

# **KERN**

**KERN & Sohn GmbH**

Ziegelei 1

D-72336 Balingen

E-mail: [info@kern-sohn.com](mailto:info@kern-sohn.com)

Tel.: +49-[0]7433- 9933-0

Faks: +49-[0]7433-9933-149

Internet: [www.kern-sohn.com](http://www.kern-sohn.com)

## **Gebruiksaanwijzing Set voor dichtheidsbepalingen**

### **KERN PBS-A03/A04**

Versie 1.4

07/2016

NL



**PBS-A03/A04-BA-nl-1614**



# KERN PBS-A03/A04

Versie 1.4 07/2016

**Gebruiksaanwijzing**

**Set voor dichtheidsbepalingen voor precisieweegschalen**

**KERN PBJ/PBS**

## Inhoudsopgave:

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INLEIDING</b> .....   | <b>3</b>  |
| 1.1      | LEVERINGSOMVANG.....   | 3         |
| 1.2      | AFMETINGEN.....  | 5         |
| <b>2</b> | <b>INSTALLATIE VAN DE SET VOOR DICHTHEIDSBEPALINGEN</b> .....                | <b>6</b>  |
| <b>3</b> | <b>DE REGEL VAN DICHTHEIDSBEPALING</b> .....                                 | <b>8</b>  |
| 3.1      | INVLOEDGROOTHEDEN EN FOUTBRONNEN.....  | 9         |
| <b>4</b> | <b>DICHTHEIDSBEPALING VAN VASTE STOFFEN</b> .....                            | <b>10</b> |
| ☞        | DE MODUS DICHTHEIDSBEPALING VOOR VASTE STOFFEN OPVRAGEN .....                | 10        |
| ☞        | PARAMETER "DICHTHEID VAN HULPVLOEISTOF" INVOEREN .....                       | 12        |
| ☞        | DE MODUS DICHTHEIDSBEPALING VOOR VASTE STOFFEN OPVRAGEN .....                | 14        |
| <b>5</b> | <b>DICHTHEIDSBEPALING VAN VLOEISTOFFEN</b> .....                             | <b>17</b> |
| 5.1      | HET VOLUMEN VAN HET ZINKLOOD BEPALEN.....                                    | 17        |
| 5.2      | DICHTHEIDSBEPALING BIJ EEN BEKEND VOLUMEN VAN HET ZINKLOOD .....             | 19        |
| ☞        | DE MODUS DICHTHEIDSBEPALING VOOR VLOEISTOFFEN OPVRAGEN .....                 | 19        |
| ☞        | HET VOLUMEN VAN DE ZINKLOOD INVOEREN .....                                   | 21        |
| ☞        | DICHTHEIDSBEPALING VAN MEETVLOEISTOF .....                                   | 23        |
| <b>6</b> | <b>VOORWAARDEN VOOR PRECIEZE METINGEN</b> .....                              | <b>26</b> |
| 6.1      | RESULTATEN OMREKENEN .....   | 26        |
| 6.2      | DE FACTOREN DIE OP DE METINGFOUT INVLOED HEBBEN .....                        | 27        |
| 6.2.1    | Luchtbellen.....   | 27        |
| 6.2.2    | Het monster van de vaste stof .....  | 27        |
| 6.2.3    | Vloeistoffen .....   | 27        |
| 6.2.4    | De oppervlakte.....  | 27        |
| 6.2.5    | Glazen zinklood voor vloeistofmetingen .....                                 | 27        |
| 6.3      | ALGEMENE INFORMATIE .....  | 28        |
| 6.3.1    | Dichtheid/ relatieve dichtheid.....  | 28        |
| 6.3.2    | Drijf van de weegschaalaanduiding .....                                      | 28        |
| <b>7</b> | <b>TABEL VAN VLOEISTOFDICHTHEID</b> .....                                    | <b>29</b> |
| <b>8</b> | <b>ONZEKERHEID VAN DE METING BIJ DE DICHTHEIDSBEPALING VAN VASTE STOFFEN</b> | <b>30</b> |
| <b>9</b> | <b>GEBRUIKSOPMERKINGEN</b> .....   | <b>31</b> |

# 1 Inleiding

| KERN PBS-A03   | KERN PBS-A04   |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>De set voor dichtheidsbepalingen serie <b>KERN PBJ/PBS</b> met een groot weegschaalplateau (180 x 170 mm).</li></ul>                   | <ul style="list-style-type: none"><li>De set voor dichtheidsbepalingen serie <b>KERN PBJ/PBS</b> met een klein weegschaalplateau (105 x 105 mm).</li></ul>                   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>Ingeval van toepassing van de set voor dichtheidsbepalingen worden de mogelijkheden van de weegschaal kleiner met ca. 100 g.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>Ingeval van toepassing van de set voor dichtheidsbepalingen worden de mogelijkheden van de weegschaal kleiner met ca. 290 g.</li></ul> |



- Om een betrouwbaar en storingvrij bedrijf te verzekeren dient de gebruiksaanwijzing nauwkeurig te worden gelezen.
- In onderhavige gebruiksaanwijzing worden enkel werkzaamheden beschreven die met de set voor dichtheidsbepalingen worden uitgevoerd. Verdere informatie betreffende de weegschaalbediening bevindt zich in de gebruiksaanwijzing van elke weegschaal.

