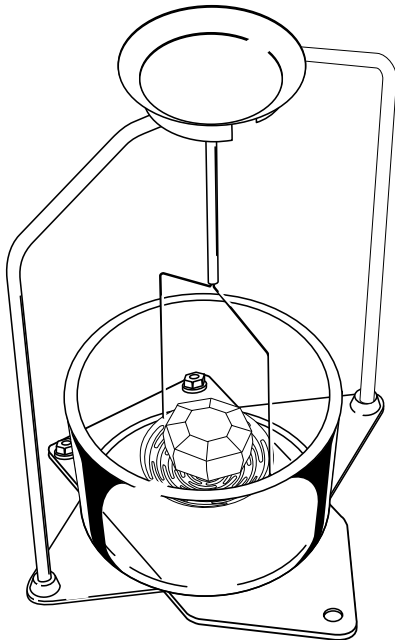
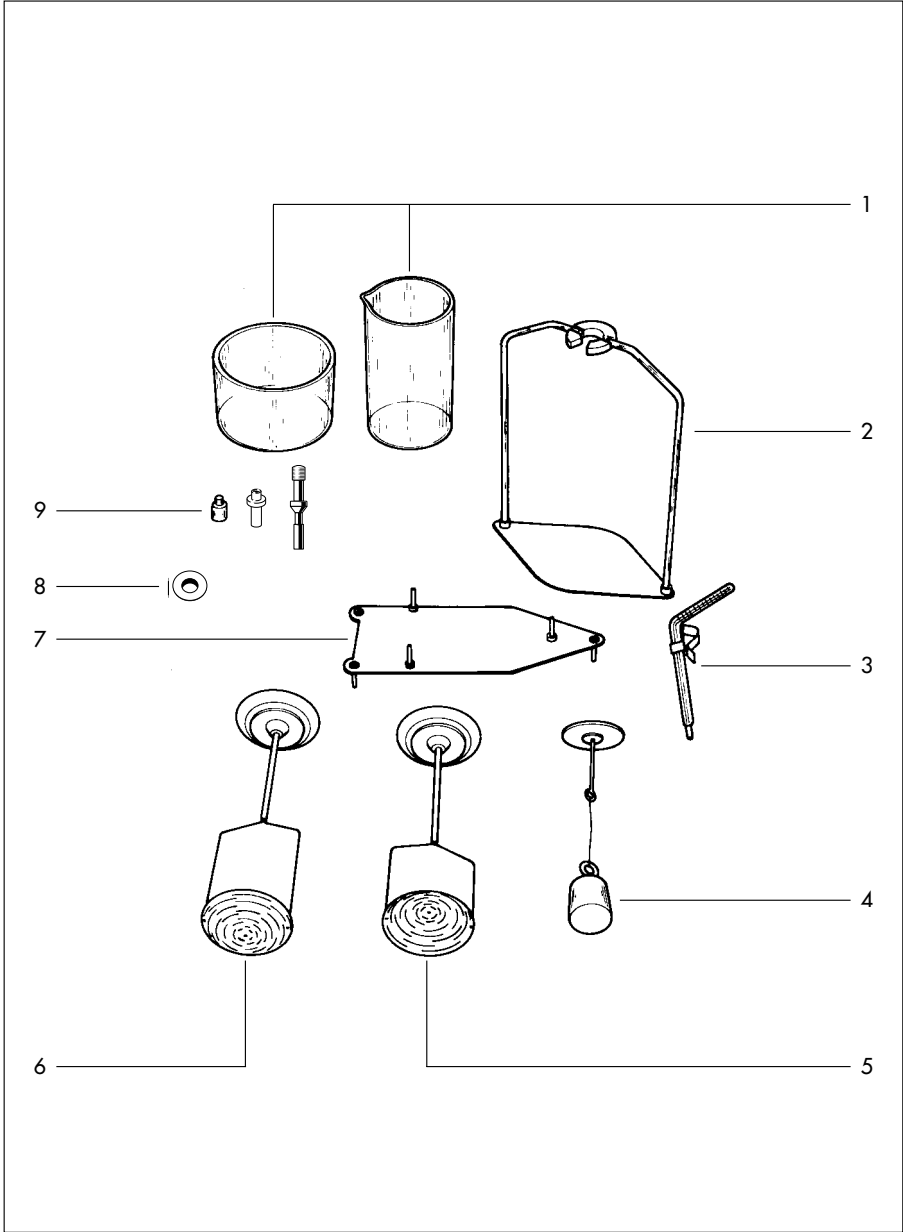


