invalid interrupt. Halt.**
Problem:	Defekt an der Hardware oder Software; nicht vom Benutzer verursacht.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.
Err F12	**Invalid software state. Halt.**
Problem:	Defekt an der Hardware oder Software; nicht vom Benutzer verursacht.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.
Err F13	**Illegal math function. Halt.**
Problem:	Defekt an der Hardware oder Software; nicht vom Benutzer verursacht.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.

Err F14	**Hung interrupt line. Halt.**
Problem:	Defekt an der Hardware oder Software; nicht vom Benutzer verursacht.
Abhilfe:	Führen Sie einen Reset durch. Wenn dieselbe Fehlermeldung danach wieder auftritt, ist eine Reparatur durch den Kundendienst erforderlich.

Err F15	**Memory write failure. Halt.**
Problem:	Das Modul kann die Kalibrierparameter nicht im Speicher ablegen.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.

Nicht-kritische Fehler (Nonfatal Errors)

Bei einem nicht-kritischen Fehler ist das Modul in seinen Hauptfunktionen noch funktionsfähig. Die Kontrolleuchte READY blinkt, und der Fehlercode wird angezeigt. Je nachdem, ob ein nicht-kritischer Fehler eine von Ihnen benötigte Funktion betrifft, können Sie trotz des Fehlers mit dem Modul weiterarbeiten, oder müssen Sie die Reparatur durch den Kundendienst abwarten.

Err 10	**Confidence test error during startup. Contact Field Service.**
Problem:	Beim automatischen Selbsttest wurde ein Fehler gefunden, der jedoch nicht als schwerwiegend eingestuft wurde.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst. Wenn Sie der Fehler nicht behindert, können Sie weiterarbeiten, und später den Kundendienst rufen.

Err 12	**GPIB Bus Error. Bus Controller not listening.**
Problem:	Fehler an der Steuerleitung des GPIB. Das Modul hat SRQ gesetzt, erhält aber keine Bestätigung von BUS-Controller.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst. Wenn Sie der Fehler nicht behindert, können Sie weiterarbeiten, und später den Kundendienst rufen.

Err 15 **CMOS RAM checksum error. Stored parameters lost.**

Problem: Es besteht ein Problem mit dem akkubetriebenen RAM-Speicher des Moduls: er hat die Modulparameter verloren. Die Modulparameter wurden auf ihre jeweiligen Vorgabewerte zurückgesetzt.

Abhilfe: Schalten Sie das Modul aus und wieder ein. Wenn derselbe Fehler wieder auftritt, rufen Sie den Kundendienst.

Hinweis **Err 15 tritt immer einmal auf, nachdem Sie eine neue Modul-Software geladen haben. Auch, wenn Ihr Modul solange ausgeschaltet gewesen ist, daß sich der Akkumulator entladen hat, tritt diese Fehlermeldung auf.**

Err 20 **Run not found. No run in memory for this run Number.**

Problem: Sie haben nach dem Drücken von F2 (Module Data File Transfer) eine Probenlauf-Identifikationsnummer eingegeben, unter der kein Probenlauf gespeichert ist.

Abhilfe: Geben Sie die richtige Identifikationsnummer ein.

Err 21 **Run number already exists.**
Delete previous run or change number.

Problem: Es wurde versucht, eine bereits belegte Probenlauf-Identifikationsnummer zu verwenden.

Abhilfe: Benachrichtigen Sie den Kundendienst. Dieser Fehler dürfte eigentlich garnicht auftreten.
Wenn im Modul noch Meßdaten gespeichert sind, die Sie benötigen, kopieren Sie diese mit F2 (Module Data File Transfer) auf ein Laufwerk der Steuereinheit.

Err 39 (.....)

Problem: Eine Fehlfunktion des Systems außerhalb des Moduls wurde registriert.

Abhilfe: Verfahren Sie entsprechend der Erklärung der angezeigten Fehlermeldung im Bedienungshandbuch Ihrer Steuereinheit.

Err 40	**GPIB invalid command.**
Problem:	Es liegt ein Fehler in der Hardware oder Software des BUS-Systems vor.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.
Err 41	**GPIB Input value too large.**
Problem:	Es liegt ein Fehler in der Hardware oder Software des BUS-Systems vor.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.
Err 42	**GPIB Input value too small.**
Problem:	Es liegt ein Fehler in der Hardware oder Software des BUS-Systems vor.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.
Err 43	**GPIB Bad numeric input string.**
Problem:	Es liegt ein Fehler in der Hardware oder Software des BUS-Systems vor.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.
Err 44	**GPIB String too long or no ETX.**
Problem:	Es liegt ein Fehler in der Hardware oder Software des BUS-Systems vor.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.
Err 45	**GPIB Realtime or playback data buffer overflow. Too many points.**
Problem:	Es liegt ein Fehler in der Software des BUS-Systems vor. Das Problem wurde nicht von Benutzer verursacht.
Abhilfe:	Das Problem wird vom System automatisch gelöst.

Err 46	**Cannot modify or delete the running method.**
Problem:	Sie haben versucht, eine laufende Methode mit dem METHOD EDITOR zu bearbeiten.
Abhilfe:	Verwenden Sie F3 (Modify Segment), um die laufende Methode zu beeinflussen, oder editieren Sie die Methode, nachdem sie abgelaufen ist.
Err 47	**GPIB Insufficient room in memory for method. Delete an existing method.**
Problem:	Für die gerade erstellte Methode ist nicht ausreichend Speicherplatz vorhanden.
Abhilfe:	Löschen Sie eine nicht mehr benötigte Methode.
Err 48	**GPIB Method segment out of order.**
Problem:	Es liegt ein Fehler in der Hardware oder Software des BUS-Systems vor.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst
Err 49	**GPIB Cannot delete an active run.**
Problem:	Sie haben versucht, einen laufenden Versuch mit DELETE zu löschen.
Abhilfe:	Verwenden Sie die Funktion REJECT, um einen laufenden Versuch abzubrechen und zu löschen.
Err 51	**GPIB Cannot change segment type while method is running.**
Problem:	Sie haben versucht, innerhalb einer laufenden Methode einen Segmenttyp zu verändern.
Abhilfe:	Warten Sie bis nach ablauf der Methode.

