

## Abituraufgaben Grundkurs Chemie

### Benzol

#### 1975/V

1. a) Erklären Sie am Beispiel der Benzols den Begriff der Mesomerie-stabilisierung!  
b) Zeigen Sie, wie die Mesomerieenergie des Benzols ermittelt werden kann!

#### 1975/VI

1. Erläutern Sie die Bindungsverhältnisse im Benzolmolekül unter Anwendung der Vorstellungen der Orbitaltheorie!
2. Welche Reaktionen spielen sich ab, wenn auf Benzol  
a) Chlor bei starker Belichtung und unter Luftabschluss bzw.  
b) Brom unter Zusatz von Eisenspänen einwirken?  
Benennen Sie die Reaktionstypen und die Reaktionsprodukte und stellen Sie die Summgleichungen beider Reaktionen auf!
3. Beschreiben Sie den Mechanismus für die unter 2b) beschriebene Reaktion!
4. Vergleichen Sie damit Reaktionsablauf und Mechanismus bei der Bromierung von Ethen (Äthylen)!
5. Geben Sie eine Erklärung für die Tatsache, dass am Benzolmolekül Substitutionsreaktionen leichter durchzuführen sind als Additionsreaktionen!
6. Vergleichen Sie das Verhalten von Benzol bzw. Phenol gegen eine wässrige Indikatorlösung. Erklären Sie das unterschiedliche Verhalten!

#### 1977/II

- 2.1 Geben Sie eine mögliche Strukturformel eines aliphatischen r (kettenförmigen) Kohlenwasserstoffs, der die gleiche Summenformel wie Benzol besitzt, an.
- 2.2 Vergleichen Sie diese beiden Isomeren hinsichtlich  
a) ihres chemischen Verhaltens und  
b) der Bindungslängen zwischen den Kohlenstoffatomen.
- 2.3 Beschreiben Sie die Struktur des Benzolmoleküls mit den Begriffen des "Orbitalmodells" (mit beschrifteten Skizzen).

#### 1977/III

- 1 Obwohl der Zustand der Kohlenstoffatome im Athen und im Benzol durch die gleiche Hybridisierung beschrieben wird, sind nach Messungen die Abstände zwischen den Kohlenstoffatomen beider Verbindungen verschieden. Wie lässt sich dieser Widerspruch erklären?
- 2 Wie kann experimentell, unter Berücksichtigung energetischer Betrachtungen, abgeleitet werden, dass das Benzol nicht als Cyclohexatrien aufzufassen ist?

#### 1977/IV

3. Brom reagiert sowohl mit Äthan als auch mit Benzol.  
3.1 Vergleichen Sie die Bedingungen für den Ablauf dieser Reaktionen  
3.2 Wie lässt sich auf einfache Weise experimentell prüfen, ob es sich um Additionen oder Substitutionen handelt?  
Formulieren Sie die Summgleichungen beider Reaktionen.  
3.3 Beschreiben Sie die Reaktionsmechanismen beider Reaktionen unter Verwendung von Strukturformeln.

#### 1984/III

- 1.1 Sowohl Ethan als auch Benzol reagieren mit Chlor.  
1.1.1 Erläutern Sie die Bedingungen, unter denen die Monochloride

- a) des Ethans und
  - b) des Benzols
- hergestellt werden können! 4BE
- 1.1.2 Beschreiben Sie unter Mitverwendung von Strukturformelgleichungen die Reaktionsmechanismen, die zum jeweiligen Chlorderivat führen! 10BE
- 1.2 Erklären Sie das Reaktionsverhalten von Benzol anhand der im Benzolmolekül vorliegenden Bindungsverhältnisse! 8BE

