

Lösungen zu Aufgabe 1

- a) Was versteht man unter der Ordnungszahl und was sind Isotope? (2P)

Ordnungszahl = Zahl der Protonen

Isotope = Atome gleicher Ordnungszahl aber verschiedener Masse (verschiedener Anzahl der Neutronen)

- b) Geben Sie die Anzahl der Elektronen, Protonen, Neutronen in den Atomen des Elements Uran mit der Massenzahl 235 und der Massenzahl 238 an! (2P)

$$N(e^-) = n(p^+) = 92$$

²³⁵U: 143 Neutronen

²³⁸U: 146 Neutronen

- c) Welches Ergebnis erhält man, wenn man Atome durch die Zufuhr von Energie anregt und das emittierte Licht durch ein Prisma in seine Wellenlängen zerlegt? (1P)

Linien- (Wellenlängen-) Spektrum

Welche für die Beschreibung des Aufbaus von Atomen wichtige Konsequenz ergibt sich aus dieser Beobachtung? (1P)

Die Elektronen im Atom können nur bestimmte Energiezustände einnehmen.

- d) Was sagt das Pauli-Prinzip und was sagt die Hund'sche Regel aus? (2P)

Pauli-Prinzip: Jedes Orbital kann maximal durch 2 Elektronen besetzt werden; diese haben antiparallelen Spin.

Hundsche Regel: Energiegleiche Orbitale werden zunächst nacheinander mit Elektronen gleichen Spins einfach besetzt. Dann erst wird nacheinander in jedem Orbital ein zweites Elektron mit entgegengesetztem Spin aufgenommen

- e) Geben Sie unter Berücksichtigung der Hund'schen Regel die Elektronenkonfiguration von Kohlenstoff an! (1P)

C(OZ = 6): 1² 2s² 2p_x2p_y Ebenfalls richtig: [He] 2s² 2p_x2p_y

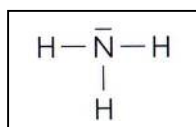
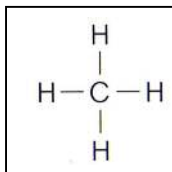
- f) Geben Sie den räumlichen Aufbau von CO₂, AlCl₃, SF₆ und H₂O an! (4P)

CO₂: Linear AlCl₃: trigonal planar (Winkel 120°)

SF₆: Oktaeder H₂O: Gewinkelt

Eine eindeutige bildliche Darstellung ist ebenfalls richtig!

- g) Geben Sie die Lewis-Formeln von Methan (CH₄) und von Ammoniak (NH₃) an! (2P)



- h) Formulieren Sie die Zustandsgleichung für ideale Gase! (1P)

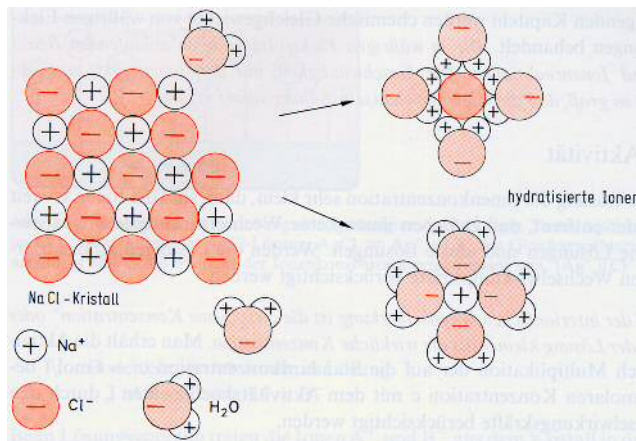
$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

- i) Geben Sie an, wie viele Elektronen die Elemente Barium und Brom aufnehmen bzw. abgeben, wenn sie ionische Bindungen eingehen! Begründen Sie ihre Aussage! (3P)

**Ba erreicht Edelgaskonfiguration durch Abgabe von 2 e⁻,
Br erreicht Edelgaskonfiguration durch Aufnahme von 1 e⁻.**

- j) Durch welche Wechselwirkungen zwischen Ionen und Wasser wird beim Lösen die Gitterenergie überwunden? (2P)

Wechselwirkung zwischen Dipolen des H₂O und Ionen (H mit Anionen, O mit Kationen) setzt Hydratationsenthalpie frei



Für die Lösung der Klausuraufgabe genügt es, wenn zu erkennen ist, dass die Kationen mit dem negativen, die Anionen mit dem positiven Ende des Dipols in Wechselwirkung treten; die verbale Beschreibung oben ist ebenfalls ausreichend.