Err 52	**GPIB Cannot insert new segment while method is running.**
Problem:	Sie haben versucht, in eine laufende Methode ein neues Segment einzufügen.
Abhilfe:	Warten Sie bis nach ablauf der Methode.
Err 53	**GPIB Cannot delete segment while method is running.**
Problem:	Sie haben versucht, aus einer laufenden Methode ein Segment zu löschen.
Abhilfe:	Warten Sie bis nach ablauf der Methode.
Err 60	**Run method is empty. Cannot start run.**
Problem:	Sie haben versucht, eine leere Methode zu starten.
Abhilfe:	Erstellen Sie eine Methode, oder verwenden Sie eine bereits bestehende.
Err 62	**Segment Final Temp greater than upper limit. Cannot start run.**
Problem:	Die Endtemperatur eines Segmentes übersteigt die für das Modul zulässige Höchsttemperatur.
Abhilfe:	Ändern Sie die betreffende Endtemperatur auf einen zulässigen Wert.
Err 63	**Segment Final Temp less than lower limit. Cannot start run.**
Problem:	Die Endtemperatur eines Segmentes unterschreitet die für das Modul zulässige Tiefsttemperatur.
Abhilfe:	Ändern Sie die betreffende Endtemperatur auf einen zulässigen Wert.

Err 66	**Module upper temperature limit is exceeded. Run terminated.**
Problem:	Der Probenlauf wurde abgebrochen, weil die zulässige Höchsttemperatur des Moduls überschritten wurde.
Abhilfe:	Versuchen Sie nicht, Ihr Modul außerhalb seines zulässigen Temperaturbereichs zu betreiben. Ändern Sie das verantwortliche Segment.
Err 73	**No heater power at method start. Cannot start run. Check fuse & switch.**
Problem:	Das Modul hat keinen Heizstrom zur Verfügung, und kann daher den Probenlauf nicht starten.
Abhilfe:	1. Vergewissern Sie sich, daß der Schalter HEATER am Modul eingeschaltet ist. 2. Prüfen Sie Sicherung F2, und ersetzen Sie sie gegebenenfalls. 3. Wenn dieselbe Fehlermeldung wieder auftritt, rufen Sie den Kundendienst.
Err 74	**Analog board is not operational. Failed diagnostic. Cannot start run.**
Problem:	Beim automatischen Selbsttest wurde eine Fehlfunktion der Analog-Platine festgestellt.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.
Err 75	**Drive board is not operational. Failed diagnostic. Cannot start run.**
Problem:	Beim automatischen Selbsttest wurde eine Fehlfunktion der Drive-Platine festgestellt.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.

Err 78	**Cannot Change while module active.**
Problem:	Sie haben versucht, den Betriebsmodus des Moduls, die Anzahl der zu speichernden Probenläufe, oder ein Versuchsparameter während eines Probenlaufs zu ändern.
Abhilfe:	Warten Sie das Ende des Probenlaufs ab, oder brechen Sie ihn mit STOP ab.
Err 79	**GPIB input message too long "<...>"**
Problem:	Es liegt ein Fehler in der Hardware oder Software des BUS-Systems vor.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.
Err 80	**Data input buffer overrun. Data point lost. Software error.**
Problem:	Es ist ein Fehler an der Software aufgetreten. Dieser wurde nicht vom Benutzer verursacht.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.
Err 81	**Bad temperature reading. Hardware error. Method terminated.**
Problem:	Defekt an der Hardware oder Software.
Abhilfe:	Reparatur durch den Kundendienst.
Err 87	**Run already exists in memory. Cannot start run.**
Problem:	Die Software des Moduls, oder die der Steuereinheit hat ein Problem.
Abhilfe:	Führen Sie am Modul einen RESET durch. Wenn derselbe Fehler wieder auftritt, rufen Sie den Kundendienst.

Err 91	**Run data storage area full.** **Module data storage terminated.**
Problem:	Im Meßdatenspeicher des Moduls ist kein freier Speicherplatz mehr vorhanden. Von nun an aufgenommene Meßdaten werden nicht mehr gespeichert.
Abhilfe:	Stellen Sie eine geringere Anzahl von Meßwerten ein, indem Sie z. B. den Meßdatenschwellwert heraufsetzen, oder das Meßdatenintervall vergrößern, und starten Sie den Versuch neu.
Err 92	**Module data storage full.** **Realtime disk storage continuing.**
Problem:	Im Datenspeicher des Moduls ist kein freier Speicherplatz mehr vorhanden; da die REALTIME DATA TRANSFER-Option jedoch eingeschaltet ist, werden die Meßdaten weiterhin in einer Meßdatendatei auf einem Laufwerk der Steuereinheit gespeichert.
Abhilfe:	Lassen Sie den Probenlauf weiterlaufen. Verwenden Sie nicht die im Modul gespeicherten Meßdaten, sondern die Meßdatendatei auf der Steuereinheit zur Auswertung.
Err 96	**Temperature correction out of range.** **Correction point deleted.**
Problem:	Sie haben für die Temperaturkalibrierung eine Temperatur eingegeben, die außerhalb des zulässigen Temperaturbereiches des Moduls liegt.
Abhilfe:	Verwenden Sie für die Temperaturkalibrierung nur Temperaturen, die innerhalb des zulässigen Temperaturbereiches des Moduls liegen.
Err 97	**Two temperature corrections within 10°C.** **Correction deleted.**
Problem:	Sie haben für die Temperaturkalibrierung zwei Kalibriersubstanzen verwendet, deren Schmelzpunkte 10 K oder weniger auseinanderliegen.
Abhilfe:	Verwenden Sie Kalibriersubstanzen, deren Schmelzpunkte um mehr als 10 K auseinanderliegen.