**1985/III**

- 2.1 Benzol wird in getrennten Versuchen
- a) mit einer wässrigen Bromlösung (Bromwasser) und
  - b) mit Brom und Eisen(in)-bromid versetzt.
- Beschreiben und erklären Sie die Versuchsergebnisse ! Formulieren Sie für eintretende chemische Reaktionen die Gleichungen! 8BE
- 2.2 Phenol wird mit Bromwasser versetzt.
- Erläutern Sie unter Mitverwendung von mesomeren Grenzstrukturformeln das gegenüber Benzol abweichende Reaktionsverhalten des Phenols ! Formulieren Sie für die ablaufende Reaktion die Gesamtgleichung! 8BE

**1986/I**

- 1 Benzol soll mit Brom zur Reaktion gebracht werden.
- 1.1 Beschreiben Sie unter Mitverwendung einer beschrifteten Skizze die Bindungsverhältnisse im Benzolmolekül nach der Orbitalvorstellung, und leiten Sie aus dieser Modellvorstellung das Reaktionsverhalten des Benzolmoleküls ab! 9BE
- 1.2 Nennen Sie die Versuchsbedingung, bei der Brom in der Dunkelheit und bei Zimmertemperatur mit Benzol reagiert!
- Beschreiben Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln den Mechanismus dieser Reaktion! 7BE
- 1.3 Benzol reagiert auch mit Bromchlorid (BrCl).
- Erläutern Sie den Ablauf dieser Reaktion, und nennen Sie die Reaktionsprodukte! 6BE

**1988/IV**

- 2 Während Bromwasser beim Einleiten von Ethen entfärbt wird, löst sich beim Schütteln von Bromwasser mit Benzol das Brom lediglich in der Benzolphase. Beide Versuche werden in einem abgedunkelten Raum bei Zimmertemperatur durchgeführt.
- 2.1 Beschreiben Sie unter Mitverwendung von Skizzen die Bindungsverhältnisse im Ethen- und Benzolmolekül auf der Grundlage der Orbital-Modellvorstellung! BE11
- 2.2 Erklären Sie das unter Nr. 2 beschriebene Verhalten von Benzol gegenüber Brom! 4BE
- 2.3 Nennen Sie eine Möglichkeit, wie Benzol mit Brom in der Dunkelheit und bei Zimmertemperatur zur Reaktion gebracht werden kann!
- Stellen Sie den Reaktionsmechanismus mit Strukturformelgleichungen dar! 6BE

**1989/I**

- 2.3 Zu einer wässrigen Phenollösung wird Bromwasser im Überschuss gegeben, wodurch letztlich 2,4,6-Tribromphenol entsteht.
- 2.3.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für diese Reaktion! 2BE
- 2.3.2 Erläutern Sie den Reaktionsmechanismus bis zur Bildung eines Monobromphenols unter Mitverwendung von Strukturformeln! 8BE

**1989/III**



- 1.3 Aus Benzol soll Nitrobenzol hergestellt werden. Nennen Sie die dafür nötigen anorganischen Stoffe, und erläutern Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln den Verlauf der Nitrierung! 8 BE

**1995/II**

- 3 Die Hydrierung ungesättigter Verbindungen ist ein exothermer Vorgang. In getrennten Experimenten werden
- 2 mol Benzol,
  - 3 mol 1,3-Cyclohexadien (Cyclohexa-1,3-dien) und
  - 6 mol Cyclohexen
- jeweils mit 6 mol Wasserstoff zu Cyclohexan hydriert. Dabei werden folgende Energiebeträge freigesetzt: 418 kJ; 720 kJ; 696 kJ.
- 3.1 Stellen Sie für die drei Hydrierungen die Strukturformelgleichungen auf! 3BE
- 3.2 Ordnen Sie die angegebenen Energiebeträge den unter Nr.3.1 formulierten Reaktionen zu, und begründen Sie diese Zuordnung! 4BE
- 3.3 Leiten Sie aus den angegebenen Werten die Mesomerieenergie des Benzols ab! 3BE

**1996/I**

- 1 Propen und Benzol werden in getrennten Versuchen bei Raumtemperatur mit Brom (bei Benzol nach Zugabe von Eisen(III)-bromid) zur Reaktion gebracht. Beschreiben Sie unter Mitverwendung von Strukturformelgleichungen und Fachbegriffen die beiden Reaktionsmechanismen, und begründen Sie den unterschiedlichen Verlauf beider Reaktionen! 17BE

