

KULTUSMINISTERIUM DES LANDES SACHSEN-ANHALT



Abitur
Januar/Februar 2004

Chemie
(Grundkurs)

Einlesezeit: 30 Minuten
Bearbeitungszeit: 210 Minuten

Thema 1

Chemische Reaktionen unter qualitativen
und quantitativen Gesichtspunkten

Thema 2

Organische Verbindungen mit einem
Kohlenstoffatom

Thema 3

Chemische Reaktionen im U-Boot

Thema 1: Chemische Reaktionen unter qualitativen und quantitativen Gesichtspunkten

1 Qualitative Untersuchungen

- 1.1 Qualitative und quantitative Untersuchungen sind sehr bedeutsam für viele praktische Bereiche der Chemie und bilden die Grundlage für das Erkennen zahlreicher theoretischer Zusammenhänge.

Erläutern Sie kurz je ein selbstgewähltes Beispiel für praktisch relevante qualitative und quantitative Untersuchungen.

- 1.2 Chlorwasserstoff und Ethansäure werden in Wasser gelöst.

Entwickeln Sie die Gleichungen für die Reaktionen der angegebenen Stoffe mit Wasser.

Erklären Sie ausgehend von einem der Beispiele die Säure-Base-Theorie nach BRÖNSTED.

Begründen Sie, dass mittels pH-Messgerät eine wässrige Ethansäure-Lösung ($c = 0,1 \text{ mol/L}$) und eine gleichkonzentrierte Chlorwasserstoffsäure unterscheidbar sind.

Bestätigen Sie dies durch Berechnungen.

Beschreiben Sie eine weitere Reaktion zur Unterscheidung beider Säuren.

1.3 Experiment

Sie erhalten in mit A, B, C und D gekennzeichneten Reagenzgläsern Stoffproben der Feststoffe Ethandisäure (Oxalsäure), Glucose, Stärke und Ammoniummethanoat (Ammoniumacetat).

Erstellen Sie einen Plan zur experimentellen Identifizierung der Stoffe.

Fordern Sie Nachweismittel an.

Führen Sie die notwendigen Experimente durch und werten Sie Ihre Beobachtungen aus.

2 Quantitative Untersuchungen

- 2.1 In der Abbildung 1.1 „Titrationskurven“ sind die Neutralisationskurven zweier Säuren gleicher Stoffmengenkonzentration dargestellt.

Entscheiden Sie, welche der beiden Kurven die Neutralisation von Ethansäure-Lösung mit Natriumhydroxid-Lösung veranschaulicht.

Interpretieren Sie die entsprechende Kurve, benennen Sie dabei die Punkte A und B.

Wählen Sie für diese Neutralisationsreaktion begründet einen Indikator aus.

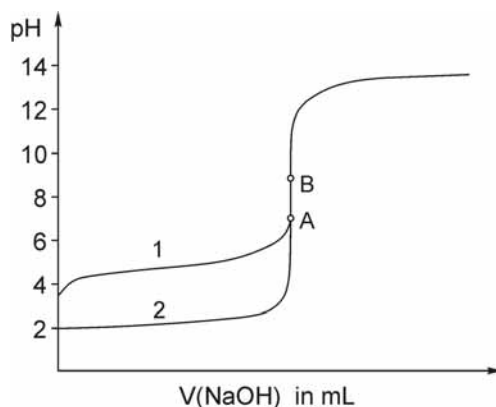


Abb. 1.1: Titrationskurven

- 2.2 Die Maßanalyse ist ein bekanntes Analyseverfahren mit dem unter anderem die Qualität von Lebensmitteln überwacht werden kann.

Um Gewürzgurken herzustellen, werden Gurken mit Hilfe von Essig, Wasser und verschiedenen Gewürzen eingelegt. Ein Labor erhält 5 mL Probe-Lösung des Gewürzaufgusses zur Untersuchung. Es wird mit Natriumhydroxid-Lösung der Konzentration $c = 0,1 \text{ mol/L}$ titriert. Der Verbrauch an Natriumhydroxid-Lösung beträgt $V(\text{NaOH}) = 8,5 \text{ mL}$.

Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration und die Masse von Ethansäure in einem halben Liter des Aufgusses.

3 Technische Anwendungen

- 3.1 Bei der Konvertierung $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ werden in Abhängigkeit von den Reaktionsbedingungen folgende Stoffumsätze erreicht:

Temperatur in K	Stoffmenge vor Beginn der Reaktion in mol		Stoffmenge im chemischen Gleichgewicht in mol		Gleichgewichts- konstante
	CO	H ₂ O	CO	H ₂	
705	1	1	0,250	0,750	
705	1	3			$K_2 = 9$
760	1	1	0,299	0,701	
760	1	3	0,075	0,925	

Ermitteln Sie die fehlenden Werte in der Tabelle. Begründen Sie unter Einbeziehung des Prinzips von LE CHATELIER und des Massenwirkungsgesetzes die unterschiedlichen Ausbeuten an Wasserstoff.