Err 98	**Temperature corrections overlapped. Correction deleted.**
Problem:	Die Steigung der sich aus der Temperaturkalibrierungstabelle ergebenden Fehlerkurve wechselt ihr Vorzeichen.
Abhilfe:	Überprüfen Sie die Temperaturpaare für die Temperaturkalibrierung auf Tippfehler. Die Steigung der Fehlerkurve braucht zwar nicht konstant zu sein, darf aber ihr Vorzeichen nicht wechseln.
Err 99	**Temperature correction greater than 50°C. Correction deleted.**
Problem:	Eine der gemessenen Temperaturen in der Tabelle für die Temperaturkalibrierung weicht um mehr als 50 K von der zu ihr gehörenden korrekten Temperatur ab.
Abhilfe:	Führen Sie eine neue Temperaturkalibrierung durch.
Err 120	**Zero length, measure length or close probe failed. Check probe.**
Problem:	Entweder hat sich das Längenänderungssignal nicht stabilisiert, oder es hat sich garnicht geändert.
Abhilfe:	Vergewissern Sie sich, daß Ihr Meßfühler korrekt installiert ist und sich nichts auf dem Probenträger befindet, was nicht dorthin gehört, und wiederholen Sie die gescheiterte Operation. Tritt wieder dieser Fehler auf, rufen Sie den Kundendienst.
Err 121	**Probe not zeroed. Cannot measure or move probe.**
Problem:	Sie haben versäumt, das Längenmeßwerk zu initialisieren.
Abhilfe:	Drücken Sie nach jedem Einschalten, Warmstarten, oder Wechseln des Betriebsmodus' die Taste ZERO LENGTH, um das Längenmeßwerk zu initialisieren.

Err 122	**Probe travel exceeded limit. Check probe and stage.**
Problem:	Es bestehen drei Möglichkeiten: (1) Meßfühler und/oder Probenträger sind nicht korrekt installiert. (2) Der eingestellte Betriebsmodus entspricht nicht dem installierten Meßfühler. (3) Das Modul ist defekt.
Abhilfen:	zu (1) Vergewissern Sie sich, daß der Meßfühler und der Probenträger korrekt installiert sind. (Der Meßfühler sollte ohne große Kraftanwendung zu bewegen sein.) zu (2) Vergewissern Sie sich, daß der richtige Betriebsmodus eingestellt ist. zu (3) Rufen Sie, nachdem Sie die anderen beiden Fehlerursachen ausgeschlossen haben, den Kundendienst.
Err 123	**Both probe limit sensors blocked. Cannot zero, measure or move probe.**
Problem:	Das Modul ist defekt.
Abhilfe:	Rufen Sie den Kundendienst.
Err 124	**Probe or force calibration time-out.**
Problem:	Die Kalibrierroutine konnte keinen Kraftwert finden, der zu einem stabilen Längenänderungssignal geführt hätte.
Abhilfe:	Vergewissern Sie sich, daß der Meßfühler korrekt installiert ist (Er sollte ohne große Kraftanwendung zu bewegen sein), und wiederholen Sie den gescheiterten Kalibriervorgang. Tritt wieder dieser Fehler auf, rufen Sie den Kundendienst.
Err 126	**Probe or force not zeroed or calibrated. Cannot set force, measure or move probe.**

Problem: Der Meßfühler oder das Kraftstellwerk ist nicht kalibriert.

Abhilfe: Die häufigste Ursache dieses Fehlers ist, daß die Kalibrierung des Meßfühlers durch Wechseln des Betriebsmodus' verlorengegangen ist. Kalibrieren Sie in diesem Fall den Meßfühler (s. Abschn. 4.3.2).

Wannimmer die im Modul gespeicherten Parameter verlorengehen, geht auch die Kalibrierung des Kraftstellwerkes verloren. Kalibrieren Sie in diesem Fall das Kraftstellwerk (s. Abschn. 5.2.1).

Err 127 **Zero, measure or probe movement already in progress.**

Problem: Sie haben versucht eine Funktion ausführen zu lassen, die ein Bewegen des Meßfühlers erfordert, während bereits eine solche Funktion ausgeführt wurde.

Abhilfe: Warten Sie bis nach Beendigung der zuerst gestarteten Funktion.

Err 128 **Calibration in progress.**
Cannot zero, measure or move probe.

Problem: Sie haben während eines Kalibriervorganges versucht, eine Funktion ausführen zu lassen, die ein Bewegen des Meßfühlers erfordert.

Abhilfe: Warten Sie bis nach Beendigung des Kalibriervorganges.

Err 129 **Isostrain deflection out of range.**
Change percent deflection.

Problem: Die Ausführung eines Isostrain-Segmentes erfordert eine unzulässige Längenänderung oder Kraft.

Abhilfe: Ändern Sie die in dem Isostrain-Segment geforderte relative Längenänderung so, daß sie einer absoluten Längenängerung von max. ± 2,54 mm entspricht, und von einer Kraft zwischen null und 1,0 N bewirkt werden kann.

