

# 45. Internationale ChemieOlympiade 2013 *Russland*

**Abgabetermin für Brandenburg:  
27. August 2012**

## Informationen zur 1. Runde

Dies ist die erste von vier Auswahlrunden zur Internationalen ChemieOlympiade. Erfolgreiche Teilnehmerinnen und Teilnehmer erhalten Sachpreise, Teilnehmerurkunden und haben die Option auf Praktikumsplätze in Forschungseinrichtungen im In- und Ausland sowie in der chemischen Industrie. Die Mitglieder der deutschen Mannschaft werden in die Studienstiftung des deutschen Volkes aufgenommen. Bitte beachten: Die ChemieOlympiade ist ein Einzelwettbewerb! Eingereichte Gruppenarbeiten oder offensichtlich identische Lösungsbeiträge werden nicht berücksichtigt und sind von der Bewertung ausgeschlossen. Eingereichte Lösungen werden nicht zurückgegeben!

### Ablauf der 1. Runde

Die Fachlehrer erhalten über die Ministerien bzw. Senate die Aufgaben und verteilen sie an interessierte Schülerinnen und Schüler. Die Aufgaben werden individuell bearbeitet. Die Aufgaben der früheren ChemieOlympiaden mit Lösungen sind unter [www.icho.de](http://www.icho.de) verfügbar; Abgabe der Aufgaben über die Lehrkräfte bei den Landesbeauftragten. Die Adressen der Landesbeauftragten, die jeweiligen Abgabetermine sowie den Zugang zum neuen Online-Anmeldeportal für die Registrierung und die Erzeugung des Deckblatts, das zusammen mit Lösungen eingereicht wird, findet man im Internet unter [www.icho.de](http://www.icho.de). Die Korrekturen der Aufgaben der 1. und 2. Runde werden landesintern geregelt!

### Wer kann mitmachen?

Alle, die sich gerne mit Chemie beschäftigen, am 01.07.2013 noch nicht 20 Jahre alt sind und im Frühjahr 2013 eine weiterführende Schule besuchen.

### Kontakt

PD Dr. Sabine Nick, IPN an der Universität Kiel, Olshausenstr. 62, 24118 Kiel;  
Sekretariat: Monika Barfknecht; Tel.: 0431-880-3168; Fax: 0431-880-5468; E-Mail: [icho@ipn.uni-kiel.de](mailto:icho@ipn.uni-kiel.de)  
IPN an der Universität Kiel: [www.ipn.uni-kiel.de](http://www.ipn.uni-kiel.de); Förderverein Chemie-Olympiade e.V.: [www.fcho.de](http://www.fcho.de)

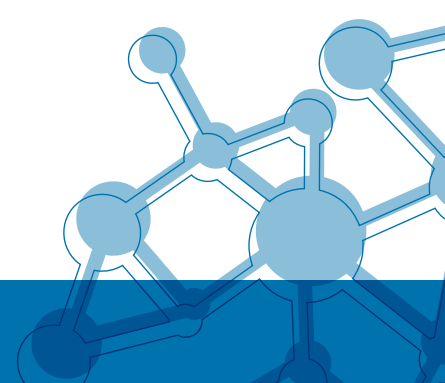
## 1.1 Säuren und Basen

Robert Boyle charakterisierte Säuren als Reinstoffe, deren wässrige Lösungen Indikatoren charakteristisch färben.

a) *Handelt es sich bei den folgenden Stoffen um Reinstoffe, homogene Gemische oder heterogene Gemische? Erstellen Sie eine Tabelle und ordnen Sie die Stoffe entsprechend zu!*

Geschäumtes Polystyrol	$\alpha$ -Zinn	Messing
Ammoniumchlorid-Rauch	Stahlbeton	Luft
wäss. Natriumchlorid-Lösung	$\beta$ -Schwefel	Badeschaum
Eis-Wasser-Mischung	Natriumchlorid	

Reinstoff	homogenes Gemisch	heterogenes Gemisch
...	...	...
...	...	...



Nach Arrhenius dissoziieren Säuren in Wasser in Wasserstoff-Kationen ( $H^+$ ) und Säurerest-Anionen, Basen dissoziieren in Wasser in Hydroxid-Anionen ( $OH^-$ ) und Metall-Kationen.

Die saure oder basische Reaktion wässriger Lösungen ist danach auf einen Überschuss von Wasserstoff-Kationen bzw. Hydroxid-Anionen zurückzuführen.

b) Nennen Sie drei Beispiele für Verbindungen, deren basische Reaktion in Wasser nicht mit der Theorie von Arrhenius erklärt werden kann.