## 1.1 Leveringsomvang



Afb. 1: Geïnstalleerde set voor dichtheidsbepalingen **KERN PBS-A04**

1. De greep van de schaal



2. Universele schaal



3. Onderbouw van de container



4. Container



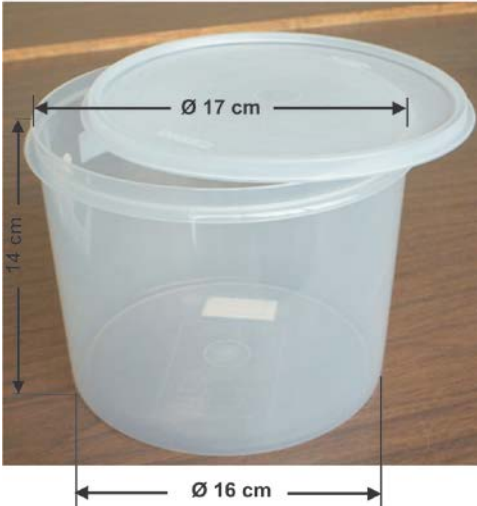
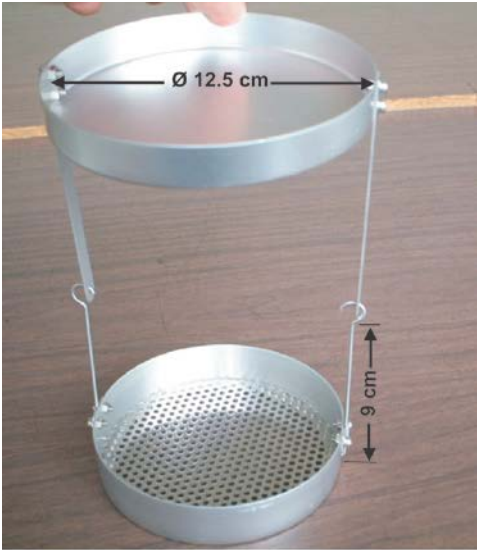
5. Schaalsteun, 4 stuks



6. Glazen zinklood



## 1.2 Afmetingen



## 2 Installatie van de set voor dichtheidsbepalingen

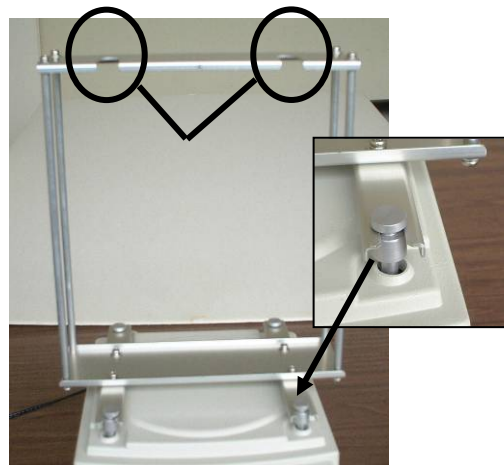


- Indien nodig dient het vereist justeren vóór de installatie van de set voor dichtheidsbepalingen worden doorgevoerd.
- Bij de geïnstalleerde set voor dichtheidsbepalingen is correct justeren niet mogelijk.
- Om te justeren dient de set voor dichtheidsbepalingen te worden afgenomen en het standaard weegschaalplateau te worden opgezet.
- Op onderstaande afbeeldingen is de set voor dichtheidsbepalingen **KERN PBS-A03** op een weegschaal met een groot weegschaalplateau getoond. De set voor dichtheidsbepalingen **KERN PBS-A04** dient op dezelfde manier te worden geïnstalleerd.

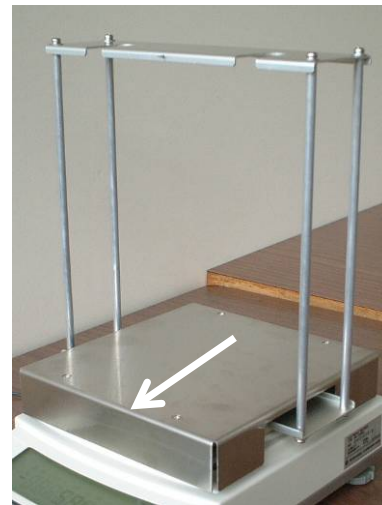
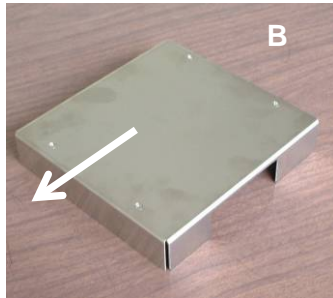
1. De weegschaal uitzetten en van de voeding scheiden.
2. Het standaard weegschaalplateau verwijderen.
3. De steunen van het standaard weegschaalplateau verwijderen en door de schaalsteunen van de set voor dichtheidsbepalingen vervangen.



4. De greep van de schaal in de vier steunen plaatsen, conform de afbeelding. Men dient daarbij op de juiste positie te letten, de openingen in het bovenste deel dienen naar voren te zijn gericht.



5. Onderbouw voor de container zo plaatsen dat hij de greep van de schaal niet aanraakt



6. De container centraal op de onderbouw stellen.



7. De universele schaal conform de afbeelding ophangen. Men dient daarbij op te letten dat zij de container niet aanraakt.



### 3 De regel van dichtheidsbepaling

Drie belangrijke natuurkundige grootheden zijn: het **volume** en het **gewicht** van de lichamen als ook de **dichtheid** van stoffen. Het gewicht en het volume worden met elkaar door de dichtheid gekoppeld.

**De dichtheid [  $\rho$  ] is de verhouding van het gewicht [  $m$  ] ten opzichte van het volumen [  $V$  ]**

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

De dichtheid wordt in het SI uitgedrukt in kilogram per kubieke meter ( $\text{kg/m}^3$ ).  $1 \text{ kg/m}^3$  is gelijk aan de dichtheid van een homogeen lichaam dat bij het gewicht van  $1 \text{ kg}$  het volumen van  $1 \text{ m}^3$  inneemt.