Err 130	**Cannot calibrate probe while method is running.**
Problem:	Sie haben während eines Versuchs versucht, den Meßfühler zu kalibrieren.
Abhilfe:	Warten Sie das Ende des Versuchs ab. (Eigentlich hätten Sie den Meßfühler ja VOR dem Versuch kalibrieren sollen...)
Err 131	**Furnace must be in the closed position. Cannot start run.**
Problem:	Sie haben versucht, einen Versuch zu starten, während der Ofen geöffnet war.
Abhilfe:	Schließen Sie den Ofen.
Err 132	**Probe not in the closed position. Run continuing.**
Problem:	Sie haben einen Versuch gestartet, ohne vorher den Meßfühler zu schließen. Das Modul hat den Versuch gestartet, möchte Sie aber mit dieser Meldung warnen, daß Sie wahrscheinlich keine sinnvollen Ergebnisse erhalten werden.
Abhilfe:	Schließen Sie den Meßfühler.
Err 133	**Force not calibrated or calibration in progress. Cannot start run.**
Problem:	Entweder (1) Sie haben versucht einen Probenlauf zu starten, ohne, daß das Kraftstellwerk kalibriert gewesen wäre (Wannimmer die im Modul gespeicherten Parameter verlorengehen, geht auch die Kalibrierung des Kraftstellwerkes verloren.), oder (2) Sie haben versucht einen Probenlauf zu starten, während das Kraftstellwerk kalibriert wurde.
Abhilfe:	(1) Führen Sie eine Kraftkalibrierung durch (s. Abschn. 5.2.1). (2) Warten Sie, bis der Kalibriervorgang abgeschlossen ist.

Err 134	**Zero, measure, or probe movement in progress. Cannot start run.**
Problem:	Sie haben versucht, einen Probenlauf zu starten, während eine Funktion, die ein Bewegen des Meßfühlers erfordert, ausgeführt wurde.
Abhilfe:	Starten Sie den Probenlauf nach Beendigung der zuerst gestarteten Funktion.
Err 137	**Sample temperature not changing. Furnace not closed. Run terminated.**
Problem:	Obwohl der Ofen Heizleistung aufnimmt, ändert sich das Probentemperatursignal nicht.
Abhilfe:	(1) Wenn der Ofen geöffnet ist, schließen Sie ihn. (2) Möglicherweise ist das Probenthermoelement defekt. Wechseln Sie es aus, und versuchen Sie es dann nocheinmal. (3) Rufen Sie, nachdem Sie die anderen beiden Fehlerursachen ausgeschlossen haben, den Kundendienst.
Err 138	**Measure length in progress. Cannot change size.**
Problem:	Sie haben versucht, den Inhalt des Feldes SIZE im EXPERIMENTAL PARAMETERS-Menü zu ändern, während eine MEASURE LENGTH-Operation durchgeführt wurde.
Abhilfe:	Warten Sie bis nach Beendigung der MEASURE LENGTH-Operation.
Err 139	**Drive board failure. Cannot zero, measure, move probe or furnace.**
Problem:	Beim automatischen Selbsttest wurde eine Fehlfunktion der Motortreiberplatine diagnostiziert. Das Modul ist nicht in der Lage, den Meßfühler oder den Ofen zu bewegen.
Abhilfe:	Rufen Sie den Kundendienst.

Err 140	**Size measurement out of range.** **Clear stage and zero length.**
Problem:	Bei der letzten Durchführung von ZERO LENGTH ist etwas schiefgelaufen; wahrscheinlich befand sich ein Hindernis zwischen Probenträger und Meßfühlerspitze. (Daher ist nun ein unzulässiger Probenlängenwert aufgetreten.)
Abhilfe:	Nehmen Sie die Probe vom Probenträger und drücken Sie die ZERO LENGTH-Taste.
Err 141	**Cannot zero length or measure length while a method is running.**
Problem:	Sie haben während eines Probenlaufs ZERO LENGTH oder MEASURE LENGTH gedrückt.
Abhilfe:	Warten Sie bis nach Beendigung des Probenlaufs.
Err 142	**Cannot air cool.** **Method running or furnace not in open position.**
Problem:	Sie haben F4 (Switch Air Cool) gedrückt, während eine Methode lief oder der Ofen geschlossen war.
Abhilfe:	Warten Sie bis nach Beendigung des Probenlaufs, bzw. öffnen Sie den Ofen.
Err 143	**Probe stuck to sample or movement is obstructed.** **Cannot move probe.**
Problem:	Das Modul kann den Meßfühler nicht bewegen.
Abhilfe:	(1) Möglicherweise ist der Meßfühler an der Probe festgeklebt. Reinigen Sie Meßfühler und Probenträger (s. Abschn. 8.1.1). (2) Vergewissern Sie sich, daß der Meßfühler und der Probenträger korrekt installiert sind. (Der Meßfühler sollte ohne große Kraftanwendung zu bewegen sein.) (3) Vergewissern Sie sich, daß der richtige Betriebsmodus eingestellt ist (s. Abschn. 4.2.2).

(4) Rufen Sie, nachdem Sie die aufgezählten Fehlerursachen ausgeschlossen haben, den Kundendienst.

Notizen

Anhang B: Laden der Modul-Software

Achtung **Beim Laden einer neuen Modulsoftware gehen alle im Modul gespeicherten Methoden verloren.**

1. Halten Sie die STOP-Taste gedrückt, und drücken Sie die RESET-Taste an der Rückseite des Moduls. Halten Sie die STOP-Taste weiter gedrückt, bis auf der Anzeige die Meldung MODULE LOADER Vx.x erscheint. Das Modul geht hierbei offline.

2. Bringen Sie das Modul im Lademodus online, indem Sie auf der Steuereinheit nacheinander F12 (Instrument Control), F8 (GoTo Configure System), und F5 (Auto Configure) drücken.

