

46. Internationale ChemieOlympiade 2014 Vietnam

Abgabetermin (der durch die Fachlehrer korrigierten Arbeiten in Brandenburg): 04. September 2013

Informationen zur 1. Runde

Dies ist die erste von vier Auswahlrunden zur Internationalen ChemieOlympiade. 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!

Die Aufgaben werden in Hausarbeit individuell bearbeitet. Zur Lösung der Aufgaben sind alle Hilfsmittel wie beispielsweise Bücher und Internet erlaubt. Die Lösungen zur 1. Runde werden über die Fachlehrkräfte bei den Landesbeauftragten abgegeben. Die Korrektur der Aufgaben der 1. und 2. Runde wird landesintern geregelt! Für die Teilnahme am deutschen Auswahlverfahren zur Internationalen ChemieOlympiade muss eine Registrierung im Online-Anmeldeportal erfolgen.

Die Adressen der Landesbeauftragten, die jeweiligen Abgabetermine sowie den Zugang zum Online-Anmeldeportal für die Registrierung und die Erzeugung eines Lösungs-Deckblatts findet man im Internet unter www.icho.de.

Wer kann mitmachen?

Alle, die am 01.07.2014 noch keine 20 Jahre alt sind und im Frühjahr 2014 eine allgemeinbildende weiterführende Schule besuchen.

Weitere Informationen unter www.icho.de

Kontakt

IPN an der Universität Kiel, Olshausenstr. 62, 24118 Kiel | Tel.: 0431-880-3168 | E-Mail: icho@ipn.uni-kiel.de

1.1 Chemie und Pferde

In Pferdeställen riecht es typisch nach einer Verbindung **A**, die durch die bakterielle Zersetzung des im Pferdeharn enthaltenen Harnstoffes entsteht.

a) Um welche Verbindung **A** handelt es sich? Formulieren Sie die Zersetzungsreaktion von Harnstoff!

Ein Pferd lässt am Tag pro Kilogramm Körpergewicht 15–50 mL Urin ab. Der Harnstoffgehalt ist erwartungsgemäß vom Proteingehalt der Nahrung abhängig und beträgt durchschnittlich 5 mmol/L (3,3–6,7 mmol/L).

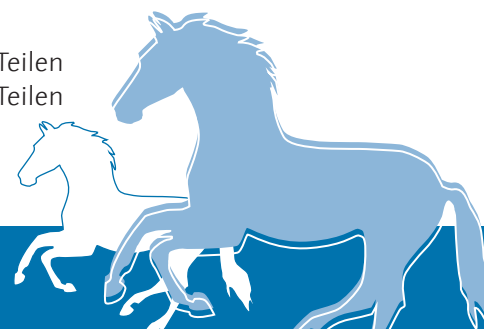
b) Wie viel Gramm der Verbindung **A** könnten in einem Stall, in dem 23 Pferde mit einem Körpergewicht von 550 kg untergestellt sind, theoretisch gebildet werden? (Nehmen Sie als Harnmenge pro Pferd 35 mL/kg und als Dichte für den Pferdeharn näherungsweise $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ an.)

Im 19. Jahrhundert beschäftigen sich viele Naturforscher mit der Analyse von allen möglichen Materialien und Stoffen. Justus von Liebig schrieb im Jahr 1829 in Poggendorfs Annalen: „Der Harn von Pferden giebt, mit Salzsäure im Ueberschuß vermischt, nach einiger Zeit einen gelblich braunen krystallinischen Niederschlag, welchem durch bloßes Waschen mit Wasser sein eigenthümlich unangenehmer Geruch nicht entzogen werden kann.“

Er hatte aus dem Pferdeurin eine neue Verbindung **B** isoliert, für deren Zusammensetzung er folgende Massenanteile der Elemente angab:

Stickstoff	7,337 Teile in 100 Teilen	Kohlenstoff	63,032 Teile in 100 Teilen
Wasserstoff	5,000 Teile in 100 Teilen	Sauerstoff	24,631 Teile in 100 Teilen

c) Bestimmen Sie die Verhältnisformel der Verbindung **B**.



