



MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT  
BADEN-WÜRTTEMBERG

ABITURPRÜFUNG AM BERUFLICHEN GYMNASIUM IM SCHULJAHR 2005/2006

<b>Hauptprüfung</b>	<b>AUFGABEN FÜR DAS FACH</b>
3.2.1	<b>Chemie 4-stündig (AG, SG, TG, WG)</b>

<b>Arbeitszeit</b>	240 Minuten
<b>Hilfsmittel</b>	Periodensystem der Elemente Zugelassener Taschenrechner Anhangseiten A - E (Datensammlung Chemie)
<b>Stoffgebiet</b>	Aufgabe 1: Energetik; Kinetik; Elektrochemie; Stickstoffverbindungen  Aufgabe 2: Organische Chemie; Duft und Aromastoffe  Aufgabe 3: Themenübergreifend; Methan - Gewinnung - Verwendung
<b>Bemerkungen</b>	Von den 3 vorgelegten Aufgaben sind 2 zu bearbeiten.  Der Aufgabensatz umfasst einschließlich der Anhangseiten A-E 14 Seiten.  Sie sind verpflichtet, die Vollständigkeit des Aufgabensatzes umgehend zu überprüfen und fehlende Seiten der Aufsicht führenden Lehrkraft anzuzeigen. Jede Aufgabe ist mit einem neuen Blatt zu beginnen. Bei Verstößen gegen die angemessene Darstellungsform kann ein Punkteabzug erfolgen.

Hauptprüfung 2005/2006	Berufliches Gymnasium (AG, SG, TG, WG)
3.2.1	Chemie 4-stündig
	Aufgabe 1: Energetik; Kinetik; Elektrochemie

Punkte

Stickstoffverbindungen

1 Bei Verbrennungsvorgängen, vor allem in Kraftfahrzeugmotoren und Kraftwerken aber auch in der Chemieindustrie, entstehen als unerwünschte Nebenprodukte Gemische von Stickstoffoxiden. Gemische von Stickstoffoxiden werden als "Nitrose Gase" bezeichnet. Sie enthalten unter anderem Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid. In Deutschland werden über zwei Millionen Tonnen Stickstoffoxide jährlich emittiert. Der Anteil des Straßenverkehrs an den Stickstoffoxid-Emissionen beträgt dabei etwa 45%.

1.1 Im Brennraum entsteht zuerst vor allem Stickstoffmonoxid. Gelangen dann die Verbrennungsgase in die Luft, wird das Stickstoffmonoxid in einer Gleichgewichtsreaktion zu dem schädlicheren Stickstoffdioxid weiteroxidiert. Formulieren Sie die Gleichung für diese Gleichgewichtsreaktion. Berechnen Sie für diese Reaktion die "Freie Standardreaktionsenthalpie" bei einem Umsatz von  $n(\text{NO}) = 1$  mol Stickstoffmonoxid.

4

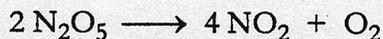
1.2 Die Lage des Stickstoffmonoxid-Stickstoffdioxid-Gleichgewichts kann durch Veränderung der Reaktionsbedingungen beeinflusst werden. Es stehen vier Kombinationen von Reaktionsbedingungen zur Auswahl:

2

- A: hohe Temperatur, hoher Druck, Einsatz eines Katalysators
- B: hohe Temperatur, niederer Druck, kein Katalysator
- C: niedere Temperatur, hoher Druck, Einsatz eines Katalysators
- D: niedere Temperatur, hoher Druck, kein Katalysator

Begründen Sie, bei welcher Kombination die höchste Ausbeute an Stickstoffdioxid in möglichst kurzer Zeit zu erwarten ist.

2 Stickstoffdioxid entsteht auch beim Zerfall von Distickstoffpentoxid gemäß folgender Reaktionsgleichung:



Im Duden Chemie (Prof. Dr. Kemnitz, E., Dr. Simon, R., Chemie; Berlin, 2005, S. 198) sind folgende Messwerte für das gebildete Sauerstoffvolumen in Abhängigkeit von der Reaktionszeit  $t$  angegeben:

V(O <sub>2</sub> ) in Liter	0	3,1	8,6	14,9	19,9	22,0	23,5
t in Minuten	0	3	8	16	24	32	40

Die tabellierten Messwerte beziehen sich auf die Reaktionstemperatur  $T = 320$  K.