Sartorius  
YDK 01, YDK 01-0D, YDK 01 LP

Dichtebestimmungsset  
Betriebsanleitung



YDK 01, YDK 01-0D



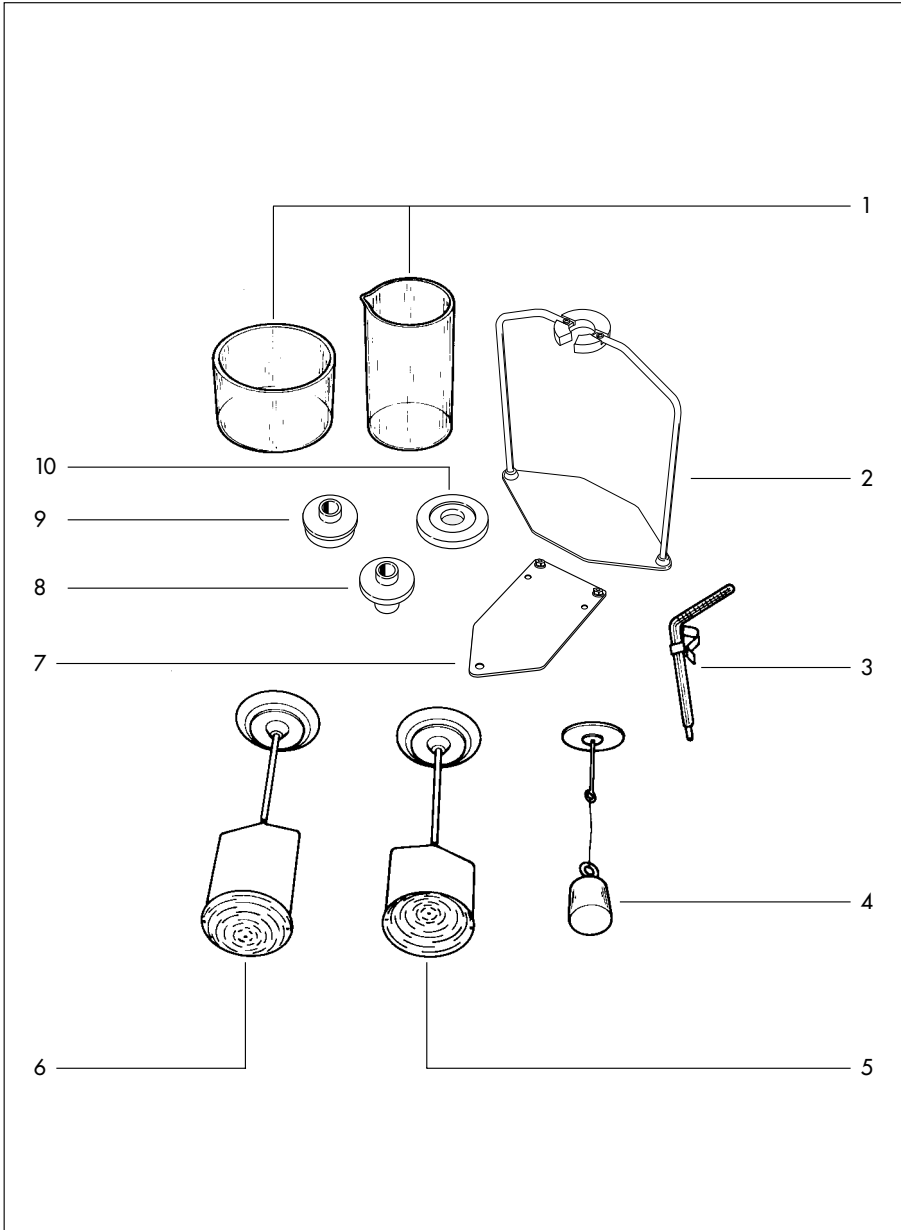
## Kit Components

## Die Bestandteile

## Contenu de la livraison

- 1 Beakers (76 mm Ø and 55 mm Ø)  
Bechergläser  
(Ø 76 mm u. Ø 55 mm)  
Béchers (Ø 76 mm et Ø 55 mm)
- 2 Bar frame  
Gestell  
Structure de suspension
- 3 Thermometer with retainer clip  
Thermometer mit  
Befestigungsklemme  
Thermomètre avec clip de fixation
- 4 Glass plummet  
Glassenkörper  
Plongeur calibré en verre
- 5 Sieve for immersing samples  
(pan hanger assembly)  
Tauchsieb  
Panier pour échantillons «flottants»  
(ensemble à suspendre)
- 6 Sample holder  
(pan hanger assembly)  
Tauchkorb  
Panier pour échantillons  
(ensemble à suspendre)
- 7 Metal platform  
Brücke  
Pont métallique
- 8 Gasket for ME models  
Dichtring für ME-Modelle  
Anneau d'étanchéité  
pour modèles ME
- 9 Adapters (3)  
Adapter (3 Stück)  
Adaptateurs (3)

# YDK 01 LP



## Kit Components

### Die Bestandteile

### Contenu de la livraison

- 1 Beakers (76 mm Ø and 55 mm Ø)  
Bechergläser  
(Ø 76 mm u. Ø 55 mm)  
Béchers (Ø 76 mm et Ø 55 mm)
- 2 Bar frame  
Gestell  
Structure de suspension
- 3 Thermometer with retainer clip  
Thermometer mit  
Befestigungsklemme  
Thermomètre avec clip de fixation
- 4 Glass plummet  
Glassenkörper  
Plongeur calibré en verre
- 5 Sieve for immersing samples  
(pan hanger assembly)  
Tauchsieb  
Panier pour échantillons «flottants»  
(ensemble à suspendre)
- 6 Sample holder  
(pan hanger assembly)  
Tauchkorb  
Panier pour échantillons  
(ensemble à suspendre)
- 7 Metal platform  
Brücke  
Pont métallique
- 8 Adapter for LA/LP models  
with an analytical draft shield  
Adapter für LA/LP-Waagen  
mit Analysenwindschutz  
Adaptateur pour modèles LA/LP  
avec chambre analytique
- 9 Adapter for LA/LP models  
without an analytical draft shield  
Adapter für LA/LP-Waagen  
ohne Analysenwindschutz  
Adaptateur pour modèles LA/LP  
sans chambre analytique
- 10 Compensating disk  
for LA/LP 3200 D models  
Ausgleichsscheibe für LA/LP 3200 D  
Disque de compensation  
pour modèles LA/LP 3200 D

# Inhalt

	Seite
Die Bestandteile	2
Inbetriebnahme	30
Verfahren zur Dichtebestimmung	35
Fehlerquellen und Korrekturmöglichkeiten	36
Dichtebestimmung	39
– von Festkörpern	39
– von Festkörpern mit einer Dichte $< 1 \text{ g/cm}^3$	40
– von Flüssigkeiten	43
Verwendung im eichpflichtigen Verkehr	44
Tabellen	45
Dichtewerte von $\text{H}_2\text{O}$	45
Dichtewerte von Ethanol	46
Anhang	47

Mit diesem Sartorius-Dichtebestimmungsset haben Sie ein hochwertiges Zubehör zu Ihrer elektronischen Waage erworben.

Sartorius erleichtert Ihnen mit diesem Zubehör die tägliche Arbeit.

Bitte lesen Sie die Aufstellungs- und Betriebsanleitung aufmerksam durch, bevor Sie mit dem Einrichten der Waage und der Arbeit mit dem Dichtebestimmungsset beginnen.

**Bei Ausrüstung Ihrer Waage mit einem Dichtebestimmungsprogramm können Sie die Berechnung der Rho-Werte vom Programm erledigen lassen.**

**Beachten Sie in diesem Fall bitte nur die Einrichtung- und Arbeitshinweise.**

Die Durchführung der Dichtebestimmung sollte dann erfolgen, wie in der Anleitung des Dichtebestimmungsprogramms beschrieben.