Aufgabe 2

- a) Wie berechnet sich die freie Reaktionsenthalpie $\Delta_R G$ aus der Reaktionsenthalpie $\Delta_R H$ und der Reaktionsentropie $\Delta_R S$? (1P)

$$\Delta_R G = \Delta_R H - T \cdot \Delta_R S$$

- b) Die Bildung von Ammoniak (NH₃) aus den Elementen ist eine Gleichgewichtsreaktion. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung und erklären Sie, warum die Entropie abnimmt! (1P)

N₂ + 3 H₂ ⇌ 2 NH₃ Die Entropie nimmt ab, weil weniger Moleküle entstehen und damit die Unordnung abnimmt.

In welche Richtung verschiebt sich das Gleichgewicht, wenn man

- die Temperatur erhöht oder erniedrigt
- den Druck erhöht oder erniedrigt?

Begründen Sie Ihre Antwort und beachten Sie, dass die Reaktion exotherm ist ($\Delta_R H = -46$ kJ/mol).

- Hohe Temperatur: **Nach links** oder **auf die Seite der Edukte**,
Tiefe Temperatur: **Nach rechts** oder **auf die Seite des Ammoniaks** oder **auf die Seite des Produkts**, (1P)

- hoher Druck: **Nach rechts** oder **auf die Seite des Ammoniaks** oder **auf die Seite des Produkts** (1P)

Nach dem **Prinzip des kleinsten Zwanges**, (**LeChateliersches Prinzip**)

In Worten: **Bei Druckerhöhung wird das Gleichgewicht in die Richtung verschoben, in der die Zahl der Teilchen abnimmt, sowie bei Temperaturerhöhung kommt dem Entropieterm nach $\Delta G = \Delta H - T \Delta S$ mehr Bedeutung zu und die freie Enthalpie nimmt zu.** (2P)

c) Haber, der in Karlsruhe lehrte, fand 1909, dass die Synthese von Ammoniak aus den Elementen die Verwendung eines Katalysators erfordert und verwendete Osmium.

Warum verwendet man einen Katalysator?

Osmium ist sehr teuer. Welcher Katalysator wird technisch verwendet? (2P)

Warum: Der Katalysator erhöht die Reaktionsgeschwindigkeit durch Herabsetzen der Aktivierungsenergie (und erlaubt damit ein kleineres Reaktorvolumen).

Welcher Katalysator: **Eisen(oxide)**

d) Beeinflusst der Katalysator die Lage des chemischen Gleichgewichts? Begründen Sie Ihre Antwort.

Wie sind Gleichgewichtskonstante und freie Enthalpie miteinander verknüpft? (2P)

Nein; ein Katalysator erniedrigt nur die Aktivierungsenergie beeinflusst jedoch nicht thermodynamische Größen.

$\Delta G = -RT \ln K$

e) Bei Raumtemperatur lösen sich $1.43 \cdot 10^{-3}$ g AgCl in 1 l Wasser. Wie groß ist das Löslichkeitsprodukt von AgCl in Wasser? (Runden Sie die molare Masse (in g/Mol) auf ganze Zahlen auf oder ab!) (1P)

In 1l lösen sich

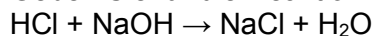
$$n(\text{AgCl}) = \frac{m(\text{AgCl})}{M(\text{AgCl})} = \frac{0.00143 \text{ g} \cdot \text{Mol}}{143 \text{ g}} = 1.0 \cdot 10^{-5} \text{ Mol AgCl.}$$

Aus der Zusammensetzung von AgCl folgt: $c(\text{Ag}^+) = c(\text{Cl}^-) = 1.0 \cdot 10^{-5} \text{ Mol/l.}$

Mit $K_{LP} = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-)$ erhält man:

$K_{LP}(\text{AgCl}) = 1.0 \cdot 10^{-10} (\text{Mol/l})^2.$

f) Geben Sie für die Reaktion



an, welche Spezies als Säure und welche als Base reagiert! (1P)

HCl: Säure NaOH: Base

g) Welche Oxidationszahlen haben die fett gedruckten Elemente in den Verbindungen