Liebig's Entdeckung war wegweisend, da er frühere Annahmen, bei der Verbindung **B** handle es sich um Benzoesäure, mit seinen Untersuchungen widerlegen konnte, da die von ihm isolierte Verbindung Stickstoff enthielt. Dennoch revidierte er seine Bestimmungsergebnisse und veröffentlichte fünf Jahre später, neue Werte (Verbindung **B'**):

Stickstoff 7,816/100 | Kohlenstoff 60,742/100 | Wasserstoff 4,959/100 | Sauerstoff 26,483/100

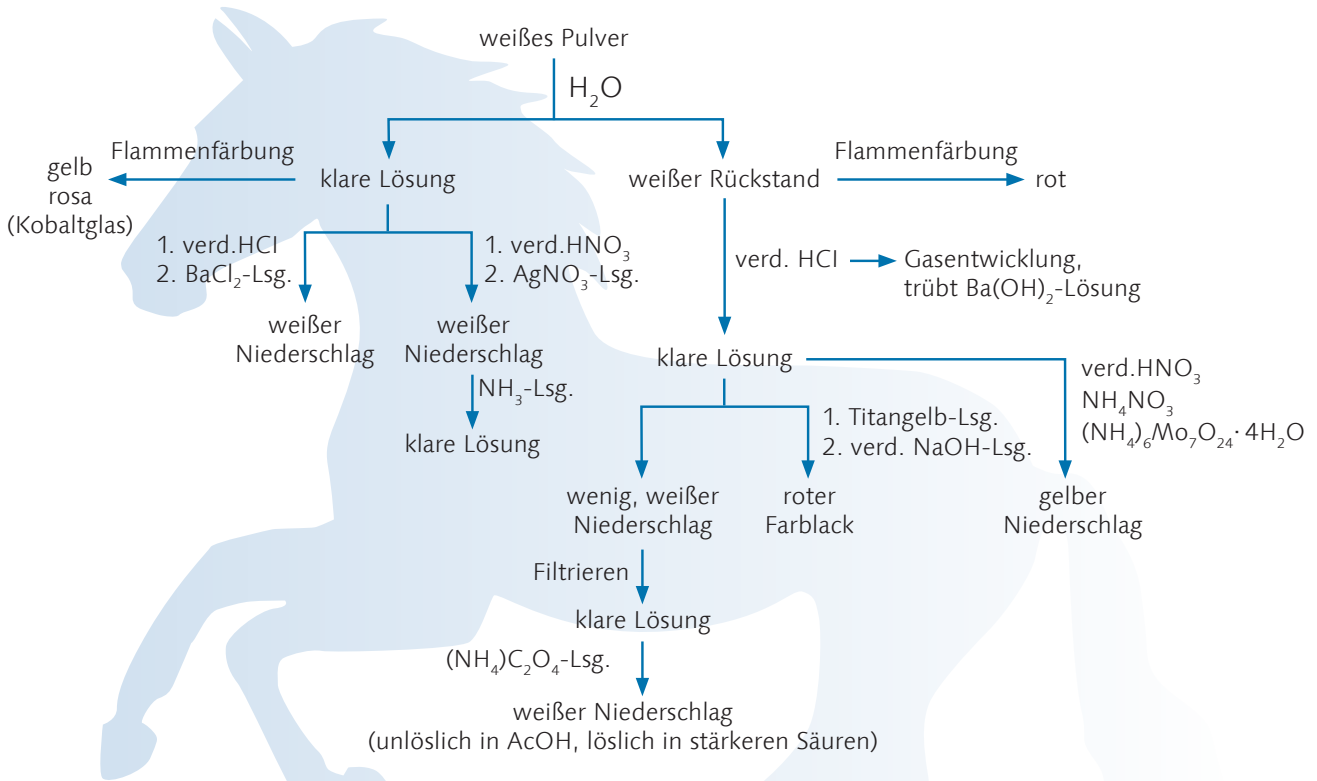
Verbindung **B'** löst sich gut in heißem Wasser, mit Zink reagiert **B'** unter Wasserstoffentwicklung und bildet zahlreiche andere Metallsalze. Beim Kochen mit Mineralsäuren oder Basen zerfällt **B'** in Benzoesäure und eine Aminosäure.

d) Ermitteln Sie, um welche Verbindung **B'** es sich handelt? Wie heißt die Verbindung? Zeichnen Sie eine Strukturformel!

