

Praktikum – Allgemeine Chemie

4. Juni 2015

Bromwasserstoffherstellung

Versuch 24

Guido Petri (Matr.nr. 364477)

Mai Hoang (Matr.nr. 363225)

C116, Platz 58/57

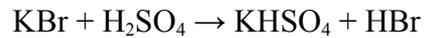
1. Eingesetzte Stoffe/Reaktionsgleichung

Kaliumbromid (KBr)

$m = 15.03 \text{ g}$; $M = 119.002 \text{ g/mol}$; $n = 0.1263 \text{ mol}$

Schwefelsäure 98% (H_2SO_4)

$V = 23 \text{ mL}$; $\rho = 1.84 \text{ g/mL}$; $M = 98.078 \text{ g/mol}$; $n = 0.4229 \text{ mol}$



Die Herstellung von Bromwasserstoff (HBr) erfolgt nach der obigen Reaktionsgleichung. Es handelt sich um eine Austauschreaktion wobei ein Proton der Schwefelsäure mit dem Kalium Kation ausgetauscht wird.

2. Versuchsaufbau

Bechergläser, Pipette, Thermometer, Uhrglas, Eiswasser, Glasstab, Saugflasche, D4 Glasfiliertiegel, Ölbad, Destillationsapparatur inklusive Rundkolben, Bürette, 600 mL Erlenmeyerkolben

Skizze:

3. Durchführung

Es wurden 15 g Kaliumbromid in 30 mL Wasser gelöst. Die Lösung wurde mit Eiswasser gekühlt und langsam hat man die 23 mL 98 massenprozentige Schwefelsäure so eingerührt, dass die Temperatur unter 60°C bis 65°C geblieben ist, um die Bildung von Brom zu vermeiden. Mit der Saugflasche und ein D4 Glasfiltertiegel wurden auftretende Bodensätze abgenutscht. Das Filtrat wurde dann bei 126°C destilliert, um überschüssiges Wasser von der HBr-Lösung zu entfernen.

4. Beobachtungen

Während der Zugabe von Schwefelsäure gab es eine sehr starke Wärmeentwicklung, was jedoch durch das Eiswasserbad verringert wurde. Dies wurde mit dem Thermometer gemessen, was eine Temperatur von 55°C gezeigt hat. Nach der Vakuumfiltration wurden ungefähr 40 mL einer orangenen Lösung erhalten. Die Destillation wurde bis auf 125°C geführt. Sowohl das Destillat als auch die ursprüngliche Lösung waren farblos und sauer. Nach einer Verdünnung von 21.95 mL auf 100 mL wurden jeweils 10 mL der ursprünglichen Lösung sechs mal mit 2-molarer Maßlösung Natronlauge und Phenolphthalein als Indikator titriert, um die Konzentration an Bromwasserstoff bestimmen zu können:

Anfangswert (mL)	Endwert (mL)	Verbrauch (mL)
2.2	25.8	23.6
20.1 [4.0]	49.1 + [5.0]	30.0
1.7	26.6	24.9
2.6	25.2	22.6
1.3	22.9	21.6
2.8	26.3	23.5
	Durchschnitt:	24.36667
	Durchschnitt (4 von 6):	23.65

5. Auswertung

Die Wärmeentwicklung während der Zugabe von H_2SO_4 ist an der Verdünnungsenthalpie der 98%-ige Schwefelsäure zurückzuführen, die -1325.5 kJ/mol beträgt. Die orangene Farbe der Bromwasserstoff-Kaliumhydrogensulfatlösung ergibt sich aus dem Bromwasserstoff selbst. Die Konzentration an Bromwasserstoff in der Lösung und die Ausbeute werden wie folgt berechnet:

Annahmen: pH beim Farbumschlag = 7, HBr liegt vollständig dissoziiert vor

$$\begin{aligned}
n(\text{eingesetzte } OH^{-1}) &= V(\text{NaOH-Ma\ss}) \cdot c(\text{NaOH-Ma\ss}) \\
pH=7 \text{ also } c(OH^{-1}) &= c(H_3O^{+1}) = 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \\
n(\text{eingesetzte } OH^{-1}) &= n(\text{anwesende } H_3O^{+1} \text{ aus HBr}) \\
c(\text{HBr von unverdünnter Lösung}) &= \frac{n(\text{anwesende } H_3O^{+1} \text{ aus HBr}) \cdot V(\text{gesamte verdünnte Lösung})}{V(\text{eingesetzte verdünnte Lösung}) \cdot V(\text{gesamte unverdünnte Lösung})} \\
n(\text{produziertes HBr}) &= c(\text{HBr von unverdünnter Lösung}) \cdot V(\text{unverdünnte Lösung}) \\
\frac{n(\text{produziertes HBr}) \cdot 100}{n(\text{maximale theoretische Ausbeute})} &= \text{Ausbeute}(\%)
\end{aligned}$$

