

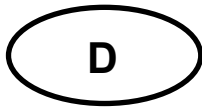
Betriebsanleitung Set zur Dichtebestimmung für Analysenwaagen KERN ABJ / ABS

KERN ABS-A02

Version 1.0
04/2010
D



ABS-A02-BA-d-1010



KERN ABS-A02

Version 1.0 04/2010

Betriebsanleitung

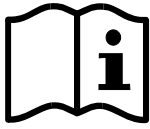
Set zur Dichtebestimmung für Analysenwaagen

KERN ABJ / ABS

Inhaltsverzeichnis:

1	EINLEITUNG	3
1.1	LIEFERUMFANG	3
2	PRINZIP DER DICHTEBESTIMMUNG	5
2.1	EINFLUSSGRÖßEN UND FEHLERQUELLEN	6
3	DICHTEBESTIMMUNGSSET INSTALLIEREN	7
4	DICHTEBESTIMMUNG VON FESTSTOFFEN	9
4.1	FUNKTION AKTIVIEREN	9
4.2	EINGABE „DICHTE MESSFLÜSSIGKEIT“	10
4.3	MESSUNG „DICHTE FESTSTOFF“	11
4.3.1	Dichtebestimmung von Feststoffen mit einer Dichte kleiner als 1 g/cm^3	11
5	DICHTEBESTIMMUNG VON FLÜSSIGKEITEN	12
5.1	FUNKTION AKTIVIEREN	12
5.2	VOLUMEN DES GLASSENKKÖRPERS BESTIMMEN	13
5.3	VOLUMEN DES GLASSENKKÖRPERS EINGEBEN	14
5.4	MESSUNG „DICHTE FLÜSSIGKEIT“	15
6	BEDINGUNGEN FÜR PRÄZISE MESSUNGEN	16
6.1	BERECHNUNG DER ERGEBNISSE	16
6.2	EINFLUßFAKTOREN FÜR MEßFEHLER	17
6.2.1	Luftblasen	17
6.2.2	Festkörperprobe	17
6.2.3	Flüssigkeiten	17
6.2.4	Oberfläche	17
6.2.5	Glassenkkörper für Flüssigkeitsmessungen	18
6.3	ALLGEMEINE INFORMATIONEN	18
6.3.1	Dichte / relative Dichte	18
6.3.2	Drift der Waagenanzeige	18
7	DICHTETABELLE FÜR FLÜSSIGKEITEN	19
8	MESSUNGSICHERHEIT BEI FESTKÖRPER DICHTEBESTIMMUNG	20
9	GEBRAUCHSHINWEISE	21

1 Einleitung



- Um einen sicheren und reibungslosen Betrieb zu gewährleisten, bitte Betriebsanleitung aufmerksam durchlesen.
- 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

- ⇒ Verpackung und Dichteset sofort beim Auspacken auf eventuell sichtbare äußere Beschädigungen überprüfen.
- ⇒ Sicherstellen, dass alle Teile vollständig vorhanden sind.

