

Vorprüfung in Chemie
für Studierende des Maschinenbaus und des Gewerbelehramts
Studiengang Diplom

Freitag, 20. März 2009, 14:00-17:00

Für die Bearbeitung der Aufgaben sind **keine Hilfsmittel zugelassen**. Ausländische Studenten dürfen ein Wörterbuch (Muttersprache zur deutschen Sprache) benutzen, das keine handschriftlichen Eintragungen enthalten darf.

Jeder Versuch, Hilfsmittel zu benutzen, wird als Täuschung behandelt, führt zum unmittelbaren Ausschluss von der Klausur und zur Bewertung der Ausarbeitung mit 5.0!

Zahlenwerte, die ohne Rechnung bzw. ohne Begründung angegeben werden, bleiben ohne Wertung!

Es genügen klar verständliche Stichworte als Antwort; es müssen keine Texte geschrieben werden. Für bildliche Darstellungen genügen Skizzen, die das Prinzip verdeutlichen.

Die für jede Teilaufgabe maximal erreichbare Punktzahl ist in Klammern angegeben.
Bewertung (Punkte/Note):

0-49,5	50-54	55-59	60-64	65-70	71-75	76-80	81-85	86-90	91-95	96-100
5,0	4,0	3,7	3,3	3,0	2,7	2,3	2,0	1,7	1,3	1,0

Aufgabe 1:

- a) Was versteht man unter einem chemischen Element und was unter einer chemischen Verbindung? (2)
Element besteht aus gleichartigen Atomen, d.h. gleiche Anzahl von Protonen
Chemische Verbindungen entstehen aus zwei oder mehreren Elementen (enthalten 2 oder mehr Atomarten)
- b) Wodurch unterscheiden sich Atome des Elements Kohlenstoff mit der Massenzahl 12 von denen mit der Massenzahl 13? (1)
 ^{12}C : 6 Neutronen, ^{13}C : 7 Neutronen
- c) Durch welche Methode wird die Atommasse gemessen? Nennen Sie die drei wesentlichen Vorgänge, die dabei ablaufen! (4)
Massenspektrometrie (1P)
Probenzuführung, Ionisation und Ionenbeschleunigung, Ablenkung im Magnetfeld (3P)
- d) Nennen Sie 3 wichtige Eigenschaften der Elemente der ersten Hauptgruppe des Periodensystems! (3)
• Metalle • leicht • weich • relativ tief schmelzend
• laufen an Luft schnell an

- reagieren heftig mit Wasser, bilden dabei salzartige, in Wasser leicht lösliche Hydroxide (MOH)
- Lösungen (MOH) brennen in den Augen, verfärben Lackmus blau (alkalische Reaktion)
- treten in Natur nicht elementar auf, sondern in Salzen, z. B. LiCl, NaCl
- Gewinnung durch Elektrolyse geschmolzener Alkalisalze (3 davon werden als Antwort erwartet)

e) Nennen Sie je 2 wichtige Eigenschaften metallischer, flüchtiger und salzartiger Stoffe! (3)

Metalle:

- Elektrisch leitfähig im festen und flüssigen Zustand
- Metallglanz in kompakten Stücken
- Schwarze Farbe im feinverteilten Zustand
- Starke Variation der Siedepunkte (Hg 360°C, W 5600°C), i. allg. aber hoch
- Viele sind duktil (verformbar durch Hämmern, Biegen, Walzen, ...), andere spröde (Cr, Bi)
- in Wasser unlöslich (außer Hg)

Flüchtige Stoffe:

- Nicht elektrisch leitfähig
- Relativ niedrige Schmelz- und Siedepunkte
- Oft bei Raumtemperatur (RT) Gase oder leicht verdampfbar (bis etwa 500°C)
- Im festen Zustand meist weich

Salzartige Stoffe:

- Im flüssigen und gelösten Zustand elektrisch leitfähig
- Hohe Schmelz- und Siedepunkte (NaCl 1440°C Siedepunkt)
- Wasserlöslich

f) Aus welcher einfachen Regel folgt, dass Elemente der siebten Gruppe einfach negativ geladene Ionen bilden? (1)

Edelgasregel: Bestreben von Atomen, in Verbindungen die Edelgas-konfiguration einzunehmen (2 bzw. 8 Valenzelektronen)

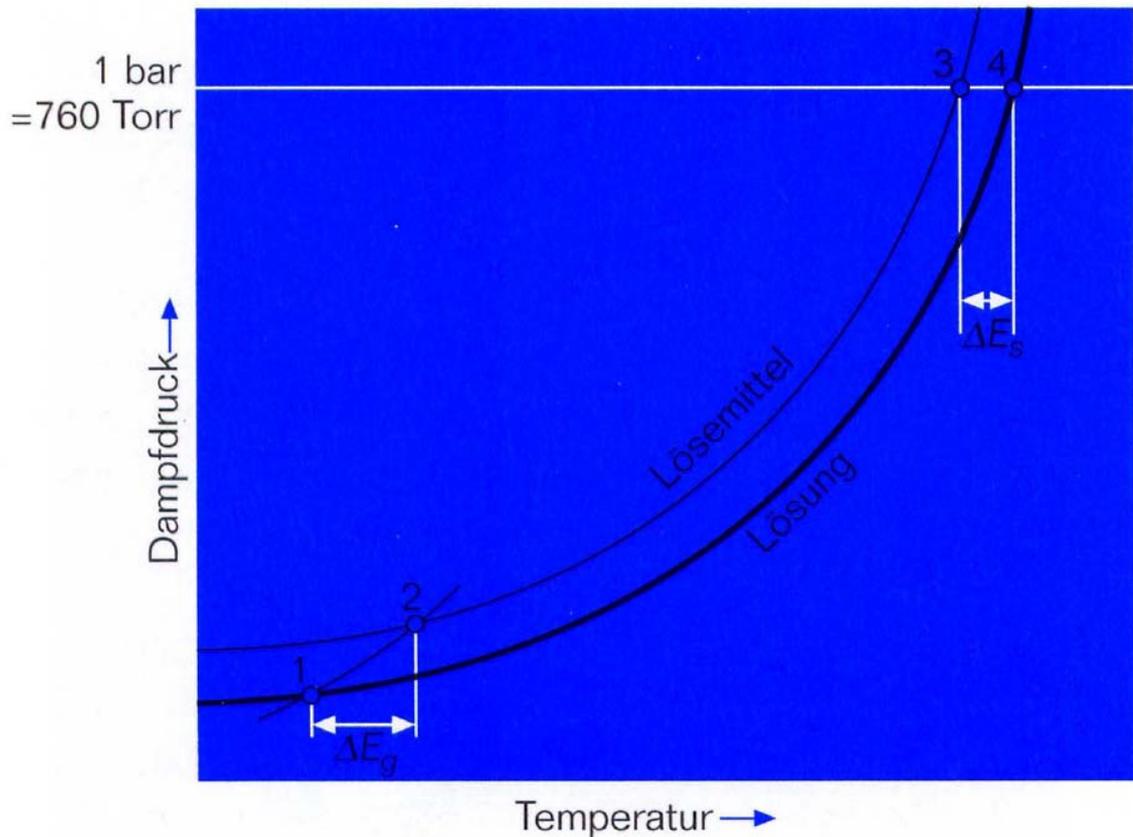
g) Was versteht man unter Elektronegativität? (1)

Elektronegativität (EN): Fähigkeit eines Atoms in einer Atombindung Elektronen anzuziehen.

h) Geben Sie den räumlichen Aufbau der Verbindungen Wasser (H₂O), Tetrafluormethan (CF₄) und Bortrichlorid (BCl₃) an! (3)

H₂O: Gewinkelt; CF₄: Tetraeder; BCl₃: Gleichseitiges Dreieck. Skizzen, in denen die Anordnung zu erkennen ist, sind natürlich ebenfalls erlaubt.

i) Zeichnen Sie ein Diagramm mit dem Dampfdruck einer Lösung und eines reinen Lösungsmittels! Was folgt daraus für Schmelz- und Siedepunkt der Lösung im Vergleich zu den entsprechenden Werten des reinen Lösungsmittels? (2)



Der Siedepunkt der Lösung liegt höher, der Schmelzpunkt niedriger als im Fall des reinen Lösungsmittels

Aufgabe 2:

- a) Was versteht man unter der Bildungsenthalpie einer Verbindung und was versteht man unter der Reaktionsenthalpie? (2)

Bildungsenthalpie: Stoffspezifische, energetische Größe zur Berechnung von Reaktionsenthalpien

Reaktionsenthalpie: Wärmetönung einer bei konstantem Druck durchgeführten chemischen Reaktion.

- b) Welches ist die wesentliche Aussage des Satzes von Heß? (1)

Die Reaktionsenthalpie ΔH_f^0 hängt nicht vom Weg, sondern nur von Anfangs- und Endzustand ab.

- c) Geben Sie die Gibbs-Helmholtz Gleichung an!

$$\Delta_R G = \Delta_R H - T \cdot \Delta_R S \quad (1P)$$

Formulieren Sie mit Hilfe dieser Gleichung ein Kriterium für freiwillig ablaufende Prozesse!

Chemische Reaktionen laufen dann spontan ab, d.h., sie können Arbeit verrichten, wenn $\Delta_R G < 0$ ist. (1P)

Welche Bedingung ergibt sich daraus für das Ablaufen endothermer Prozesse?

$$\Delta_R S > 0 \text{ und Betrag}(T \cdot \Delta_R S) > \Delta_R H \quad (1P) \quad (3)$$

- d) Wodurch sind chemische Gleichgewichte gekennzeichnet? Geben Sie den Zusammenhang zwischen der Gleichgewichtskonstanten K und thermodynamischen Größen an! Wie wirkt sich eine höhere Temperatur auf die Lage des Gleichgewichts endothermer Reaktionen aus und welchen Einfluss hat die Entfernung eines Produkts aus dem Gleichgewicht? (4)

**Alle am Gesamtvorgang beteiligten Stoffe sind in bestimmten Konzentrationen vorhanden;
Lage des Gleichgewichts hängt nur von den Ausgangskonzentrationen (Atomzahlverhältnissen) und der Temperatur ab.**

$$\Delta_R G = -RT \ln K \quad \text{bzw.} \quad K = \exp(-\Delta_R G/RT)$$

**Endotherme Reaktionen werden durch höhere Temperatur begünstigt
Entfernen eines Produkts verschiebt das Gleichgewicht nach rechts.**

- e) Für das Verdampfen von Methanol bei 101.3 kPa ist $\Delta H^0 = 34 \text{ kJ/mol}$ und $\Delta S^0 = 100 \text{ J/(molK)}$. Berechnen Sie die Siedetemperatur (in K) für Methanol bei 101.3 kPa!
Hinweis: Vernachlässigen Sie die Abhängigkeit von ΔH^0 und ΔS^0 von der Temperatur! (1)

$$\Delta_V H = T_V \cdot \Delta_V S \Rightarrow T_V = \Delta_V H / \Delta_V S \Rightarrow T_V = (34000/100) \text{ K} = 340 \text{ K.}$$

- f) Geben Sie eine Gleichung an, die den Einfluss der Temperatur auf die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen beschreibt! (1)
 $k(T) = A \cdot \exp(-E_a/RT)$

- g) Was versteht man unter Oxidation und was unter Reduktion? Geben Sie je ein Beispiel für eine Oxidations- und eine Reduktionsreaktion an! (2)
Oxidation = Abgabe von Elektronen, Reduktion = Aufnahme von Elektronen

- h) Bestimmen Sie die stöchiometrischen Koeffizienten für folgende Redoxreaktionen. (2)

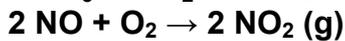
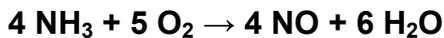
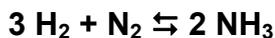
1. $[] \text{ Cu} + [] \text{ NO}_3^- + [] \text{ H}^+ \rightarrow [] \text{ Cu}^{2+} + [] \text{ NO} + [] \text{ H}_2\text{O}$
2. $[] \text{ Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + [] \text{ C} + [] \text{ SiO}_2 \rightarrow [] \text{ P}_4 + [] \text{ CaSiO}_3 + [] \text{ CO}$
3. $[3] \text{ Cu} + [2] \text{ NO}_3^- + [8] \text{ H}^+ \rightarrow [3] \text{ Cu}^{2+} + [2] \text{ NO} + [4] \text{ H}_2\text{O}$
4. $[2] \text{ Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + [10] \text{ C} + [6] \text{ SiO}_2 \rightarrow [1] \text{ P}_4 + [6] \text{ CaSiO}_3 + [10] \text{ CO}$

- i) Geben Sie in den Verbindungen LiAlH_4 , H_3PO_4 , H_2SO_3 und H_2PtCl_6 die Oxidationszahl der fett gedruckten Atome an! (4)

LiAlH_4 : H: -1; H_3PO_4 : P: +5; H_2SO_3 : S: +4; H_2PtCl_6 : Pt: +4

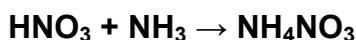
Aufgabe 3:

- a) Geben Sie die Gleichungen der Reaktionen an, nach denen die Hauptmenge an Stickstoffdünger (NH_4NO_3) hergestellt wird! (5)



Die Bruttoreaktion

$4 \text{NO} + 3 \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{HNO}_3(\text{aq})$ [folgt aus Mortimer, S. 436] lassen wir ebenfalls gelten



- b) Nennen Sie je eine technisch wichtige Eigenschaft der Metalle Fe, Al und Cu! Geben Sie zu jeder der genannten Eigenschaften eine darauf basierende Verwendung an! (6)

Fe: hoher Schmelzpunkt, duktil, magnetisch

Al: geringe Dichte, mäßige elektrische und thermische Leitfähigkeit, passivierbar

Cu: hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit, duktil, passivierbar

Fe: Konstruktionswerkstoff (Verformbarkeit und hoher Schmelzpunkt), Magnete (Magnetisierbarkeit)

Al: Leichtbauwerkstoff (geringe Dichte)

Cu: Elektrotechnik (Hohe elektrische Leitfähigkeit)

- c) Geben Sie die wichtigsten Verfahrensschritte bei der Gewinnung von Reinstkupfer aus Kupfersulfid (Cu_2S) an! (3)

Anreicherung (z. B. Flotation)

Rösten ($\text{Cu}_2\text{S} + 2 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CuO} + \text{SO}_2$)

Reduktion ($\text{CuO} + \text{CO} \rightarrow \text{Cu} + \text{CO}_2$)

Raffination (durch Elektrolyse)

- d) Welches Reduktionsmittel wird im Hochofenprozess für die Reduktion von Eisenoxid eingesetzt?

CO

Im Roheisen sind auch Begleitstoffe wie C, Si, S und P enthalten. Welche unerwünschte Eigenschaft resultiert daraus?

Versprödung

Welcher Hilfsstoff wird eingesetzt, um Si und P zu entfernen?

Kalk (CaCO_3)

Durch welchen Verfahrensschritt werden C und S entfernt?

Windfrischen (Einblasen von Sauerstoff) (4)

- e) Was versteht man unter Korrosion und was ist ein Lokalelement? (2)

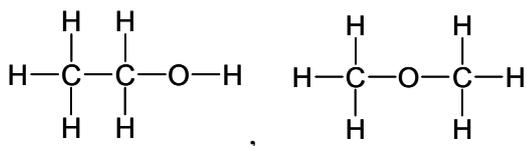
Korrosion: Zerstörung eines Werkstoffs durch unerwünschte, meist elektrochemische, Reaktionen mit der Umgebung

Lokalelement: Kurzgeschlossene Galvanische Zelle

Aufgabe 4:

- a) Es gibt 2 organische Verbindungen mit der Summenformel C_2H_6O .

a1: Geben Sie die Lewis- Formeln beider Verbindungen an! (2)



a2: Geben Sie die funktionellen Gruppen beider Verbindungen an! (2)



a3: Geben Sie an, für welche Verbindungsklasse die jeweilige funktionelle Gruppe charakteristisch ist! (2)

Alkohole (links), **Ether** (rechts)

- b) Geben Sie die funktionellen Gruppen der Verbindungsklassen Ketone, Ester, Alkine, Thiole und Nitroverbindungen an! (5)

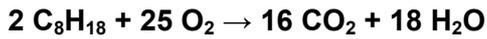
Ketone: Carbonylgruppe	Ester: Estergruppe	Alkine: Dreifachbindung	Thiole: Thiogruppe	Nitroverbindungen: Nitrogruppe
$\diagup \text{C}=\text{O}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ -\text{C} \\ \backslash \\ \text{O}- \end{array}$	$-\text{C}\equiv\text{C}-$	$-\text{SH}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ -\text{N} \\ \backslash \\ \text{O} \end{array}$

- c) Welche spektroskopische Methode nutzt die Änderung der Schwingungsenergie und welche die Änderung der Energie von Atomkernen in einem Magnetfeld aus, um zu Aussagen über den Aufbau organischer Verbindungen zu gelangen? (2)

Schwingungen: Infrarotspektroskopie (IR), Magnetfeld: Kernspinresonanz (NMR)

- d) Nennen Sie zwei wesentliche Strukturmerkmale von Aromaten! (2)
Molekül ist planar gebaut, alle **Bindungen gleich lang**, **ringförmig delokalisiertes π - Elektronensystem** mit $4n+2$ Elektronen
 (2 davon sind ausreichend!)

- e) Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die vollständige Oxidation von n-Oktan und von 2,2,4-Trimethylpentan! (2)



- f) Geben Sie die Konstitutionsformeln der charakteristischen Gruppen von Polyolefinen, Polyamiden und Polyestern an! Aus welchen Monomeren werden die genannten Polymere hergestellt? (3)

Polyolefine: Herstellung aus Olefinen	$\left[\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ -\text{C} - \text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{R} \end{array} \right]_n$	Polyamide: Herstellung aus Laktamen	$-\{ \text{CO-R-NH} \}_n$
Polyester: Herstellung aus Diolen und Dicarbonsäuren	$[\text{O-R-OOC-R'-CO}]_n$		

Aufgabe 5:

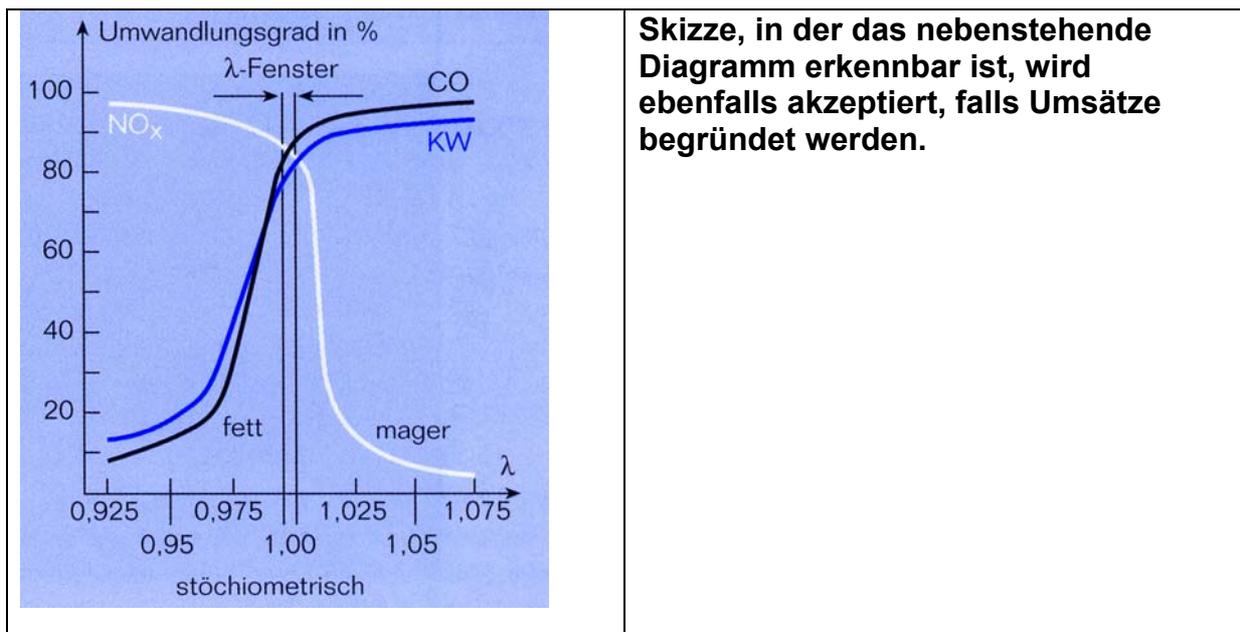
- a) Was verstehen Sie unter einer katalysierten Reaktion? (2)

