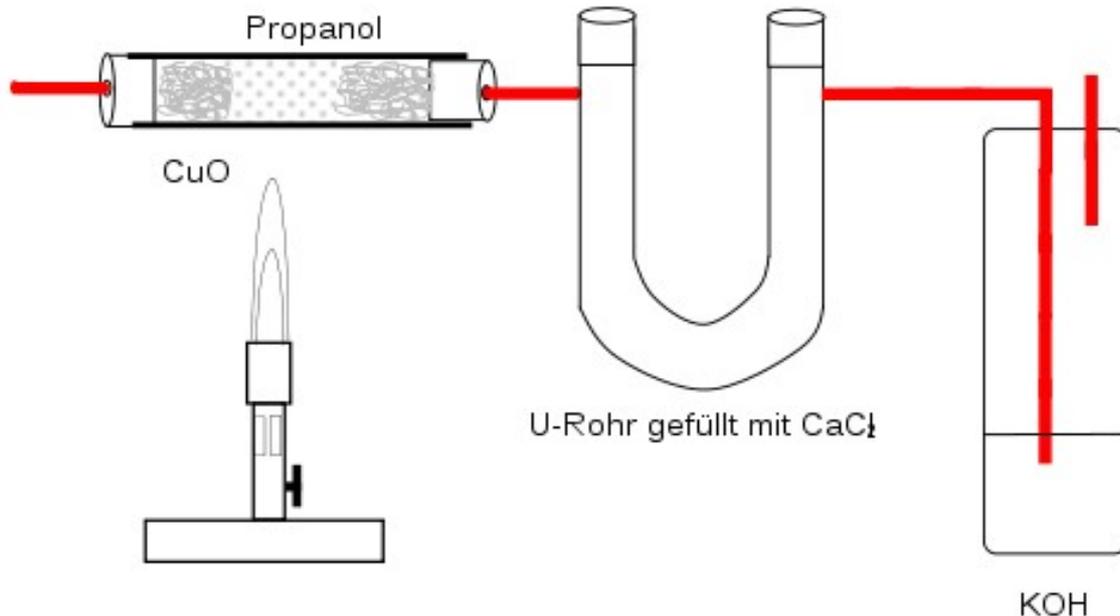


Quantitative Analyse von Propanol nach Liebig

Eine quantitative Analyse ist ein chemisches und/oder physikalisches Verfahren, bei der es um die Beantwortung der Frage geht, wie viel von einem Stoff in einer gegebenen Probe vorhanden ist.



V: in einem Glasrohr wird Propanol (eigentlich ein unbekannter Stoff, aber zum Verständnis des Verfahrens, wird erstmal ein bekannter genommen) oxidiert. Es stehen 0,500 g Propanol zur Verfügung.

Vor Versuchsbeginn werden sowohl das Gewicht des Glasrohrs mit dem CaCl₂ bestimmt (das soll später Wasser auffangen) als auch das Gewicht der Gaswaschflasche mit dem KOH (diese „fängt CO₂ auf“)

Mit dem Brenner wird die Reaktion gestartet und nach erfolgter Oxidation des unbekanntes Stoffes (also hier des Propanols), wiegt man das Glasrohr und die Waschflasche erneut.

a) Bestimmen der Verhältnisformel

Aus den Masse an H₂O bzw. CO₂ lassen sich die Massen der in der Verbindung vorhandenen Elemente (C, H) durch ein einfaches Verhältnis mit den Atommassen bestimmen. Die Masse an Sauerstoff, wird dann durch Subtraktion von der Masse an eingesetztem Propanol bestimmt.

a) Bestimmung $m_{\text{Kohlenstoff}}: \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{C}) \cdot \text{Anzahl C-Atome}}$

Im Versuch wurden 1,100g CO₂ gemessen

$$\begin{aligned} \rightarrow m(\text{C}) &= \frac{M(\text{C}) \cdot \text{Anzahl C-Atome}}{M(\text{CO}_2)} \\ &= \frac{12\text{g/Mol} \cdot 1 \cdot 1,100\text{g}}{44\text{g/Mol}} \\ &= 0,3\text{g C} \end{aligned}$$

b) Bestimmung von $m_{\text{Wasserstoff}}: \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{m(\text{H})} = \frac{M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}) \cdot \text{Anzahl H-Atome}}$