3. Wenn Sie ein Multimodul-System haben, vergewissern Sie sich, daß das richtige Modul als anzusprechend ausgewählt ist.

4. Drücken Sie F11 (Data Analysis). Wenn ein Auswertungsprogramm geladen ist, brechen Sie es durch Drücken von F2 (Stop Program) ab.

5. Legen Sie die Diskette mit der neuen Version der Modulsoftware in Laufwerk A ein.

Hinweis **Auf der Modulsoftware-Diskette befinden sich Dateien, die mit der Funktion COPY nicht kopiert werden können. Verwenden Sie daher unbedingt die Originaldiskette.**

6. Drücken Sie F1 (Get New Program). Auf dem Bildschirm erscheint die Zeile:

   Select drive: [A B C]

7. Bewegen Sie den Cursor mit den Pfeiltasten auf den Buchstaben A, und drücken Sie die ENTER-Taste.

8. Bewegen Sie den Cursor mit den Pfeiltasten auf den Programmnamen DSC-LOADER-x.x, und drücken Sie F3 (Select File). Das Modulsoftware-Ladeprogramm wird geladen.

9. Warten Sie, bis die Meldung READY erscheint, und drücken Sie dann F1 (Start Program). Folgender Bildschirm erscheint:

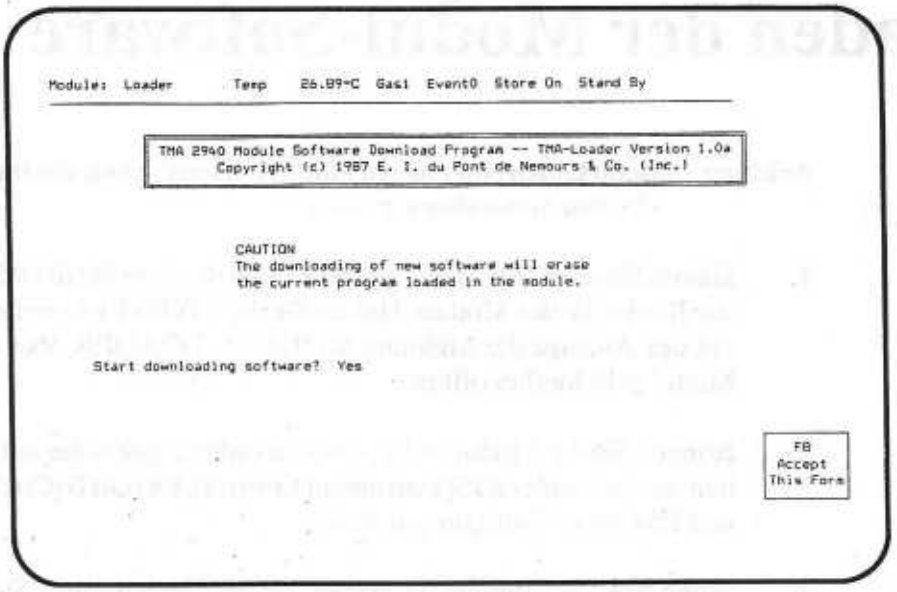


Bild 79

10. Drücken Sie F8 (Accept This Form), um die neue Modulsoftware in das Modul zu laden.

11. Wenn eine Fehlermeldung erscheint, verfahren Sie entsprechend den unter dieser Fehlermeldung gegebenen Hinweisen. (s. Liste der Fehlermeldungen des Modulsoftware-Ladeprogrammes auf den folgenden Seiten)

12. Wenn die Meldung MODULE SOFTWARE DOWNLOAD COMPLETE erscheint, drücken Sie die RESET-Taste an der Rückseite des Moduls. Das Modul führt einen automatischen Selbsttest durch und Meldet dann ERR D0; dies ist kein Grund zur Beunruhigung. Drücken Sie noch zweimal die RESET-Taste, um die Fehlermeldung von der Anzeige zu entfernen.

13. Bringen Sie das Modul mit F5 (Auto Configure) wieder online.

Fehlermeldungen des Modulsoftware-Ladeprogrammes

Configuration file error: **Argument out of range, "..."**
Invalid argument, "..."
Missing command "..."

Problem: Ein interner Softwarefehler ist aufgetreten. Dies dürfte eigentlich garnicht geschehen.

Abhilfe: Rufen Sie den Kundendienst.

Device is offline.

Problem: Laufwerk A ist nicht betriebsbereit. Meist bedeutet dies, daß das Laufwerk während des Lesens geöffnet wurde.

Abhilfe: Wenn Sie das Laufwerk geöffnet hatten, schliessen Sie es wieder, und wiederholen Sie den Vorgang, ohne dabei das Laufwerk zu öffnen. Andernfalls, überprüfen Sie das Laufwerk, bzw. rufen Sie den Kundendienst.

File not found.

Problem: Auf der Diskette in Laufwerk A befinden sich nicht alle benötigten Dateien.

Abhilfe: Legen Sie das Original der Modulsoftware-Diskette in Laufwerk A ein.

Hard or soft I/O error (nH).

Problem: Es wurde versucht, auf ein defektes Laufwerk oder auf eine defekte Diskette zuzugreifen.

Abhilfe: Geben Sie Ihren Befehl ein zweites mal ein. Wenn der Fehler wieder auftritt, legen Sie eine andere Diskette ein, und versuchen Sie es nocheinmal. Tritt der Fehler wieder auf, so ist vermutlich Ihr Laufwerk defekt; rufen Sie den Kundendienst.

I/O Error (nH).

Problem: Ein Zugriff auf ein Laufwerk ist nicht gelungen.

Abhilfe: Geben Sie Ihren Befehl ein zweites mal ein. Wenn der Fehler wieder auftritt, notieren Sie die Hexadezimalzahl aus der Fehlermeldung, und benachrichtigen Sie den Kundendienst.