- 3.2 Zur quantitativen Bestimmung des Eisengehaltes in Erzen wird eine Erzprobe mit Säure aufgelöst. Nach Aufarbeitung der Probe kann der Eisengehalt bestimmt werden. Vereinfacht gilt dafür folgende Bruttoreaktion:



Bestimmen Sie die Oxidationszahlen. Entwickeln Sie die Teilgleichungen für die korrespondierenden Redoxpaare in Ionenschreibweise. Begründen Sie, dass diese chemische Reaktion eine Redoxreaktion ist.

Thema 2: Organische Verbindungen mit einem Kohlenstoffatom

1 Methansäure

1.1 **Experiment**

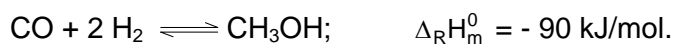
Überprüfen Sie folgende Hypothese: Methansäure ist gegenüber schwefelsaurer Kaliumpermanganat-Lösung ein Reduktionsmittel.

Geben Sie dazu eine experimentell überprüfbare Folgerung an, führen Sie das Experiment durch und werten Sie aus.

1.2 Vergleichen Sie begründet unter Einbeziehung von Betrachtungen zur Struktur und zur chemischen Bindung die Siedetemperaturen von Methan, Methanol, Methanal und Methansäure.

2 Methanol

2.1 Die katalytische Methanolsynthese lässt sich mit der folgenden Reaktionsgleichung beschreiben:



Leiten Sie drei Möglichkeiten zur Erhöhung des Volumenanteils von Methanol im chemischen Gleichgewicht ab.

Begründen Sie die technisch gewählten Reaktionsbedingungen

[$T = 650 \text{ K}$, $p = 20 \text{ MPa}$, $V(\text{CO}) : V(\text{H}_2) = n(\text{CO}) : n(\text{H}_2) = 1 : 2,2$].

2.2 Zur Methanolsynthese wird ein Gemisch aus Kohlenstoffmonooxid und Wasserstoff im Stoffmengenverhältnis 1 : 2,2 verwendet.

Die Zusammensetzung des Synthesegases soll durch Konvertierung eines Gasgemisches gewonnen werden, das zu Beginn der chemischen Reaktion im Stoffmengenverhältnis $n(\text{CO}) : n(\text{H}_2) = 1 : 1$ vorliegt.

Zeigen Sie rechnerisch, dass ein Zusatz von 0,5 mol Wasserdampf zum genannten Stoffgemisch aus Kohlenstoffmonooxid und Wasserstoff nicht ausreicht, um das erforderliche Stoffmengenverhältnis zu sichern. Die Gleichgewichtskonstante K nimmt dabei den Wert 4 an.

Überprüfen Sie weiterhin durch Berechnung, ob sich eine Verdopplung des Gesamtdruckes auf die Lage des Konvertierungsgleichgewichtes auswirkt. Gehen Sie dazu von einem selbst gewählten Modellfall aus. Verwenden Sie kleine natürliche Zahlen.

2.3 Wasserfreies Methanol reagiert mit Natrium. Nach Beendigung dieser Reaktion wird Wasser zugesetzt und der pH-Wert mit Universalindikator ermittelt.

Nennen Sie mögliche Beobachtungen und erklären Sie diese unter Einbeziehung der Reaktionsgleichungen. Ordnen Sie die ablaufenden Reaktionen begründet Reaktionsarten zu.

3 Methan

- 3.1 In ein Reagenzglas werden Chlor und Methan eingeleitet und durch Bestrahlung mit UV-Licht zur Reaktion gebracht. Es bilden sich vier Chlorierungsprodukte des Methans (Mehrfachchlorierung).

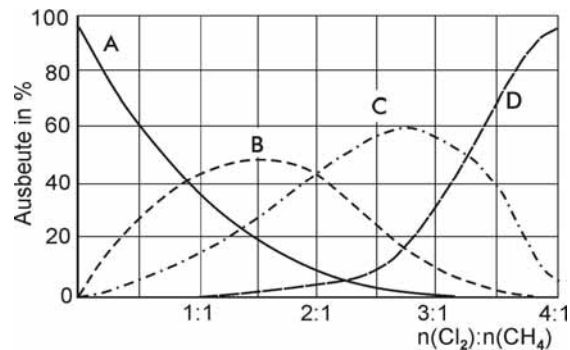


Abb. 2.1: Ausbeute an Chlorierungsprodukten

Interpretieren Sie die Abbildung 2.1 „Ausbeute an Chlorierungsprodukten“ und benennen Sie die Reaktionsprodukte A bis D. Geben Sie deren Strukturformeln an.