**Hinweis zu YDK 01-0D:**

**Das Dichtebestimmungsset YDK 01-0D kann für die eichpflichtige Dichtebestimmung von Flüssigkeiten verwendet werden.**

# Inbetriebnahme

## YDK 01, YDK 01-0D

Das Dichtebestimmungsset YDK 01, YDK 01-0D kann mit folgenden Waagen verwendet werden:

- ME-Waagen (Genius Serie)
- BA-Waagen mit Ablesbarkeit  $\leq 0,1$  mg
- BP-/LA-Waagen mit Ablesbarkeit  $\leq 0,1$  mg
- MC-Waagen mit Wägebereich ab 210 g (Micro Serie)
- RC-Waagen (Research Serie)

### Gestell vorbereiten

Bevor das Gestell auf die Waage aufgesetzt wird, muß der Adapter montiert werden.

Bitte wählen Sie den zur Waage gehörenden Adapter aus:

(ca.-Maße)



Ø 8 mm, Höhe 41,3 mm – ME-Waage  
mit Dichtring



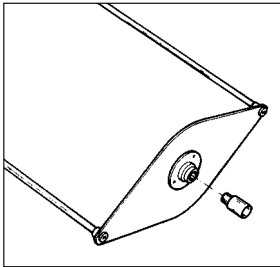
Ø 7 mm, Höhe 16,5 mm – BA-, BP-\*, MC- und  
RC-Waage



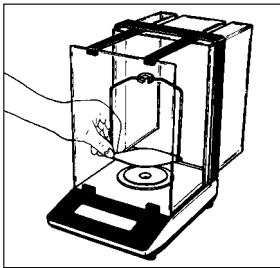
Ø 12 mm, Höhe 25,5 mm – BP-\*/LA-Waagen mit  
Ablesbarkeit  $\leq 0,1$  mg

\* = BP 210 D, BP 300 S, BP 210 S, BP 160 P,  
BP 110 S

\*\* = BP 211 D, BP 301 S, BP 221 S, BP 161 P,  
BP 121 S



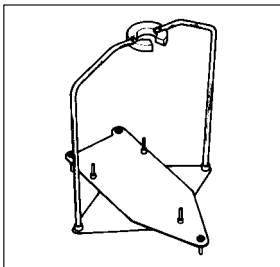
Schrauben Sie den entsprechenden Adapter von unten in den Gestellboden ein.



Nehmen Sie folgende Teile von der Waage:

- Waagschale
- Ausgleichsring bei BA/BP-Waagen
- Unterschale bei BA/BP-Waagen

Setzen Sie das Gestell in den Wägeraum ein. Die keilförmige Öffnung oben am Gestell soll in die Richtung weisen, aus der der Tauchkorb (Tauchsieb/ Glassenkörper) eingesetzt wird.



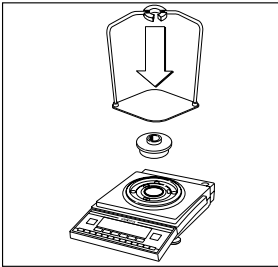
Die Brücke zur Aufnahme des Becherglases stellen Sie bitte durch das Gestell hindurch auf den Wägerauboden auf, bei BA-, BP- und ME-Waagen mit den weiter auseinanderliegenden Stiften nach unten, bei MC/RC-Waagen mit den inneren Stiften nach unten.

## YDK 01 LP

Das Dichtebestimmungsset YDK01LP kann für LA-/LP-Waagen mit 1 mg Ablesbarkeit verwendet werden.

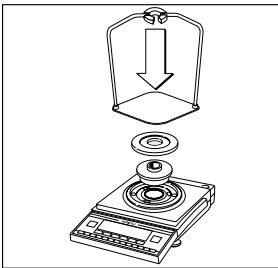
### Dichtebestimmungsset installieren

- Windschutzdeckel, Glasaufsatz, Waagschale und Unterschale von der Waage nehmen



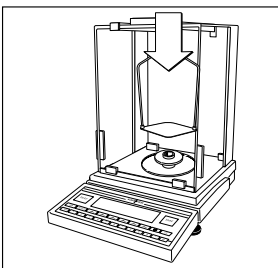
#### LA/LP-Waagen außer Modell LA/LP3200D

- Teile nacheinander aufsetzen:
  - Kurzer Adapter
  - Gestell
- Keilförmige Öffnung oben am Gestell soll in die Richtung weisen, aus der der Tauchkorb (Tauchsieb/Glassenkörper) eingesetzt wird



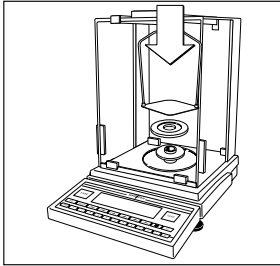
#### LA3200D, LP3200D-Waagen

- Teile nacheinander aufsetzen:
  - Kurzer Adapter
  - Ausgleichsscheibe
  - Gestell
- Keilförmige Öffnung oben am Gestell soll in die Richtung weisen, aus der der Tauchkorb (Tauchsieb/Glassenkörper) eingesetzt wird



#### LA/LP-Waagen außer Modell LA/LP3200D mit Windschutz YDS01LP

- Teile nacheinander aufsetzen:
  - Langer Adapter
  - Gestell
- Keilförmige Öffnung oben am Gestell soll in die Richtung weisen, aus der der Tauchkorb (Tauchsieb/Glassenkörper) eingesetzt wird

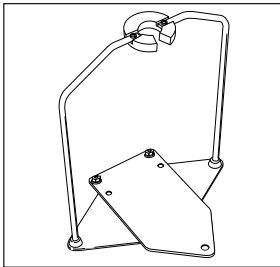


### LA3200D, LP3200D-Waagen mit Windschutz YDS01LP

- Teile nacheinander aufsetzen:
  - Langer Adapter
  - Ausgleichsscheibe
  - Gestell
- Keilförmige Öffnung oben am Gestell soll in die Richtung weisen, aus der der Tauchkorb (Tauchsieb/Glassenkörper) eingesetzt wird