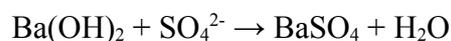
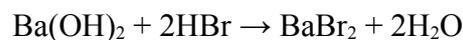
Die maximale theoretische Ausbeute beträgt wegen der Stöchiometrie der Reaktionsgleichung 0.1263 mol. Unsere Ausbeute ist deshalb:

$$\begin{aligned}
n(OH^{-1}) &= 23.65 \cdot 10^{-3} \text{ L} \cdot 2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 47.3 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \\
n(OH^{-1}) &= n(\text{anwesende } H_3O^{+1} \text{ aus HBr}) = 47.3 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \\
c(\text{HBr von unverdünnter Lösung}) &= \frac{47.3 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 100 \cdot 10^{-3} \text{ L}}{10 \cdot 10^{-3} \text{ L} \cdot 21.65 \cdot 10^{-3} \text{ L}} = 21.85 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \\
n(\text{produziertes HBr}) &= 21.85 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 21.65 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 0.473 \text{ mol} \\
\text{Ausbeute} &= \frac{0.473 \text{ mol} \cdot 100}{0.1263 \text{ mol}} = 374.51\%
\end{aligned}$$

Zum Vergleich beträgt die Ausbeute in der Literatur 24%.

6. Fehlerbetrachtung

Unser Ergebnis ist eindeutig falsch, nicht nur weil unsere Ausbeute weit über die maximale theoretische Ausbeute liegt, sondern auch weil die maximale Löslichkeit von Bromwasserstoff 8.6514 mol/L beträgt, und unsere bei 21.85 mol/L gemessen wurde. Das hat uns geführt nachzufragen, was noch in unsere Endlösung sein konnte. Es ist sehr wahrscheinlich, dass entweder Kaliumhydrogensulfat oder sogar noch Schwefelsäure in unsere destillierte Lösung waren, die die Titration und Konzentrationsbestimmung gestört haben, da sie auch in Wasser sauer reagieren, und deshalb auch die Berechnung der Konzentration beeinflusst haben. Ein möglicher Folgeversuch, um zu bestimmen, ob sich die Stoffe in unserem Ergebnis finden, wäre die Zugabe von Bariumhydroxid. Unter Anwesenheit von Sulfationen bildet sich das unlösliche Bariumsulfat, jedoch wäre Bariumbromid wegen seiner hohen Löslichkeit noch in Lösung:



7. Verwendete Literatur

1. G. Brauer, *Handbuch der Präparativen Anorganischen Chemie*, Ferdinand Enke, 1975
2. Schwefelsäureinformationen aus http://www.seilnacht.com/Chemie/ch_h2so4.htm (Abgerufen am 21. Mai 2015, 17:15)
3. Standardbildungsenthalpien für Edukte und Produkte aus <http://www.periodensystem-online.de/index.php?el=35&id=compound&cpid=18> , <http://www.periodensystem-online.de/index.php?el=35&id=compound&cpid=89> , <http://www.periodensystem-online.de/index.php?el=16&id=compound&cpid=931> , <http://www.periodensystem-online.de/index.php?el=19&id=compound&cpid=1362> (Abgerufen am 21. Mai 2015, 17:30)
4. Löslichkeit von Bariumbromid aus [http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/500016.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$3.0](http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/500016.xml?f=templates$fn=default.htm$3.0) (Abgerufen am 21. Mai 2015, 17:40)
5. House Jr.; Kemper, K.A., *Proton Affinities of Sulfate and Bisulfate Ions*, J. Thermal Anal., 1987
6. Molekulare Massen aus <http://webbook.nist.gov/cgi/inchi/InChI%3D1S/BrH.K/h1H%3B/q%3B%2B1/p-1> , <http://webbook.nist.gov/cgi/inchi/InChI%3D1S/H2O4S/c1-5%282%2C3%294/h%28H2%2C1%2C2%2C3%2C4%29> (Abgerufen am 4. Juni 2015, 11:44)
7. Dichte von Schwefelsäure aus [http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/001160.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$3.0](http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/001160.xml?f=templates$fn=default.htm$3.0) (Abgerufen am 4. Juni 2015, 11:48)