Andere vaak gebruikte eenheden zijn:

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

Door het gebruik van onze set voor dichtheidsbepalingen in combinatie met onze weegschalen KERN PBS/PBJ kan men snel en zeker de dichtheid van vaste en vloeistoffen bepalen. De werkwijze van de set voor dichtheidsbepaling gebruikt de “**wet van Archimedes**”:

DE OPWAARTSE KRACHT IS EEN KRACHT. ZE TAST EEN LICHAAM AAN DAT IN VLOEISTOF IS ONDERGEDOMPELD. DE OPWAARTSE KRACHT IS EVEN GROOT ALS HET GEWICHT VAN DE VERPLAATSTE vloeistof. DE OPWAARTSE KRACHT WERKT LOODRECHT NAAR BOVEN.

Daardoor wordt de dichtheid volgens de volgende formules berekend:

#### Bij de dichtheidsbepaling van vaste stoffen

Met behulp van onze weegschalen kan men vaste stoffen zowel in de lucht [  $A$  ] als ook in het water [  $B$  ] wegen. Indien de dichtheid van het verplaatste medium [  $\rho_o$  ] bekend is, wordt de dichtheid van vaste stof [  $\rho$  ] als volgt berekend:

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

$\rho$  = Monsterdichtheid

$a$  = Het monstergewicht in de lucht

$b$  = Het monstergewicht in de meetvloeistof

$\rho_o$  = De dichtheid van meetvloeistof



De dichtheid van een vloeistof wordt bepaald met behulp van zinklood waarvan het volumen [ V ] bekend is. Het zinklood wordt zowel in de lucht [ A ] als ook in de meetvloeistof [ B ] gewogen.

Conform de wet van Archimedes werkt op een ondergedompeld lichaam een opwaartse kracht [ G ]. Deze kracht is even groot als de gewichtskraft (het gewicht) van de verplaatste vloeistof.

Het volumen [ V ] van het ondergedompelde lichaam is gelijk aan het volumen van de verplaatste vloeistof.

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

G = Opwaartse kracht van zinklood

Opwaartse kracht van zinklood =

Het gewicht van zinklood in de lucht [ A ] - Het gewicht van zinklood in de meetvloeistof [ B ]

Dus:

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

$\rho$  = Dichtheid van de meetvloeistof

A = Het gewicht van het zinklood in de lucht

B = Het gewicht van het zinklood in de meetvloeistof

V = Volumen van het zinklood\*

$\rho_L$  = Dichtheid van de lucht (0,0012 g/cm<sup>3</sup>)

\* Indien het volumen van het zinklood niet bekend is, kan het worden bepaald, bv. in water, en als volgt worden berekend, zie hoofdstuk 5.1.

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

V = Volumen van zinklood

A = Het gewicht van het zinklood in de lucht

B = Het gewicht van het zinklood in water

$\rho_w$  = Waterdichtheid

### 3.1 Invloedgrootheden en foutbronnen

⇒ Luchtdruk

⇒ Temperatuur

⇒ Afwijking van het volumen van het zinklood ( $\pm 0,005 \text{ cm}^3$ )

⇒ Oppervlaktespanning van de vloeistof

⇒ Luchtbellen

⇒ Indompeldiepte van de monsterschaal of zinklood

⇒ Porositeit van de vaste stof

## 4 Dichtheidsbepaling van vaste stoffen

Bij de dichtheidsbepaling van de vaste stoffen dient de vaste stof eerst in de lucht te worden gewogen en vervolgens in de hulpvloeistof met bekende dichtheid. Uit het verschil van de gewichten vloeit de opwaartse kracht voort die door het programma naar de dichtheid wordt omgerekend.

Als hulpvloeistof worden meestal gedistilleerd water of ethanol gebruikt, dichtheidstabellen, zie hoofdstuk 7.



- ⇒ De weegschaal voorbereiden zoals omschreven in hoofdstuk 2 “Installatie van de set voor dichtheidsbepalingen”
- ⇒ De hulpvloeistof in de container gieten. De invulhoogte dient ca.  $\frac{3}{4}$  van het volumen te bedragen. Zolang de vloeistof- en instrumententemperatuur aanpassen totdat het constant wordt. De opwarmingstijd van de weegschaal in aanmerking nemen.

### De modus dichtheidsbepaling voor vaste stoffen opvragen

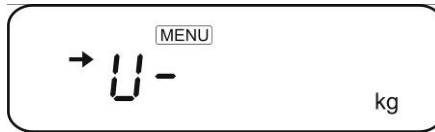
- ⇒ De weegschaal aanzetten.




- ⇒ In de weegmodus de toets  meermaals drukken totdat de letter “U” blinkt.





⇒ De toets  drukken.




De toets  meermaals drukken totdat de melding “U-▼d” verschijnt. Vanaf dat moment staat de weegschaal in de modus dichtheidsbepaling van vaste stoffen.



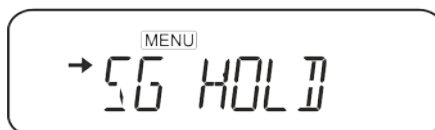
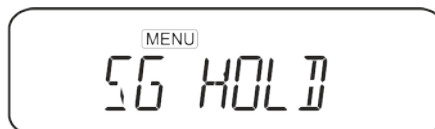
⇒ De toets  drukken, actuele instelling “SG HOLD” wordt afgelezen.

⇒ Met de toets  de gewenste instelling van afleesmodus kiezen.

Telkens wanneer op  wordt gedrukt, verschijnt of verdwijnt het symbool ( → ).