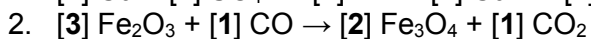
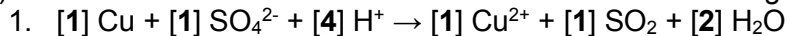
HNO₃ N: **+5**

Na₃VO₄ V: **+5**

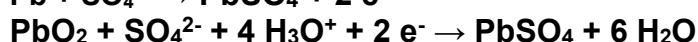
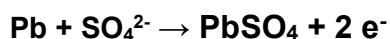
LiAlH₄ H: **-1**

KClO₄ Cl: **+7** (4P)

h) Bestimmen Sie die stöchiometrischen Koeffizienten für folgende Redoxreaktionen: (2P)



i) Geben Sie die Gleichungen der Redoxreaktionen an, die beim Entladen eines Bleiakkumulators ablaufen! Was geschieht beim Laden? (2P)



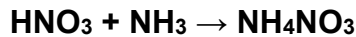
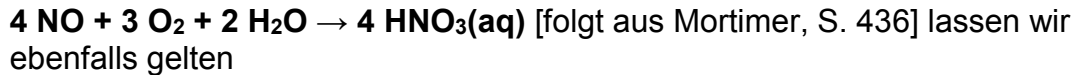
Beim Laden: **Umkehrung der Reaktionen durch Umpolen**

Aufgabe 3

- a) Wie kann man Ammoniumnitrat aus Ammoniak herstellen? Geben Sie die 4 Reaktionsgleichungen an! (4P)

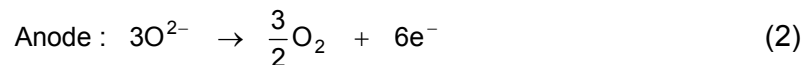
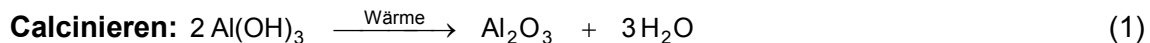
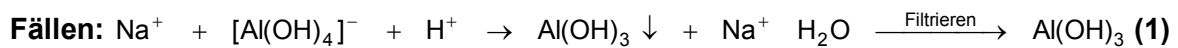
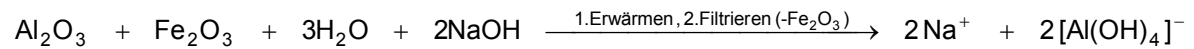


Die Bruttoreaktion



- b) Ein wichtiger Rohstoff für die Herstellung von Aluminium ist Bauxit, im Wesentlichen ein Gemisch aus Al_2O_3 und Fe_2O_3 . Welche sind die drei wesentlichen Schritte der Herstellung von Aluminium aus diesem Rohstoff? Formulieren Sie die Gleichungen der dabei ablaufenden chemischen Reaktionen! (5P)

Aufschluß: (1)



- c) Nennen Sie zwei Rohstoffe, aus denen Eisen gewonnen wird! Durch welchen Prozess wird daraus Eisen hergestellt und welcher Stoff dient als Reduktionsmittel? (2P)

Magnetit (Fe_3O_4), Hämatit (Fe_2O_3), Limonit (Fe_2O_3) in H_2O , Eisenspat (FeCO_3), Pyrit (FeS_2) (2 davon genügen) (1)

Reduktion im **Hochofen**, Reduktionsmittel: **CO** (1)

- d) Im Hochofen wird durch die Boudouard-Reaktion freier Kohlenstoff gebildet, der sich im Eisen löst. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung der Boudouard-Reaktion! (1P)



Welche nachteilige Auswirkung hat der gelöste Kohlenstoff auf die Eigenschaften von Roheisen?

Roheisen wird **spröde** (1P)

Nennen Sie ein Verfahren bei der Herstellung von Stahl, durch das der Gehalt an Kohlenstoff herabgesetzt wird! (1P)

Sauerstoff- Blasverfahren („Windfrischen“) oder **Elektrostahlverfahren**

- e) Was versteht man unter Korrosion und was unter einem Lokalelement? (2P)

Korrosion: **Zerstörung von Werkstoffen durch chemische Reaktionen.**

Lokalelement: Entsteht durch **leitenden Kontakt zwischen edlerem und unedlerem Metall**, wenn die **Kontaktstelle in einen Elektrolyten eintaucht.**

Eindeutig erkennbare Skizze ist ebenfalls richtig!

