

Leserbrief

Betr.: "Faszination einer großen Zahl" in PLUS LUCIS 2/95.

Als Physiklehrer, der den Ölfleckversuch seit Jahrzehnten jährlich – mitunter mehrmals – vorführt, möchte ich insbesondere zur Ausführung des Ölfleckversuchs schreiben.

Zur Herstellung der Lösung

Auch ich verwende Ölsäure und verdünne mit Benzin. Da es beim Verdünnen auf ein Volumsverhältnis ankommt, und Ausbreiten eine volumstreuere Umformung ist, sehe ich nicht ein, warum eine *Masse* (1g) Ölsäure abgewogen werden soll – unnötige Umrechnung mit ρ !

Meine Vorgangsweise

Geräte: Meßpipette $^{100}/_{100}$ cm³ (I), Pipette 50 cm³ (II), Pipette 20 cm³ (III), 2 Stk. Steh-Rundkolben 100 ml (IV)

1. Schritt: 50 cm³ Benzin (II) in (IV) füllen, 1,00 cm³ Ölsäure mittels (I) zusetzen. Mittels einiger "Hochsauger" Innenwand von (I) abspülen.

2. Schritt: 20 cm³ Benzin (III) in 2. Rundkolben, dazu 1 cm³ der 1. Verdünnung mittels (I). Somit herrscht eine Verdünnung von etwa 1:10³.

3. Schritt: Bestimmung des Tropfenvolumens V_T : in (I) 1 cm³ Endverdünnung hochheben und z.B. 20 Tropfen herauslassen. Deren Volumen ist erfahrungsgemäß gut reproduzierbar.

Viel leichter als im Verfahren des Artikels berechnen wir nun das Verhältnis der Verdünnung: Im 2. Kolben gilt $V_{\text{Öl}} : V_{\text{Benzin}} = 1/_{51}$ cm³ : ($^{50}/_{51} + 20$) cm³ = 1 : 1070 = 1 : k

Vorteile des Verfahrens

- weder Waage noch Bürette nötig.
- Die Schritte 1 und 2 sind so flott auszuführen und so durchsichtig, daß die Lösung vor den Augen der Schüler hergestellt werden kann.
- Das Verdünnungsverhältnis ist leicht an Ort und Stelle nachzurechnen (s. o.); die 0,11% im Artikel sind viel lästiger nachzurechnen.
- Die Kenntnis der Dichte ρ der Ölsäure ist für die Bestimmung der Schichtdicke nicht erforderlich.

Zur Auswertung der Messung

Der Einfluß der einzelnen experimentellen Parameter wird deutlich, wenn wir Zahlen erst zum Schluß einsetzen. Wir verwenden folgende Symbole:

Verdünnungsverhältnis: 1 : k; Tropfenvolumen: V_T ; Ölvolumen: $V_{\text{Öl}} = V_T / k$; Öldichte $\rho = 0,89$ g/cm³; Durchmesser des Ölflecks = $2r$; Schichtdicke d

Schichtdicke

$$V_{\text{Öl}} = V_T / k = r^2 \pi d$$

$$(1) \quad d = V_T / (k \cdot r^2 \pi)$$

$$(\text{meine Werte: } 20 V_T = 0,42 \text{ cm}^3, 2r = 18 \text{ cm})$$

$$\Rightarrow d = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^3 / (1,07 \cdot 10^3 \cdot 81 \pi \text{ cm}^2) = 0,77 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2 = 0,77 \text{ nm}$$

Ableitung der Größenordnung von L

Grobes Modell: die Ölmoleküle seien angeordnet wie würfelige Steine eines Mosaiks; die Ölscheibe enthalte N Moleküle oder n mol Öl.

$$(2) \quad N = n \cdot L = n/M \cdot L = V \cdot \rho/M \cdot L$$

$$(3) \quad V = n \cdot d^3, \quad N = V/d^3, \quad V/d^3 = V \cdot \rho/M \cdot L$$

$$\Rightarrow (4) \quad L = M / \rho \cdot d^3$$

$$\text{z.B.: } L = \frac{282 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{0,89 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} (0,77 \times 10^{-7} \text{ cm})^3} = 6,94 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Die wahren Abhängigkeiten werden nach Einsetzen von (1) in (4) deutlich:

$$(5) \quad L = \frac{M \cdot N_T^3}{\rho k^3 \pi^3 r^6} = \frac{M \cdot V^3}{\rho \pi^3 r^6}, \text{ also } L \sim r^{-6} (!)$$

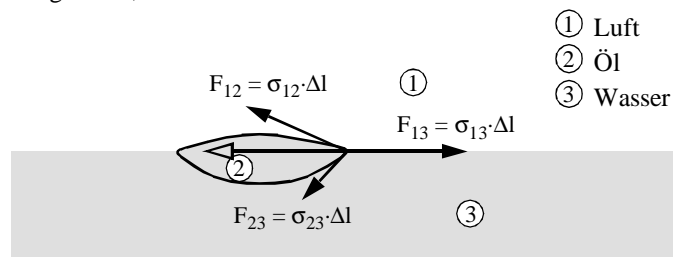
d.h. bei einem (unrealistischen) Meßfehler von 1 mm bei $2r = 180$ mm ergibt $(181/180)^6 = 1,0338\dots$, also 3,4 % Fehler in L . Bei der wirklichen Struktur des Ölflecks wird die Meßunsicherheit eher bei 5 mm als bei 1 mm liegen, daher bei $2r = 180$ mm: $(185/180)^6 = 1,1787\dots$, also $\Delta L/L = 18$ %.

Stellte man sich die Ölmoleküle statt würfelförmig als quadratische Prismen vor, z.B. mit Höhe $d = 1,2a$, so wäre das Volumen eines Moleküls $a^2 d = d^3/1,44$, und (4) hätte einen Faktor 1,44 dazu. Stellte man sich hingegen die Ölmoleküle als Kugeln mit $V_K = \pi/6 d^3$ in hexagonaler Schichtanordnung vor, so ergäbe sich zur Formel (4) noch ein Faktor $2/\sqrt{3}$.

Die Meßfehler in ρ und V_T sind also gegenüber den Einflüssen von r^6 und der Modellvorstellung der Molekülanordnung unwesentlich.

"Fettauge" oder dünne Schicht?

Zum "pädagogischen Pfad" des Artikels fehlt mir eine vorbereitende Betrachtung, die ich in meiner Stunde stets an den Anfang stelle: Öl oder Fett schwimmt auf Wasser – im Alltag sind zwei Fälle zu beobachten: als "Fettaugen" auf der Suppe und als farbenschildernde dünne Schichten auf Pfützen. Wovon hängt es ab, welcher Fall eintritt?



Kräftegleichgewicht an einem Stück Linsenwand der Länge Δl ist nur möglich, wenn $\sigma_{13} = \sigma_{12} + \sigma_{23}$. Ölsorten, für die die Oberflächenspannungen $\sigma_{13} > \sigma_{12} + \sigma_{23}$ sind, verlaufen zu einer monomolekularen Schicht (bis die Kräfte zwischen den Ölmolekülen ein weiteres Zerlaufen verhindern.)

Mag. Leopold Stadler,
HTLVA Schellinggasse, 1010 Wien