Leiten Sie aus der Abbildung 2.1 „Ausbeute an Chlorierungsprodukten“ ab, wie die unerwünschte Mehrfachchlorierung zurückgedrängt werden kann.

- 3.2 In einem Lehrbuch wird die Chlorierung des Methans wie folgt beschrieben: „Bei der Absorption eines Lichtquants durch ein Chlormolekül wird dieses homolytisch in zwei Chlorradikale gespalten. Diese Reaktion wird als Startreaktion bezeichnet. Die molare Standardreaktionsenthalpie beträgt dabei + 242 kJ/mol. Ein Chlorradikal ist ein sehr reaktives Teilchen. Es reagiert sofort mit einem Methanmolekül weiter. Dabei wird eine molare Standardreaktionsenthalpie von + 8 kJ/mol ermittelt. Das hierbei gebildete Methylradikal ist noch reaktiver und reagiert unter Bildung von Monochlormethan weiter. Dabei beträgt die molare Standardreaktionsenthalpie - 114 kJ/mol.“

Entwickeln Sie für die beschriebenen Reaktionen die Reaktionsgleichungen. Übernehmen Sie das Diagramm der Abbildung 2.2 „Energiediagramm der Start- und Kettenwachstumsreaktion von Chlor mit Methan“ und tragen Sie die molaren Standardreaktionsenthalpien der beschriebenen Schritte ein.

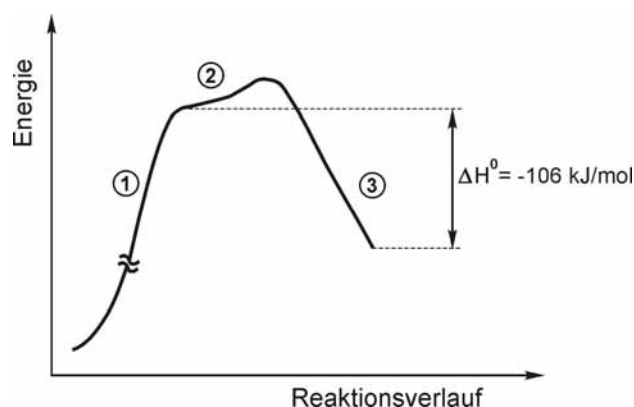


Abb. 2.2: Energiediagramm der Start- und Kettenwachstumsreaktion von Chlor mit Methan

3.3 Vergleichen Sie mithilfe der folgenden Übersicht die Enthalpien zur Spaltung der Bindung in den Halogenmolekülen.

Berechnen Sie die fehlende energetische Bilanz der Iodierung des Methans.

Geben Sie eine begründete Vermutung zur Reaktivität der Halogene gegenüber Methan an.

	ΔH° in kJ/mol		
	Chlorierung	Bromierung	Iodierung
Spaltung der C-H-Bindung	+ 440	+ 440	+ 440
Spaltung der H-X-Bindung (X = Cl, Br, I)	+ 432	+ 365	+ 298
Spaltung der X-X-Bindung (X = Cl, Br, I)	+ 242	+ 193	+ 151
Spaltung der C-X-Bindung (X = Cl, Br, I)	+ 356	+ 298	+ 239
Bilanz	- 106	- 30	