### Becherglas/Tauchvorrichtung auswählen

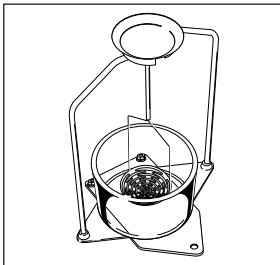
- Brücke zur Aufnahme des Becherglases durch das Gestell hindurch auf die Waage stellen

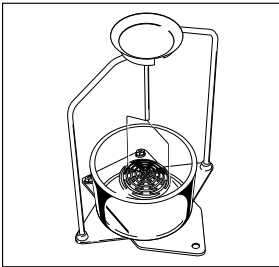


Die Auswahl des Becherglases und der Tauchvorrichtung richtet sich nach der zu bestimmenden Probe:

Dichtebestimmung von Festkörpern, Dichte höher als die der Tauchflüssigkeit:

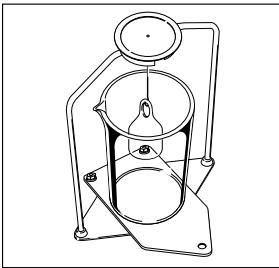
- Becherglas Ø 76 mm, Tauchkorb





Dichtebestimmung von Festkörpern, Dichte geringer als die der Tauchflüssigkeit:

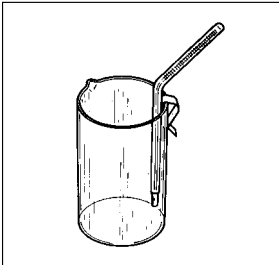
- Becherglas Ø 76 mm, Tauchsieb



Dichtebestimmung von Flüssigkeiten:

- Becherglas Ø 55 mm, Glassenkörper

### Thermometer



Das Thermometer wird bei Bedarf mit der Klemmspange am Glasrand befestigt.

# Verfahren zur Dichtebestimmung

Zur Bestimmung der Dichte eines Festkörpers wird bei der vorliegenden Meßeinrichtung das »Archimedische Prinzip« herangezogen:

Ein in eine Flüssigkeit getauchter Körper erfährt eine nach oben gerichtete Auftriebskraft. Diese Kraft ist dem Betrag nach gleich der Gewichtskraft der durch das Volumen des Körpers verdrängten Flüssigkeit.

Mit einer hydrostatischen Waage, die es gestattet den Festkörper sowohl in Luft als auch in Wasser zu wägen, ist es möglich

die **Dichte eines Festkörpers** zu bestimmen, wenn die Dichte des Auftriebsmediums bekannt ist:

$$\rho = \frac{W(a) \cdot \rho(fl)}{W(a) - W(fl)}$$

oder

die **Dichte einer Flüssigkeit** zu bestimmen, wenn das Volumen des Tauchkörpers bekannt ist.

$$\rho(fl) = \frac{G}{V}$$

Dabei ist:

$\rho$  = die Dichte des Festkörpers

$\rho(fl)$  = die Dichte der Flüssigkeit

$W(a)$  = das Gewicht des Festkörpers in Luft

$W(fl)$  = das Gewicht des Festkörpers in der Flüssigkeit

$G$  = der Auftrieb des Tauchkörpers

$V$  = das Volumen des Festkörpers

# Fehlerquellen und Korrekturmöglichkeiten

Die o.g. Formel zur Dichtebestimmung von Festkörpern ist für eine Bestimmung mit einer Genauigkeit von ein bis zwei Nachkommastellen ausreichend.

Abhängig von der geforderten Genauigkeit sind folgende Fehler- bzw. Korrekturfaktoren zu berücksichtigen.

- Temperaturabhängigkeit der Dichte der Auftriebsflüssigkeit
- Luftauftrieb bei der Wägung in Luft
- Änderung der Eintauchtiefe der Bügelschale beim Untertauchen der Probe
- Adhäsion der Flüssigkeit am Aufhängedraht der Bügelschale
- an der Probe anhaftende Luftbläschen

Die Fehler können teilweise rechnerisch korrigiert werden. Dazu ist es notwendig

- die Temperatur der Flüssigkeit zu messen und die Flüssigkeitsdichte entsprechend zu korrigieren  
und
- den Innendurchmesser des Gefäßes zur Aufnahme der Flüssigkeit fest vorzugeben.

## Temperaturabhängigkeit der Flüssigkeitsdichte

Die Dichte der Auftriebsflüssigkeit ist temperaturabhängig. Die Dichteänderung pro °C Temperaturänderung liegt in der Größenordnung

- 0,02% für destilliertes Wasser
- 0,1% für Alkohole und Kohlenwasserstoffe,

kann also in der 3. Nachkommastelle bei der Dichtebestimmung in Erscheinung treten.

Um die Flüssigkeitsdichte bzgl. der Temperatur zu korrigieren, wird folgendermaßen verfahren:

- die Temperatur der Flüssigkeit wird mit dem mitgelieferten Thermometer gemessen
- die Dichte der gebräuchlichsten Auftriebsflüssigkeiten Wasser und Ethanol bei der gemessenen Temperatur wird der mitgelieferten Tabelle entnommen und für  $\rho$  (fl) eingesetzt.

### **Luftauftrieb**

Ein Volumen von 1 cm<sup>3</sup> Luft hat in Abhängigkeit von der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und dem Luftdruck ein Gewicht um 1,2 mg. Bei der Wägung in Luft erfährt der Körper pro cm<sup>3</sup> seines Volumens einen entsprechenden Auftrieb. Der resultierende Fehler bei Nichtberücksichtigung des Luftauftriebs macht sich also in der dritten Nachkommastelle bemerkbar und sollte somit korrigiert werden.

Der Luftauftrieb wird in folgender Formel berücksichtigt

$$\rho = \frac{W(a) \cdot [\rho(\text{fl}) - \rho(a)]}{W(a) - W(\text{fl})} + \rho(a).$$

Dabei ist  $\rho(a) = 0,0012 \text{ g/cm}^3 =$  Dichte der Luft unter Normalbedingungen (Temperatur 20°C, Druck 101,325 kPa).

### **Eintauchtiefe**

Die Schale zur Aufnahme bzw. zum Untertauchen der Probe während der Wägung in Flüssigkeit ist an zwei Drähten starr befestigt und taucht etwa 30 mm tief in die Flüssigkeit ein. Da vor jeder Messung die Waage tariert wird, geht der zusätzliche Auftrieb durch den untergetauchten Teil der Meßanordnung nicht in die Bestimmung der Dichte ein.