**1996/IV**

- 1 Benzol und seine Derivate sind wichtige Vertreter der Aromaten.
- 1.1 Erläutern Sie Befunde, die gegen die Annahme sprechen, dass Benzol ein Cyclohexatrien sei! 8BE
- 1.2 Beschreiben Sie für das Benzol-Molekül unter Mitverwendung beschrifteter Skizzen
- die Molekülgeometrie und
  - auf der Grundlage des Orbital-Modells die Bindungsverhältnisse! 8BE

**1997/II**

- 1 Je 1 mol der folgenden Kohlenwasserstoffe wird jeweils mit 1 mol Brom unter den angegebenen Bedingungen umgesetzt:
- Ethen bei Raumtemperatur,
  - Benzol unter Einsatz eines Katalysators und
  - Cyclohexan unter starker Lichteinwirkung.
- 1.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichungen für die drei Reaktionen zu den ersten stabilen organischen Produkten, und benennen Sie jeweils Reaktionstyp und-mechanismus! 6BE
- 1.2 Beschreiben Sie den Reaktionsmechanismus der Bromierung von Benzol unter Mitverwendung von Strukturformeln! 6BE

**1999 1/II.1**

- 1.) Methan, Ethen und Benzol werden in getrennten Versuchen mit Brom unter den angegebenen Bedingungen zur Reaktion gebracht:
- Methan unter Belichtung,
  - Ethen bei Raumtemperatur,
  - Benzol bei Raumtemperatur und unter Einsatz eines Katalysators.

- 1.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichungen für die drei Reaktionen jeweils bis zum ersten stabilen organischen Produkt und benennen Sie dieses! Geben Sie den jeweiligen Reaktionsmechanismus an! 6 BE
- 1.2 Beschreiben Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln den Mechanismus der Bromierung von Ethen! 6 BE
- 1.3 Erklären Sie, ausgehend von den Bindungsverhältnissen im Benzolmolekül, weshalb die Bromierung von Benzol zu dem in Ihrer Antwort zu Nr.1.1 formulierten Produkt führt! 8 BE

### 2002/III/2

- 2.) Für eine Verbindung mit der Summenformel  $C_6H_6$  wurden verschiedene azyklische und zyklische Strukturformeln vorgeschlagen.
- 2.1 Zeichnen Sie eine der möglichen azyklischen (kettenförmigen) Molekülformeln und vergleichen Sie das Verhalten dieser Verbindung gegenüber Brom mit dem des Benzols! 4 BE
- 2.2 Beschreiben Sie anhand einer Skizze die Molekülgeometrie des Benzols! 4BE
- 2.3 Beschreiben Sie, ausgehend vom Hybridisierungszustand der Kohlenstoffatome, die Bindungsverhältnisse im Benzolmolekül! 6 BE
- 2.4 Erläutern Sie unter Mitverwendung eines Energiediagramms, wie die Mesomerieenergie des Benzols experimentell ermittelt werden kann! 9 BE

### 2001/III/1

- 1.) Sowohl Ethen als auch Benzol sollen bei Raumtemperatur mit Brom zur Reaktion gebracht werden.
- 1.1 Stellen Sie den Unterschied in den Reaktionsbedingungen heraus und benennen Sie den jeweiligen Reaktionstyp! 3 BE
- 1.2 Vergleichen Sie die Mechanismen der Bromierung von Ethen und der Bromierung von Benzol und stellen Sie dabei Übereinstimmungen und Unterschiede heraus! Strukturformeln bzw. Grenzstrukturformeln sind mit zu verwenden. 12 BE
- 1.3 Benzol reagiert auch mit Iodchlorid (ICl). Geben Sie an, ob diese Reaktion zu Iodbenzol oder Chlorbenzol führt, und begründen Sie Ihre Aussage! 4 BE