2.1.1 Zeichnen Sie das Volumen-Zeit-Diagramm und begründen Sie den Kurvenverlauf. Hinweis: 4 Minuten  $\hat{=}$  1 cm; 4 Liter  $\hat{=}$  1 cm

2

2.1.2 Zeigen Sie, wie viel Liter Stickstoffdioxid-Gas sich nach  $t = 32$  Minuten gebildet hat?

1

2.2 Zeichnen Sie den zu erwartenden Kurvenverlauf bei  $T = 330$  K in das Volumen-Zeit-Diagramm der Aufgabe 2.1.1 ein.

1

# MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT BADEN-WÜRTTEMBERG

Hauptprüfung 2005/2006	Berufliches Gymnasium (AG, SG, TG, WG)
3.2.1	Chemie 4-stündig
	Aufgabe 1: Energetik; Kinetik; Elektrochemie

## Punkte

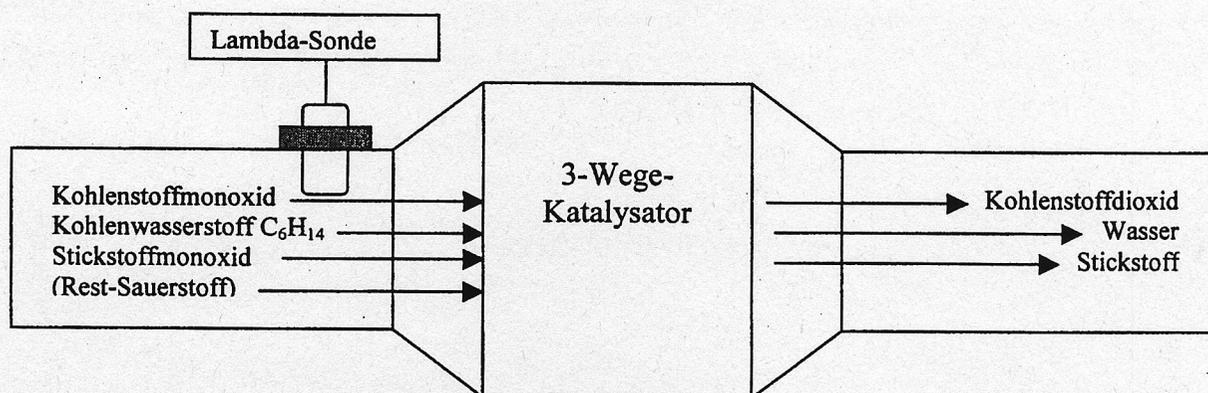
- 3.1 Die Salpetersäure ist zu einem Drittel an der Bildung des Sauren Regens beteiligt. 1  
Bei der Umsetzung von Stickstoffdioxid mit Wasser entstehen Stickstoffmonoxid und die Salpetersäure. Formulieren Sie für diese Reaktion eine Gleichung.
- 3.2 In einem Laborversuch wird eine wässrige Salpetersäurelösung mit dem Volumen  $V(\text{HNO}_3) = 100 \text{ ml}$  und der Stoffmengenkonzentration  $c(\text{HNO}_3) = 4 \text{ mol/l}$  durch Zugabe einer wässrigen Natriumhydroxidlösung der Stoffmengenkonzentration  $c(\text{NaOH}) = 2 \text{ mol/l}$  neutralisiert.
- 3.2.1 Stellen Sie die Reaktionsgleichung in Ionenschreibweise auf und kennzeichnen Sie die korrespondierenden Säure-Base-Paare. 2
- 3.2.2 Berechnen Sie die zu erwartende Temperaturänderung dieser Lösung. 3  
Hinweise:
- Der Literaturwert der Neutralisationsenthalpie beträgt  $\Delta_R H^\circ = -57,5 \text{ kJ/mol}$ .
  - Die Erwärmung des Reaktionsgefäßes aus Glas wird vernachlässigt.
  - Für die spezifische Wärmekapazität der Lösung gilt:  $c_p(\text{Lösung}) \cong c_p(\text{Wasser})$
  - Für die Masse der Lösung gilt:  $m_{\text{Lösung}} \cong m_{\text{Wasser}}$
- 4 Verdünnte und konzentrierte Salpetersäure zeigen ein unterschiedliches Reaktionsverhalten gegenüber Kupfer.
- 4.1 Verdünnte Säure ( $\text{pH} = 0$ ) reagiert nicht mit Kupfer. Begründen Sie diese Tatsache mit Hilfe geeigneter Redoxpotenziale. 2
- 4.2 Konzentrierte Salpetersäure reagiert heftig mit Kupfer. Dabei reagieren die in der Säurelösung enthaltenen Nitrat-Ionen zu Stickstoffdioxid. 3  
Formulieren Sie die Teilgleichungen der Oxidation und Reduktion.  
Geben Sie die Gesamtgleichung dieser Redoxreaktion an.
- 5 Ein galvanisches Element besteht aus einer Standard-Kupfer-Halbzelle und einer zweiten Standard-Halbzelle, die eine wässrige Salpetersäurelösung enthält, in die ein Platinblech taucht. Dieses Blech wird von Stickstoffdioxidgas umspült. Die beiden Halbzellen sind durch einen Stromschlüssel (Salzbrücke) miteinander verbunden, der eine wässrige Lösung von Kaliumnitrat enthält.
- 5.1 Fertigen Sie eine beschriftete Skizze dieser galvanischen Zelle an. 2
- 5.2 Berechnen Sie die Zellspannung. Geben Sie die Richtung der Elektronenwanderung an. Beschreiben Sie die Funktion des Platinblechs. Begründen Sie, in welche Richtungen die Kalium- und Nitrat-Ionen der Salzbrücke wandern. 4