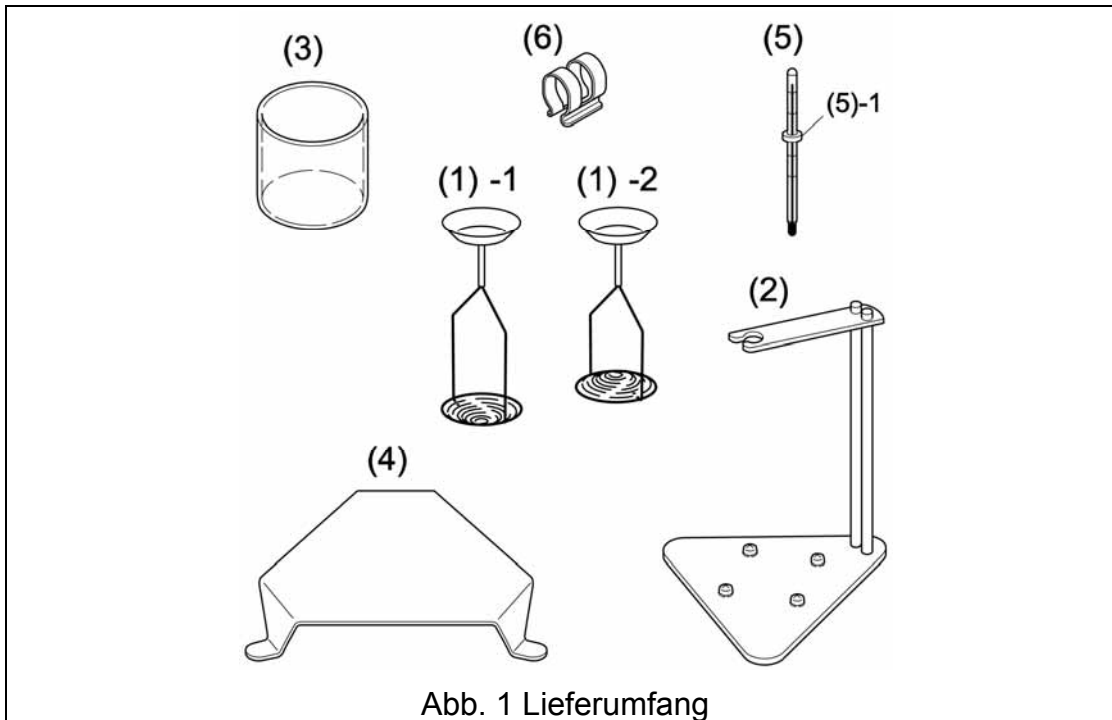


Abb. 1 Lieferumfang

Nr.	Bezeichnung	Anzahl
(1) -1	Kombinationswaagschale (für Proben $d > 1 \text{ g/cm}^3$)	1
(1) -2	Kombinationswaagschale (für Proben $d < 1 \text{ g/cm}^3$)	1
(2)	Waagschalenhalter	1
(3)	Glasbehälter	1
(4)	Plattform für Glasbehälter	1
(5)	Thermometer	1
(5) -1	Gummistopper für Thermometer	1
(6)	Halterung für Thermometer	1
	Glassenkörper, s. Abb. 4	1
	Betriebsanleitung	1

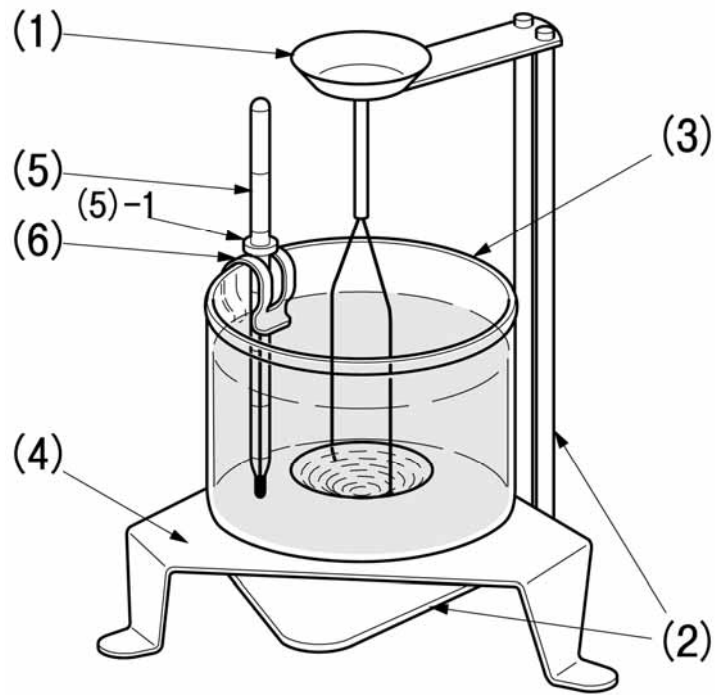


Abb. 2: Installiertes Dichteset **KERN ABS-A02**

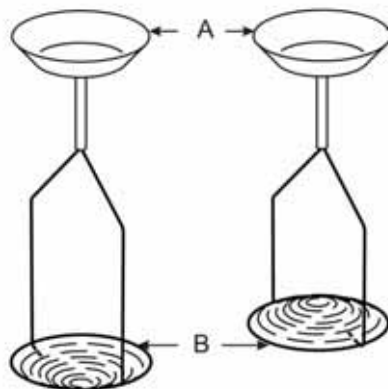


Abb. 3: Kombinationswaagschalen

A Obere Probenschale (Gewicht der Probe an Luft)

B Untere Probenschale (Gewicht der Probe in Messflüssigkeit)



Abb. 4: Glaskörper

2 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 [ρ] ist das Verhältnis der Masse [m] zum Volumen [V].