### 2003/IV/3

- 3.) Ein Mol Benzol bzw. drei Mol Cyclohexen werden jeweils durch drei Mol Wasserstoff zu Cyclohexan hydriert. Dabei werden folgende Energiebeträge freigesetzt: 209 kJ bzw. 360 kJ. Erstellen Sie die Strukturformelgleichungen für beide Reaktionen und ordnen Sie jedem der beiden Vorgänge den Betrag der Reaktionsenthalpie zu! Begründen Sie Ihre Entscheidung! 10 BE

### 2005/III/3.2

- 3.) August Kekule schlug 1865 die noch heute gebräuchliche Strukturformel für das Benzolmolekül vor.
- 3.1 Erläutern Sie mit Hilfe eines experimentellen Belegs den Begriff "Mesomerieenergie" am Beispiel des Benzols! 5 BE
- 3.2 Nennen Sie die Versuchsbedingung, bei der Brom in der Dunkelheit und bei Zimmertemperatur mit Benzol reagiert! Beschreiben Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln den Mechanismus dieser Reaktion! 7 BE

### 2006/II

Benzol ist eine Schlüsselsubstanz für die Herstellung einer Vielzahl organischer Verbindungen. So kann daraus über Zwischenprodukte das Wintergrünöl (Salicylsäuremethylester) hergestellt werden, das als Aromastoff in Zahnpasta, Mundwasser und Kaugummi eingesetzt wird: Zunächst wird Benzol mit Chlor zu Monochlorbenzol umgesetzt. Bei der Behandlung von

Monochlorbenzol mit heißer Natronlauge bei hoher Temperatur entsteht Natriumphenolat. Die Reaktion von Kohlenstoffdioxid mit Natriumphenolat unter hohem Druck und bei einer Temperatur von ca. 130 °C führt zu Natrium-2-hydroxyphenylmethanoat ( $C_6H_4(OH)COO^- Na^+$ ), dem Natriumsalz der Salicylsäure. In Reaktion mit einer starken Säure bildet sich daraus die freie Salicylsäure. Diese wird im letzten Schritt mit Methanol verestert.

- 1.1 Formulieren Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln und Fachbegriffen den Reaktionsmechanismus der Herstellung von Monochlorbenzol!
- 1.2 Stellen Sie für die zum Salicylsäuremethylester führenden Reaktionsschritte, beginnend bei Monochlorbenzol, die jeweiligen Strukturformelgleichungen auf!
- 1.3 Bei der Veresterung wird dem Salicylsäure-Methanol-Gemisch noch konzentrierte Schwefelsäure zugesetzt. Erläutern Sie die Auswirkungen dieser Maßnahme auf das Reaktionsgeschehen

### 2007/B1

- 2 Ein Bestandteil des Erdöls, der aber auch beim Crackprozess gebildet wird, ist das Benzol.
  - 2.1 Beschreiben Sie die Geometrie des Benzolmoleküls! 3BE
  - 2.2 Erläutern Sie am Beispiel des Benzols den Begriff „Mesomerieenergie“! 4BE
  - 2.3 Benzol reagiert im Dunkeln und in der Kälte in Gegenwart eines Katalysators mit Brom.
 

Formulieren Sie in Einzelschritten unter Mitverwendung von Strukturformeln den Mechanismus der Bromierung von Benzol! 8
  - 2.4 Benzol, Ethanol und Wasser werden in getrennten Versuchen mit Natrium versetzt.
 

Erklären Sie die Versuchsbeobachtungen unter Mitverwendung von Strukturformeln, formulieren Sie gegebenenfalls die Reaktionsgleichungen und benennen Sie die Produkte! 8BE

### 2008/A1

- 2.3 Im Jahr 1825 erhielt der englische Wissenschaftler Faraday durch Pyrolyse von Walrat eine farblose flüssige Substanz, die durch ungewöhnliche Stabilität auffiel und den Namen Benzol erhielt. Dewar-Benzol ist ein instabiles Konstitutionsisomer des Benzols.