Bei der Wägung in Flüssigkeit wird ein dem Volumen des Probekörpers entsprechendes Volumen an Flüssigkeit verdrängt. Dies führt dazu, daß die Befestigungsdrähte der Schale tiefer eintauchen und einen zusätzlichen Auftrieb erzeugen, der als Fehler bei der Dichtebestimmung eingeht.

Dieser Fehler wird bei Anwendung der nachfolgenden Formel korrigiert:

$$\rho = \frac{W(a) \cdot [\rho(\text{fl}) - \rho(a)]}{0,99983 [W(a) - W(\text{fl})]} + \rho(a)$$

Da der Korrekturfaktor ausschließlich durch die Geometrie der Anordnung bestimmt ist, muß unbedingt darauf geachtet werden, daß zur Dichtebestimmung eines Festkörpers nur das mitgelieferte Gefäß mit dem größeren Durchmesser (76 mm) benutzt wird. Eine Herleitung für diesen Korrekturfaktor erfolgt im Anhang.

### **Adhäsion der Flüssigkeit am Draht**

Beim Eintauchen des Tauchkorbes (des Tauchsiebes) in die Auftriebsflüssigkeit kriecht Flüssigkeit infolge von Adhäsionskräften am Draht hoch und erzeugt ein zusätzliches Gewicht in der Größenordnung von einigen Milligramm.

Da sich der Tauchkorb (das Tauchsieb) sowohl bei der Wägung in Luft als auch bei der Wägung in der Flüssigkeit im Auftriebsmedium befindet und zu Beginn jeder Messung die Waage tariert wird, kann der Einfluß des Flüssigkeitsmeniskus vernachlässigt werden.

Um die Oberflächenspannung und die Reibung der Flüssigkeit am Draht zu reduzieren, werden auf den Gefäßinhalt an dest. Wasser etwa drei Tropfen eines Tensids (Mirasol Antistatic oder herkömmliches Spülmittel) dazugegeben.

Durch das Hochkriechen der Auftriebsflüssigkeit am Draht kann es vorkommen, daß sich der Wägewert nach Erscheinen des »g« noch langsam verändert. Der Wägewert sollte deshalb direkt nach Auftreten des »g« abgelesen werden.

### **Luftblasen**

Der Meßfehler, der durch anhaftende Luftbläschen an der Probe entsteht, läßt sich folgendermaßen abschätzen. Bei einer Luftblase mit einem Durchmesser von 0,5 mm ergibt sich ein zusätzlicher Auftrieb bei der Wägung in Wasser kleiner als 0,1 mg. Bei einem Durchmesser von 1 mm beträgt der zusätzliche Auftrieb schon etwa 0,5 mg und bei einem Durchmesser von 2 mm etwa 4,2 mg. Größere Luftbläschen sollten also unbedingt mit einem feinen Pinsel o.ä. Hilfsmittel abgestreift werden.

Das Benetzen kann auch vorab in einem separaten Gefäß erfolgen.

# Dichtebestimmung

## Dichtebestimmung von Festkörpern

### Vorbereitung

(In der Beschreibung wird dest. Wasser verwendet.)

- Becherglas mit dem großen Durchmesser ( $\varnothing$  76 mm) mittig auf der Brücke ausrichten
- bis ca. 5 mm unter den Rand mit dest. Wasser füllen
- drei Tropfen Tensid in das dest. Wasser geben
- Thermometer mit der Klemme am Rand des Becherglases befestigen
- Tauchkorb mit Lösungsmittel reinigen (insbesondere die eintauchenden Drähte) und in das Gestell einhängen

### Meßablauf

#### Bestimmen des Probengewichtes in Luft

- Waage tarieren
- Probe auf die Gestellwaagschale auflegen und wägen
- Gewichtswert  $W(a)$  notieren

#### Bestimmung des Auftriebs $G = W(a) - W(fl)$

- Waage mit der Probe auf der Gestellwaagschale tarieren
- Probe in den Tauchkorb legen<sup>1)</sup>
- den Absolutwert des mit negativem Vorzeichen angezeigten Auftriebs  $G$  notieren

<sup>1)</sup> (wird dazu die Bügelschale aus der Meßvorrichtung entfernt, unbedingt darauf achten, daß beim Wiedereintauchen in die Flüssigkeit keine zusätzlichen Luftbläschen anhaften; besser Probe mit Pinzette o.a. direkt aufgeben)

## Berechnen der Dichte

- Temperatur ablesen
- Dichtewert  $\rho$  (fl) der Tabelle im Anhang unter Berücksichtigung der abgelesenen Temperatur entnehmen
- Dichte nach folgender Formel berechnen:

$$\rho = \frac{W(a) \cdot [\rho(\text{fl}) - 0,0012 \text{ g/cm}^3]}{0,99983 G} + 0,0012 \text{ g/cm}^3$$

$W(a)$  und  $G$  in g;  $\rho(\text{fl})$  in  $\text{g/cm}^3$

$$G = W(a) - W(\text{fl})$$

## Dichtebestimmung von Festkörpern mit einer Dichte kleiner als $1 \text{ g/cm}^3$

Bei Festkörpern mit einer Dichte kleiner als  $1 \text{ g/cm}^3$  ist eine Dichtebestimmung mit zwei unterschiedlichen Methoden möglich.

### Methode 1:

Als Auftriebsflüssigkeit wird weiterhin dest. Wasser verwendet. Es wird die Bügelschale mit der umgedrehten Siebschale (Tauchsieb) verwendet.

Die Probe wird zur Bestimmung des Auftriebs zunächst auf die Wasseroberfläche gebracht und anschließend mit dem zuvor herausgenommenen Tauchsieb untergetaucht.

Mit einer Pinzette o.ä. ist es aber auch möglich, die Probe direkt unter die Siebschale zu geben (ohne das Tauchsieb aus dem Gestell herauszunehmen).

Ist der Auftrieb der zu messenden Substanz größer als das Gewicht des Tauchsiebes, muß das Tauchsieb durch ein zusätzliches Gewicht auf der Gestellwaagschale beschwert werden.