( → ) on: De modus “Hold display mode” (afgelezen dichtheidswaarde wordt op het display bewaard).

( → ) off: De modus „Continuous display mode” (afgelezen dichtheidswaarde wordt continu afgelezen in overeenstemming met gewichtswijziging in hulpvloeistof ).





## Parameter “Dichtheid van hulpvloeistof” invoeren





- ⇒ Druk op , het wordt het laatst opgeslagen dichtheidswaarde van hulpvloeistof afgelezen — bij de eerste invoering de nul waarde. De actieve positie blinkt.  
Om het te wijzigen voer met de navigatietoetsen numerieke waarde van de dichtheid in , neem in acht de actuele temperatuur (zie hoofdstuk. 7) en zet daarna het decimaalkomma.



Door de toets  te drukken wordt de numerieke waarde van het blinkende cijfer vergroot.

Het cijfer rechts met de toets  kiezen (elke keer blinkt de actieve positie).


### Voorbeeld van het invoeren van de waarde “1,000”

- ⇒ De toets , meermaals drukken totdat de vierde positie begint te blinken.  
Met  de numerieke waarde “1” instellen.



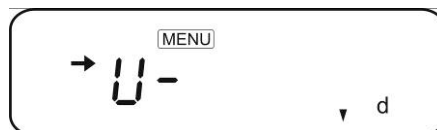
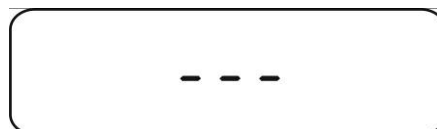
- ⇒ Om de decimale punt in te stellen met de toets  naar de laatste positie overgaan en wanneer blinkt de toets  opnieuw indrukken. Het symbool “▼” verschijnt.




- ⇒ De positie van de decimale punt met de toets  bepalen.




- ⇒ De ingevoerde waarde met de toets  bevestigen. Men dient daarbij op te letten dat de stabilisatieaanduiding wordt afgelezen, anders wordt de invoer niet overgenomen.



- ⇒ De toets  meermaals drukken of 3 seconden lang ingedrukt houden, de aanduiding in gram verschijnt.



 **De modus dichtheidsbepaling voor vaste stoffen opvragen**

1. In de weegmodus de toets  meermaals drukken totdat de aanduiding [Air ▼ g d] verschijnt. Na ca. 2 s wordt de aanduiding automatisch overgeschakeld naar de modus van dichtheidsbepaling van vaste stoffen.




Indien nodig met de toets  op nul zetten.

2. Het monster op de bovenschaal voor monsters leggen.



3. Het monstergewicht in de lucht verschijnt.

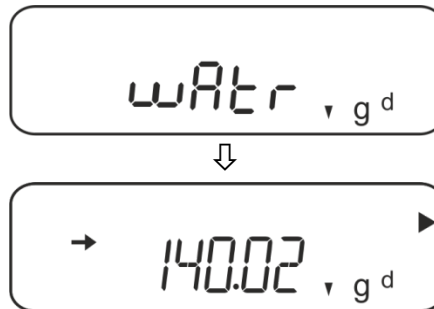
Nadat de optionele printer wordt aangesloten kan met de toets  de aanduidingswaarde worden geprint.


Afwachten totdat de stabilisatieaanduiding (➡) verschijnt, daarna de toets

 indrukken.



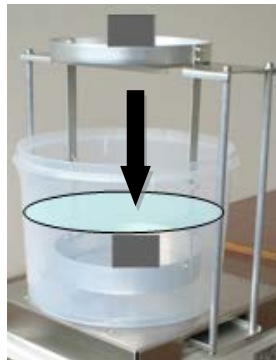
4. Na ca. 2s verschijnt de aanduiding „wAtr”. De automatische aanduiding wordt op [0.00 ▼ g d] gewijzigd. Het monster van het bovenschaal uitnemen en indien nodig de weegschaal tarreren.




5. Het monster van de bovenschaal uitnemen. Indien nodig met de toets  op nul zetten.




6. Het monster in de onderste schaal voor monsters leggen en in de hulpvloeistof indompelen.  
Men dient daarbij op te letten dat het monster tenminste 1 cm is ondergedompeld en dat er geen luchtballen bij zitten.

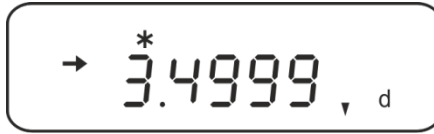



7. Het monstergewicht in de hulpvloeistof verschijnt.

Nadat de optionele printer wordt aangesloten kan met de toets  de aanduidingswaarde worden geprint.

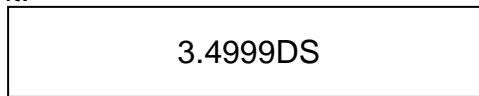


8. Afwachten totdat de stabilisatieaanduiding (→) verschijnt, daarna de toets  indrukken.  
De dichtheid van het monster wordt door de weegschaal bepaald en vervolgens verschijnt het resultaat.  
Bij actieve modus "Hold display mode" verschijnt het symbool [\*].



9. Nadat een optionele printer wordt aangesloten kunnen de gegevens met  worden geprint.

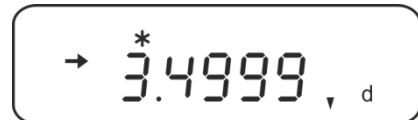
Uitdraaivoorbeld:



Indien nodig kan de decimaal met de toets UNIT worden verwijderd als volgt:

Vier cijfers achter de komma (1 d)

3 s lang de toets UNIT ingedrukt houden.