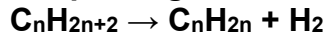
f) Nennen Sie zwei wichtige Methoden zum Korrosionsschutz! (2P)

Überzüge, Opferelektroden, Eigenschutz = Passivierung, Fremdstrom

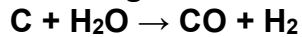
Die Studenten haben unter den o.a. Stichworten die freie Auswahl; Nennung konkreter Verfahren wie **Emaillieren, Lackieren, Galvanisieren, Opferanoden aus Mg, Passivierung durch Zusatz von Cr, Al oder Si** lassen wir ebenfalls gelten!

g) Nennen Sie ein Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff aus fossilen Rohstoffen und formulieren Sie die zugehörige Reaktionsgleichung! (2P)

Abspaltung von H₂ aus Alkanen



Wassergasreaktion



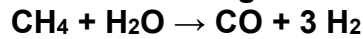
Pyrolyse von Methan



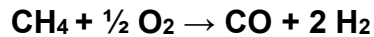
Herstellung von Wasserstoff aus Kohlenwasserstoffen

Aus Erdgas

Steamreforming

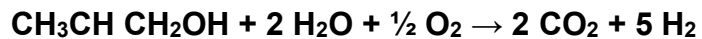


Partielle Oxidation



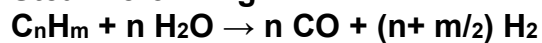
Methanol / Ethanol

ATR

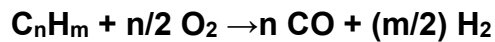


Erdöl

Steamreforming



Partielle Oxidation



Aufgabe 4

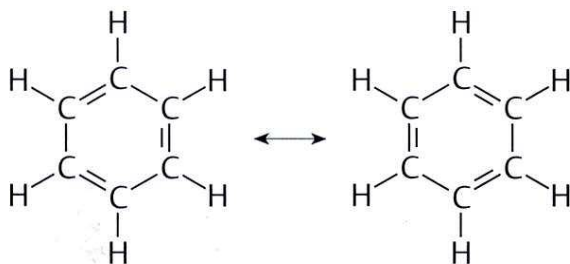
- a) Welche Hybridisierung haben C-Atome in Einfach-, Doppel- und in Dreifachbindungen? Welche räumliche Anordnung der von einem zentralen C-Atom ausgehenden Bindungen ergibt sich daraus? (3P)

sp^3 : **Tetraeder**, sp^2 : **Planar**, Winkel 120° , sp : **Linear**

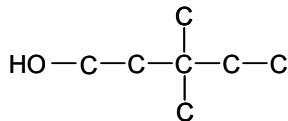
Skizze, in der die Anordnung erkennbar ist, genügt auch!

- b) Nennen Sie 3 für Benzol charakteristische Strukturmerkmale und zeichnen Sie die Lewis-Formeln der mesomeren Grenzstrukturen! (2P)

Molekül ist planar gebaut, alle **Bindungen gleich lang**, **ringförmig delokalisiertes π -Elektronensystem** mit **$4n+2$ Elektronen**, **sp^2 -hybridisierte C-Atome**
(3 davon sind ausreichend!)



- c) Geben Sie die Lewis-Formel der Verbindung 3,3-Dimethyl-Pentanol an! (1P)



- d) Geben Sie die typische Atomanordnung (funktionelle Gruppe) folgender Verbindungsklassen an:

Ketone, Carbonsäuren und Alkohole!

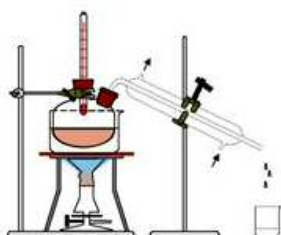
(3P)

Alkene:	Alkine:	Alkohole:
$\begin{array}{c} \text{R} \quad \text{R} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{R} \quad \text{R} \end{array}$	-C \equiv C-	R-OH