Wird Verbindung **B'** bis zur Zersetzung erhitzt, entsteht neben Benzoesäure und einem harzartigen Rückstand eine weitere Verbindung **C**, mit der Summenformel C_7H_5N , die Liebig als „...flüssiges, gelbliches, angenehm riechendes, ammoniakhaltiges Oel, welches mit fetten Oelen große Aehnlichkeit besitzt...“ beschreibt.

e) Um welche Verbindung handelt es sich bei **C**? Wie kann aus **C** Ammoniak entstehen? Zeichnen Sie ein Reaktionsschema das die Ammoniak-Bildung verdeutlicht!

In der Nähe der Boxen von Legolas, Baryt und Strontian liegt ein Plastikbeutel mit einem weißen Pulver. Ein Teil des Pulvers ist schon herausgefallen und liegt jetzt direkt vor den Boxen. Natürlich will es niemand gewesen sein und niemand weiß, was das für ein Pulver sein könnte. Mareike nimmt etwas von dem Pulver mit und gibt es ihrer großen Schwester Margot, die Chemie studiert hat. Margot erinnert sich an ihr Quali-Praktikum und ermittelt folgende Ergebnisse:



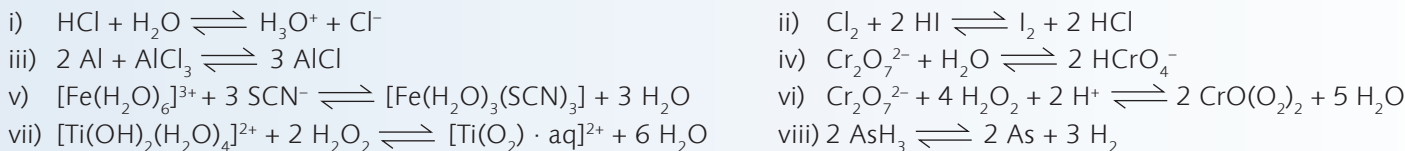
Mareike ist erleichtert, denn Margot hat nichts Gefährliches gefunden.

f) Welche Ionen enthält das Pulver aus dem Pferdestall, wenn ausschließlich die im Schema angegebenen Reaktionen/Beobachtungen berücksichtigt werden? Welche Salze könnten nach den angebenen Reaktionen/Beobachtungen theoretisch im weißen Pulver vorliegen?

1.2 Redoxreaktionen

Redoxreaktionen sind einer der wichtigen Typen chemischer Reaktionen.

- a) Erklären Sie kurz den Begriff der „Redox-Reaktion“ am Beispiel der Reaktion von elementarem Natrium und Wasser. Formulieren Sie die entsprechenden Reaktionsgleichung(en) und ordnen Sie alle Oxidationszahlen zu.
- b) Welche der folgenden Gleichungen repräsentiert eine Redoxreaktion, welche nicht?



Redoxreaktionen sind die Basis für galvanische Elemente, mit denen durch chemische Reaktion Energie gewonnen werden kann.

c) Nennen Sie den Hauptunterschied von Primär- und Sekundärelementen!

Die Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie hat eine lange Tradition. So wurden in einer Siedlung in der Nähe von Bagdad, die man auf 250 v. Chr. – 225 n. Chr. datiert, bei Ausgrabungen kleine Tongefäße gefunden, die jeweils einen Zylinder aus Kupfer und zusätzlich einen Eisenstab enthalten.

d) Wenn diese Gefäße zur Stromerzeugung genutzt wurden, welches Metall hätte als Anode und welches als Kathode verwendet werden können? Stellen Sie die Reaktionsgleichungen für die Elektrodenreaktionen (Anode und Kathode) auf. ($E^0(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) = +0,34 \text{ V}$, $E^0(\text{Fe}/\text{Fe}^{2+}) = -0,41 \text{ V}$)

e) Nennen Sie zwei weitere Voraussetzungen für die Konstruktion einer Strom erzeugenden Batterie.

f) Welche Spannung würde die Bagdad-Batterie unter Standardbedingungen idealerweise liefern?

