

# Betriebsanleitung

## Set zur Dichtebestimmung für

### Analysenwaage KERN ABT

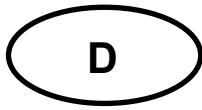
## KERN ABT-A01

Version 1.0

02/2007

D





# KERN ABT-A01

Version 1.0 2/2007

**Betriebsanleitung**

**Set zur Dichtebestimmung für Analysenwaage KERN ABT**

## Inhaltsverzeichnis:

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>4</b>
1.1	LIEFERUMFANG.....	5
<b>2</b>	<b>DICHTEBESTIMMUNGSSET INSTALLIEREN</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>PRINZIP DER DICHTEBESTIMMUNG</b> .....	<b>9</b>
3.1	EINFLUSSGRÖßEN UND FEHLERQUELLEN .....	10
<b>4</b>	<b>DICHTEBESTIMMUNG VON FESTKÖRPERN</b> .....	<b>11</b>
4.1	FUNKTION AKTIVIEREN.....	12
4.2	DICHTE DER FLÜSSIGKEIT EINGEBEN .....	13
4.3	MESSUNG DURCHFÜHREN .....	14
<b>5</b>	<b>DICHTEBESTIMMUNG VON FLÜSSIGKEITEN</b> .....	<b>14</b>
5.1	FUNKTION AKTIVIEREN.....	14
5.2	DICHTE DES GLASSENKKÖRPERS EINGEBEN.....	16
5.3	MESSUNG DURCHFÜHREN .....	17
<b>6</b>	<b>BEDINGUNGEN FÜR PRÄZISE MESSUNGEN</b> .....	<b>18</b>
6.1	BERECHNUNG DER ERGEBNISSE .....	18
6.2	EINFLUßFAKTOREN FÜR MEßFEHLER .....	19
6.2.1	<i>Luftblasen</i> .....	19
6.2.2	<i>Festkörperprüfling</i> .....	19
6.2.3	<i>Flüssigkeiten</i> .....	19
6.2.4	<i>Oberfläche</i> .....	19
6.2.5	<i>Glassenkkörper für Flüssigkeitsmessungen</i> .....	20
6.3	ALLGEMEINE INFORMATIONEN.....	20
6.3.1	<i>Dichte / relative Dichte</i> .....	20
6.3.2	<i>Drift der Waagenanzeige</i> .....	20
<b>7</b>	<b>DICHTETABELLE FÜR FLÜSSIGKEITEN</b> .....	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>MEßUNSIKERHEIT BEI FESTKÖRPER DICHTEBESTIMMUNG</b> .....	<b>22</b>
<b>9</b>	<b>GEBRAUCHSHINWEISE</b> .....	<b>23</b>

# 1 Einleitung

## Sicherheitshinweise :

Um einen sicheren und reibungslosen Betrieb dieses Instrumentes zu gewährleisten, sind folgende Vorsichtsmaßnahmen zu beachten.

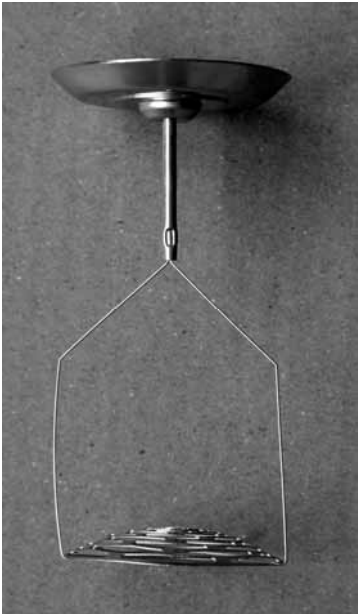
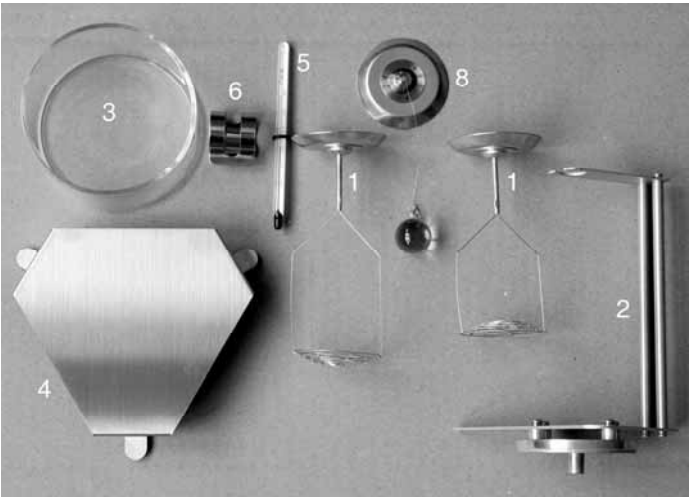
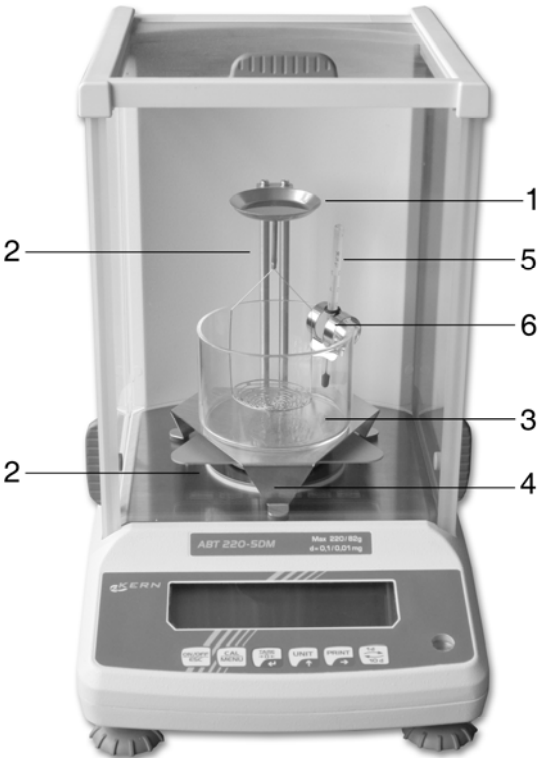
1. Betriebsanleitung aufmerksam durchlesen
2. Dieses Set und die Waage sorgfältig behandeln, es handelt sich um Präzisionsinstrumente. Dieses Set beinhaltet Teile aus Glas. Schützen Sie alle Teile vor Stößen und Schlägen.
3. Dieses Set oder die Waage nicht demontieren.