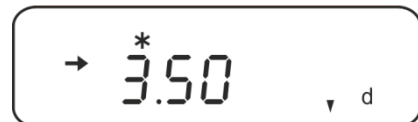
Drie cijfers achter de komma (10 d)

3 s lang de toets UNIT ingedrukt houden..



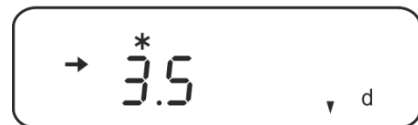
Twee cijfers achter de komma (100 d)


3 s lang de toets UNIT ingedrukt houden.




Een cijfer achter de komma (1000 d)

3 s lang de toets UNIT ingedrukt houden.



- ⇒ Om een nieuwe meting te beginnen voordat men het actuele monster van de onderste schaal verwijderd, de toets  drukken.  
Een nieuwe meting wordt vanaf stap 2 gestart.

- ⇒ De toets  drukken, de weegschaal wordt terug naar de weegmodus gezet.



Om beschadigingen van de dompelkorf door corrosie te vermijden deze niet in de vloeistof ingedompeld langer laten staan.



## 5 Dichtheidsbepaling van vloeistoffen


Ingeval van de dichtheidsbepaling van vloeistoffen wordt een zinklood met bekend volumen toegepast. Het zinklood wordt eerst in de lucht gewogen en vervolgens in de vloeistof waarvan de dichtheid bepaald dient te worden. Uit het verschil van de gewichten vloeit de opwaartse kracht voort die door het programma naar de dichtheid wordt omgerekend.

De inhoud van bijgesloten glazen zinklood kan worden bepaald als omschreven in hoofdstuk 5.1.

### 5.1 Het volumen van het zinklood bepalen

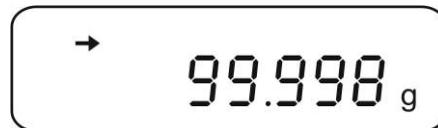


- ⇒ De weegschaal voorbereiden zoals omschreven in hoofdstuk 2 “Installatie van de set voor dichtheidsbepalingen”
- ⇒ De container met gedestilleerd water vullen. De invulhoogte dient ca.  $\frac{3}{4}$  van het volumen te bedragen. De temperatuur zo lang afstellen totdat deze vast is.
- ⇒ Het zinklood voorbereiden.

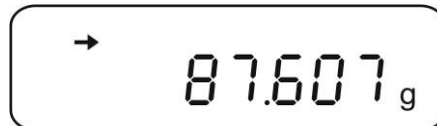
1. De weegschaal aanzetten, zo nodig de toets  meermaals drukken totdat de weegschaal in de weegmodus staat.



2. Het zinklood op de bovenschale voor monsters leggen. Afwachten totdat de stabilisatieaanduiding verschijnt, de gewichtswaarde noteren.



3. Het zinklood op de onderste schaal voor monsters leggen. Afwachten totdat de stabilisatieaanduiding verschijnt, de gewichtswaarde noteren.



Het volumen van het zinklood wordt volgens deze formule berekend:

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

V = Het volumen van het zinklood

A = Het gewicht van het zinklood in de lucht = 99,998 g

B = Het gewicht van het zinklood in water = 87,607 g

$\rho_w$  = Waterdichtheid (zie hoofdstuk 7) in de temperatuur 20°C = 0,9982 g/cm<sup>3</sup>

$$V = \frac{99.998 \text{ g} - 87.607 \text{ g}}{0.9982 \text{ g/cm}^3} = 12.413 \text{ cm}^3$$

## 5.2 Dichtheidsbepaling bij een bekend volumen van het zinklood




- ⇒ De weegschaal voorbereiden zoals omschreven in hoofdstuk 2 „Installatie van de set voor dichtheidsbepalingen” (stappen 1–6).
- ⇒ Het zinklood voorbereiden.
- ⇒ De gemeten vloeistof in de container doen. De invulhoogte dient ca.  $\frac{3}{4}$  van het volumen te bedragen.
- ⇒ De temperatuur van de vloeistof, van de instrumenten of van het zinklood zo lang afstellen totdat deze vast is. De opwarmingstijd van de weegschaal in aanmerking nemen.

### ☞ De modus dichtheidsbepaling voor vloeistoffen opvragen

- ⇒ De weegschaal aanzetten.

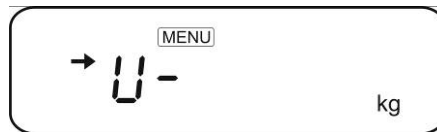



⇒

In de weegmodus de toets  meermaals drukken totdat de letter “U” blinkt.




⇒ De toets  drukken.

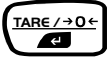


⇒ De toets  meermaals drukken totdat de aanduiding [U-d] verschijnt. Vanaf dat moment staat de weegschaal in de modus dichtheidsbepaling van vloeistoffen.



⇒ De toets  drukken, actuele instelling "SG HOLD" wordt afgelezen.

Met de toets  de gewenste instelling van afleesmodus kiezen.

Telkens wanneer op  wordt gedrukt, verschijnt of verdwijnt het symbool (→).


(→) on: De modus "Hold display mode" (afgelezen dichtheidswaarde wordt op het display bewaard).

(→) off: De modus „Continuous display mode" (afgelezen dichtheidswaarde wordt continu afgelezen in overeenstemming met gewichtswijziging in hulpvloeistof ).




## ☞ Het volumen van de zinklood invoeren




- ⇒ Druk op  het wordt de laatst opgeslagen dichtheidswaarde van hulpvloeistof afgelezen — bij de eerste invoering de nul waarde. De actieve positie blinkt. Om het te wijzigen voer met de navigatietoetsen numerieke waarde van de dichtheid in , neem in acht de actuele temperatuur (zie hoofdstuk. 5.1), en zet daarna het decimaalkomma



Door de toets  te drukken wordt de numerieke waarde van het blinkende cijfer vergroot.