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

SI-Einheit der Dichte ist das Kilogramm durch Kubikmeter (kg/m^3). 1 kg/m^3 ist gleich der Dichte eines homogenen Körpers, der bei der Masse 1 kg das Volumen 1 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 unseres Sets zur Dichtebestimmung in Kombination mit unseren Waagen KERN ABS/ABJ sind Sie in der Lage die Dichte von Festkörpern und Flüssigkeiten schnell und sicher zu bestimmen. Bei der Arbeitsweise unseres 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:

Bei der Dichtebestimmung von Festkörpern

Mit unseren Waagen ist es Ihnen möglich den Festkörper sowohl in Luft [A] als auch in Wasser [B] zu wägen. Ist die Dichte des Auftriebsmediums [ρ_o] bekannt wird die Dichte des Festkörpers [ρ] wie folgt berechnet:

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

ρ = Dichte der Probe

A = Gewicht der Probe in Luft

B = Gewicht der Probe in Messflüssigkeit

ρ_o = Dichte der Messflüssigkeit

Bei der 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:

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

ρ = Dichte der Probenflüssigkeit

A = Gewicht des Senkkörpers in Luft

B = Gewicht des Senkkörpers in Probenflüssigkeit

V = Volumen des Senkkörpers*

* Ist das Volumen des Senkkörpers nicht bekannt, kann dieses durch eine Festkörperdichtemessung z. B. in Wasser bestimmt und wie folgt berechnet werden.

$$V = \frac{A-B}{\rho_w}$$

V = Volumen des Senkkörpers

A = Gewicht des Senkkörpers in Luft

B = Gewicht des Senkkörpers in Wasser

ρ_w = Dichte Wasser

2.1 Einflussgrößen und Fehlerquellen

⇒ Luftdruck

⇒ Temperatur

⇒ Volumenabweichung des Senkkörpers ($\pm 0,005 \text{ cm}^3$)

⇒ Oberflächenspannung der Flüssigkeit

⇒ Luftblasen

⇒ Eintauchtiefe des Probenschale bzw. Senkkörpers

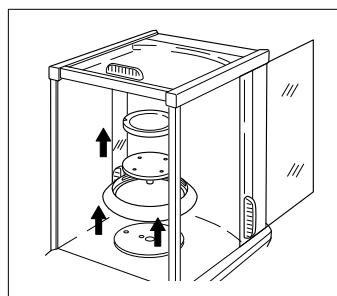
⇒ Porosität des Festkörpers

3 Dichtebestimmungsset installieren

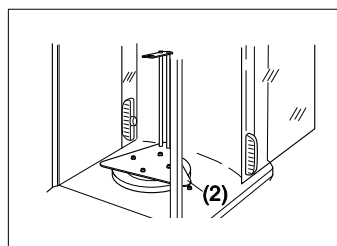
- i**
- Falls nötig, erforderliche Justierung vor der Installation des Dichtesets durchführen.
 - Bei installiertem Dichteset ist eine korrekte Justierung nicht möglich.
 - Zur Justierung Dichteset abnehmen und Standardwägeplatte aufsetzen.

1. Waage ausschalten und von der Stromversorgung trennen.

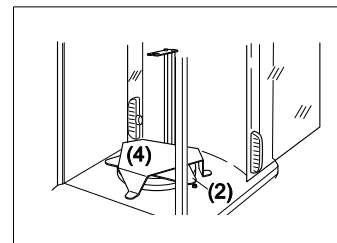
2. Standardwägeplatte, Schirmring und Wägeplattenträger entfernen.



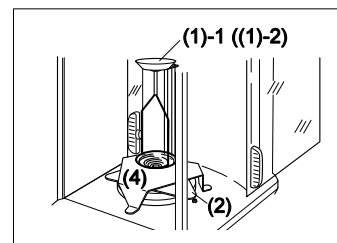
3. Waagschalenhalter vorsichtig einsetzen



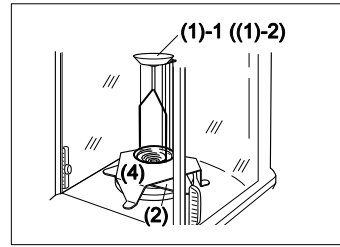
4. Plattform für Glasbehälter so platzieren, dass sie den Waagschalenhalter nicht berührt.