Die Tabelle zeigt einen Ausschnitt aus der elektrochemischen Spannungsreihe.

oxidierte Form	reduzierte Form	E^0 in V	oxidierte Form	reduzierte Form	E^0 in V
$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^-$	\rightleftharpoons Zn	-0,76	$\text{I}_2 + 2 \text{e}^-$	\rightleftharpoons 2 I ⁻	+0,54
$\text{Fe}^{3+} + 3 \text{e}^-$	\rightleftharpoons Fe	-0,04	$\text{Fe}^{3+} + 1 \text{e}^-$	\rightleftharpoons Fe ²⁺	+0,77
$2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	\rightleftharpoons H₂	± 0,00	$\text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$	\rightleftharpoons 2 Cl ⁻	+1,36
$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^-$	\rightleftharpoons Cu	+0,34			

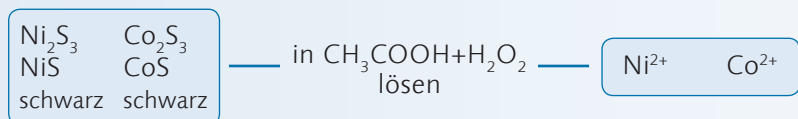
g) Welche Aussagen sind aufgrund der durch die Standardpotenziale vorgegebenen Reaktionen bei den unten beschriebenen Experimenten zutreffend, welche nicht?

i) Zinkgranulat wird mit verdünnter Salzsäure übergossen:	ii) Kupferspäne werden mit verdünnter Salzsäure übergossen:	iii) Eine Eisen(III)-chlorid-Lösung wird mit einer Kaliumiodid-Lösung versetzt:
1. es entsteht Chlor	1. es entsteht Chlor	1. es entsteht Iod
2. es entsteht Wasserstoff	2. es entsteht Wasserstoff	2. es fällt Eisen aus
3. es passiert nichts	3. es passiert nichts	3. es passiert nichts
4. das Zink löst sich auf	4. das Kupfer löst sich auf	4. die Lösung färbt sich blau

Im Trennungsgang der Kationen, werden Kobalt und Nickel in Form ihrer Sulfide ausgefällt (s. unten). Zur weiteren Identifizierung werden diese dann mit $\text{H}_3\text{CCOOH}/\text{H}_2\text{O}_2$ oder konzentrierter HNO_3 gelöst.

h) Handelt es sich beim Lösen von NiS und CoS um eine Redoxreaktion? Begründen Sie Ihre Antwort!

i) Aus welchem Grund sollte besser mit $\text{H}_3\text{CCOOH}/\text{H}_2\text{O}_2$ anstelle von konzentrierter HNO_3 gearbeitet werden?

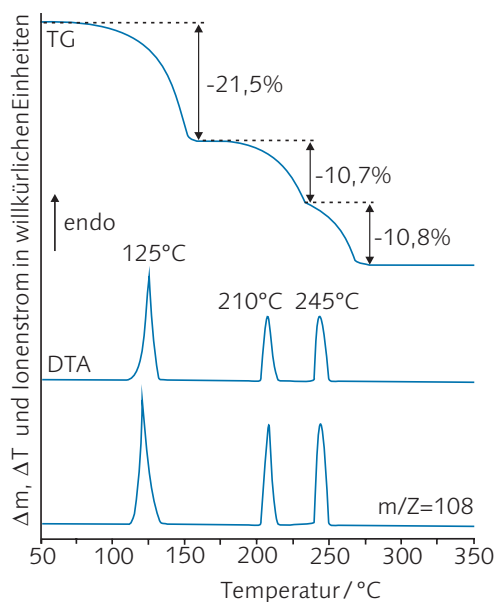


1.3 Thermischer Abbau einer Verbindung

Im Rahmen der Synthese einer Koordinationsverbindung wurden 1 mmol Kupfer(I)-bromid mit 1 mmol 2,5-Dimethylpyrazin in Acetonitril gerührt. Dabei fiel ein Feststoff X aus, der abfiltriert, getrocknet und einer Elementaranalyse (Verbrennungsanalyse) unterzogen wurde, welche die folgende Werte lieferte: C: 28,65%, N: 11,12%, H: 3,21%. Der Gehalt an Kupfer und an Brom wurde zusätzlich durch Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) bestimmt: (Cu: 25,25%, Br: 31,75%).

a) Ermitteln Sie die Summenformel, die Molekülformel sowie die molare Masse von X!