Module hardware configuration error.

Problem: Die Modulsoftware, die Sie zu laden versuchen, ist inkompatibel mit der Hardwarekonfiguration Ihres Moduls. Die Hardwarekonfiguration des Moduls wird auf dem Bildschirm dargestellt (wie in Abb. 80), wobei die die Inkompatibilität verursachende Hardware hervorgehoben wird.

```
HARDWARE CONFIGURATION
                          Required   |  Memory Bank    Type
  Board Type  Version     Version    |      0      !!!!!!!!!!!!
    1  !!!!!!!! !          !         |      1      !!!!!!!!!!!!
    2  !!!!!!!! !          !         |      2      !!!!!!!!!!!!

SOFTWARE CONFIGURATION
    Memory Banks Needed:  !
    Reserved Space -- Start Addr:  !!!!H  Size:  !!!!H
```

Bild 80

Abhilfe: Vergewissern Sie sich, daß sich die korrekte Modulsoftware in Laufwerk A befindet.
Überprüfen Sie die problematische Hardware:

- Board Type: Der Typ des im Modul eingebauten Logik-Platine entspricht nicht dem Modultyp.
- Board Version: Die in Ihrem Modul eingebaute Logik-Platine wird von der neuen Softwareversion nicht mehr unterstützt.
- Memory Type: Die neue Modulsoftware benötigt mehr Speicher, als in Ihrem Modul eingebaut ist.

Rufen Sie gegebenenfalls den Kundendienst, um Ihre Modulhardware aufzurüsten.

Module memory write error.

Problem:	Die neue Modulsoftware konnte nicht in den Speicher des Moduls geschrieben werden.
Abhilfe:	Versuchen Sie es nocheinmal. Wenn der Fehler wieder auftritt, rufen Sie den Kundendienst.

Module not in loader mode.

Problem:	Das derzeit als anzusprechend ausgewählte Modul befindet sich nicht im Lademodus.
Abhilfe:	Schritt 1, 2 oder 3 der Anleitung wurde nicht korrekt ausgeführt; beginnen Sie von vorne.

Module not responding.

Problem:	Das Modul reagiert nicht auf Kommunikationen der Steuereinheit.
Abhilfe:	Überprüfen Sie die Verbindungen des GPIB-Kabels, und bringen Sie das Modul durch Drücken von F5 (Auto Configure) wieder online. Wenn der Fehler wieder auftritt, rufen Sie den Kundendienst.

Module offline.

Problem:	Das Modul ist offline.
Abhilfe:	Vergewissern Sie sich, daß das richtige Modul als anzusprechend ausgewählt ist, und drücken Sie F5 (Auto Configure).

Unable to read file.

Problem:	Beim Lesen einer der Dateien von der Modulsoftware-Diskette ist ein Fehler aufgetreten.
Abhilfe:	Vergewissern Sie sich, daß sich das Original der Modulsoftware-Diskette in Laufwerk A befindet, und versuchen Sie es nocheinmal.

Notizen

Anschriften

Der Vertrieb der TA Instruments Produkte in Deutschland geschieht ausschließlich durch die :

STA Vertriebsgesellschaft mbH
Siemensstraße 1
W-8755 Alzenau i.Ufr.

Tel.: 06023-30044
Fax.: 06023-30823

Der Hersteller:

TA Instruments, Inc.
P.O.Box 311
109 Lukens Drive
Riveredge Park
New Castle, DE 19720
USA

Tel.: 001-302-427-4010

Notizen

Glossar

Nachfolgend einige englische Begriffe, die bei der Arbeit mit dem TMA 2940 auftreten können, mit dem jeweils in diesem Handbuch verwendeten deutschen Begriff in [ ], und Erklärung.
Innerhalb der Erklärungen verwendete Begriffe, die mit einem * gekennzeichnt sind, werden selbst in diesem Glossar erklärt.

address
[Adresse] - Zahl, anhand der eine technische Entität eindeutig von anderen gleichartigen oder ähnlichen Entitäten unterschieden (identifiziert) werden kann.

air cool
[Luftkühlung] - eine *method-end-option, die, wenn eingeschaltet, die Kühlung des nach einem Versuch geöffneten Ofens mit Druckluft bewirkt.

alphanumeric character
[alphanumerisches Zeichen] - ein Buchstabe, eine Ziffer, oder ein Sonderzeichen.

Analysis Modul
[Analysenmodul; Modul] - Eine abhängige Einheit, mit der unter Steuerung durch eine Steuereinheit thermoanalytische Versuche durchgeführt werden können.

ASCII
(American Standard Code for Information Interchange) - Eine weitverbreitete Übereinkunft zur Codierung von *alphanumerischen Zeichen in 7 bit.

bit
[bit] - Elementardatum; kleinste Einheit der Datenmenge; Entscheidung zwischen zwei Möglichkeiten (z.B. 1/0, ja/nein, wahr/falsch, ein/aus).

bus
[BUS] - Technische Vorrichtung für den Datenverkehr zwischen mehr als zwei Stationen.

byte
[Byte] - Technische Einheit der Datenmenge: 8*bit. Innerhalb vieler Datenverarbeitungssysteme die kleinste *adressierbare Datenmenge.