Im Versuch wurden 0,600g H₂O gemessen

$$\begin{aligned} \rightarrow m(\text{H}_2\text{O}) &= \frac{M(\text{H}) \cdot \text{Anzahl H-Atome} \cdot m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} \\ &= \frac{1\text{g/Mol} \cdot 2 \cdot 0,600\text{g}}{18\text{g/mol}} \\ &= 0,066\text{g H} \end{aligned}$$

c) Bestimmung m_{Sauerstoff}: $m_{\text{Propanol}} = m_{\text{Kohlenstoff}} + m_{\text{Wasserstoff}} + m_{\text{Sauerstoff}}$

$$\rightarrow m_{\text{Sauerstoff}} = m_{\text{Propanol}} - (m_{\text{Kohlenstoff}} + m_{\text{Wasserstoff}})$$

$$\begin{aligned} \rightarrow m_{\text{Sauerstoff}} &= 0,5\text{g} - (0,300\text{g} + 0,066\text{g}) \\ &= 0,134\text{g O} \end{aligned}$$

Massenwerte nützen nur leider wenig, da verschiedene Elemente ja unterschiedliche Massen haben. Eine Umrechnung auf die Stoffmenge (Anzahl der Atome!) ist notwendig!

d) Umrechnung: **Stoffmenge n = m / M**

$$n_{\text{Kohlenstoff}} = 0,300\text{g} / 12\text{g/mol} = 0,025\text{mol}$$

$$n_{\text{Wasserstoff}} = 0,066 / 1\text{g/mol} = 0,066\text{mol}$$

$$n_{\text{Sauerstoff}} = 0,134\text{g} / 16\text{g/mol} = 0,008\text{mol}$$

Die drei Werte lassen sich nun prima ins Verhältnis setzen, so dass eine Verhältnisformel entsteht:

| n C | n H | n O | |
|-------|-------|-------|--------|
| 0,025 | 0,066 | 0,008 | :0,008 |
| 3 | 8 | 1 | |

→ die Verhältnisformel von Propanol ist C₃H₈O₁

b) Bestimmen der Summenformel von Propanol

Eine Verhältnisformel beschreibt noch nicht die tatsächliche Formel einer Verbindung. Propanol könnte die Summenformel C₃H₈O₁ oder aber auch C₆H₁₆O₂ oder alle anderen Möglichkeiten nach der Formel N · (C₃H₈O₁) haben!

$$M_{\text{berechnet}} = N \cdot M_{\text{(unbekannte Substanz)}}$$

Nur durch Kenntnis der molaren Masse kann man die genaue Summenformel bestimmen. Bei Gasen ist die Verwendung der Formel des molaren Volumens eine einfache Lösung dieses Problems:

Dazu sind drei Rechenschritte nötig

1. Molares Volumen: 1mol eines Gases bildet (bei Normalbedingungen) 22,4l Gas

$$V_m = \frac{V}{n} = 22,4L \rightarrow n = \frac{V}{V_m}$$

$$\text{Molare Masse } n = \frac{m}{M}$$

2. Gleichsetzen der beiden Formeln:

$$\frac{V}{V_m} = \frac{m}{M} \rightarrow M(\text{Propanol}) = \frac{V_m \cdot m}{V}$$

Ein so berechnetes M wird nun mit dem berechnetem Wert aus a) verglichen. Er sollte gleich, oder ein Vielfaches sein.

Also

In a) wurde durch die Verhältnisformel bestimmt: $C_3H_8O_1 \rightarrow M(C_3H_8O_1) = 60\text{g/mol}$

In b) wurde M berechnet: $M = 60\text{ g/mol}$

Da beide Ergebnisse gleich sind, folgt: $N \cdot (C_3H_8O_1) = M_{\text{berechnet}} = 60\text{ g/mol} = N \cdot 60\text{ g/mol} \rightarrow$

$N = 1 \rightarrow C_3H_8O_1$ ist bereits die korrekte Formel!