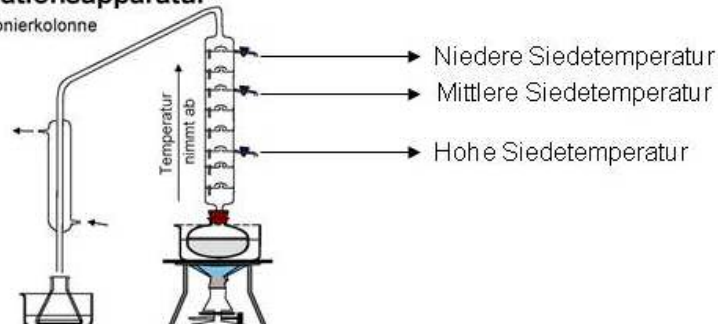
- e) Erklären Sie anhand einer einfachen Skizze den Unterschied zwischen einer einfachen Destillation und einer Destillation mit Fraktionierkolonne! (2P)

Destillationsapparaturen

Destillationsapparat
einfach



Destillationsapparat
mit Fraktionierkolonne



- f) Nennen Sie eine wichtige Aufgabe von Schmierstoffen! (1P)

Verringerung der Reibung zwischen zwei gegeneinander bewegten Metalloberflächen;

Bildung eines Schmierfilms

(eine davon genügt)

- g) Nennen Sie einen festen Schmierstoff und eine Anwendung fester Schmierstoffe! (1P)

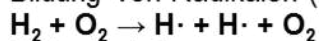
Graphit, hexagonales α -Bornitrid, MoS_2 eignen sich wegen ihrer Schichtstruktur.

Anwendung: **Füllen von Rauhtiefen**

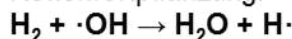
Additive für Schmieröle (eines davon genügt)

- h) Erläutern Sie den Reaktionsmechanismus einer Radikalkettenreaktion anhand der Verbrennung von Wasserstoff! (2P)

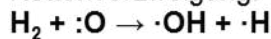
Bildung von Radikalen (Startreaktion, Kettenstart):



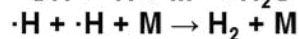
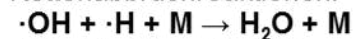
Kettenfortpflanzung:



Kettenverzweigung:



Kettenabbruchreaktionen:



(M steht für Molekül, nimmt Energie auf)

- i) Was versteht man unter einem Makromolekül und was versteht man unter Polymerisation? (2P)

Makromolekül: aus vielen gleichen oder unterschiedlichen Atomen und Atomgruppen bestehendes Molekül

Polymerisation: Chemische Verknüpfung kleiner Moleküle (Monomere) zu einem Makromolekül (Polymer) durch Reaktion zwischen Mehrfachbindungen (meist Doppelbindungen) oder durch Aufspaltung ringförmiger Atomverbände.

- j) Geben Sie die Konstitutionsformeln der charakteristischen Gruppen von Polypropylen, Polyvinylchlorid und Polyacrylnitril an! Aus welchen Monomeren werden die genannten Polymere hergestellt? (3P)

Polypropylen: Herstellung aus Propen	$\left[\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_x$	Polyvinylchlorid Herstellung aus Vinylchlorid	$\left[\begin{array}{cc} \text{H} & \text{CH}_3 \\ & \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{Cl} \end{array} \right]_n$	Polyacrylnitril Herstellung aus Acrylnitril	$\left[\begin{array}{cc} \text{H} & \text{CH}_3 \\ & \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{CN} \end{array} \right]_n$
--------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Aufgabe 5

- a) Wodurch wird Motorklopfen ausgelöst und welche Kennzahl wird als Maß für die Klopfestigkeit verwendet? (2P)

**Unkontrollierte Verbrennung des Kraftstoffs durch Selbstzündung;
Oktanzahl**

- b) Wie werden Otto- und wie Dieselmotoren in Bezug auf die Zusammensetzung des Kraftstoff/Luft- Gemisches betrieben? (unterstöchiometrisch – stöchiometrisch – überstöchiometrisch)? (1P)

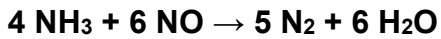
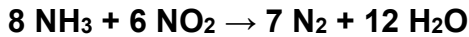
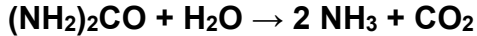
Otto- Motor: stöchiometrisch, Dieselmotor: überstöchiometrisch (Luftüberschuss natürlich ebenfalls richtig)

- c) Welche Schadstoffe werden in mit Benzin und welche in mit Diesel betriebenen Kraftfahrzeugen hauptsächlich gebildet? (5P)