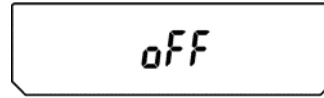
5. Kombinationswaagschale einhängen. Darauf achten, dass sie zentriert in der Aussparung des Waagschalenhalters hängt.



6. Glastüren schließen. Waage an die Stromversorgung anschließen, die Waage führt einen Selbsttest durch. Waagen der Serie ABJ führen zusätzlich eine Justierung mit dem internen Justiergewicht durch.



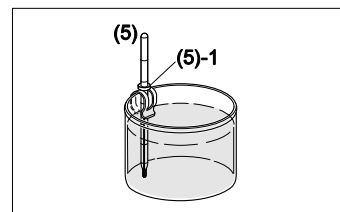
Warten bis „off“ angezeigt wird.



7. **ON/OFF**-Taste drücken, die Gramm-anzeige erscheint.



8. Thermometer lt. Abb. am Glasbehälter befestigen. Glasbehälter mit Mess- bzw. Probenflüssigkeit füllen.




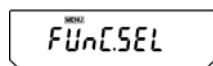
9. Kombinationswaagschale abnehmen und den Glasbehälter in die Mitte der Plattform stellen.
10. Kombinationswaagschale wieder einhängen. Darauf achten, dass sie den Glasbehälter nicht berührt.
11. Flüssigkeit, Instrumente oder den Senkkörper solange temperieren bis die Temperatur konstant ist. Anwärmzeit der Waage beachten.

4 Dichtebestimmung von Feststoffen

Bei der Dichtebestimmung von Feststoffen wird der Feststoff zuerst in Luft und anschließend in der Messflüssigkeit gewogen. Aus der Gewichtsänderung resultiert der Auftrieb, aus dem die Software die Dichte berechnet.

4.1 Funktion aktivieren

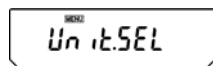
Im Menü „Unit.SEL“ kann die Dichtebestimmungs-Funktion für Feststoffe „U- ∇ d“ aktiviert werden, die dem Bediener dann zur Verfügung steht ohne jedes Mal ins Menü gehen zu müssen. Die aktivierte Funktion kann dann direkt über die **UNIT/**-Taste aufgerufen werden.



⇒ Bei Grammanzeige **CAL/MENU**-Taste wiederholt drücken bis „FUNC.SEL“ angezeigt wird.

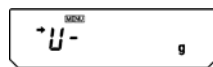


⇒ **TARE/**-Taste drücken.



(Beispiel)

⇒ **CAL/MENU**-Taste wiederholt drücken bis „Unit.SEL“ angezeigt wird.



⇒ **TARE/**-Taste drücken.






(deaktiviert)

⇒ **CAL/MENU**-Taste wiederholt drücken bis „U- ∇ d“ angezeigt wird.

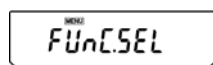
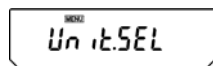


(aktiviert)

Ist die Funktion zur Dichtebestimmung von Feststoffen bereits aktiviert, wird die Stillstandsanzeige () eingeblendet. In diesem Fall **ON/OFF**-Taste wiederholt drücken, die Waage kehrt zurück ins Menü/Wägemodus.

Ist die Funktion zur Dichtebestimmung von Feststoffen deaktiviert, mit **TARE/**-Taste aktivieren. Die Stillstandsanzeige () wird eingeblendet.

ON/OFF-Taste wiederholt drücken, die Waage kehrt zurück ins Menü/Wägemodus.



4.2 Eingabe „Dichte Messflüssigkeit“

⇒ Bei Grammanzeige **CAL/MENU**-Taste wiederholt drücken bis „SettinG“ erscheint.

⇒ **TARE/** -Taste drücken.

⇒ **CAL/MENU**-Taste wiederholt drücken bis “LSG SET“ erscheint.

(Beispiel)

⇒ **TARE/** -Taste drücken, die aktuell eingestellte Dichte wird angezeigt. Im oberen Teil des Anzeigefeldes weisen das **MENU**-Symbol und das #-Zeichen darauf hin, dass sich die Waage im numerischen Eingabestatus befindet. Die erste Stelle blinkt und kann verändert werden..

(Beispiel)

⇒ Mit der **UNIT/** -Taste wird der Zahlenwert der blinkenden Ziffer erhöht.
Mit der **PRINT/** -Taste Zifferanwahl nach rechts, die jeweils aktive Stelle blinkt
Eingabe mit **TARE/** -Taste bestätigen.