Hauptprüfung 2005/2006	Berufliches Gymnasium (AG, SG, TG, WG)
3.2.1	Chemie 4-stündig
	Aufgabe 1: Energetik; Kinetik; Elektrochemie

Punkte

- 6 Bei der Verbrennung von Kraftstoff entstehen neben Wasser und Kohlenstoffdioxid weitere Produkte, die wir als Abgase bezeichnen. Diese Abgasbestandteile machen ungefähr 1% aus. Bei Benzinmotoren handelt es sich dabei hauptsächlich um Kohlenstoffmonoxid, unverbranntem Kraftstoff (z.B.  $C_6H_{14}$ ) und Stickstoffmonoxid. Der 3-Wege-Katalysator (s. Skizze) hilft dabei, diese drei Abgasbestandteile um 95% zu verringern.

3



Im folgenden Text wird die Umwandlung der drei Abgase Kohlenstoffmonoxid, Kohlenwasserstoff und Stickstoffmonoxid im 3-Wege-Katalysator im Detail beschrieben:

- Im 3-Wege-Katalysator laufen sowohl Oxidations- als auch Reduktionsvorgänge ab.
- Für die Oxidation wird Sauerstoff benötigt, für die Reduktion Kohlenstoffmonoxid.
- Die Abgase Kohlenstoffmonoxid, Kohlenwasserstoff, Stickstoffmonoxid und die jeweiligen Reaktionspartner Sauerstoff bzw. Kohlenstoffmonoxid müssen in einem bestimmten Verhältnis vorhanden sein, damit eine möglichst hohe Umwandlungsrate erzielt wird.
- Ist viel Rest-Sauerstoff im Abgas hat der Katalysator eine hohe Umwandlungsrate für Kohlenstoffmonoxid und Kohlenwasserstoff.
- Ist zu wenig Rest-Sauerstoff im Abgas hat der Katalysator eine hohe Umwandlungsrate für Stickstoffmonoxid, da genügend Kohlenstoffmonoxid zur Reduktion im Abgas vorhanden ist.

Formulieren Sie für die drei beschriebenen Umwandlungsreaktionen jeweils eine Gleichung.

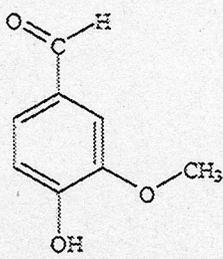
-----  
30  
=====

Hauptprüfung 2005/2006	Berufliches Gymnasium (AG, SG, TG, WG)
3.2.1	Chemie 4-stündig
	Aufgabe 2: Organische Chemie

Punkte

Duft- und Aromastoffe

Gerüche und Aromen sind komplizierte Gemische. Was da als ein unverwechselbarer Duft in die Nase steigt, ist in der Regel ein Potpourri aus hundert oder gar tausend verschiedenen Molekülen. Allerdings reichen meist wenige Leitsubstanzen aus, um einen Geruch zu erkennen. Ein typisches naturidentisches Erdbeeraroma, wie es zum Beispiel in einem Erdbeermilchshake einer Fast-Food-Kette angeboten wird, enthält u.a. die drei folgenden Verbindungen:

Verbindung	(I)	(II)	(III)
Name	?	4-Heptanon	Vanillin
Strukturformel	?	?	
Summenformel	$C_5H_{10}O_2$	$C_7H_{14}O$	$C_8H_8O_3$
Siedetemperatur	99 °C	144 °C	285 °C
Ausgangsstoffe	Propansäure: Siedetemperatur 140 °C Ethanol: Siedetemperatur 78 °C		

- 1 Zeichnen Sie die Strukturformel für 4-Heptanon. 3
- Nennen Sie vier funktionelle Gruppen, die in den Verbindungen (II) und (III) enthalten sind.
- 2.1 Verbindung (I) wird als Aromastoff verwendet. 3
- Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Bildung dieses Aromastoffes in Strukturformelschreibweise.
  - Benennen Sie diese Verbindung und geben Sie den Reaktionstyp an.
  - Berechnen Sie, wie viel Gramm Propansäure reagieren, um 50 g dieser Verbindung (I) herzustellen.
- 2.2 In einem geschlossenen System findet man auch nach Beendigung der Reaktion im Reaktionsgemisch neben den Produkten immer noch die beiden Ausgangsstoffe. Erklären Sie diesen Sachverhalt in Worten. Unterstützen Sie Ihre Aussagen durch ein Diagramm, das den zeitlichen Verlauf der Reaktionsgeschwindigkeiten zeigt. 3

Hauptprüfung 2005/2006	Berufliches Gymnasium (AG, SG, TG, WG)
3.2.1	Chemie 4-stündig
	Aufgabe 2: Organische Chemie

Punkte

- 2.3 Technische Anlagen zur Gewinnung der Verbindung (I) müssen wirtschaftlich arbeiten. Es soll daher in einem bestimmten Zeitraum möglichst viel dieses Aromastoffes gewonnen werden. 3  
 In diesem Zusammenhang wird an folgende zwei Möglichkeiten gedacht:
- eine vermehrte Zugabe von Ethanol
  - die Verbindung (I) soll durch Destillation aus dem Reaktionsgemisch entfernt werden.
- Überprüfen Sie jeweils, ob sich die Ausbeute an Verbindung (I) durch Umsetzung dieser Möglichkeiten tatsächlich erhöhen lässt. Begründen Sie ihre Ergebnisse.
- 3 Entscheidend für die Riechstoffeigenschaften einer Verbindung sind nicht nur die chemischen Eigenschaften der Verbindung, sondern auch folgende Eigenschaften: 3
- schwach polare(r) und stark hydrophobe(r) Molekülanteil(e)
  - keine oder geringe Wasserlöslichkeit und hohe Fettlöslichkeit
- Quelle: Jagusch, Carsten, <http://www.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/umat/duefte/duefte1-4.htm#Eigenschaften>
- Untersuchen Sie an einer der Verbindungen (I) – (III) exemplarisch die geforderten Eigenschaften.
- 4 Begründen Sie, weshalb die Propansäure trotz wesentlich kleinerer Molekülmasse eine ähnliche Siedetemperatur besitzt wie 4-Heptanon. 2
- 5 Das chemische Verhalten von Vanillin und von 4-Heptanon wird untersucht.
- 5.1 Vanillin und 4-Heptanon werden jeweils mit einer alkalischen Silber(I)-salzlösung (Tollens-Reagens) versetzt. 3
- Beschreiben Sie das Verhalten dieser beiden Verbindungen gegenüber dieser Silber(I)-salzlösung.
  - Formulieren Sie gegebenenfalls eine Reaktionsgleichung.
  - Kennzeichnen Sie mit Hilfe von Oxidationszahlen den Reduktionsvorgang.
- 5.2 Aus 4-Heptanon kann durch Umsetzung mit Wasserstoff (Hydrierung) ein weiterer Duftstoff gebildet werden, der in der Parfumindustrie für Nelken- und Jasmin-Duftnoten Verwendung findet. 2
- Zeichnen Sie die Strukturformel dieses Reaktionsproduktes.
  - Geben Sie zu diesem Reaktionsprodukt den Namen eines Isomeren an, das eine geringere Siedetemperatur aufweist. Begründen Sie Ihre Wahl.

# MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT BADEN-WÜRTTEMBERG

Hauptprüfung 2005/2006	Berufliches Gymnasium (AG, SG, TG, WG)
3.2.1	Chemie 4-stündig
	Aufgabe 2: Organische Chemie

Punkte

5.3 Experimentell soll der  $pK_s$ -Wert von Vanillin bestimmt werden. Man stellt hierzu eine wässrige Lösung von Vanillin her, indem man Vanillin mit der Masse  $m = 0,30$  g in Wasser mit dem Volumen  $V = 50$  ml löst.  
Die Messung des pH-Wertes zeigt einen Wert von  $pH = 4,4$ .

5.3.1 Formulieren Sie die Gleichung für diese Säure-Base-Gleichgewichtsreaktion. 2

5.3.2 Berechnen Sie 3

- die Stoffmengenkonzentration  $c(\text{Vanillin})$  in der wässrigen Lösung von Vanillin
- und anschließend den  $pK_s$ -Wert des Vanillins.

5.4 Am Benzolring des Vanillins sind ebenfalls verschiedene Reaktionen möglich. 3

- Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung mit einem Reaktionspartner Ihrer Wahl.
- Formulieren Sie die einzelnen Schritte aus dem Mechanismus ihrer Reaktion.

Hinweis: Sie können statt der Vanillinstruktur vereinfacht auch die Strukturformel von Benzol verwenden.

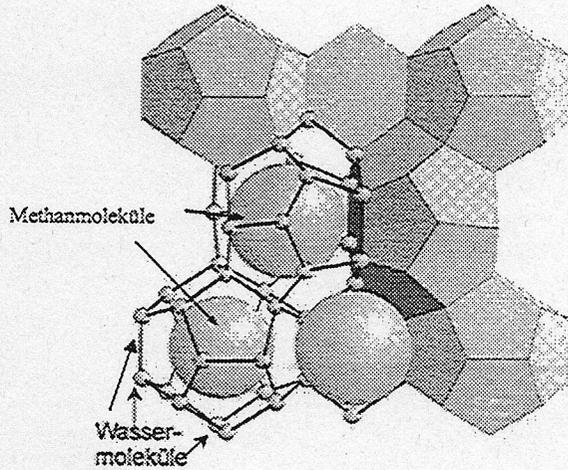
-----  
30  
=====

Hauptprüfung 2005/2006	Berufliches Gymnasium (AG, SG, TG, WG)
3.2.1	Chemie 4-stündig
	Aufgabe 3: Themenübergreifend

Punkte

Methan – Gewinnung - Verwendung

Einer der weltweit bedeutendsten Speicher für den Kohlenwasserstoff Methan sind Gashydrate, die in riesigen Mengen an den Kontinentalrändern der Tiefsee auftreten. Gashydrate sind eisähnliche, feste Verbindungen aus Wasser und Methan, die nur bei hohem Druck und tiefer Temperatur stabil sind. Da die Wassermoleküle sich zu einem stabilen Käfig zusammenlagern, in dem Gase als "Gast-Moleküle" eingeschlossen sind, werden sie auch Einschlussverbindungen oder Clathrate (lateinisch: clatratus = Käfig) genannt. (Quelle: <http://www.ifm-geomar.de>)