Eine Reaktion ist katalysiert, wenn sie durch einen Hilfsstoff, der **weder gebildet noch verbraucht wird**, durch **Herabsetzen der Aktivierungsenergie beschleunigt** wird.

- b) Warum muss ein Ottomotor mit einem stöchiometrischen ($\lambda = 1$) Kraftstoff- Luft- Gemisch betrieben werden, um einen Dreiwegekatalysator sinnvoll einsetzen zu können? (2)

Ist $\lambda < 1$, steht **nicht genügend Oxidationsmittel (O_2 , NO , NO_2)** zur Verfügung, um **CO und unverbrannte Kohlenwasserstoffe zu oxidieren**.

Ist $\lambda > 1$, steht **nicht genügend Reduktionsmittel (CO, Kohlenwasserstoffe)** zur Verfügung, um **NO und NO_2 zu reduzieren**.



- c) Welche Schadstoffe entstehen, wenn ein Ottomotor mager ($\lambda > 1$) betrie-

ben wird? Wie kann deren Emission durch eine Abgasnachbehandlung reduziert werden? (2)

NO, NO₂. Verringerung durch SCR

d) Was versteht man unter der Zündverzugszeit bei einem Verbrennungsprozess?

Welche prinzipiellen Reaktionen treten bei einer Verbrennung auf? (5)

Zeit zum Aufbau eines genügend großen Radikalpools (Zündung)

Prinzipielle Reaktionen bei der Verbrennung:

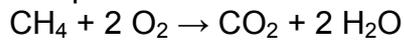
Kettenstart

Kettenfortpflanzung

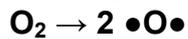
Kettenverzweigung

Kettenabbruch

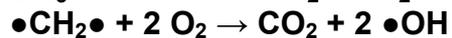
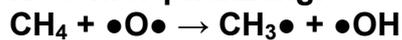
Beispiel:



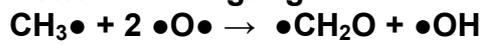
Kettenstart:



Kettenfortpflanzung:



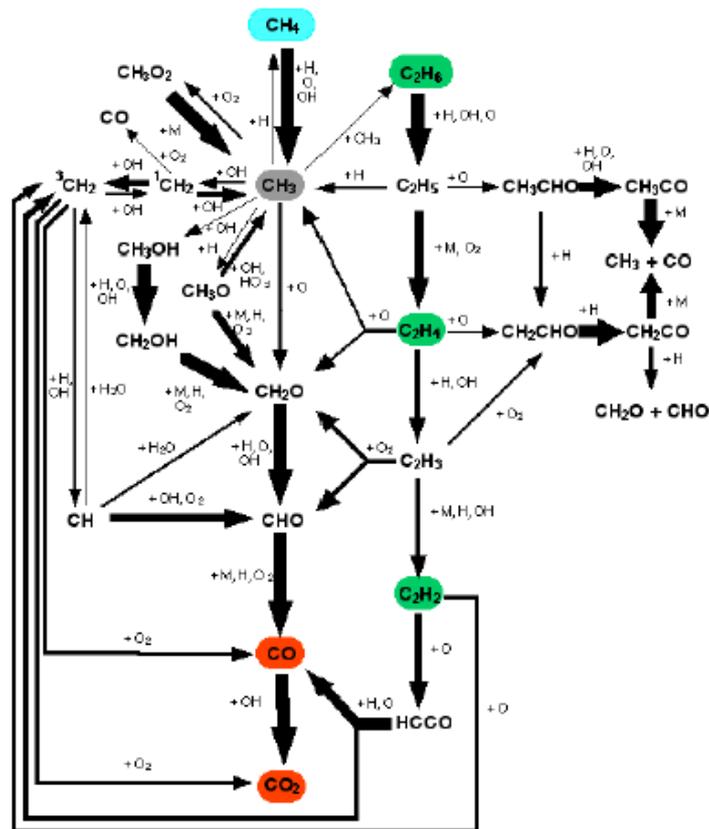
Kettenverzweigung:



Kettenabbruch:



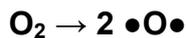
Reaktionsflussanalyse der Verbrennung von Methan (zu 4.5.2)



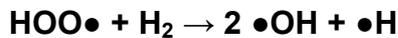
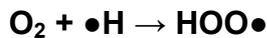
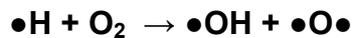
Reaktionsfolgen, die von CH_4 über CH_3 , CH_2O und CHO zu CO und CO_2 oder über CH_3 und CH_2 zu CO und CO_2 führen, sind ebenfalls richtig.

Verbrennung von H_2 auch richtig:

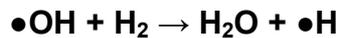
Kettenstart:



Kettenverzweigung:



Kettenfortpflanzung:



Kettenabbruch:



Erwartete Antworten:

Kettenstart mit Gleichung(en), Kettenfortpflanzung mit Gleichung(en),

Kettenverzweigung mit Gleichung(en), Kettenabbruch mit Gleichung(en).

e) Was versteht man unter Oktanzahl und was unter Cetanzahl? (2)

Oktanzahl: Volumenanteil von iso-Oktan (2,2,4-Trimethylpentan) in einem iso-Oktan/ n-Heptan-Gemisch, das die gleiche Klopfestigkeit wie der zu prüfende Kraftstoff aufweist.

Cetanzahl: Volumenanteil an n-Hexadecan (Cetan) in einem Cetan/ 1-Methylnaphtalin- Gemisch im Vergleich zu Prüfdiesel

- f) Wie viel CO₂ (in g/km) emittiert ein Benzinmotor, der 11,4 l/100km verbraucht? Verwenden Sie für die Rechnung ein aus 100 % Isooktan (Dichte $\rho = 0,7 \text{ g/cm}^3$) bestehendes Benzingemisch! (2)

$$\dot{m}(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{C}_8\text{H}_{18})}{100\text{km}} \cdot \rho(\text{C}_8\text{H}_{18}) \cdot 8 \cdot \frac{M(\text{CO}_2)}{M(\text{C}_8\text{H}_{18})} \cdot \frac{1000\text{cm}^3}{\text{l}} = 0,7 \cdot 8 \cdot 44 \frac{\text{g}}{\text{km}} = 246,4 \frac{\text{g}}{\text{km}}$$

- g) Obwohl ein Dieselmotor mit Luftüberschuß betrieben wird, emittiert er Rußpartikel. Warum? (5)

Kraftstoff wird eingesprüht (Spray); Verdampfung und Mischung; Selbstzündung

⇒ Lokale Bereiche mit

O₂- Überschuss ⇒ NO_x -Bildung

O₂- Mangel ⇒ Aufbau von polyzyklischen Aromaten ⇒ Russ