

# 44. Internationale ChemieOlympiade 2012 USA



[www.icho.de](http://www.icho.de)

[www.icho-lab.de](http://www.icho-lab.de)

Neu!  
Melde Dich jetzt auf  
[www.icho.de](http://www.icho.de)  
für den Wettbewerb  
an!

## 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. Diese Aufgaben sollen anregen, erworbene Kenntnisse anzuwenden und zu erweitern. Die Aufgaben der früheren ChemieOlympiaden mit Lösungen sind unter [www.icho.de](http://www.icho.de) verfügbar; Abgabe der Aufgaben 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 01.07.1992 oder später geboren sind und im Frühjahr 2012 eine weiterführende Schule besuchen. Allerdings sollte man nicht planen, im Jahr der Olympiade im Sommersemester ein Studium aufzunehmen. Studierende dürfen nach den internationalen Regeln nämlich nicht am Wettbewerb teilnehmen.

### Kontakt

PD Dr. Sabine Nick und Dr. Stefan Schwarzer, 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 Luft – Am Anfang war die Suppe

Die uns umgebende Luft ist ein Gemisch verschiedener Gase, das in der Entstehungsgeschichte der Erde starke Veränderungen erfahren hat.

- Geben Sie die heutige Zusammensetzung wasserfreier Luft in der Höhe von Normalnull als prozentuale Volumenanteile an. Berücksichtigen Sie die Bestandteile Stickstoff, Sauerstoff, Argon und Kohlenstoffdioxid und nennen Sie jeweils eine natürliche Hauptquelle der vier Gase.
- Ein zusätzlicher fünfter gasförmiger Bestandteil in wasserfreier Luft variiert stark nach Jahreszeit, Standort und Höhe. Einerseits schützt er das Leben auf der Erde, andererseits führt er bei direktem Kontakt zu Schädigungen. Nennen Sie den Namen des Moleküls und zeichnen Sie, wenn möglich die Lewis-Strukturformeln aller fünf Gase in ihrer auftretenden Form.

Einige Bestandteile der Luft deuten mit ihrem Namen ihre chemische Reaktionsfähigkeit an.

- Nennen Sie mindestens zwei Stoffe und erläutern Sie die Namenszusammenhänge.

Die Evolution der Erdatmosphäre kann in drei Etappen eingeteilt werden: eine vermutlich sauerstofffreie reduzierende erste Atmosphäre, eine zweite stickstoffhaltige Atmosphäre und eine oxidierend wirkende dritte Atmosphäre.

d) Geben Sie für die erste und dritte Atmosphäre den namensgebenden Bestandteil an und erläutern Sie die Begriffe reduzierende und oxidierende Atmosphäre jeweils anhand einer chemischen Gleichung, die zu dieser Zeit wahrscheinlich gewesen ist. Kennzeichnen Sie Reduktion und Oxidation durch Angabe der Oxidationszahlen aller Atome in den an der Reaktion beteiligten Stoffe. Hinweis: In der Literatur existieren teilweise widersprüchliche Angaben zur Zusammensetzung der ersten Atmosphäre. Nehmen Sie die Bestandteile an, die im größtmöglichen Einklang mit der Reaktionsgleichung unter Aufgabenteil e) stehen.

Die Theorie der Ursuppe liefert eine mögliche Erklärung für die Entstehung unserer heutigen Luft, deren Hauptbestandteil Stickstoff ist.

Aus dem Hauptbestandteil **A** der ersten Atmosphäre und den Verbindungen Ammoniak und Wasser, lässt sich die zweite Atmosphäre mit ihrem gasförmigen Hauptbestandteil **B** und zwei gasförmigen Nebenprodukten **C** und **D** erzeugen.

e) Um welche Verbindungen handelt es sich bei **A**, **B**, **C** und **D**? Geben sie das fehlende Edukt und die fehlenden Produkte an und vervollständigen Sie die Reaktionsgleichung unter Berücksichtigung der Stöchiometrie!



In unserer heutigen Atmosphäre sind Stickstoff und Sauerstoff die Hauptbestandteile. Werden die Volumina dieser Gase betrachtet, ergeben sich Anteile von 78,08% ( $\text{N}_2$ ) und 20,94% ( $\text{O}_2$ ). Die Betrachtung der Massen der einzelnen Komponenten führt dagegen zu einer anderen prozentualen Zusammensetzung.

f) Berechnen Sie den Massenanteil dieser Elemente in Prozent bei einer Temperatur von 20 °C ( $d(\text{Luft}_{20^\circ\text{C}}) = 1,204 \text{ kg/m}^3$ ,  $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ).

Viele Elemente reagieren, wenn sie Luft ausgesetzt werden. Wird beispielsweise Magnesium an der Luft verbrannt, entsteht in einer heftigen, lichtintensiven Reaktion ein grau-gelbes Pulver (Experiment A). Wird dieses grau-gelbe Pulver mit Wasser versetzt (Experiment B), so färbt sich ein angefeuchtetes pH-Papier blau, wenn es über die Mischung gehalten wird. Die Mischung wird für einige Minuten zum Sieden erhitzt und ein pH-Papier in die Lösung gehalten. Auch hier färbt sich das pH-Papier blau.

g) Formulieren und erläutern Sie alle Reaktionsgleichungen für die Experimente A und B.

h) Beschreiben Sie, welche Funktion das Sieden hat. Erklären Sie, warum auch nach dem Sieden die Blaufärbung des pH-Papiers zu beobachten ist.

## 1.2 Brause

Zur Veranschaulichung des Aufgabenteils 1.3 soll in einem praktischen Versuch die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser untersucht werden. Der Versuch kann sowohl in der Schule, als auch zu Hause durchgeführt werden.

*Benötigtes Material:* sechs Brausetabletten aus dem Lebensmittelhandel, eine pneumatische Wanne (Kristallisierschale) und ein Messzylinder.

Im Rahmen einer Hausarbeit kann für die Kristallisierschale eine Plastikwanne und für den Messzylinder ein großes langes Glas oder eine Weithalsflasche verwendet werden. Um trotz fehlender Skalierung der Weithalsflasche das Volumen des entstehenden Gases zu ermitteln, markieren Sie am Glas den Wasserstand mit einem wasserfesten Stift und messen die Wassermenge mit einem haushaltüblichen Messbecher ab.

*Vorbereitung:* Es bietet sich an den folgenden Versuch auf einer saugfähigen Unterlage oder im Freien durchzuführen! Zunächst wird der Messzylinder luftfrei mit kaltem Leitungswasser befüllt und kopfüber in die ebenfalls wasserbefüllte pneumatische Wanne gestellt, s. Abb. 1. Die Wanne ist nur soweit mit Wasser gefüllt, dass der Messzylinderinhalt noch hinein passt.

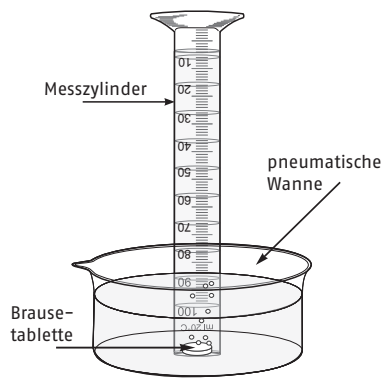


Abb. 1: Versuchsaufbau

**Durchführung:** Schnellstmöglich wird nun eine Brausetablette unter den Zylinder gelegt, dieser wieder abgesenkt und der Auflösevorgang abgewartet. Es ist darauf zu achten, dass der Messzylinder nicht umfällt und ihn ggf. mit Hilfe eines Stativs zu sichern. Beobachten Sie die Blasen beim Aufsteigen. Nach dem Ablesen des Wasserstands und der daraus resultierenden Volumenverdrängung des Wassers (VV1) wird die zweite Brausetablette unter den Zylinder gegeben und wieder die Verdrängung notiert (VV2). Der gesamte Versuch wird folgend mit eisgekühltem und lauwarmer Wasser noch einmal durchgeführt.

a) Geben Sie an, wie sich die Blasen beim Aufsteigen verhalten und erklären Sie Ihre Beobachtung. Welcher Auflösevorgang der Brausetabletten erzielte die größte Volumenverdrängung, VV1 oder VV2? Erläutern Sie diesen Sachverhalt. Geben Sie an, welche Gleichgewichte zwischen Wasser und Kohlenstoffdioxid herrschen (Reaktionsgleichungen) und welches dieser Gleichgewichte für die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid das wichtigste ist.

b) Wie wirkt sich unterschiedlich temperiertes Wasser auf den Lösevorgang des durch die Brausetabletten freigesetzten Kohlenstoffdioxids aus und welche Folgerung können Sie daraus ziehen?

### 1.3 Wasser auf dem Mars?

Ein See ist ein offenes System, das sich im Gleichgewicht mit der Atmosphäre befindet. Der pH-Wert eines Sees wird, neben anderen Faktoren, durch die Menge gelösten Kohlenstoffdioxids bestimmt.

Für die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser gilt näherungsweise das Henrysche Gesetz<sup>1,2</sup>:

$$K_H = \frac{c(\text{CO}_2(aq)) + c(\text{H}_2\text{CO}_3(aq))}{p(\text{CO}_2(g))}$$

$K_H = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{Pa}^{-1}$  bei 0 °C

Die Atmosphären von Erde und Mars unterscheiden sich erheblich. Während auf der Erde ein Normaldruck von 1013 mbar mit einem prozentualen Volumenanteil an CO<sub>2</sub> von 0,038% herrscht, hat die Marsatmosphäre einen Druck von nur 6,36 mbar mit einem prozentualen Volumenanteil von 95,32% CO<sub>2</sub>.

a) Berechnen Sie den pH-Wert eines möglichen Sees auf dem Mars bei 0 °C, der sich ausschließlich durch den CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre ergeben würde.

Der pH-Wert von Gewässern wird durch viele Faktoren beeinflusst. Zumeist zeigen unsere Gewässer eher eine basische als saure Reaktion.

b) Berechnen Sie den prozentualen Volumenanteil von CO<sub>2</sub> in der Erdatmosphäre, der zu einer sauren Reaktion in Gewässern (pH = 6) führen würde. (Andere den pH-Wert beeinflussende Faktoren werden nicht berücksichtigt!)

c) Welchen pH-Wert erwarten Sie, wenn Sie eine verschlossene Wasserprobe vom Mars auf der Erde öffnen, kräftig umrühren und den pH-Wert messen (bei 0 °C)? Führen Sie diese Rechnung einmal mit, einmal ohne die Berücksichtigung der Autoprotolyse des Wassers durch und vergleichen Sie die Ergebnisse.

Konstanten bei 273,15 K:

Ionenprodukt des Wassers:  $K_W = 0,12 \cdot 10^{-14}$

$pK_{s1}(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3) = 6,59$ ,  $pK_{s2}(\text{HCO}_3^-) = 10,27$

<sup>1</sup> Das Henrysche Gesetz sollte nur für Drücke bis etwa  $5 \cdot 10^5$  Pa angewendet werden. Es gilt nur für verdünnte Lösungen und kleine Partialdrücke.

<sup>2</sup> Die Summe der Konzentrationen beider „CO<sub>2</sub>-Spezies“ im Zähler ist zu berücksichtigen, da zur Anwendung des Henryschen Gesetzes das gelöste Teilchen eigentlich nicht mit dem Lösungsmittel reagieren darf.

## 1.4 Ozon als Reaktionspartner

Bei der Einwirkung von Ozon auf Moleküle mit C=C-Doppelbindungen und anschließender reduktiver Aufarbeitung lassen sich die entsprechenden Aldehyde und Ketone erhalten.

Ozon ist ein elektrophil reagierender Stoff, dessen Moleküle sich in einem ersten Schritt unter Ausbildung eines sogenannten Primärozonids an die Doppelbindung addieren. Das Primärozonid lagert sich sofort in das eigentliche Ozonid um. Die Umsetzung mit Wasserstoff führt zu Aldehyden und Ketonen.

- a) Zeichnen Sie den Reaktionsmechanismus der Ozonolyse von 1-Buten, die zu zwei Aldehyden führt. Zeichnen Sie hierzu die einzelnen Reaktionsschritte zu dem Primärozonid, dem Ozonid und zu den Aldehyden.
- b) Zeichnen Sie alle Produkte, die bei der erschöpfenden Ozonolyse und der anschließenden reduktiven Aufarbeitung aus Lycopin  $C_{40}H_{56}$  entstehen könnten. In welchem Stoffmengenverhältnis treten die Produkte auf, wenn man eine vollständige Umsetzung annimmt?

Eine aromatische Verbindung **A** reagiert mit Ozon. Die reduktive Aufarbeitung führt zu zwei Verbindungen **B** und **C**.

- **B** hat die Summenformel  $C_7H_6O$
  - **C** hat die Summenformel  $C_3H_6O$
  - **B** reagiert sowohl mit Tollens-Reagenz als auch mit Fehlingscher Lösung
  - **C** reagiert mit keinem dieser Reagenzien
  - In Anwesenheit eines Katalysators reagiert 1 mol **A** mit 1 mol  $H_2$  und ergibt **D**
  - 1 mol **A** reagiert gleichfalls mit 1 mol Brom zu Verbindung **E**
- c) Zeichnen Sie die Strukturformeln **A** bis **E** und die entsprechenden Schemata der Ozonolyse, Hydrierung und Bromierung (stereochemische Aspekte sollen nicht berücksichtigt werden).