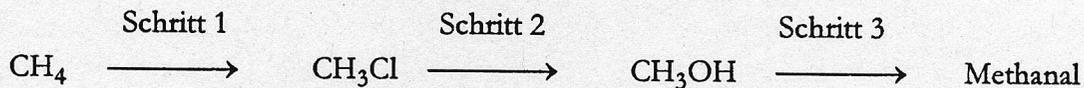
Skizze: Methanhydrat-Käfige

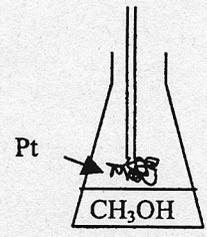
- 1.1 Die Methanmoleküle sind in der Käfig-Skizze vereinfacht als große Kugeln dargestellt. Beschreiben Sie mittels eines geeigneten Modells die chemischen Bindungen eines Methanmoleküls. Skizzieren Sie ein Methanmolekül. 2
- 1.2 Machen Sie eine begründete Aussage zur Löslichkeit von Methan in Wasser. 1
- 1.3 Im Methanhydrat-Käfig besitzt ein Wassermolekül (kleine Kugeln in der Skizze) mindestens drei Wassermoleküle als Nachbarn. Das Ganze wird nur durch zwischenmolekulare Kräfte (Striche in der Skizze) fest zusammengehalten. Beschreiben Sie, die zwischenmolekularen Kräfte, die den Hydratkäfig zusammenhalten und nennen Sie deren Ursache. 2
- 1.4 Die exotherme Bildung des festen weißen Methanhydrats lässt sich vereinfacht mit folgender Gleichung beschreiben:
 
$$\text{CH}_4 (\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{H}_2\text{O})_6 (\text{s})$$
- 1.4.1 Machen Sie eine begründete Aussage über die Änderung der Entropie bei der Bildung des Methanhydratkäfigs. 2
- 1.4.2 Werden die Methanhydratbrocken aus der Tiefsee an die Wasseroberfläche geholt, dann ändern sich Druck und Temperatur drastisch. Erklären Sie, wie sich jeweils die dabei auftretende Druck- bzw. Temperaturänderungen auf die Gleichgewichtslage auswirken. 2
- 1.5 Für unsere Zukunft sind Methanhydrate eine gewaltige Energie- und Rohstoffreserve. Es wird heute davon ausgegangen, dass über 10 000 Gigatonnen Kohlenstoff in Methanhydraten gebunden sind. Von einem Forschungsschiff wird ein Methanhydratbrocken der Masse  $m = 8,4 \text{ kg}$  aus der Tiefsee "geerntet". Berechnen Sie das Methangasvolumen, welches daraus unter Normbedingungen gewonnen werden kann. 2

Hauptprüfung 2005/2006	Berufliches Gymnasium (AG, SG, TG, WG)
3.2.1	Chemie 4-stündig
	Aufgabe 3: Themenübergreifend

Punkte

- 2 In der chemischen Industrie dient Methan als Ausgangsstoff zur schrittweisen Herstellung wichtiger organischer Basischemikalien gemäß folgendem Schema:



- 2.1 Die Siedetemperatur von Methanal beträgt  $-19\text{ }^\circ\text{C}$ . Ordnen Sie den drei anderen Chemikalien die Siedetemperaturen  $65\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $-25\text{ }^\circ\text{C}$  und  $-161\text{ }^\circ\text{C}$  begründet zu. 3
- 2.2 Im Schritt 2 reagiert Chlormethan zu Methanol. Nennen Sie dafür einen geeigneten Reaktionspartner. Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus. 2
- 2.3 Aus Methanol entsteht durch katalytische Wasserstoffabspaltung (Dehydrierung) Methanal (Schritt 3). Formulieren Sie die Reaktionsgleichung unter Verwendung von Strukturformeln. 1
- 2.4 In der Literatur (ROESKY und MÖCKEL, "Chemische Kabinettstücke", VCH, 1994) wird dazu folgender Schauversuch beschrieben:  
 Man erwärmt Methanol in einem Erlenmeyerkolben auf  $40\text{ }^\circ\text{C}$  und hält einen Platindraht über die Methanoloberfläche (siehe Skizze).  
 Sofort findet am Platindraht die katalytische Dehydrierung von Methanol (Schritt 3) statt.
- 
- 2.4.1 Der gebildete Wasserstoff reagiert mit Luftsauerstoff in einer exothermen Reaktion, wodurch der Platindraht nach kurzer Zeit zu glühen anfängt. Formulieren Sie dazu eine Gleichung (Reaktion 1). 1
- 2.4.2 Da die Reaktion 1 exotherm verläuft, erwärmt sich der Platindraht weiter. Erst beim Erreichen einer noch höheren Temperatur entzündet sich dann explosionsartig das Methanol-Methanal-Luft-Gemisch (Reaktion 2). Nennen Sie die beiden Hauptreaktionsprodukte. 1
- 2.5 Aufgrund der bei Reaktion 1, Reaktion 2 und Schritt 3 genannten Reaktionsbedingungen könnte man jeweils auf die Aktivierungsenergien schließen. Ordnen Sie die Aktivierungsenergien ( $E_1^*$ ,  $E_2^*$  und  $E_3^*$ ) dieser drei Reaktionen nach Größe. 1