Cell constant

[Zellenkonstante] - Kalibrierfaktor für Signal A (Längenänderungssignal). Wie sich aus der Gleichung

$$@ = \frac{dL \cdot K}{dT \cdot L}$$

mit:

@ = gemessener Ausdehnungskoeffizient der Probe in μm/mK

L = Probenlänge in m

dL = Probenlängenänderung in μm

dT = Temperaturänderung in Kelvin, und

K = Zellenkonstante.

durch Umstellen ergibt, läßt sich die Zellenkonstante nach Durchführung eines Kalibrierlaufs an einer Probe mit bekanntem Ausdehnungskoeffizienten als Quotient des tatsächlichen und des gemessenen Ausdehnungskoeffizienten berechnen.

checksum

[Prüfsumme] - Ein Mittel, fehlerhaft übertragene oder gespeicherte Daten zu erkennen oder sogar zu korrigieren. (Beispiel des Prinzips: an den 7 *Bit breiten ASCII-Code kann ein Prüfbit angehängt werden, das als Summe der 7 Code-Bits errechnet wird. So kann ein in einem Bit fehlerhaftes *Byte daran erkannt werden, daß es eine ungerade Anzahl von Einsen enthält.)

confidence test

[automatischer Selbsttest] - Eine Routine, mit der ein Modul nach dem Einschalten oder dem Drükken seiner Reset-Taste seine eigene Funktionsfähigkeit überprüft.

controller

[Steuereinheit] - Das zentrale Gerät eines Systems zur thermischen Analyse: ein Hard- und Softwaremäßig speziell ausgerüsteter PC. (Das TMA-Modul 2940 kann an einer TA-Steuereinheit 9900, 2000, oder 2100 betrieben werden.)

CPU	(Central Processing Unit) - Das zentrale Steuer- und Rechenwerk einer Datenverarbeitungsvorrichtung.
cursor	[Cursor] - Eine (in vielen Fällen zur besseren Sichtbarkeit blinkende) Markierung auf dem Bildschirm einer elektronischen Datenverarbeitungsvorrichtung, die das von ihr markierte Feld oder die markierte Bildschirmposition als aktuell hervorhebt.
data compression threshold	[Meßdatenschwellwert] - Ein Mittel, um die Anzahl der aufzunehmenden Meßdatenpunkte in den linearen Teilen einer Kurve zu reduzieren: Wenn ein Meßdatenpunkt um weniger als den Meßdatenschwellwert von einer Geraden durch die letzten beiden aufgenommenen Meßdatenpunkte abweicht, wird er nicht aufgenommen.
Data File	[Meßdatendatei] - Eine Laufwerksdatei (*disk file), die die Ergebnisse eines thermoanalytischen Versuches enthält.
Data Point	[Meßdatenpunkt] - Eine Datenstruktur, bestehend aus den Momentanwerten aller aufgezeichneten Meßgrößen, und der zu diesen Momentanwerten gehörenden Zeit.
data sampling interval	[Meßwertnahmeintervall] - Die Zeit, die zwischen der Aufnahme von zwei Meßdatenpunkten (*data points) vergeht (zeitliche Auflösung der Messung).
Data Storage Segment	*Segment, das die Meßdatenspeicherung ein- (1) oder ausschaltet (O).
default value	Vorgabewert
disk file	[Laufwerksdatei] - Eine Menge von Daten, die auf einem Laufwerk der Steuereinheit als gebündelte Einheit gespeichert ist.
Equilibrate segment	*Segment, das die Probe auf eine bestimmte Temperatur bringt, und wartet, bis diese Temperatur stabil ist.
Event segment	*Segment, das das Event-Relais, über das externe Vorrichtungen geschaltet werden werden können, öffnet oder schließt.

expansion coefficient	(thermal coefficient of expansion) - Der thermische Ausdehnungskoeffizient einer Substanz.
fatal error	[kritischer Fehler] - Eine Fehlfunktion innerhalb eines Gerätes, die jeglichen Betrieb desselben unmöglich macht.
Force segment	*Segment, das eine bestimmte Kraft auf die Probe einstellt.
funktion keys	[Funktionstasten] - Zwölf Tasten (F1 - F12) in der oberen Tastenreihe der Tastatur der Steuereinheit, deren Funktionen je nach Software (innerhalb *TA OS auch je nach Menü) wechseln.
Gas Segment	*Segment, das das Gasumschaltventil (GSA) steuert.
glass transition	Glasübergang
GPIB	(General Purpose Interface Bus) - Vorrichtung für die Kommunikation zwischen Steuereinheit und Modulen, innerhalb derer das IEEE-488 Protokoll zugrundegelegt wird.
heater monitor	Anzeige der von dem im Ofen befindlichen Steuerthermoelement aufgenommenen Temperatur.
Increment Force segment	*Segment, das die auf die Probe ausgeübte Kraft um einen positiven oder negativen Betrag erhöht.
Increment segment	*Segment, das die Probentemperatur um einen positiven oder negativen Betrag erhöht, und wartet, bis sich die neue Temperatur stabilisiert hat.
Initial Temperature segment	*Segment, das die Probe auf eine bestimmte Temperatur bringt, wartet, bis diese Temperatur stabil ist, und dann wartet, bis der Probenlauf (*run) vom Benutzer gestartet wird. (Eine *Methode darf mehrere I.T.-Segmente enthalten.)
integer number	Eine positive oder negative ganze Zahl.
Isothermal segment	*Segment, das die Probentemperatur für eine Bestimmte Zeit konstant hält.
Isostrain segment	*Segment, das die Kraft auf die Probe regelt, um eine bestimmte Probenlänge zu halten.