Eine heutzutage vielfach genutzte Definition für Säuren und Basen ist die Definition von Brønsted.

c) Beschreiben Sie, wie Säuren und Basen nach dieser Theorie definiert sind?

Nach Brønsted sind Säuren und Basen durch sogenannte konjugierte (oder auch korrespondierende) Säure-Base-Paare gekennzeichnet.

d) Erklären Sie, was man unter konjugierten Säure-Base-Paaren versteht?

Gegeben sind folgende Teilchen:

$NH_3$ ,  $H_2O$ ,  $HS^-$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $HCN$ ,  $HCl$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $H_3CCOO^-$

e) Tragen Sie die Teilchen in die Tabelle ein und vervollständigen Sie freie Zellen.

konjugierte Säure	konjugierte Base
...	...
...	...

f) Die unten angegebenen Verbindungen werden in Wasser gelöst. Formulieren Sie jeweils die Reaktionsgleichung für die Reaktion mit Wasser! Geben Sie an, ob die Lösung anschließend sauer, basisch oder neutral reagiert!

$Na_2CO_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Na_2S$ ,  $KCl$ ,  $Cl_2$

Zur Quantifizierung von sauren oder basischen wässrigen Lösungen wird der pH-Wert verwendet. Die übliche pH-Wert-Skala reicht von 0 bis 14.

g) Beschreiben Sie, wie der pH-Wert definiert ist. Erklären Sie, woher die Werte 0 bis 14 der pH-Wert-Skala stammen. Erklären Sie, warum neutrale Lösungen bei Raumtemperatur einen pH-Wert von 7 haben.

Bei 60 °C liegt in Wasser eine  $H_3O^+$ -Ionenkonzentration von  $10^{-6,51}$  mol/L vor.

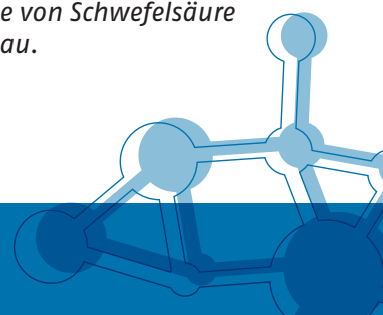
h) Lässt sich durch das Erhitzen von Wasser Säure erzeugen? Erklären Sie die gegenüber Wasser bei Raumtemperatur erhöhte  $H_3O^+$ -Ionenkonzentration!

Wenn man ausreichend viel einer Säure in Wasser löst bestimmt der Dissoziationsgrad oder auch Protolysegrad einer Säure, ob die wässrige Lösung einer Säure stark oder nur schwach sauer reagiert. Die wässrige Lösung einer Säure HA mit einer Konzentration von  $c(HA) = 0,04$  mol/L hat einen pH-Wert von 3.

i) Berechnen Sie den prozentualen Dissoziationsgrad  $\alpha$ . Geben Sie an, ob es sich um eine schwache oder eine starke Säure handelt.

j) Berechnen Sie die pH-Werte der wässrigen Lösungen von Salpetersäure, Essigsäure sowie von Schwefelsäure mit der Konzentration von jeweils  $c = 0,2$  mol/L auf zwei Stellen nach dem Komma genau.

$(pK_5(HNO_3) = -1,32; pK_5(H_3CCOOH) = 4,75, pK_{S1}(H_2SO_4) = -3,00, pK_{S2}(H_2SO_4) = 1,92)$

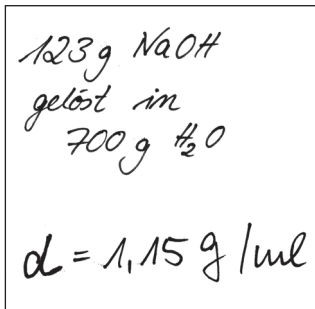


## 1.2 Zubereitungen

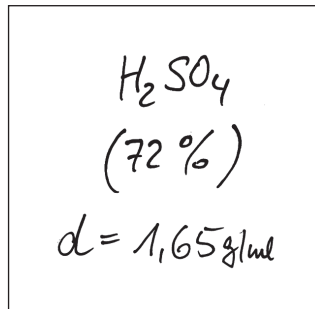
Gerda ist völlig verzweifelt: Nach der 4. Runde der ChemieOlympiade findet sie im Labor neben 5 Litern einer NaOH-Maßlösung vom „Titrierwettbewerb“ auch andere wässrige Lösungen, die in dieser Form keiner mehr verwenden kann. „So eine Verschwendung“ denkt sie sich, als sie sieht, dass die 1L-Flaschen noch über die Hälfte gefüllt sind. Da Gerda sparsam ist, überlegt sie, wie sich die Lösungen sinnvoll verdünnen lassen, um noch im Praktikum verbraucht zu werden.

(Für alle Lösungen hat Gerda natürlich die Dichten bestimmt und auf den Flaschen notiert).

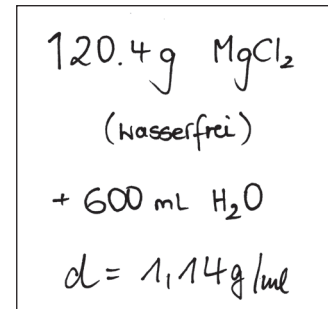
Flasche 1



Flasche 2



Flasche 3



a) Berechnen Sie, welches Volumen in mL sie jeweils auf einen Liter auffüllen muss, um 1 L Lösung mit einer Stoffmengenkonzentration von  $c = 2 \text{ mol/L}$  zu erhalten.

Nach Abschluss der 4. Runde sind auch einige der gesättigten Lösungen verbraucht und müssen neu angesetzt werden.

b) Berechnen Sie, wie viel Gramm Natriumchlorid zur Herstellung von 2 Litern einer gesättigten wässrigen Natriumchlorid-Lösung benötigt werden. Eine gesättigte Kochsalz-Lösung enthält einen prozentualen Massenanteil von 26,5 %. ( $\vartheta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $d = 1188,7 \text{ kg/m}^3$ ).

c) Bestimmen Sie ausgehend von der Definition des Löslichkeitsproduktes  $K_L$  eine allgemeine Formel zur Berechnung der Konzentrationen von  $\text{Ca}^{2+}$ - und  $\text{OH}^-$ -Ionen in einer gesättigten Calciumhydroxid-Lösung in Abhängigkeit vom Löslichkeitsprodukt.

d) Berechnen Sie, wie viel Gramm Calciumhydroxid und Bariumhydroxid zur Herstellung von jeweils 1 Liter einer gesättigten Lösung dieser Salze benötigt werden. Im Falle von Bariumhydroxid wird das Octahydrat eingesetzt. Bestimmen Sie die Masse auf zwei Stellen nach dem Komma genau ( $K_L(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 3,89 \cdot 10^{-6}$ ,  $K_L(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 4,27 \cdot 10^{-3}$ ,  $\vartheta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ , für beide Lösungen:  $d = 1000 \text{ kg/m}^3$ ).

e) Wie lässt sich auch ohne Wägung eine gesättigte wässrige Lösung eines Salzes herstellen? Formulieren Sie einen Vorschlag!

## 1.3 Organische Säuren?

Die wässrige Lösung der Substanz **A** zeigt eine saure Reaktion. Werden 0,766 g **A** in Sauerstoff verbrannt, entstehen 1,837 g Kohlenstoffdioxid und 0,376 g Wasser.

a) Ermitteln Sie die Verhältnisformel der Verbindung **A**.

Das <sup>1</sup>H-NMR-Spektrum (in DMSO) zeigt zwei Signale im Verhältnis 1:2. Die Signale haben Verschiebungen um 8,59 ppm (s) und 6,58 ppm (s). Im <sup>13</sup>C-NMR-Spektrum werden zwei Signale beobachtet: 149,79 ppm (s), 115,67 ppm (s).

b) Um welche Verbindung handelt es sich bei **A**? Erklären Sie Ihre Entscheidung anhand der gefundenen NMR-Signale. Geben Sie die Summenformel an. Zeichnen Sie die Strukturformel!

c) Erklären Sie anhand von Resonanzstrukturen die saure Reaktion der Verbindung **A**.

Die Umsetzung von **A** mit einer wässrigen Lösung von Eisen(III)-chlorid führt zur Verbindung **B**. Wird **B** mit überschüssigem 1,3-Butadien bei 100 °C umgesetzt, entsteht Verbindung **C**:



d) Vervollständigen Sie das Reaktionsschema!

e) Zeichnen Sie alle gebildeten Isomere von **C**. Geben Sie an, welche Art von Isomerie diese jeweils zueinander zeigen?

Die Kombination von **A** und **B** wurde früher als pH-Elektrode zur pH-Wert-Messung eingesetzt. Das Standardpotenzial der Halbzelle beträgt  $E^\circ = + 0,70 \text{ V}$ .

f) Formulieren Sie die Reaktionsgleichung der Redoxreaktion!

g) Berechnen Sie die Spannung, die man bei einem pH-Wert von  $\text{pH} = 5,5$  mit dieser Halbzelle bestimmen würde? ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $c(\text{Ox}) = c(\text{Red}) = 1 \text{ mol/L}$ )