## Methode 2:

Als Auftriebsmedium wird eine Flüssigkeit mit geringerer Dichte als die des zu bestimmenden Festkörpers verwendet. Gute Erfahrungen wurden mit Ethanol (bis zu einer Dichte von ca.  $0,8 \text{ g/cm}^3$ ) gemacht.

Der Dichtewert  $\rho$  (fl) von Ethanol kann der Tabelle im Anhang unter Berücksichtigung der abgelesenen Temperatur entnommen werden.

Bei Verwendung von Ethanol macht sich der negative Einfluß der Oberflächenspannung der Flüssigkeit auf die Meßergebnisse weniger bemerkbar als bei dest. Wasser. Eine Zugabe von Tensiden ist daher nicht erforderlich.

### **Bei der Arbeit mit Ethanol müssen unbedingt die geltenden Sicherheitsbestimmungen beachtet werden.**

Die zweite Methode sollte angewendet werden, wenn die Dichte des Festkörpers sich nur geringfügig von der des dest. Wassers unterscheidet. Da die Probe im Wasser schwimmt, kann es bei Anwendung der ersten Methode zu Meßfehlern kommen. Die Anwendung der zweiten Methode ist auch dann sinnvoll, wenn die Dichte eines Granulats bestimmt werden soll. Bei der ersten Methode ist es in diesem Fall schwierig das Granulat vollständig unter die Siebschale zu bringen.

Von der Verwendung von Ethanol sollte abgesehen werden, wenn die Probe angegriffen (gelöst) werden könnte.

## **Vorbereitung**

(In der Beschreibung wird dest. Wasser verwendet.)

- Becherglas mit dem großen Durchmesser ( $\varnothing 76 \text{ mm}$ ) mittig auf der Brücke ausrichten
- bis ca. 5 mm unter den Rand mit dest. Wasser füllen
- drei Tropfen Tensid in das dest. Wasser geben
- Thermometer mit der Klemme am Rand des Becherglases befestigen
- Tauchsieb mit Lösungsmittel reinigen (insbesondere die eintauchenden Drähte) und in das Gestell einhängen

## Meßablauf

### Bestimmen des Probengewichtes in Luft

- Waage tarieren
- Probe auf die Gestellwaagschale auflegen und wägen
- Gewichtswert  $W(a)$  notieren

### Bestimmung des Auftriebs $G = W(a) - W(fl)$

- Waage wieder tarieren (mit der Probe auf der Gestellwaagschale)
- Probe unter das Tauchsieb legen bzw. mit diesem unter die Flüssigkeitsoberfläche drücken<sup>1)</sup>
- mit negativem Vorzeichen angezeigten Auftrieb  $G$  notieren

### Berechnen der Dichte

- Temperatur ablesen
- Dichtewert  $\rho(fl)$  der Tabelle im Anhang unter Berücksichtigung der abgelesenen Temperatur entnehmen
- Dichte nach folgender Formel berechnen:

$$\rho = \frac{W(a) \cdot \rho(fl)}{0,99983 G} + 0,0012 \text{ g/cm}^3$$

$W(a)$  und  $G$  in g;  $\rho(fl)$  in  $\text{g/cm}^3$

$$G = W(a) - W(fl)$$

<sup>1)</sup> (wird dazu die Bügelschale aus der Meßvorrichtung entfernt, unbedingt darauf achten, daß beim Wiedereintauchen in die Flüssigkeit keine zusätzlichen Luftbläschen anhaften; besser Probe mit Pinzette o.ä. direkt aufgeben)

## Bestimmung der Dichte von Flüssigkeiten

### Vorbereitung

- Becherglas mit dem kleinen Durchmesser ( $\varnothing$  55 mm) mittig auf der Brücke ausrichten
- Thermometer mit der Klemme am Rand des Becherglases befestigen

### Meßablauf

- Die Kegelscheibe mit dem an einem Draht hängenden Glassenkörper in das Gestell einhängen
- Waage tarieren
- Becherglas mit der zu bestimmenden Flüssigkeit bis 10 mm über den Glassenkörper füllen

### Bestimmung des Auftriebs $G = W(a) - W(fl)$

Der von der Waage angezeigte negative Gewichtswert entspricht dem Auftrieb, den der Senkkörper in der Flüssigkeit erfährt.

- mit negativem Vorzeichen angezeigten Auftrieb  $G$  notieren
- Temperatur ablesen und notieren

### Berechnen der Dichte

- Dichte nach folgender Formel berechnen:

$$\rho (fl) = \frac{G}{V}$$

$G$  in g;  $V$  in  $\text{cm}^3$

Der Glastauchkörper des Dichtebestimmungssets hat ein Volumen von  $10 \text{ cm}^3$ .

Die aktuelle Dichte der Flüssigkeit (in  $\text{g}/\text{cm}^3$ ) erhält man sehr einfach durch Versetzen des Kommas in der Waagenanzeige um eine Dezimalstelle nach links.

# Verwendung im eichpflichtigen Verkehr

Eine Verwendung im eichpflichtigen Verkehr darf mit dem Dichtebestimmungsset YDK 01-0D nur für die Dichtebestimmung von Flüssigkeiten erfolgen.

Eingesetzt werden hierbei zusätzlich zu Gestell, Adapter und Brücke aus dem Dichtebestimmungsset YDK 01-0D die Teile

- Becherglas:  $\varnothing$  55 mm
- Glaskörper Material: AR-Glas  
Volumen: 10 cm<sup>3</sup>  
aufgehängt an Konstantandraht
- geeichtes Thermometer: Ausführung nach EO 14.1  
Skala von 15–25°C  
Ablesbarkeit 0,1°C  
Genauigkeit  $\pm 0,1^\circ\text{C}$