⇒ **ON/OFF**-Taste wiederholt drücken, bis sich die Waage im Wägemodus befindet.

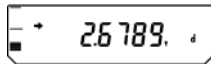
4.3 Messung „Dichte Feststoff“



1. **UNIT/** -Taste wiederholt drücken, bis sich die Waage im Dichtebestimmungsmodus für Feststoffe „**d**“ befindet. Bei der Gewichtsmessung an Luft wird zusätzlich „g“ angezeigt.



2. **TARE/** -Taste drücken. Probe in die obere Probenschale legen.
3. Nach erfolgter Stillstandskontrolle **CAL/MENU**-Taste drücken.



4. Probe in die untere Siebschale legen. Nach erfolgter Stillstandskontrolle wird im Display die Dichte der Probe angezeigt. Probe entfernen.
Möglicherweise kann „oL“ angezeigt werden, ist in diesem Schritt aber keine Fehlermeldung und kann ignoriert werden.
5. Für weitere Messungen nach Drücken der **CAL/MENU**-Taste bei Schritt 2 starten.

4.3.1 Dichtebestimmung von Feststoffen mit einer Dichte kleiner als 1 g/cm³

Bei Feststoffen mit einer Dichte kleiner als 1 g/cm³ ist eine Dichtebestimmung mit zwei unterschiedlichen Methoden möglich.

Methode 1:

Als Messflüssigkeit wird eine Flüssigkeit mit geringerer Dichte als die des Feststoffes verwendet, z.B. Ethanol ca. 0,8 g/cm³.

Diese Methode sollte angewendet werden, wenn die Dichte des Feststoffes sich nur geringfügig von der des dest. Wassers unterscheidet.

Von der Verwendung von Ethanol sollte abgesehen werden, wenn der Feststoff angegriffen wird.



Bei Arbeiten mit Ethanol müssen unbedingt die geltenden Sicherheitsbestimmungen beachtet werden.

Methode 2:


Hier wird die Probe nicht auf sondern **unter** die Siebschale gegeben. Dazu ist die Kombinationswaagschale (1) -2 zu verwenden.

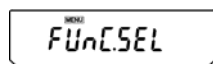
- ⇒ Funktion aktivieren s. Kap. 4.1.
- ⇒ Eingabe Parameter Messflüssigkeit s. Kap. 4.2.
- ⇒ Dichtemessung s. Kap. 4.3, in Schritt 4 Probe unter die Siebschale geben. Ist der Auftrieb der Probe so groß, dass die Kombinationswaagschale angehoben wird diese mit einem Dummygewicht beschweren und bei der Wägung an Luft wegtauchen.

5 Dichtebestimmung von Flüssigkeiten

Bei der Dichtebestimmung von Flüssigkeiten wird ein Glaskörper verwendet, dessen Volumen bekannt ist. Der Glaskörper wird zuerst in Luft und anschließend in der Flüssigkeit gewogen, deren Dichte zu bestimmen ist. Aus der Gewichts-
differenz resultiert der Auftrieb, aus dem die Software die Dichte berechnet.

5.1 Funktion aktivieren

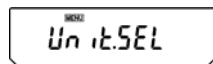
Im Menü „Unit.SEL“ kann die Dichtebestimmungs-Funktion für Flüssigkeiten „U- d“ aktiviert werden, die dem Bediener dann zur Verfügung steht ohne jedes Mal ins Menü gehen zu müssen. Die aktivierte Funktion kann dann direkt über die **UNIT/** -Taste aufgerufen werden.



⇒ Im Wägemodus **CAL/MENU**-Taste wiederholt drücken bis „FUnC.SEL“ angezeigt wird.

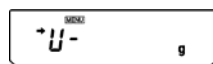


⇒ **TARE/** -Taste drücken.



(Beispiel)

⇒ **CAL/MENU**-Taste wiederholt drücken bis „Unit.SEL“ angezeigt wird.



⇒ **TARE/** -Taste drücken.



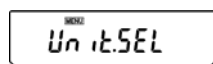
(deaktiviert)


⇒ **CAL/MENU**-Taste wiederholt drücken bis „U- d“ angezeigt wird.

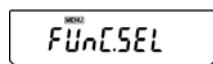


(aktiviert)

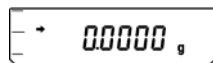
Ist die Funktion zur Dichtebestimmung von Feststoffen bereits aktiviert, wird die Stillstandsanzeige (➔) eingeblendet. In diesem Fall **ON/OFF**-Taste wiederholt drücken, die Waage kehrt zurück ins Menü/Wägemodus.



Ist die Funktion zur Dichtebestimmung von Feststoffen deaktiviert, mit **TARE/** -Taste aktivieren. Die Stillstandsanzeige (➔) wird eingeblendet.





ON/OFF-Taste wiederholt drücken, die Waage kehrt zurück ins Menü/Wägemodus.



5.2 Volumen des Glaskörpers bestimmen

Bei unbekanntem Volumen des Glaskörpers muss dieses wie folgt ermittelt und berechnet werden.

- ⇒ Wasser in den Behälter füllen und solange temperieren bis die Temperatur konstant ist. Temperatur am Thermometer ablesen.
- ⇒ Ggf. **UNIT**/ -Taste drücken bis die Grammanzeige erscheint.
- ⇒ Ggf. Kombinationswaagschale entfernen.
Möglicherweise kann „ol“ angezeigt werden, ist in diesem Schritt aber keine Fehlermeldung und kann ignoriert werden.
- ⇒ Glaskörper anhängen und mit **TARE**/ -Taste tariieren.
- ⇒ Wasserbehälter auf die Plattform stellen und Glaskörper eintauchen. Die Waage zeigt die Differenz „Gewicht an Luft – Gewicht in Wasser“ an. Wert (ohne Vorzeichen) notieren und das Volumen des Glaskörpers nach folgender Formel berechnen.

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

V = Volumen Glaskörper

M = Differenz „Gewicht an Luft – Gewicht in Wasser“

ρ = Dichte des Wassers unter Berücksichtigung der Temperatur, s. Tab. 1.

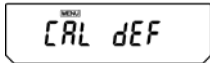
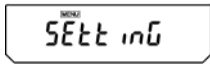
Tab. 1: Dichtetabelle für Wasser

Temperature [°C]	Density ρ [g/cm ³]	Temperature [°C]	Density ρ [g/cm ³]	Temperature [°C]	Density ρ [g/cm ³]
10	0.9997	19	0.9984	28	0.9963
11	0.9996	20	0.9982	29	0.9960
12	0.9995	21	0.9980	30	0.9957
13	0.9994	22	0.9978	31	0.9954
14	0.9993	23	0.9976	32	0.9951
15	0.9991	24	0.9973	33	0.9947
16	0.9990	25	0.9971	34	0.9944
17	0.9988	26	0.9968	35	0.9941
18	0.9986	27	0.9965		

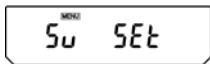
5.3 Volumen des Glaskörpers eingeben



⇒ Bei Grammanzeige **CAL/MENU**-Taste wiederholt drücken bis „SettinG“ erscheint.



⇒ **TARE/** -Taste drücken.

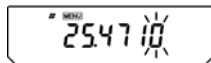


⇒ **CAL/MENU**-Taste wiederholt drücken bis“Sv SEt“ erscheint



(Beispiel)

⇒ **TARE/** -Taste drücken, das aktuell eingestellte Volumen wird angezeigt. Im oberen Teil des Anzeigefeldes weisen das **MENU**-Symbol und das #-Zeichen darauf hin, dass sich die Waage im numerischen Eingabestatus befindet. Die erste Stelle blinkt und kann verändert werden.

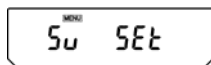


(Beispiel)

⇒ Mit der **UNIT/** -Taste wird der Zahlenwert der blinkenden Ziffer erhöht.

Mit der **PRINT/** -Taste Zifferanwahl nach rechts, die jeweils aktive Stelle blinkt

Eingabe mit **TARE/** -Taste bestätigen.




⇒ **ON/OFF**-Taste wiederholt drücken, bis sich die Waage im Wägemodus befindet.



5.4 Messung „Dichte Flüssigkeit“

1. Glassenkörper anhängen.
Bei nicht angehängtem Glassenkörper wird ggf. „oL“ angezeigt, ist in diesem Schritt aber keine Fehlermeldung und kann ignoriert werden.