Thema 3: Chemische Reaktionen im U-Boot

- 1 U-Boote sind auf der einen Seite gefährliche Waffenträger und auf der anderen Seite komplizierte und technisch ausgereifte Systeme. Nicht erst seit dem Untergang der „Kursk“ am 21.08.2000 sind die Gefahren, die Probleme und das zerstörerische Potenzial dieser Waffenträger bekannt.
Die Energieversorgung, die Versorgung der Besatzungsmitglieder im System mit Sauerstoff und Trinkwasser sowie die Beseitigung von Kohlenstoffdioxid sind überlebenswichtig. In der „Kursk“ wurde die Energieversorgung durch zwei Druckwasserreaktoren von je 190 MW sichergestellt. So kann durch Elektrolyse von entsalztem Meerwasser Sauerstoff zum Atmen bereitgestellt werden.
- 1.1 Das folgende Experiment ist ein Modellversuch für die Elektrolyse von Meerwasser.
- Experiment**
Führen Sie die Elektrolyse einer Natriumchlorid-Lösung in einem U-Rohr mit zwei Kohlenstoff-Elektroden und mit einer Spannung $U = 4\text{ V}$ unter Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen durch. Fügen Sie nach einiger Zeit zur Natriumchlorid-Lösung an beiden Polen Phenolphthalein hinzu.
Geben Sie Ihre Beobachtungen an. Werten Sie das Experiment aus. Erläutern Sie unter Einbeziehung der chemischen Zeichensprache die an den Elektroden ablaufenden Reaktionen.
- 1.2 Die Elektrolyse von Wasser wird zur Sauerstoffversorgung genutzt.
Erläutern Sie diese mithilfe einer beschrifteten Skizze unter Einbeziehung der chemischen Zeichensprache.
Geben Sie die zu erwartenden Beobachtungen an und beschreiben Sie mögliche Nachweisreaktionen für die gasförmigen Reaktionsprodukte.
Geben Sie die LEWIS-Formeln für die beiden molekularen Reaktionsprodukte an und beschreiben Sie die chemische Bindung in einem der Moleküle.
Begründen Sie aus dem Verlauf des Experimentes aus Aufgabe 1.1 die Aussage: „Die Aufarbeitung des Meerwassers vor der Elektrolyse ist zwingend notwendig.“
- 2 Bei Ausfall der Energieversorgung sind die zeitlich begrenzten Hauptreaktionen von Kaliumhyperoxid (Kaliumsuperoxid, KO_2) mit Kohlenstoffdioxid zu Kaliumcarbonat und Sauerstoff sowie die Reaktion von Kaliumhyperoxid mit dem Wasser der Atemluft zu Sauerstoff, Kaliumhydroxid und Wasserstoffperoxid für die Mannschaft lebensnotwendig. Kaliumhydroxid geht eine Folgereaktion ein, welche ebenfalls zur Verbesserung der Atemluft beiträgt.
Entwickeln Sie die chemischen Gleichungen für die beschriebenen Reaktionen. Geben Sie für zwei der Reaktionen die Reaktionsart an. Berücksichtigen Sie dabei, dass dem Sauerstoff im Kaliumsuperoxid vereinfachend die formale Oxidationszahl $-0,5$ zugeordnet wird.
Berechnen Sie das Volumen an Kohlenstoffdioxid, das mit einer Masse $m = 25\text{ kg}$ Kaliumhydroxid gebunden werden kann.
Geben Sie Gründe dafür an, dass auch ein getauchtes U-Boot ein offenes System darstellt.

3 Wasserstoffperoxid

- 3.1 Aus Wasserstoffperoxid kann im sauren Milieu Sauerstoff erzeugt werden. Wird mit einer verdünnten Kaliumpermanganat-Lösung als Reaktionspartner gearbeitet, so entfärbt sich diese Lösung.

Formulieren Sie die Teilgleichungen und die Gesamtreaktionsgleichung. Erläutern Sie ausführlich das Wesen der Redoxreaktion an diesem Beispiel.

Der Zerfall von Wasserstoffperoxid in Wasser und Sauerstoff erfolgt im sauren Milieu freiwillig und kann durch Katalysatoren beeinflusst werden.

Erläutern Sie die Wirkungsweise eines Katalysators unter Einbeziehung der Tabelle 3.1 „Angaben zum Zerfall von Wasserstoffperoxid“.

Reaktionsbedingung	Aktivierungsenergie in kJ/mol	Relative Geschwindigkeit
ohne Katalysator	75,24	1
Platinkatalysator	50,15	$2 \cdot 10^3$
Katalase (Enzym)	22,83	$3 \cdot 10^8$

Tab. 3.1: „Angaben zum Zerfall von Wasserstoffperoxid“

- 3.2 U-Boote dienen u. a. als Raketenabschussbasen. In Raketentriebwerken werden neben Benzol auch Hydride, wie Diboran B_2H_6 , durch mitgeführten Sauerstoff vollständig verbrannt. Bei der Verbrennung von Diboran entsteht neben Wasserdampf auch festes Bor(III)-oxid.

Geben Sie für beide Verbrennungsvorgänge die Reaktionsgleichungen an.

Bei der Verbrennung von einem Mol Benzol entsteht eine Reaktionswärme $Q_1 = 3,28$ MJ und bei der Verbrennung von einem Mol Diboran eine Reaktionswärme $Q_2 = 1,96$ MJ.

Berechnen Sie die Reaktionswärme und den Sauerstoffbedarf für die Verbrennung von einer Masse $m = 1$ t Diboran (Hinweis: $V_m = 24$ L/mol).

Bei der Verbrennung von einer Masse $m = 1$ t Benzol wird eine Reaktionswärme $Q = 42,02$ GJ freigesetzt und ein Sauerstoffvolumen $V = 2305,7$ m³ benötigt.

Beurteilen Sie den Einsatz beider Treibstoffe unter den Gesichtspunkten Energiefreisetzung und Sauerstoffbedarf bei gleicher Masse.