Weitere Beispielaufgabe für den letzten Schritt:

1. Die Verhältnisformel einer unbekanntes Verbindung ergibt: C_1H_3

Die Ermittlung der molaren Masse ergibt: 30g/mol

\rightarrow die korrekte Formel ist

$$N \cdot (M_C + M_H + M_H + M_H) = 30\text{g/mol}$$

$$N \cdot (12\text{g/mol} + 1\text{g/mol} + 1\text{g/mol} + 1\text{g/mol}) = 30\text{g/mol} : 15$$

$$N = 30/15 = 2$$

\rightarrow die korrekte Formel ist C_2H_6

Aufgaben:

- Bei einer quantitativen Analyse nach Liebig wurden für $0,5\text{g}$ einer unbekanntes Verbindung folgende Werte gemessen: $1,100\text{g CO}_2$, $0,600\text{g H}_2\text{O}$. Bestimme die Verhältnisformel.
- Die Verhältnisformel einer unbekanntes Verbindung ergibt: C_1H_3 . Die Ermittlung der molaren Masse ergibt: 30g/mol . Bestimme die korrekte Summenformel
- Eine unbekanntes Verbindung wird analysiert. Sie wiegt 26g und nimmt bei Normalbedingungen ($T = 273,15\text{K}$ entspricht 0°C und Druck $p = 101325\text{ Pa}$ entspricht $1013,25\text{ mbar}$) ein Volumen von 7.4666 l ein. Die Verhältnisformel ergibt C_1H_1 . Wie lautet die Summenformel?
- $1,50\text{g}$ einer unbekanntes pflanzlichen Verbindung werden analysiert. Die Analyse ergibt $2,2\text{g CO}_2$ und $0,9\text{g H}_2\text{O}$.
 - Bestimme die Verhältnisformel
 - Da es sich nicht um ein Gas handelt, kann man die molare Masse nicht durch das molare Volumen bestimmen. Man weiß aber aus Untersuchungen, dass $1,470\text{mol}$ eine Masse von 250g haben. Bestimme die molare Masse und somit die Summenformel.
- Wie weist Du Stickstoff, Schwefel, Kohlenstoff und Wasserstoff in organischen Verbindungen nach? **Erkläre** kurz.

Lösungen

1. Siehe Beispielaufgabe „Propanol“
2. $M(C_1H_3) = 15\text{g/mol} \rightarrow$ die korrekte Summenformel lautet: C_2H_6
3. $m = 26\text{g}$
 $V = 7.4666\text{L}$
Verhältnisformel = C_1H_1 .

Summenformel = ? \rightarrow gesucht ist $M(C_xH_x)$

$$\frac{V}{V_m} = \frac{m}{M} \rightarrow M(C_xH_x) = \frac{V_m \cdot m}{V}$$

$\rightarrow M = 22,4\text{ l/mol} \cdot 26\text{g} / 7,4666\text{l} = M(C_xH_x) = 78\text{ g/mol}$

$\rightarrow M(C_1H_1) = 13\text{g/mol}$ (C= 12 g/mol, H = 1 g/mol)

\rightarrow die korrekte Formel lautet C_6H_6

4. a) $C_1H_2O_1$
b) $C_6H_{12}O_6$ (=Glucose,).
5. Stickstoff: Nachweis durch Kochen mit Natronlauge. Es bildet sich Ammoniak, welches typisch riecht und Indikatorpapier blau färbt. Schwefel: Erhitzen von Schwefelhaltigen Substanzen färbt Bleiacetatpapier sowie Bleinitrat- oder Bleiacetatlösung schwarz. (Hintergrund: Beim Erhitzen bildet sich H_2S , welches mit Bleiionen das schwarze PbS bildet)

Halogene (Fluor, Chlor, Brom, Iod): Auf einem ausgeglühtem Streifen Kupferbleich werden die Testsubstanzen in die rauschende, blaue Brennerflamme gehalten (z.B. ein Stück PVC). Man beobachtet eine grüne Flamme. (Hintergrund: Halogenionen verbinden sich mit Kupfer zu Kupferhalogeniden (z.B. CuF_2 , $CuCl_2$ usw.). Diese färben beim Verdampfen die Brennerflamme grün.