Zur weiteren Charakterisierung von **X** wurden die thermischen Eigenschaften mit simultaner Differenz-Thermoanalyse (DTA) und Thermogravimetrie (TG) gekoppelt mit der Massenspektroskopie (MS) untersucht. Die Ergebnisse zeigt die folgende Abbildung. In der massenspektroskopischen Messung wurde das im Verlauf der Reaktion auftretende Fragment verfolgt, welche das größte m/Z -Verhältnis aufwies.

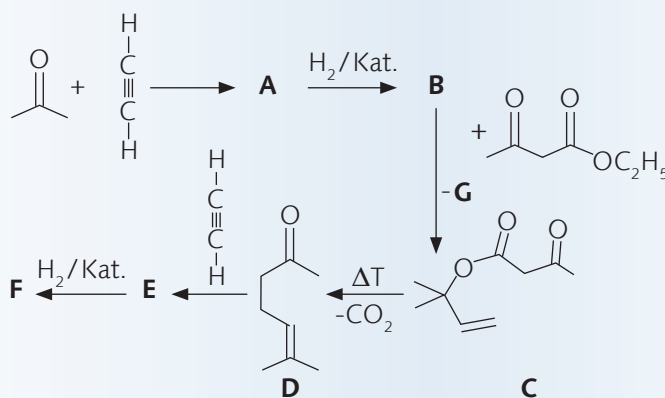


- b) Welche Informationen über die thermische Reaktivität („Verhalten beim Erwärmen“) von **X** liefert
- die TG-Kurve hinsichtlich der Massenverluste,
 - die DTA-Kurve hinsichtlich der Energietönungen der Ereignisse,
 - die MS-Trend-Scan-Kurve hinsichtlich der austretenden Komponente.
- c) Ermitteln Sie die chemische Zusammensetzung (Molekülformel) der bei der thermischen Abbaureaktion nach der 1., 2. und 3. Massestufe gebildeten Produkte. (Vergleichen Sie zur Lösung die experimentellen Massenverluste mit theoretisch möglichen Massenverlusten.)

Abb.: DTA-, TG-, und MS-Trend-Scan-Kurve der Verbindung **X** (die Massenverluste der TG-Kurve beziehen sich alle auf die ursprünglich vorhandene Masse).

1.4 Nasen vor(n)!

Gegeben ist das Syntheschema einer Verbindung **F**, die eine Zwischenverbindung der Herstellung der Verbindung **H** darstellt. **H** ist ein Naturstoff und wird sowohl synthetisch als auch aus natürlicher Quelle gewonnen.

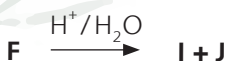


- Geben Sie die Strukturformeln der Verbindungen **A**, **B**, **E**, **F** und **G** an!
(Hinweis: Bei Schritt **A** nach **B** sowie Schritt **E** nach **F** reagiert jeweils 1 mol Wasserstoff mit 1 mol **A** bzw. **E**)
- Stellen Sie den Mechanismus der Reaktion von **C** nach **D** dar. Unter welchem Namen ist die Reaktionssequenz **B** nach **D** bekannt?

F reagiert mit t-Butylacetat unter Abspaltung von t-Butanol zur Zielverbindung **H**.

- Geben Sie die Strukturformel und Namen der Verbindung **H** an?
- Nennen Sie eine natürliche Quelle von **H**.

Wird Verbindung **F** sauer hydrolysiert, lassen sich zwei Verbindungen **I** bzw. **J** mit der identischen Summenformel wie **F** gewinnen:



- Geben Sie die Strukturformeln und Namen der Verbindungen **I** und **J** an und erklären Sie, warum beide Produkte entstehen können.



Neu!
Melde Dich jetzt auf
www.icho.de
für den Wettbewerb an!