Benzin: Unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC), NO_x, CO

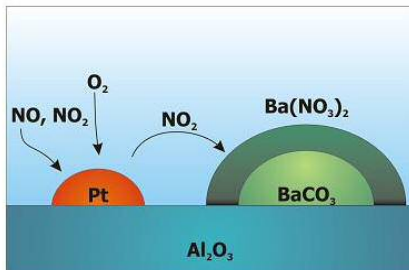
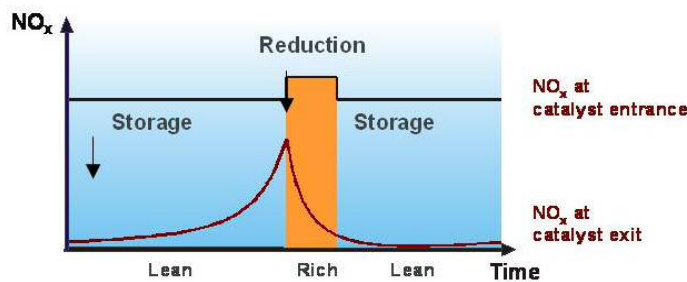
Diesel: NO_x, Ruß

- d) Wie kann man Harnstoff zur Reduktion von Stickoxidemissionen von Fahrzeugen einsetzen? Geben Sie die Reaktionsgleichungen an! (3P)

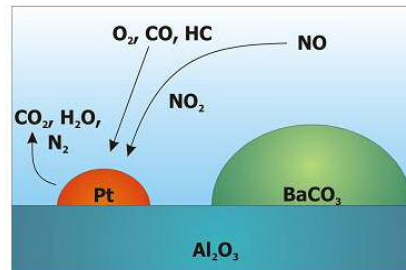


Antworten, die mit NO + NO₂ (NO_x) formuliert sind, sind ebenfalls richtig!

- e) Beschreiben Sie das Prinzip eines Speicherkatalysators zur Verringerung der NO_x-Emission! (2P)



Magerphase (lean) = O₂ – Überschuss



Fettphase (rich) = O₂ – Mangel

Beschreibung, die erkennen lässt, dass im mageren Betrieb NO₂ als Ba(NO₃)₂ gespeichert und während der Fettphase durch CO₂ verdrängt und am Pt durch HC's und CO reduziert wird, genügt.

- f) Wie viel CO₂ (in g/km) emittiert ein Benzinmotor, der 5,7 l/100 km verbraucht? Verwenden Sie für die Rechnung ein aus 100 % Isooktan (Dichte ρ = 0,7 g/cm³) bestehendes Benzingerisch! Hinweis: Runden Sie bei der Berechnung der Molmassen die Atomgewichte auf ganze Zahlen! (5P)

Punkteverteilung:

a. Rechne V(C₈H₁₈) um in m(C₈H₁₈): $m(\text{C}_8\text{H}_{18}) = V(\text{C}_8\text{H}_{18}) \cdot \rho(\text{C}_8\text{H}_{18})$

b. Berechne n(C₈H₁₈): $n(\text{C}_8\text{H}_{18}) = \frac{m(\text{C}_8\text{H}_{18})}{M(\text{C}_8\text{H}_{18})}$

c. Reaktionsgleichung ergibt: $n(\text{CO}_2) = 8 \cdot n(\text{C}_8\text{H}_{18})$

d. Berechne m(CO₂) = n(CO₂) · M(CO₂)

$$\dot{m}(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{C}_8\text{H}_{18})}{100\text{km}} \cdot \rho(\text{C}_8\text{H}_{18}) \cdot 8 \cdot \frac{M(\text{CO}_2)}{M(\text{C}_8\text{H}_{18})} \cdot \frac{1000\text{cm}^3}{\text{l}} = 0,7 \cdot 4 \cdot 44 \frac{\text{g}}{\text{km}} = 123,2 \frac{\text{g}}{\text{km}}$$

1. bis 4. je 1 Punkt, zusammenfassen und Zahlenwert ausrechnen: 1 P

Nur letzte Zeile, aber Formel und Zahlenwert richtig: Volle Punktzahl

g) Geben Sie den Hauptbestandteil von Biodiesel an! Nach welcher Reaktionsgleichung wird er hergestellt? (2P)

Biodiesel: Fettsäuremethylester, FAME

hergestellt nach:

