

Musterlösung zu CP 9&10&11: Molekülgrösse (Ölfleck-Versuch)

Versuchsdaten und Annahmen zum Ölfleck-Versuch

- *Gegeben:* Die Ölsäure für den Versuch liegt als 2500-fach mit Heptan verdünnte Lösung vor (vgl. S. 2).
- *Gegeben:* 1 cm³ reine Ölsäure wiegen 0.891 g (= Dichte der Ölsäure, vgl. S. 2).
- *Ermittelt:* Durchschnittliche Tropfenzahl pro ml = 50 → 1 Tropfen = 0.02 cm³
- *Ermittelt:* Durchschnittlicher Ölsäurefleck-Durchmesser = 8 cm
- *Gegeben (Annahme):* Ein Ölsäuremolekül ist nur 1/3 so breit und lang wie hoch.

Berechnungen zum Ölfleck-Versuch

1. $F_{\text{Ölfleck}} = \pi \cdot (d/2)^2 = \pi \cdot (8 \text{ cm} / 2)^2 = \underline{50.27 \text{ cm}^2} = F_{\text{Ölfleck}}$
2. 1 ml Ölsäurelösung entspricht 1/2500 cm³ reiner Ölsäure = $4 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^3$ und 50 Tropfen.
 $V_{\text{Ölsäure in 1 Tropfen Ölsäurelösung}} = V_{\text{Ölfleck}} = 1/2500 \text{ cm}^3 / 50 = \underline{8 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3} = V_{\text{Ölfleck}}$
3. $h_{\text{Molekül}} = V_{\text{Ölfleck}} / F_{\text{Ölfleck}} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3 / 50.27 \text{ cm}^2 = \underline{1.591 \cdot 10^{-7} \text{ cm}} \approx \underline{1.6 \text{ nm}} = h_{\text{Molekül}}$
4. $V_{\text{Molekül}} = h \cdot 1/3 h \cdot 1/3 h = 1/9 h^3 = 1/9 \cdot (1.591 \cdot 10^{-7} \text{ cm})^3 = \underline{4.479 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^3} = V_{\text{Molekül}}$
5. Anzahl Moleküle im Ölfleck: $Z = V_{\text{Ölfleck}} / V_{\text{Molekül}} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3 / 4.479 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^3 = \underline{1.786 \cdot 10^{16}} = Z_{\text{Molekül}}$
Bei diesem Rechenschritt ist es zentral, dass die 2 zu dividierenden Volumen natürlich die gleichen Einheiten aufweisen: entweder beide Kubikzentimeter oder dann beide Kubiknanometer! Oder man rechnet grundsätzlich von Beginn weg nur in Metern: 8 cm wären dann zum Beispiel $8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$.
6. Masse m der Ölsäure in einem Tropfen Ölsäurelösung: $0.891 \text{ g} / 2500 \cdot 50 = \underline{7.128 \cdot 10^{-6} \text{ g}} = m_{\text{Ölsäure}}$
7. $m_{\text{Molekül}} = m_{\text{Ölsäure}} / Z_{\text{Molekül}} = 7.128 \cdot 10^{-6} \text{ g} / 1.786 \cdot 10^{16} = \underline{3.991 \cdot 10^{-22} \text{ g}} = m_{\text{Molekül}}$
8. Molare Masse der Ölsäure: $M_{\text{Ölsäure}} = m_{\text{Molekül}} \cdot N_A = 3.991 \cdot 10^{-22} \text{ g} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = \underline{240.27 \text{ g/mol}} = M_{\text{Ölsäure}}$
9. Überprüfung: Die Formel von Ölsäure lautet: $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2 \Rightarrow M_{\text{Ölsäure}} = 284.54 \text{ g/mol}$ (mit PSE berechnet)
Das Resultat ist unter Berücksichtigung der Annahmen zur Molekülstruktur (Näherungen zum Molekülvolumen) und der einfachen Methodik gar nicht schlecht. Es liegt in der gleichen Grössenordnung wie das mithilfe der Daten aus dem PSE errechnete Resultat (eine Grössenordnung entspricht einer 10er-Potenz).

Musterlösung zu den Zusatzübungen (S. 8, Aufg. 1–3)

- (1) $10^{-11} \text{ dm} = 10^{-11} \cdot 10^{-1} \text{ m} = 10^{-12} \text{ m} = 10^{-12} \cdot 10^6 \mu\text{m} = \underline{10^{-6} \mu\text{m}}$
- (2) $0.0001 \text{ mm} = 10^{-4} \text{ mm} = 10^{-4} \cdot 10^{-3} \text{ m} = 10^{-7} \text{ m} = 10^{-7} \cdot 10^9 \text{ nm} = \underline{10^2 \text{ nm}}$
- (3) $1.05 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^3 = 1.05 \cdot 10^{-5} \cdot (10^{-2} \text{ m})^3 = 1.05 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 1.05 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3$
 $1.05 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 = 1.05 \cdot 10^{-11} \cdot (10^9 \text{ nm})^3 = 1.05 \cdot 10^{-11} \cdot 10^{27} \text{ nm}^3 = \underline{1.05 \cdot 10^{16} \text{ nm}^3}$