# Tabellen

## Dichtewerte von H<sub>2</sub>O bei Temperatur T (in °C)

T/°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
10.	0,99973	0,99972	0,99971	0,99970	0,99969	0,99968	0,99967	0,99966	0,99965	0,99964
11.	0,99963	0,99962	0,99961	0,99960	0,99959	0,99958	0,99957	0,99956	0,99955	0,99954
12.	0,99953	0,99951	0,99950	0,99949	0,99948	0,99947	0,99946	0,99944	0,99943	0,99942
13.	0,99941	0,99939	0,99938	0,99937	0,99935	0,99934	0,99933	0,99931	0,99930	0,99929
14.	0,99927	0,99926	0,99924	0,99923	0,99922	0,99920	0,99919	0,99917	0,99916	0,99914
15.	0,99913	0,99911	0,99910	0,99908	0,99907	0,99905	0,99904	0,99902	0,99900	0,99899
16.	0,99897	0,99896	0,99894	0,99892	0,99891	0,99889	0,99887	0,99885	0,99884	0,99882
17.	0,99880	0,99879	0,99877	0,99875	0,99873	0,99871	0,99870	0,99868	0,99866	0,99864
18.	0,99862	0,99860	0,99859	0,99857	0,99855	0,99853	0,99851	0,99849	0,99847	0,99845
19.	0,99843	0,99841	0,99839	0,99837	0,99835	0,99833	0,99831	0,99829	0,99827	0,99825
20.	0,99823	0,99821	0,99819	0,99817	0,99815	0,99813	0,99811	0,99808	0,99806	0,99804
21.	0,99802	0,99800	0,99798	0,99795	0,99793	0,99791	0,99789	0,99786	0,99784	0,99782
22.	0,99780	0,99777	0,99775	0,99773	0,99771	0,99768	0,99766	0,99764	0,99761	0,99759
23.	0,99756	0,99754	0,99752	0,99749	0,99747	0,99744	0,99742	0,99740	0,99737	0,99735
24.	0,99732	0,99730	0,99727	0,99725	0,99722	0,99720	0,99717	0,99715	0,99712	0,99710
25.	0,99707	0,99704	0,99702	0,99699	0,99697	0,99694	0,99691	0,99689	0,99686	0,99684
26.	0,99681	0,99678	0,99676	0,99673	0,99670	0,99668	0,99665	0,99662	0,99659	0,99657
27.	0,99654	0,99651	0,99648	0,99646	0,99643	0,99640	0,99637	0,99634	0,99632	0,99629
28.	0,99626	0,99623	0,99620	0,99617	0,99614	0,99612	0,99609	0,99606	0,99603	0,99600
29.	0,99597	0,99594	0,99591	0,99588	0,99585	0,99582	0,99579	0,99576	0,99573	0,99570
30.	0,99567	0,99564	0,99561	0,99558	0,99555	0,99552	0,99549	0,99546	0,99543	0,99540

## Dichtewerte von Ethanol bei Temperatur T (in °C)

T/°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
10.	0,79784	0,79775	0,79767	0,79758	0,79750	0,79741	0,79733	0,79725	0,79716	0,79708
11.	0,79699	0,79691	0,79682	0,79674	0,79665	0,79657	0,79648	0,79640	0,79631	0,79623
12.	0,79614	0,79606	0,79598	0,79589	0,79581	0,79572	0,79564	0,79555	0,79547	0,79538
13.	0,79530	0,79521	0,79513	0,79504	0,79496	0,79487	0,79479	0,79470	0,79462	0,79453
14.	0,79445	0,79436	0,79428	0,79419	0,79411	0,79402	0,79394	0,79385	0,79377	0,79368
15.	0,79360	0,79352	0,79343	0,79335	0,79326	0,79318	0,79309	0,79301	0,79292	0,79284
16.	0,79275	0,79267	0,79258	0,79250	0,79241	0,79232	0,79224	0,79215	0,79207	0,79198
17.	0,79190	0,79181	0,79173	0,79164	0,79156	0,79147	0,79139	0,79130	0,79122	0,79113
18.	0,79105	0,79096	0,79088	0,79079	0,79071	0,79062	0,79054	0,79045	0,79037	0,79028
19.	0,79020	0,79011	0,79002	0,78994	0,78985	0,78977	0,78968	0,78960	0,78951	0,78943
20.	0,78934	0,78926	0,78917	0,78909	0,78900	0,78892	0,78883	0,78874	0,78866	0,78857
21.	0,78849	0,78840	0,78832	0,78823	0,78815	0,78806	0,78797	0,78789	0,78780	0,78772
22.	0,78763	0,78755	0,78746	0,78738	0,78729	0,78720	0,78712	0,78703	0,78695	0,78686
23.	0,78678	0,78669	0,78660	0,78652	0,78643	0,78635	0,78626	0,78618	0,78609	0,78600
24.	0,78592	0,78583	0,78575	0,78566	0,78558	0,78549	0,78540	0,78532	0,78523	0,78515
25.	0,78506	0,78497	0,78489	0,78480	0,78472	0,78463	0,78454	0,78446	0,78437	0,78429
26.	0,78420	0,78411	0,78403	0,78394	0,78386	0,78377	0,78368	0,78360	0,78351	0,78343
27.	0,78334	0,78325	0,78317	0,78308	0,78299	0,78291	0,78282	0,78274	0,78265	0,78256
28.	0,78248	0,78239	0,78230	0,78222	0,78213	0,78205	0,78196	0,78187	0,78179	0,78170
29.	0,78161	0,78153	0,78144	0,78136	0,78127	0,78118	0,78110	0,78101	0,78092	0,78084
30.	0,78075	0,78066	0,78058	0,78049	0,78040	0,78032	0,78023	0,78014	0,78006	0,77997

# Anhang

Zum besseren Verständnis soll hier die Herleitung der verwendeten Formeln und des Korrekturfaktors erfolgen.

## Grundlagen

$$\text{Dichte} = \frac{\text{Masse (g)}}{\text{Volumen (cm}^3\text{)}}$$

Das Archimedische Gesetz:

Ein in eine Flüssigkeit getauchter Körper erfährt eine Auftriebskraft (G). Diese Kraft ist dem Betrag nach gleich der Gewichtskraft der durch das Volumen des Körpers verdrängten Flüssigkeit.

Das Volumen eines getauchten Körpers V (k) ist gleich dem Volumen der verdrängten Flüssigkeit V (fl).