Het cijfer rechts met de toets  kiezen (elke keer blinkt de actieve positie).



### Voorbeeld bij het invoeren van de waarde “15,127”

- ⇒ De toets  meermaals drukken totdat de vijfde positie begint te blinken.


Met  de numerieke waarde “1” instellen.




Met de toets  het volgende cijfer kiezen en met de toets , de cijferswaarde “5” instellen. Op deze wijze alle cijfers invoeren.

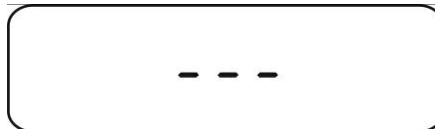
- ⇒ Om een decimaal in te stellen met de toets  naar de laatste positie overgaan en wanneer de toets blinkt opnieuw  indrukken. Het symbool “▼” verschijnt.




- ⇒ De positie van de decimale punt met de toets  bepalen.



- ⇒ Met de toets  bevestigen.  
Men dient daarbij op te letten dat de stabilisatieaanduiding wordt afgelezen, anders wordt de invoer niet overgenomen.



- ⇒ De toets  meermaals drukken of 3 seconden lang ingedrukt houden, de aanduiding in gram verschijnt.



## Dichtheidsbepaling van meetvloeistof

1. In de weegmodus de toets  meermaals drukken totdat de aanduiding [Air g d ►] verschijnt. Na ca. 2 s wordt de aanduiding automatisch overgeschakeld naar de modus van dichtheidsbepaling van vaste stoffen.

Indien nodig met de toets  op nul zetten.



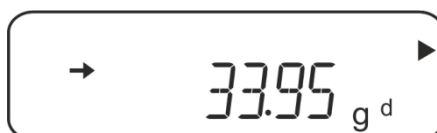
2. Het zinklood op het ophangtoestel ophangen.



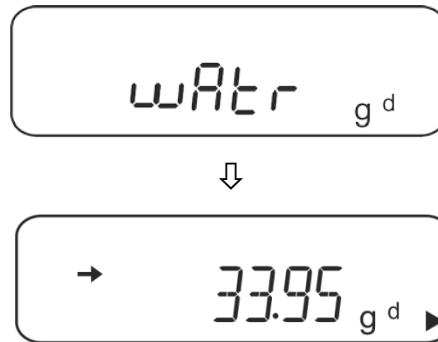
3. Het gewicht van het zinklood in de lucht verschijnt. Nadat de optionele printer wordt aangesloten kan met de toets PRINT de aanduidingswaarde worden geprint. Afwachten totdat de stabilisatieaanduiding (►) verschijnt, daarna de toets

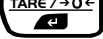


indrukken.



4. Na ca. 2s verschijnt de aanduiding „wAtr”.  
De automatische aanduiding wordt op “g d ▶” gewijzigd.




5. Glazen zinklood afnemen. Indien nodig de weegschaal met de toets  op nul zetten.

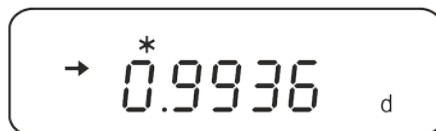



6. De container met de meetvloeistof in het midden van de onderbouw plaatsen.  
Het glazen zinklood opnieuw ophangen en helemaal in de testvloeistof indompelen. Het gewicht van het zinklood in de vloeistof verschijnt.



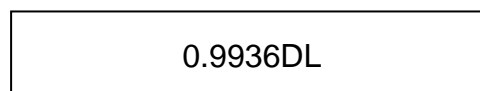
Nadat de optionele printer wordt aangesloten kan met de toets PRINT de aanduidingswaarde worden geprint.

7. Afwachten totdat de stabilisatieaanduiding (➔) verschijnt, daarna de toets  indrukken. De dichtheid van de vloeistof wordt door de weegschaal bepaald en vervolgens verschijnt het resultaat.  
Bij actieve modus “Hold display mode” verschijnt het symbool [\*].



8. Nadat een optionele printer wordt aangesloten kunnen de gegevens met  worden geprint.

Uitdraaivoorbeld:





Indien nodig kan de decimaal met de toets UNIT worden verwijderd als volgt:

Vier cijfers achter de komma (1 d)

3 s lang de toets UNIT  
ingedrukt houden.

→ \*  
0.9936 d

Drie cijfers achter de komma (10 d)

3 s lang de toets UNIT  
ingedrukt houden.

→ \*  
0.994 d

Twee cijfers achter de komma (100 d)


3 s lang de toets UNIT ingedrukt  
houden.

→ \*  
0.99 d

Een cijfer achter de komma (1000 d)

3 s lang de toets UNIT ingedrukt  
houden.

→ \*  
1.0 d

⇒ Om een nieuwe meting te starten druk op  voor verwijdering van het zinklood.  
Een nieuwe meting wordt vanaf stap 2 gestart.

⇒ De toets  drukken, de weegschaal wordt terug naar de weegmodus gezet.

## 6 Voorwaarden voor precieze metingen

Er bestaat een aantal mogelijke fouten tijdens de dichtheidsbepaling. Om precieze resultaten bij toepassing van deze set voor dichtheidsbepalingen met de weegschaal te bereiken, zijn goede kennis en voorzichtigheid noodzakelijk.

### 6.1 Resultaten omrekenen

Tijdens de dichtheidsbepaling door de weegschaal verschijnen de resultaten altijd met 4 decimalen. Dat betekent echter niet dat de resultaten tot de laatste decimalen, zoals bij waardeberekening, precies zijn. Daarom dient men kritisch naar de omrekeningen van de gebruikte weegresultaten te kijken.

Een voorbeeld van dichtheidsbepaling van een vaste stof: Om de hoogste kwaliteit van de resultaten te garanderen, dienen zowel de teller als ook de noemer van de volgende formule de gewenste precisie vertonen. Indien één daarvan niet stabiel of foutief is, wordt het resultaat tevens onstabiel of foutief.

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

- $\rho$  = Monsterdichtheid
- A = Het monstergewicht in de lucht
- B = Het monstergewicht in de meetvloeistof
- $\rho_o$  = De dichtheid van meetvloeistof

Indien het monster zwaard is, wordt dat op de precisie van het resultaat overgedragen. Daardoor wordt de tellerwaarde vergroot. Indien het monster licht is, wordt dat tevens op de precisie van het resultaat overgedragen omdat de opwaartse kracht (A-B) groter is. Het resultaat in de noemer wordt vergroot. Men dient tevens op te letten dat de precisie van de dichtheid van de meetvloeistof  $\rho_o$  naar de teller wordt overgedragen en tevens van grote invloed is op de precisie van het resultaat. Het resultaat van de monsterdichtheid kan preciezer worden dan de meest onprecieze van de voormelde afzonderlijke waarden.

## **6.2 De factoren die op de metingfout invloed hebben**

### **6.2.1 Luchtbellen**

Een kleine luchtbel, bijvoorbeeld  $1 \text{ mm}^3$ , heeft een aanzienlijke invloed op de meting, indien het monster klein is. De opwaartse kracht wordt daardoor met bijna 1 mg vergroot, waardoor een fout van 2 cijfers ontstaat. Daarom is het van groot belang dat er geen luchtbellen aan de vaste stof in de vloeistof aankleven. Hetzelfde geldt tevens voor het zinklood ingedompeld in de gemeten vloeistof.

Indien de luchtbellen verwijderd kunnen worden door draaien, dient dat voorzichtig te worden gedaan zonder de vloeistof te laten morsen en de schaal met de zeef door water te laten bevochtigen. Door het bevochtigen van het ophangelement van de schaal met zeef wordt het gewicht vergroot.

De monsters van vaste stoffen of van het zinklood dienen niet met vingers te worden aangeraakt. Met vet bedekte oppervlaktes veroorzaken het ontstaan van luchtbellen indien het gemeten voorwerp in een vloeistof wordt ingedompeld.

De monsters van vaste stoffen (en in het bijzonder vlakke voorwerpen) dienen niet op de schaal met zeef buiten de vloeistof te worden geplaatst omdat er tijdens het indompelen luchtbellen kunnen ontstaan. De bodem van de schaal met zeef dient aanvullend op luchtbellen gecontroleerd te worden na indompelen van het gemeten voorwerp in de vloeistof.

### **6.2.2 Het monster van de vaste stof**

Indien het monster een te groot volumen heeft en in de vloeistof is ingedompeld, stijgt het vloeistofpeil in de glazen maatcilinder. Het leidt daartoe dat een deel van het ophangelement van de schaal met zeef wordt ingedompeld en de opwaartse kracht stijgt. Daardoor wordt het monstergewicht in de vloeistof kleiner.

De monsters met veranderend volumen of die de vloeistof opnemen, kunnen niet worden gemeten.

### **6.2.3 Vloeistoffen**

Men dient met de watertemperatuur rekening te houden. De waterdichtheid wijzigt met ca. 0,01% per graad Celsius. Indien de temperatuurmeting een fout bevat van 1 graad Celsius, wordt de 4de positie van de meting onprecies.

### **6.2.4 De oppervlakte**

Het ophangen van de schaal met zeef dringt de vloeistofoppervlakte door. De toestand verandert continu. Indien het monster of het zinklood redelijk klein zijn, wordt de reproduceerbaarheid van de resultaten door oppervlaktespanning verslechterd. Door toevoegen van een kleine hoeveelheid afwasmiddel kan de oppervlaktespanning worden overgeslagen en de reproduceerbaarheid worden vergroot.

### **6.2.5 Glazen zinklood voor vloeistofmetingen**

Om de onderzochte vloeistoffen bij dichtheidsbepaling van vloeistoffen te besparen, dient men kleine klazen meetcilinders en juiste glazen zinkloten te gebruiken. In feite dient men op te letten dat een grotere glazen zinklood grotere precisie betekent.

Het is gewenst dat de opwaartse kracht en volumen van de glazen zinklood zo precies mogelijk worden bepaald. Deze resultaten worden toegepast bij omrekenen van de vloeistofdichtheid zowel in de noemer als ook in de teller van de formule.

## **6.3 Algemene informatie**

### **6.3.1 Dichtheid/ relatieve dichtheid**

De relatieve dichtheid is het gewicht van de gemeten stof gedeeld door het watergewicht (bij 4°C) met hetzelfde volumen. Daarom heeft de relatieve dichtheid geen eenheid. De dichtheid is het gewicht gedeeld door het volumen. Indien er in plaats van de vloeistofdichtheid in de formule de relatieve dichtheid wordt gebruikt, bereikt men een foutief resultaat. Voor de vloeistof is enkel haar dichtheid maatgevend.

### **6.3.2 Drijf van de weegschaalaanduiding**

Het drijven (systematisch veranderen van de resultaten in een bepaalde richting) heeft geen invloed op het eindresultaat van de dichtheidsbepaling hoewel het afgelezen gewicht op het wegen in de lucht betrekking heeft. Precieze waarden worden enkel dan vereist indien de vloeistofdichtheid met behulp van een zinklood wordt bepaald.