Jump segment	*Segment, das eine sprunghafte Änderung der Soll-Probentemperatur herbeiführt, wobei die neue Soll-Temperatur meist überschossen wird. Es wird sofort mit der Ausführung des nächsten Segments begonnen.
kB	(kiloByte) - 1024 Byte.
load	[Kraft auf die Probe] - Die mechanische Kraft, die vom Meßfühler des TMA auf die Probe ausgeübt wird.
LVDT	(Linear Variable Displacement Transducer) - Das Längenmeßwerk, mit dem der TMA 2940 Probenlängenänderungen aufnimmt.
MB	(megaByte) - 1 048 576 Byte.
melting point	Schmelzpunkt
method	[Methode] - Ein Temperaturprogramm das einem Probenlauf (*run) zugrundegelegt wird. Eine Methode besteht aus einem oder mehreren Einzelbefehlen, die *Segmente genannt werden.
method-end-options	Operationen, deren Ausführung am Ende eines Versuchs vorprogrammiert werden kann: Öffnen des Ofens, Öffnen des Meßfühlers, und Luftkühlung.
nonfatal error	[nicht-kritischer Fehler] - Fehler in einem System, der den weiteren Betrieb dieses Systems jedoch nicht zwingend ausschließt.
offline	Zustand eines Peripheriegerätes (z. B. eines Analysenmoduls), wenn dieses nicht in Kommunikation mit der Steuereinheit steht.
online	Zustand eines Peripheriegerätes (z. B. eines Analysenmoduls), wenn dieses in Kommunikation mit der Steuereinheit steht.
Operating System (OS)	[Betriebssystem] - Software der untersten Ebene; stellt dem Benutzer oder Programmierer eines Systems eine Benutzeroberfläche, sowie eine Reihe von Befehlen zur Verfügung.

to overwrite [überschreiben] - Schreiben einer Datei (*disk file) auf ein Laufwerk bei gleichzeitigem Löschen einer bereits bestehenden Datei, die denselben Namen trägt.

Preheat segment *Segment, das den Ofen offen auf eine bestimmte Temperatur aufheizt, um die Probe dann beim Schließen des Ofens sehr plötzlich dieser Temperatur auszusetzen.

probe Meßfühler

prompt Eingabeanforderung eines Datenverarbeitungssystems an seinen Benutzer.

RAM (Random Acces Memory) - Schreib-/Lese-Speicher mit wahlfreiem Zugriff. Der Inhalt eines RAM-Speichers geht bei Ausschalten des Gerätes verloren.

Ramp Force segment *Segment, das die Kraft auf die Probe mit einer bestimmten, positiven oder negativen, zeitlichen Änderungsrate verändert, bis ein bestimmter Endwert erreicht ist. Die Probentemperatur wird währenddessen konstant gehalten.

Ramp segment *Segment, das die Probentemperatur mit einer bestimmten, positiven oder negativen, zeitlichen Änderungsrate verändert, bis ein bestimmter Endwert erreicht ist.

real number Reelle Zahl. Wird in elektronischen Datenverarbeitungsvorrichtungen in Form einer Mantisse und eines Exponenten gespeichert (z. B. 1234 als 1,234E3).

Repeat segment Ein *Segment, das ein oder mehrere andere Segmente wiederholt.

Repeat til Final Temp segment *Segment, das ein oder mehrere andere Segmente wiederholt, bis die Proben-Solltemperatur einen bestimmten Wert überschreitet.

run [Probenlauf] - Ein Einzelversuch eines Thermoanalytischen Verfahrens.

run number	[Probenlauf-Identifikationsnummer] - Adresse (*address), unter der die Meßdaten eines durchgeführten Probenlaufes im Analysenmodul gespeichert sind.
sample	Die in einem thermoanalytischen Versuch untersuchte Probe.
Sample Interval segment	*Segment, welches das Meßwertnahmeintervall (*data sampling interval) festsetzt.
Segment	Eine Einzelinstruktion einer Methode (*Method).
segment time	Die seit Beginn des derzeit aktiven *Segments vergangene Zeit.
set point temperature	Soll-Probentemperatur
signal A	Bei TMA gibt Signal A die Probenlängenänderung an.
standard	[Kalibriersubstanz] - Ein hochreines Metall mit einem genau bekannten Schmelzpunkt bzw. Ausdehnungskoeffizienten, an dem das TMA-Modul kalibriert werden kann.
Step segment	*Segment, das die Probentemperatur in bestimmten Zeitabständen jeweils um ein bestimmtes Temperaturintervall erhöht, bis eine bestimmte Endtemperatur erreicht ist.
TA OS	(Thermal Analysis Operating System) Das Betriebssystem, unter dem die TA-Steuereinheit läuft.
temperature calibration	[Temperaturkalibrierung] - Teil des *TA OS, der aus einer Tabelle von tatsächlichen und gemessenen Temperaturen ein Polynom zur korrektur des Probentemperatursignals berechnet.
thermocouple	[Thermoelement] - Bauelement, das eine temperaturabhängige elektrische Spannung liefert.
thermoplastic	[thermoplastisch] - Bezeichnung für Polymere, die durch Wärmeeinwirkung formbar gemacht werden können.

thermosetting [duroplastisch] - Bezeichnung für Polymere, die aufgrund einer stark vernetzten Struktur nicht durch Wärmeeinwirkung formbar gemacht werden können.

TMA 1. (ThermoMechanische Analyse) - Ein Verfahren der thermischen Analyse, in dem mechanische Eigenschaften einer Probe unter programmierter Einwirkung von Temperatur und Kraft gemessen werden.
2. (ThermoMechanischer Analysator) - Ein *Analysenmodul zur Durchführung von Thermomechanischen Analysen. (z. B. das TMA 2940)

version number [Versionsnummer] - Eine Zahl, anhand derer verschiedene Versionen derselben Software voneinander unterschieden werden können. Die aktuellste Version einer Software ist stets die, die die größte Versionsnummer trägt.

viscosity [Viskosität] - Eigenschaft eines Fluids oder Semifluids, die seine Zähigkeit angibt.

wall shear rate [Grenzflächenscherungsrate] - Durch äußere Krafteinwirkung hervorgerufene innere Kraft, die zwischen zwei aneinander angrenzenden Flächen eines Körpers parallel zur Grenzebene wirkt.