Es werden bestimmt:

1. Das Gewicht in der Luft W (a)
2. Auftrieb des Körpers in der Flüssigkeit (G)

Die Dichte eines Körpers ist:

$$\rho = \frac{\text{Masse Körper}}{\text{Volumen Körper}} = \frac{W (a)}{V (k)} = \frac{W (a)}{V (fl)}$$

Ist die Dichte  $\rho$  (fl) der verdrängten Flüssigkeit bekannt, so ergibt sich mit

$$V (fl) = \frac{\text{Masse (fl)}}{\rho (fl)} = \frac{G}{\rho (fl)}$$

Damit folgt:

$$\rho = \frac{W (a) \cdot \rho (fl)}{G}$$

## Berechnung

Die **Dichte eines Festkörpers** errechnet sich aus dem Verhältnis von  $\rho : W (a) = \rho (fl) : W (a) - W (fl)$

Daraus ergibt sich:

$$\rho = \frac{W (a) \cdot \rho (fl)}{W (a) - W (fl)}$$

$W (a) - W (fl) = G = \text{Auftrieb der Probe}$

Die **Dichte einer Flüssigkeit** wird ermittelt aus dem Auftrieb des Tauchkörpers mit definiertem Volumen.

$$\rho (fl) = \frac{G}{V}$$

Dabei ist:

$\rho$  = die Dichte des Festkörpers

$\rho (fl)$  = die Dichte der Flüssigkeit

$W (a)$  = das Gewicht des Festkörpers in Luft

$W (fl)$  = das Gewicht des Festkörpers in der Flüssigkeit

$G$  = der Auftrieb des Tauchkörpers

$V$  = das Volumen des Festkörpers

### Korrekturen

Zur Korrektur der Dichtebestimmung bei Festkörpern werden berücksichtigt:

– **der Luftauftrieb, den die Probe bei der Wägung in Luft erfährt.**

Dabei ist  $\rho (a) = 0,0012 \text{ g/cm}^3$  = Dichte der Luft unter Normalbedingungen (Temperatur 20°C, Druck 101,325 kPa);

Daraus folgt:

$$\rho = \frac{W (a) \cdot [\rho (fl) - \rho (a)]}{W (a) - W (fl)} + \rho (a)$$

– **das Eintauchen der Drähte von Tauchkorb bzw. Tauchsieb**

Bei Verwendung des vorliegenden Dichtebestimmungssets muß der Auftrieb  $G = [W (a) - W (fl)]$  mit dem Faktor 0,99983 (Korr) multipliziert werden.

Erweiterte Formel:

$$\rho = \frac{W (a) \cdot [\rho (fl) - \rho (a)]}{[W (a) - W (fl)] \cdot \text{Korr}} + \rho (a)$$

Dieser Faktor ergibt sich durch Berücksichtigung des Auftriebs der tiefer eintauchenden Drähte beim Einbringen der Probe.

### Herleitung des Korrekturfaktors:

Der Auftrieb durch die eintauchenden Drähte ist abhängig von der Höhe »h«, um die die Flüssigkeit beim Eintauchen der Probe steigt.

Dabei entspricht das Probenvolumen  $V(\text{pr})$  dem Flüssigkeitsvolumen  $V(\text{fl})$ .  
Das Probenvolumen wird durch Messen des Auftriebs ermittelt. Es ist also:

$$V(\text{pr}) = V(\text{fl})$$

oder

$$\frac{W(\text{a}) - W(\text{fl})}{\rho(\text{fl})} = \frac{\pi \cdot h \cdot D^2}{4}$$

$$\text{Dann ist } h = \frac{4 \cdot [W(\text{a}) - W(\text{fl})]}{\rho(\text{fl}) \cdot \pi \cdot D^2}$$

Der durch die eintauchenden Drähte verursachte Auftrieb »A« ist:

$$A = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \cdot \rho(\text{fl})$$

Bei Einsetzen von »h« ergibt sich:

$$A = \frac{2 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot 4 \cdot [W(\text{a}) - W(\text{fl})] \cdot \rho(\text{fl})}{4 \cdot \rho(\text{fl}) \cdot \pi \cdot D^2}$$

$$A = 2 \cdot \frac{d^2}{D^2} \cdot [W(\text{a}) - W(\text{fl})]$$

Zur Berücksichtigung des Drahtauftriebes ist der ermittelte Auftrieb der Probe:  
 $G = W(\text{a}) - W(\text{fl})$  um den durch die Drähte verursachten Auftrieb »A«  
zu verringern.

Der in die Berechnung zu übernehmende Auftriebswert »A(korr)« ist dann:  $G - \text{»A«}$ .

$$A(\text{korr}) = [W(\text{a}) - W(\text{fl})] - 2 \cdot \frac{d^2}{D^2} \cdot [W(\text{a}) - W(\text{fl})]$$

$$A(\text{korr}) = \left[ 1 - 2 \cdot \frac{d^2}{D^2} \right] \cdot [W(\text{a}) - W(\text{fl})]$$

Im Dichtebestimmungsset wird für die Dichtebestimmung von Festkörpern das  
Becherglas mit dem großen Durchmesser ( $\varnothing 76 \text{ mm}$ ) und eine Tauchvorrichtung mit  
2 Drähten mit dem Durchmesser  $0,7 \text{ mm}$  benutzt.

Bei Einsetzen der Werte für  $d = 0,7 \text{ mm}$  und  $D = 76 \text{ mm}$  ergibt sich der  
Korrekturfaktor aus:

$$1 - 2 \cdot \frac{0,7^2}{76^2} = \mathbf{0,99983}$$

Bei Verwendung von Einrichtungen mit anderen Abmessungen ist der  
Korrekturfaktor entsprechend neu zu errechnen.

## Sartorius AG

✉ 37070 Goettingen, Germany

🏠 Weender Landstrasse 94-108, 37075 Goettingen, Germany

☎ (+49/551) 308-0, 📠 (+49/551) 308-32 89

Internet: <http://www.sartorius.com>

Copyright by Sartorius AG, Goettingen, Germany.  
All rights reserved. No part of this publication  
may be reprinted or translated in any form or by any means  
without the prior written permission of Sartorius AG.

The status of the information, specifications and  
illustrations in this manual is indicated by the date  
given below. Sartorius AG reserves the right to  
make changes to the technology, features,  
specifications and design of the equipment  
without notice.

Status: June 2001, Sartorius AG, Goettingen, Germany