Ingeval van temperatuurwijziging van de omgeving of de wijziging van lokalisatie, is het justeren van de weegschaal vereist. Daarvoor dient men de set voor dichtheidsbepalingen af te nemen en het justeren van de weegschaal met standaard weegschaalplateau uit te voeren (zie gebruiksaanwijzing van de weegschaal).

## 7 Tabel van vloeistofdichtheid

| Temperatuur [°C] | Dichtheid $\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ] |              |               |
|------------------|---------------------------------------|--------------|---------------|
|                  | water                                 | ethylalcohol | methylalcohol |
| 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 Onzekerheid van de meting bij de dichtheidsbepaling van vaste stoffen

In de tabel wordt een precisie van de weegschaal in combinatie met de set voor dichtheidsbepalingen bij benadering voorgesteld. Men dient daarbij op te letten dat deze waarden uitsluiten wiskundig werden bepaald en houden geen rekening met de waarden beschreven in hoofdstuk 6 die daarop invloed hebben.

| Aanduiding bij dichtheidsmetingen bij benadering<br>(bij toepassing van een weegschaal met de afleesbaarheid van 0,01 g) |     |      |       |       |        |        |        |        |        |
|--|-----|------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Monstergewicht<br>(g)  | 1   | 10   | 50    | 100   | 500    | 1000   | 2000   | 3000   | 4000   |
| Monsterdichtheid<br>(g/cm <sup>3</sup> )   |     |      |       |       |        |        |        |        |        |
| 1  | 0,1 | 0,01 | 0,003 | 0,002 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 |
| 3  | 0,4 | 0,04 | 0,01  | 0,005 | 0,001  | 0,001  | 0,0005 | 0,0004 | 0,0004 |
| 5  | 0,7 | 0,07 | 0,01  | 0,008 | 0,002  | 0,001  | 0,001  | 0,001  | 0,0006 |
| 8  | 1,2 | 0,1  | 0,02  | 0,01  | 0,003  | 0,002  | 0,001  | 0,001  | 0,001  |
| 10   | 1,5 | 0,1  | 0,03  | 0,02  | 0,004  | 0,002  | 0,001  | 0,001  | 0,001  |
| 12   | 1,7 | 0,2  | 0,04  | 0,02  | 0,004  | 0,002  | 0,002  | 0,001  | 0,001  |
| 20   | 2,9 | 0,3  | 0,06  | 0,03  | 0,01   | 0,004  | 0,003  | 0,002  | 0,002  |

\*Bij toepassing van een weegschaal met afleesbaarheid van 0,1 g dienen de getallen in deze tabel met 10 worden vermenigvuldigd. Bij een weegschaal met afleesbaarheid van 0,0001 g dienen de getallen door 10 te worden gedeeld.

Voorbeeld van het aflezen van de tabel:

Bij een weegschaal met de resolutie van 0,001 g en het monster met het gewicht van 10 g en de dichtheid van 5 g/cm<sup>3</sup>, bedragen de aanduidingsprongen 0,007 g/cm<sup>3</sup>.

## 9 Gebruiksaanwijzingen

- Om een reproduceerbare gemiddelde waarde te bereiken zijn enkele dichtheidsmetingen nodig.
- Het oplosmiddelenbestendige monster/zinklood/glazen maatcilinder ontvetten.
- Schalen voor monsters/ zinklood/ glazen maatcilinder dienen regelmatig te worden gereinigd, aan het onderdompelde deel niet aanraken.
- Het monster/zinklood/pincet na elke meting drogen.
- De monstergrootte dient aan de monsterschaal te worden aangepast (ideale monstergrootte > 0,5 g).
- Enkel gedestilleerd water gebruiken.
- Bij eerste onderdompeling de monsterschaal en zinklood licht schudden om eventuele luchtballen vrij te laten.
- Absoluut opletten dat bij volgende onderdompeling geen nieuwe luchtballen ontstaan; het monster het liefst met een pincet inzetten.
- De vast aanliggende luchtballen met een pincet of een ander hulpmiddel afnemen.
- Om te voorkomen dat de luchtballen plakken, het monster met ruwe oppervlakte eerst glad maken.
- Opletten dat er tijdens weging geen water van pincet op de bovenschale voor monsters druppelt.
- Om de oppervlaktetension van het water en de wrijving van water met draad te reduceren, drie druppels van toegankelijke oppervlakte-actieve stof (afwasmiddel) in het meetvloeistof toevoegen (de wijziging van de dichtheid van gedestilleerd water na toevoegen van een oppervlakte-actieve stof kan worden genegeerd).
- Ovale monsters kunnen makkelijk met een pincet door kerven worden gevat.
- De dichtheid van poreuze vaste stoffen kan enkel bij benadering worden bepaald. Bij onderdompelen in een meetvloeistof wordt niet de gehele lucht van de poriën verdreven, waardoor fouten in de opwaartse kracht ontstaan.
- Om sterke stoten van de weegschaal te mijden dient het monster voorzichtig te worden ingedaan.
- Statische ladingen mijden, b.v. het zinklood enkel met een katoenen doek reinigen.
- Indien de dichtheid van de vaste stof niet veel van de dichtheid van gedestilleerd water verschilt, kan ethanol als meetvloeistof worden gebruikt. Men dient echter eerder te controleren of het monster oplosmiddelenbestendig is. Tijdens de werkzaamheden met ethanol dient men bovendien absoluut de geldende veiligheidsvoorschriften op te volgen.
- Om beschadigingen van de dompelkorf door corrosie te vermijden deze niet in de vloeistof ingedompeld langer laten staan.