**KERN ABT-A01** Set zur Dichtebestimmung für Analysenwaagen der Serien **KERN ABT** ( Ablesbarkeit  $d = 0,1$  mg).

Dieses Set ist zur effizienten Bestimmung von Festkörperdichte mittels einer Analysenwaage. Des weiteren kann die Dichte von Flüssigkeiten mittels eines zusätzlichen Senkkörpers bestimmt werden.

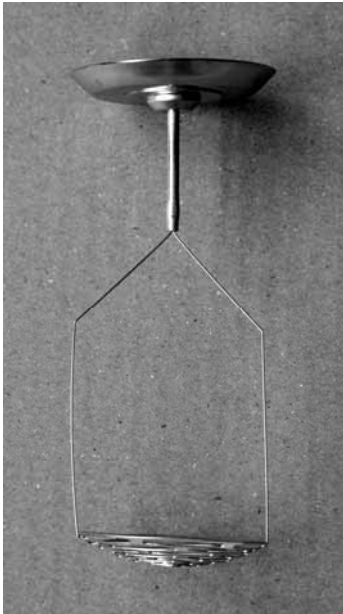
Diese Anleitung beschreibt nur das Arbeiten mit dem Set zur Dichtebestimmung. Weitere Informationen zur Bedienung Ihrer Waage entnehmen Sie bitte der Betriebsanleitung, die der jeweiligen Waage beiliegt.

**1.1 Lieferumfang**



**PROBENSCHALE**  
←

**SIEBSCHALE**  
←



**PROBENSCHALE**  
←

**SIEBSCHALE**  
←

**MONTAGE THERMOMETER:**

Nr.	Bezeichnung
1	Kombinierte Plattform ( Probenschale und Siebschale ), 2 x
2	Wägeplattform mit Gestell
3	Becherglas
4	Plattform für Becherglas
5	Thermometer
6	Halterung für Thermometer
7	--
8	Glassenkörper

## 2 Dichtebestimmungsset installieren

1. Ausschalten und Trennen der Spannungsversorgung der Waage
2. Öffnen der seitlichen Glastüren des Wägeraumes der Waage und Entfernen des Schmirrings, der Wägeplatte und des Trägers der Wägeplatte.



3. Behutsames Einsetzen der Wägeplattform mit Gestell auf den Boden des Wägeraumes



4. Plattform für Becherglas darüber stellen ohne Berührung der Wägeplattform, wie gezeigt



5. Kombinierte Plattform ( Probenschale und Siebschale ) in das Gestell der Wägeplattform einhängen. Dabei ist zu beachten, dass die Zentrierung der oberen Probenschale in der Aussparung in den oberen Teil der Wägeplattform eingehängt wird.



6. Glastüren schließen und Spannungsversorgung der Waage anschließen. Selbsttest der Waage abwarten und Displayanzeige „**OFF**“ abwarten. Bei einigen Modellen wird ebenfalls eine automatische Justierung durchgeführt vor „**OFF**“ angezeigt wird. ( Waage anschließen mit der kombinierten Plattform und ohne Flüssigkeit im Becherglas. )

7. Mit der [**ON/OFF**]-Taste die Waage einschalten, dass Gramm im Display angezeigt wird.

8. Thermometer mit Halterung am Becherglas befestigen. Becherglas mit bekannter Flüssigkeit ( für Festkörper-Dichtebestimmung ) bzw. mit Prüfflüssigkeit ( für Flüssigkeits-Dichtebestimmung ) befüllen.

9. Um das Becherglas in die Mitte der Plattform zu stellen, ist die kombinierte Plattform vom Gestell zu nehmen.

10. Kombinierte Plattform wieder am Gestell einhängen und sicherstellen, dass die Siebschale das Becherglas nicht berührt.

11. Wartezeit einhalten, bis die Prüfflüssigkeit, die bekannte Flüssigkeit, die Instrumente oder der Senkkörper dieselbe Temperatur besitzen. Bei der Waage muss auch die erforderliche Anwärmzeit eingehalten werden. ( siehe dazu die Betriebsanleitung der Waage )

#### **Achtung:**

- **Die Plattform für das Becherglas darf das Gestell nicht berühren!**
- **Bei installiertem Dichteset ist eine korrekte Justierung nicht möglich. Für eine korrekte Justierung Wägeplatte wieder einsetzen.**

### 3 Prinzip der Dichtebestimmung

Drei wichtige physikalische Größen sind das **Volumen** und die **Masse** von Körpern, sowie die **Dichte** von Stoffen. Masse und Volumen sind bei der Dichte miteinander verknüpft:

**Die Dichte [  $\rho$  ] ist das Verhältnis der Masse [  $m$  ] zum Volumen [  $V$  ].**

$$\rho = \frac{m}{V}$$

SI-Einheit der Dichte ist das Kilogramm durch Kubikmeter ( $\text{kg/m}^3$ ).  $1 \text{ kg/m}^3$  ist gleich der Dichte eines homogenen Körpers, der bei der Masse  $1 \text{ kg}$  das Volumen  $1 \text{ m}^3$  einnimmt.

Weitere häufig verwendete Einheiten sind:

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, \quad 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad 1 \frac{\text{g}}{\text{l}}$$

Durch den Einsatz dieses Sets zur Dichtebestimmung in Kombination mit der Waage KERN ABT sind Sie in der Lage die Dichte von Festkörpern und Flüssigkeiten schnell und sicher zu bestimmen. Bei der Arbeitsweise dieses Sets zur Dichtebestimmung wird das „**Archimedische Prinzip**“ herangezogen:

AUFTRIEB IST EINE KRAFT. SIE GREIFT AN EINEM KÖRPER AN, DER IN EINE FLÜSSIGKEIT EINTAUCHT. DER AUFTRIEB DES KÖRPERS IST GERADE SO GROß WIE DIE GEWICHTSKRAFT DER VON IHM VERDRÄNGTEN FLÜSSIGKEIT. DIE AUFTRIEBSKRAFT WIRKT SENKRECHT NACH OBEN.

Damit erfolgt die Berechnung der Dichte nach folgenden Formeln:

#### **Dichtebestimmung von Festkörpern :**

Mit dieser Waage ist es möglich, den Festkörper sowohl in Luft [  $A$  ] als auch in Wasser [  $B$  ] zu wägen. Ist die Dichte des Auftriebsmediums [  $\rho_o$  ] bekannt, wird die Dichte des Festkörpers [  $\rho$  ] wie folgt berechnet:

$$\rho = \frac{A}{A-B} \rho_o$$

$\rho$  = Dichte der Probe

$A$  = Gewicht der Probe in Luft

$B$  = Gewicht der Probe in Messflüssigkeit

$\rho_o$  = Dichte der Messflüssigkeit

## Dichtebestimmung von Flüssigkeiten :

Die Dichte einer Flüssigkeit wird mit Hilfe eines Senkkörpers bestimmt, dessen Volumen [ V ] bekannt ist. Der Senkkörper wird sowohl in Luft [ A ], als auch in der Probenflüssigkeit [ B ] gewogen.

Nach dem Archimedischen Gesetz erfährt ein in eine Flüssigkeit getauchter Körper eine Auftriebskraft [ G ]. Diese Kraft ist dem Betrag nach gleich der Gewichtskraft der durch das Volumen des Körpers verdrängten Flüssigkeit. Das Volumen [ V ] des eingetauchten Körpers ist gleich dem Volumen der verdrängten Flüssigkeit.

$$\rho = \frac{G}{V}$$

G = Auftrieb des Senkkörpers

Auftrieb des Senkkörpers =

Gewicht Senkkörper an Luft [ A ] - Gewicht Senkkörper in Probenflüssigkeit [ B ]

Daraus ergibt sich:

$$\rho = \frac{A-B}{V} + \rho_L$$

$\rho$  = Dichte der Probenflüssigkeit

A = Gewicht des Senkkörpers in Luft

B = Gewicht des Senkkörpers in Probenflüssigkeit

V = Volumen des Senkkörpers

$\rho_L$  = Luftdichte (0.0012 g/cm<sup>3</sup>)

### 3.1 Einflussgrößen und Fehlerquellen

- ⇒ Luftdruck
- ⇒ Temperatur
- ⇒ Volumenabweichung des Senkkörpers ( $\pm 0,005 \text{ cm}^3$ )
- ⇒ Oberflächenspannung der Flüssigkeit
- ⇒ Luftblasen
- ⇒ Eintauchtiefe des Probenschale bzw. Senkkörpers
- ⇒ Porösität des Festkörpers

## 4 Dichtebestimmung von Festkörpern

Waage wie in Kap. 2 „Dichtebestimmungsset installieren“ beschrieben vorbereiten.

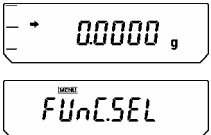
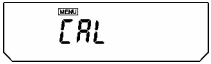
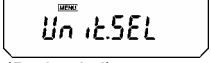

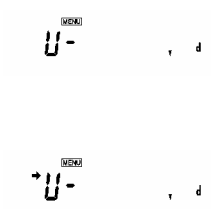
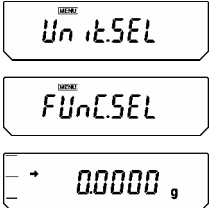


- ⇒ Halterung für das Thermometer am Becherglasrand anbringen.
- ⇒ Thermometer einhängen
- ⇒ Füllen Sie Ihre Messflüssigkeit deren Dichte  $\rho_0$  bekannt ist in das Becherglas. Die Füllhöhe sollte ca.  $\frac{3}{4}$  der Kapazität betragen.
- ⇒ Becherglas mittig auf die Plattform stellen
- ⇒ Probenschale mittig an das Gestell hängen
- ⇒ Messflüssigkeit solange temperieren bis die Temperatur konstant ist.

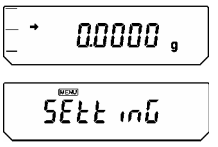
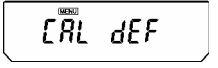
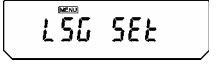
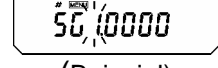

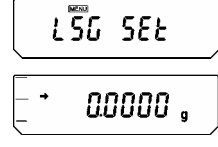
## 4.1 Funktion aktivieren

Durch Mehrfachdruck der **[UNIT]**-Taste kann die Anzeige zwischen aktivierten Einheiten, Stückzahl-, Prozent- und Dichtebestimmungs-Modus umgeschaltet werden. Es ist keine Zusatzsoftware nötig.


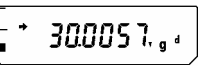
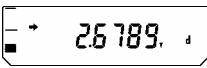
**Einstellungen müssen im Menü aktiviert werden:**

	<p><b>[CAL]</b>-Taste wiederholt drücken bis „FUN.C.SEL“ erscheint.</p>
	<p><b>[ TARE ]</b>-Taste drücken</p>
 <p>(Beispiel)</p>	<p><b>[CAL]</b>-Taste wiederholt drücken bis „Unit.SEL“ erscheint.</p>
	<p><b>[ TARE ]</b>-Taste drücken</p>
	<p>Mit der <b>[CAL]</b>-Taste folgende Einstellungen auswählen:          „ U- ,d“ ( „ ,“ ist umgedrehtes Dreieck )          Aktuelle Einstellungen werden durch die Stillstandsanzeige (➔) gekennzeichnet.          Mit der <b>[ TARE ]</b>-Taste bestätigen Sie Ihre Auswahl.          Um eine Einheit oder Funktion zu deaktivieren, müssen Sie ebenfalls die <b>[TARE ]</b>-Taste betätigen, wenn die entsprechende Einstellung mit Stillstandsanzeige in der Anzeige dargestellt wird.</p>
	<p><b>[ON/OFF]</b>-Taste wiederholt drücken. Sie gelangen zurück ins Menü/Wägemodus.</p>

## 4.2 Dichte der Flüssigkeit eingeben

	<p><b>[CAL]</b>-Taste wiederholt drücken bis „SettinG“ erscheint.</p>
	<p><b>[ TARE ]</b>-Taste drücken.</p>
	<p>Betätigen Sie wiederholt die <b>[CAL]</b>-Taste, bis “LSG SEt“ erscheint</p>
 <p>(Beispiel)</p>	<p>Betätigen Sie die <b>[ TARE ]</b>-Taste. Die aktuell eingestellte Dichte der Messflüssigkeit erscheint. Im oberen Teil des Anzeigefeldes weisen das <b>MENU</b>-Symbol und das #-Zeichen darauf hin, dass sich die Waage im numerischen Eingabestatus befindet. Die erste Stelle links blinkt.</p>
 <p>(Beispiel)</p>	<p>Geben Sie die Dichte der Messflüssigkeit ein. Durch Betätigung der <b>[UNIT]</b>-Taste können Sie den numerischen Wert der blinkenden Stelle jeweils um 1 heraufsetzen. Über die <b>[PRINT]</b>-Taste können Sie den Wert der blinkenden Stelle festlegen und die blinkende Stelle um eine Position nach rechts verschieben. Bestätigen Sie Ihre Einstellung mit der <b>[ TARE ]</b>-Taste.</p>
	<p><b>[ON/OFF]</b>-Taste wiederholt drücken, bis sich die Waage im Wägemodus befindet.</p>

### 4.3 Messung durchführen

	<b>[UNIT]</b> -Taste wiederholt drücken, bis sich die Waage im Dichtebestimmungsmodus für Feststoffe „d“ befindet. Beachten Sie, dass während der Gewichtsmessung in Luft auch „g“ erscheint
	<b>[ TARE ]</b> -Taste drücken. Legen Sie den Messgegenstand in die Probenschale. Nach erfolgter Stillstandskontrolle die <b>[CAL]</b> -Taste drücken.
	Legen Sie den Messgegenstand in die untergetauchte Siebschale. Im Display wird die Dichte des Messgegenstandes angezeigt. Bei leerer Waagschale wird ggf. „dSP oL“ angezeigt, was normal ist. Zum Start der nächsten Messung die <b>[CAL]</b> -Taste und <b>[ TARE ]</b> -Taste drücken und Messgegenstand auf die Waagschale legen.

## 5 Dichtebestimmung von Flüssigkeiten

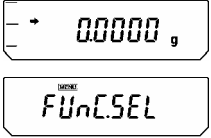

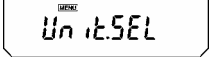

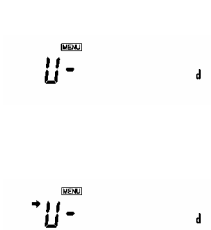
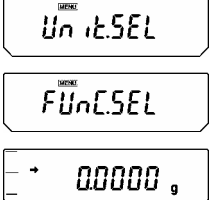
Waage wie in Kap. 2 „Dichtebestimmungsset installieren“ beschrieben vorbereiten.

- ⇒ Halterung für das Thermometer am Becherglasrand anbringen.
- ⇒ Thermometer einhängen
- ⇒ Füllen Sie Ihre Messflüssigkeit in das Becherglas. Die Füllhöhe sollte ca.  $\frac{3}{4}$  der Kapazität betragen.
- ⇒ Messflüssigkeit solange temperieren bis die Temperatur konstant ist.
- ⇒ Glaskörper bereit stellen

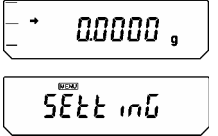
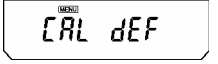
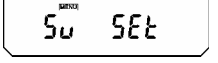
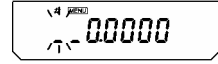
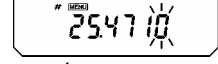
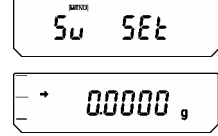
### 5.1 Funktion aktivieren

Durch Mehrfachdruck der **[UNIT]**-Taste kann die Anzeige zwischen aktivierten Einheiten, Stückzahl-, Prozent- und Dichtebestimmungs-Modus umgeschaltet werden. Es ist keine Zusatzsoftware nötig.

**Einstellungen müssen im Menü aktiviert werden:**


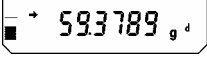
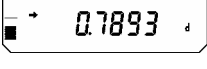
	<p><b>[CAL]</b>-Taste wiederholt drücken bis „FUnC.SEL“ erscheint.</p>
	<p><b>[ TARE ]</b>-Taste drücken</p>
 <p>(Beispiel)</p>	<p><b>[CAL]</b>-Taste wiederholt drücken bis „Unit.SEL“ erscheint.</p>
	<p><b>[ TARE ]</b>-Taste drücken</p>
	<p>Mit der <b>[CAL]</b>-Taste folgende Einstellungen auswählen: „ U- d“ Aktuelle Einstellungen werden durch die Stillstandsanzeige (➔) gekennzeichnet. Mit der <b>[ TARE ]</b>-Taste bestätigen Sie Ihre Auswahl. Um eine Einheit oder Funktion zu deaktivieren, müssen Sie ebenfalls die <b>[TARE ]</b>-Taste betätigen, wenn die entsprechende Einstellung mit Stillstandsanzeige in der Anzeige dargestellt wird.</p>
	<p><b>[ON/OFF]</b>-Taste wiederholt drücken. Sie gelangen zurück ins Menü/Wägemodus.</p>

## 5.2 Dichte des Glaskörpers eingeben

	<p><b>[CAL]</b>-Taste wiederholt drücken bis „SettinG“ erscheint.</p>
	<p><b>[ TARE ]</b>-Taste drücken.</p>
	<p>Betätigen Sie wiederholt die <b>[CAL]</b>-Taste, bis “Sv SEt“ erscheint</p>
 <p>(Beispiel)</p>	<p>Betätigen Sie die <b>[ TARE ]</b>-Taste. Die aktuell eingestellte Dichte des Senkkörpers erscheint. Im oberen Teil des Anzeigefeldes weisen das <b>[MENU]</b>-Symbol und das #-Zeichen darauf hin, dass sich die Waage im numerischen Eingabestatus befindet. Die erste Stelle links blinkt.</p>
 <p>(Beispiel)</p>	<p>Geben Sie die Dichte Ihres Senkkörpers ein. Durch Betätigung der <b>[UNIT]</b>-Taste können Sie den numerischen Wert der blinkenden Stelle jeweils um 1 heraufsetzen. Über die <b>[PRINT]</b>-Taste können Sie den Wert der blinkenden Stelle festlegen und die blinkende Stelle um eine Position nach rechts verschieben. Bestätigen Sie Ihre Einstellung mit der <b>[ TARE ]</b>-Taste.</p>
	<p><b>[ON/OFF]</b>-Taste wiederholt drücken, bis sich die Waage im Wägemodus befindet.</p>

### 5.3 Messung durchführen

Kombinierte Plattform und Becherglas von Plattform entfernen.

	<p><b>[UNIT]</b>-Taste wiederholt drücken, bis sich die Waage im Dichtebestimmungsmodus für Flüssigkeiten "d" befindet. Beachten Sie, dass während der Gewichtsmessung in Luft auch "g" erscheint</p> <p><b>[ TARE ]</b>-Taste drücken. Hängen Sie den Glassenkörper in das Gestell um eine Messung in Luft durchzuführen.</p>
	<p>Nach erfolgter Stillstandskontrolle die <b>[CAL]</b>-Taste drücken</p>
	<p>Glassenkörper wieder entnehmen.</p> <p>Becherglas mit Prüflüssigkeit auf die Plattform für das Becherglas stellen.</p> <p>Glassenkörper wieder in das Gestell einhängen und dabei vollständig und blasenfrei in die Flüssigkeit eintauchen.</p> <p>Im Display wird die Dichte der Probenflüssigkeit angezeigt. Bei nicht vorhandenem Glassenkörper wird ggf. "dSP oL" angezeigt, was normal ist.</p>

Zum Start der nächsten Messung die **[CAL]**-Taste und **[ TARE ]**-Taste drücken und Senkkörper ohne das Becherglas wieder in das Gestell einhängen, um eine Messung in Luft durchzuführen.

Becherglas muss vor jedem Befüllen mit Prüflüssigkeit komplett sauber und trocken sein. Dasselbe gilt auch für den Glassenkörper.

## 6 Bedingungen für präzise Messungen

Es gibt zahlreiche Fehlermöglichkeiten bei der Dichtebestimmung. Genaue Kenntnis und Vorsicht sind notwendig um präzise Ergebnisse bei der Benutzung dieses Dichtesets in Verbindung mit der Waage zu erhalten.

### 6.1 Berechnung der Ergebnisse

Bei der Dichtebestimmung durch die Waage werden die Ergebnisse immer mit 4 Nachkommastellen angezeigt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Ergebnisse bis zur letzten Anzeigestelle genau sind, wie bei einem errechneten Wert. Dabei sind die für die Berechnungen verwendeten Wäageergebnisse kritisch zu betrachten.

Beispiel zur Bestimmung der Festkörperdichte:

Um hochwertige Ergebnisse zu gewährleisten, müssen sowohl Zähler als auch Nenner der folgenden Formel die gewünschte Genauigkeit aufweisen. Wenn einer von beiden instabil oder fehlerhaft ist, ist das Ergebnis ebenfalls instabil oder fehlerhaft.

$$\rho = \frac{A}{A-B} \rho_0$$

$\rho$  = Dichte der Probe

A = Gewicht der Probe in Luft

B = Gewicht der Probe in Messflüssigkeit

$\rho_0$  = Dichte der Messflüssigkeit

Wenn der Prüfling schwer ist, trägt dies zur Genauigkeit des Ergebnisses bei. Dadurch wird der Zählerwert größer. Wenn der Prüfling leicht ist, trägt dies ebenfalls zur Genauigkeit des Ergebnisses bei, weil der Auftrieb ( A-B ) größer wird. Demzufolge wird das Ergebnis des Nenners größer. Zu beachten ist ebenfalls, dass die Genauigkeit der Dichte der Messflüssigkeit  $\rho_0$  in den Zähler mit eingeht und auch wesentlich die Genauigkeit des Ergebnisses beeinflusst.

Das Ergebnis der Dichte des Prüflings kann nicht genauer sein als die ungenaueste der vorgenannten Einzelgrößen.

Diese Tatsache gilt ebenso bei der Dichtebestimmung von Flüssigkeiten und der Glaskörperjustierung.

## **6.2 Einflußfaktoren für Meßfehler**

### **6.2.1 Luftblasen**

Eine kleine Blase von beispielsweise  $1\text{ mm}^3$  beeinflusst die Messung beträchtlich, wenn der Prüfling klein ist. Es erhöht den Auftrieb um etwa  $1\text{ mg}$  welches sofort einen Fehler von 2 Digits ergibt. Daher sicherstellen, dass keine Luftblasen an dem in Flüssigkeit eingetauchten Festkörper haften. Dasselbe gilt auch für den Glassenkörper, der in die Prüflüssigkeit eintaucht.

Wenn die Luftblasen durch Schwenken beseitigt werden, vorsichtig vorgehen, damit die Flüssigkeit nicht herausspritzt und die Aufhängung der Siebschale nicht benetzt wird. Ein Benetzen der Aufhängung der Siebschale führt zu einer Erhöhung des Gewichts.

Die Festkörperprobe oder der Glassenkörper dürfen nicht mit bloßen Fingern berührt werden. Eine ölige Oberfläche verursacht Luftblasen, wenn der Prüfling in Flüssigkeit eingetaucht wird.

Festkörperprüflinge ( besonders flache Gegenstände ) dürfen nicht außerhalb der Flüssigkeit auf die Siebschale gestellt werden, denn beim gemeinsamen Eintauchen ergeben sich dadurch Luftblasen. Daher den Boden der Siebschale auf Luftblasen untersuchen, wenn der Prüfling in die Flüssigkeit eingetaucht wurde.

### **6.2.2 Festkörperprüfling**

Wenn der Prüfling ein zu großes Volumen besitzt und in die Flüssigkeit eingetaucht wird, steigt der Flüssigkeitsstand im Becherglas an. Dies führt dazu, dass ein Teil der Aufhängung der Siebschale ebenfalls untergetaucht wird und so den Auftrieb erhöht. Demzufolge wird das Gewicht des Prüflings in der Flüssigkeit leichter.

Prüflinge, die das Volumen ändern oder Flüssigkeiten aufnehmen, können nicht gemessen werden.

### **6.2.3 Flüssigkeiten**

Die Wassertemperatur muss auch mit berücksichtigt werden. Die Dichte des Wassers ändert sich ca.  $0.01\%$  pro Grad Celsius. Wenn die Temperaturmessung einen Fehler von 1 Grad Celsius aufweist, wird die 4. Stelle der Messung ungenau.

Wenn der Prüfling die Flüssigkeit aufnimmt, oder sich während der Messung in der Flüssigkeit löst, sollte eine andere Flüssigkeit gewählt werden. Ein mögliches Verdampfen der Flüssigkeit ist ebenfalls zu berücksichtigen.

### **6.2.4 Oberfläche**

Die Aufhängung der Siebschale durchstößt die Flüssigkeitsoberfläche. Dieser Zustand ändert sich laufend. Wenn der Prüfling oder Glassenkörper relativ klein ist, verschlechtert die Oberflächenspannung die Reproduzierbarkeit. Unter Zugabe einer kleinen Menge Spülmittel wird die Oberflächenspannung vernachlässigbar und erhöht die Reproduzierbarkeit.

### **6.2.5 Glassenkörper für Flüssigkeitsmessungen**

Um Prüflüssigkeiten bei der Bestimmung der Dichte der Flüssigkeit zu sparen, ist ein kleines Becherglas und ein entsprechender Glassenkörper zu verwenden. Allerdings ist dabei zu beachten, dass ein großer Glassenkörper eine größere Genauigkeit erreicht.

Es ist wünschenswert, dass der Auftrieb und das Volumen des Glassenkörpers so genau als möglich bestimmt wird. Diese Ergebnisse werden bei der Berechnung der Dichte der Flüssigkeit sowohl im Nenner als auch im Zähler der Formel eingesetzt.

## **6.3 Allgemeine Informationen**

### **6.3.1 Dichte / relative Dichte**

Die relative Dichte ist das Gewicht eines Prüfkörpers geteilt durch das Gewicht von Wasser ( bei 4° Celsius ) desselben Volumens. Deshalb hat die relative Dichte keine Einheit. Dichte ist die Masse, geteilt durch das Volumen.

Wenn die relative Dichte anstatt der Dichte einer Flüssigkeit in die Formel eingesetzt wird, ergibt sich ein falsches Ergebnis. Für eine Flüssigkeit ist nur ihre Dichte aussagekräftig.

### **6.3.2 Drift der Waagenanzeige**

Ein Driften der Waage hat keinen Einfluss auf das Endergebnis der Dichtebestimmung, obwohl das angezeigte Gewicht der Wägung in Luft davon betroffen ist. Es sind nur genaue Werte notwendig, wenn mit einem Glassenkörper die Dichte von Flüssigkeiten bestimmt wird.

Bei einigen Modellen wird dafür selbständig eine Justierung durchgeführt.

## 7 Dichtetabelle für Flüssigkeiten

Temperatur [°C]	Dichte $\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]		
	Wasser	Ethyl-alkohol	Methyl-alkohol
10	0.9997	0.7978	0.8009
11	0.9996	0.7969	0.8000
12	0.9995	0.7961	0.7991
13	0.9994	0.7953	0.7982
14	0.9993	0.7944	0.7972
15	0.9991	0.7935	0.7963
16	0.9990	0.7927	0.7954
17	0.9988	0.7918	0.7945
18	0.9986	0.7909	0.7935
19	0.9984	0.7901	0.7926
20	0.9982	0.7893	0.7917
21	0.9980	0.7884	0.7907
22	0.9978	0.7876	0.7898
23	0.9976	0.7867	0.7888
24	0.9973	0.7859	0.7878
25	0.9971	0.7851	0.7870
26	0.9968	0.7842	0.7861
27	0.9965	0.7833	0.7852
28	0.9963	0.7824	0.7842
29	0.9960	0.7816	0.7833
30	0.9957	0.7808	0.7824
31	0.9954	0.7800	0.7814
32	0.9951	0.7791	0.7805
33	0.9947	0.7783	0.7896
34	0.9944	0.7774	0.7886
35	0.9941	0.7766	0.7877

## 8 Meßunsicherheit bei Festkörper Dichtebestimmung

Diese Tabelle zeigt die ungefähre Ablesbarkeit der Waage in Verbindung mit dem Dichteset. Dabei ist zu beachten, dass diese theoretisch ermittelten Werte durch die Umgebungsbedingungen variieren können. Ebenfalls ist Kapitel 6 zu beachten.

Beispiel zu folgender Tabelle:

Ein Festkörpergewicht von 5 Gramm und einer Dichte von  $3 \text{ g/cm}^3$  wird getestet. Der minimale Anzeigewert der Dichte ist  $0.0004 \text{ g/cm}^3$ . Deshalb ist die letzte Anzeigestelle des Displays ( Ablesbarkeit von  $0.0001$  ) für diese Messung nicht relevant.

ungefähre Ablesbarkeit bei der Dichtebestimmung (Bei Verwendung des 0.1mg Bereichs)						
Gewicht (g) des Prüflings Dichte des Prüflings ( $\text{g/cm}^3$ )	1	5	10	100	200	300
1	0.001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
3	0.002	0.0004	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001
5	0.003	0.001	0.0004	0.0002	0.0002	0.0002
8	0.004	0.001	0.0006	0.0003	0.0003	0.0003
10	0.005	0.001	0.0008	0.0004	0.0003	0.0003
12	0.006	0.002	0.001	0.0004	0.0004	0.0004
20	0.01	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001

## 9 Gebrauchshinweise

- Zur Bildung eines reproduzierbaren Mittelwerts sind mehrere Dichtemessungen erforderlich
- Lösungsmittelbeständige Probe/Glaskörper/Becherglas entfetten.
- Probenschalen/Glaskörper/Becherglas regelmäßig reinigen, eintauchenden Teil nicht mit den Händen berühren
- Probe/Glaskörper/Pinzette nach jeder Messung trocknen.
- Probengröße der Probenschale anpassen (ideale Probengröße > 5 g).
- Nur destilliertes Wasser verwenden.
- Probenschalen und Senkkörper beim ersten Eintauchen leicht schütteln, um evt. Luftblasen zu lösen.
- Unbedingt darauf achten, dass beim Wiedereintauchen in die Flüssigkeit keine zusätzlichen Luftbläschen anhaften; besser Probe mit Pinzette auflegen.
- Stark anhaftende Luftblasen mit einem feinen Pinsel o.ä. Hilfsmittel abstreifen.
- Um anhaftende Luftbläschen zu vermeiden, Probe mit rauher Oberfläche vorher glätten.
- Achten Sie darauf, dass bei Wägung mit der Pinzette kein Wasser auf die obere Probenschale tropft.
- Um die Oberflächenspannung von Wasser und die Reibung der Flüssigkeit am Draht zu reduzieren, der Messflüssigkeit drei Tropfen eines handelsüblichen Tensids (Spülmittel) begeben (die Dichteänderung von dest. Wasser durch Beigabe von Tensids kann vernachlässigt werden).
- Ovale Proben können durch Einritzen von Kerben mit der Pinzette leichter gefasst werden.
- Die Dichte von porösen Feststoffen lässt sich nur annähernd bestimmen. Beim Eintauchen in die Messflüssigkeit wird nicht die gesamte Luft aus den Poren verdrängt, dies führt zu Auftriebsfehlern.
- Um starke Erschütterungen der Waage zu vermeiden, Probe vorsichtig auflegen.
- Statische Aufladungen vermeiden, z. Bsp. Glaskörper nur mit Baumwolltuch trocknen.
- Unterscheidet sich die Dichte Ihres Festkörpers nur geringfügig von der des dest. Wasser, kann als Messflüssigkeit Ethanol eingesetzt werden. Prüfen Sie aber vorab, ob die Probe lösungsmittelbeständig ist. Außerdem müssen beim Arbeiten mit Ethanol unbedingt die geltenden Sicherheitsbestimmungen eingehalten werden.
- Glaskörper sorgfältig behandeln (kein Garantieanspruch bei Beschädigung).