2. **UNIT/** -Taste wiederholt drücken, bis sich die Waage im Dichtebestimmungsmodus für Flüssigkeiten „d“ befindet. Bei der Gewichtsmessung an Luft wird zusätzlich „g“ angezeigt.

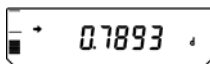
3. **TARE/** -Taste drücken.

4. Nach erfolgter Stillstandskontrolle **CAL/MENU**-Taste drücken

5. Glassenkörper abnehmen.

6. Behälter mit Probenflüssigkeit auf die Plattform stellen.

7. Glassenkörper wieder anhängen und dabei vollständig und blasenfrei in die Flüssigkeit eintauchen.



8. Nach erfolgter Stillstandskontrolle wird im Display die Dichte der Probenflüssigkeit angezeigt.
Glassenkörper und Behälter entfernen.
Bei nicht angehängtem Glassenkörper wird ggf. „oL“ angezeigt, ist in diesem Schritt aber keine Fehlermeldung und kann ignoriert werden.

Für weitere Messungen

- ⇒ Behälter und Senkkörper sorgfältig reinigen und trocknen.
- ⇒ Glassenkörper wieder anhängen
- ⇒ **CAL/MENU**-Taste drücken
- ⇒ bei Schritt 3 starten

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.

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

ρ = Dichte der Probe

A = Gewicht der Probe in Luft

B = Gewicht der Probe in Messflüssigkeit

ρ_o = Dichte der Messflüssigkeit

Wenn die Probe schwer ist, trägt dies zur Genauigkeit des Ergebnisses bei. Dadurch wird der Zählerwert größer. Wenn die Probe 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 ρ_o in den Zähler mit eingeht und auch wesentlich die Genauigkeit des Ergebnisses beeinflusst.

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

6.2 Einflußfaktoren für Meßfehler

6.2.1 Luftblasen

Eine kleine Blase von beispielsweise 1mm^3 beeinflusst die Messung beträchtlich, wenn die Probe klein ist. Es erhöht den Auftrieb um etwa 1mg 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 Prüfflüssigkeit eintaucht.

Wenn die Luftblasen durch Schwenken beseitigt werden, vorsichtig vorgehen, damit die Flüssigkeit nicht herausspritzt und die Aufhängung der Siebschale nicht benetzt wird bzw. Wasserspritze. 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.

Festkörperproben (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 Festkörperprobe

Wenn die Probe 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 der Probe in der Flüssigkeit leichter.

Proben, 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.

6.2.4 Oberfläche

Die Aufhängung der Siebschale durchstößt die Flüssigkeitsoberfläche. Dieser Zustand ändert sich laufend. Wenn die Probe 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 Probenflüssigkeit 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 Änderung der Raumtemperatur oder des Standortes ist eine Justierung der Waage erforderlich. Dazu das Dichteset abnehmen und die Justierung mit der Standardwägeplatte durchführen (siehe Betriebsanleitung, die der Waage beiliegt).

7 Dichtetabelle für Flüssigkeiten

Temperatur [°C]	Dichte ρ [g/cm ³]		
	Wasser	Ethylalkohol	Methylalkohol
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	0.7880
24	0.9973	0.7859	0.7870
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 Werte nur rechnerisch ermittelt wurden und Einflussgrößen wie in Kap. 6 beschrieben nicht berücksichtigt sind.

Ungefähre Anzeige bei Dichtemessungen (Beim Verwendung einer Waage mit einer Ablesbarkeit von 0.1 mg)						
Gewicht Probe (g)	1	5	10	100	200	300
Dichte Probe (g/cm ³)						
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	0.001	0.001	0.001	0.001

Ablesebeispiel zur Tabelle:

Bei einer Waage mit einer Auflösung von 0.0001 g und einer Probe mit einem Gewicht von 5 g, deren Dichte 3 g/cm³ beträgt, sind die Anzeigensprünge bei 0.004 g/cm³.

9 Gebrauchshinweise

- Zur Bildung eines reproduzierbaren Mittelwerts sind mehrere Dichtemessungen erforderlich
- Lösungsmittelbeständige Probe/Glassenkörper/Becherglas entfetten.
- Probenschalen/Glassenkörper/Becherglas regelmäßig reinigen, eintauchenden Teil nicht mit den Händen berühren
- Probe/Glassenkörper/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) beigeben (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. Glassenkörper 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.
- Glassenkörper sorgfältig behandeln (kein Garantieanspruch bei Beschädigung).