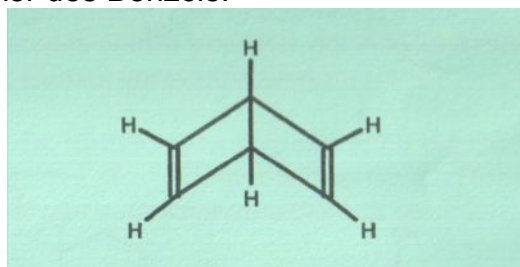


Abb. 1: Dewar-Benzol

Vergleichen Sie die Molekülgeometrie von Benzol und Dewar-Benzol! Ordnen Sie den Kohlenstoffatomen im Benzol- und Dewar-Benzolmolekül die jeweiligen Hybridisierungszustände zu! [7 BE]

### 2008/A2

- 2 In einer Erdölfraction kann der Benzolgehalt durch Reformieren erhöht werden. Ausgehend von Hexan bildet sich beispielsweise Cyclohexan, das weiter zu Benzol reagiert.

Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen mit Strukturformeln und beschreiben Sie die Molekülgeometrie des Benzol- und Cyclohexan-Moleküls! [8 BE]

- 3 Benzol wird im Dunkeln mit Brom und Eisen(III)-bromid zur Reaktion gebracht. Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus mit Strukturformeln! [5 BE]

**2011/A1**

- 1 Benzol wurde erstmals im Jahr 1825 von Michael Faraday bei Arbeiten mit Leuchtgas entdeckt. Die Synthese gelang wenige Jahre später dem deutschen Chemiker Eilhard Mitscherlich. Er erhielt Benzol durch Decarboxylierung von Benzoesäure (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOH). Eine Möglichkeit zur technischen Synthese von Benzol ist die Zyklisierung von Ethin-Molekülen.

- 1.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichungen für die beiden im Text beschriebenen Synthesemöglichkeiten von Benzol und die Reaktionsgleichung für die Verbrennung von Benzol! [6 BE]

**2011/A1**

- 1.2 Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die wichtigsten brennbaren Bestandteile eines typischen Leuchtgases:

Verbindung	Anteil
Wasserstoff	46,27 %
Methan	37,55 %
Kohlenmonoxid	11,19 %
Ethen	2,11 %
Benzol	0,69 %

Ordnen Sie die in der Tabelle genannten Kohlenwasserstoffverbindungen nach steigenden Siedetemperaturen und begründen Sie Ihre Entscheidung!

[5 BE]

- 1.3 Methan, Ethen und Benzol werden jeweils mit elementarem Brom zur Reaktion gebracht. Geben Sie für jeden der aufgeführten Kohlenwasserstoffe an, unter welchen Bedingungen eine Reaktion mit Brom bei Raumtemperatur stattfindet!

Benennen Sie die Mechanismen, nach denen die drei Reaktionen ablaufen, und stellen Sie die jeweilige Strukturformelgleichung bis zur Bildung der ersten stabilen Produkte auf! [12 BE]

- 2 Benzol ist hochgradig toxisch. Es kann sowohl über die Lunge als auch über die Haut aufgenommen werden.

- 2.1 Benzol reichert sich besonders in fettreichen Geweben an. Erklären Sie diesen Befund unter Mitverwendung der Strukturformel eines Fettmoleküls! [4 BE]

2.2 Das in den Körper gelangte Benzol wird in mehreren Schritten enzymatisch zu Phenol umgesetzt.

Beim Lösen von Phenol in Wasser verändert sich der pH-Wert.

Geben Sie an, wie sich der pH-Wert ändert, und erläutern Sie die Ursache dieser Veränderung auf molekularer Ebene unter Mitverwendung mesomerer Grenzstrukturformeln! [7 BE]

2.3 Das Benzolmolekül wird in der Literatur unterschiedlich abgebildet. Folgende Darstellungen sind üblich:

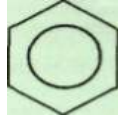


Abb.: Verschiedene Darstellungen des Benzolmoleküls

Diskutieren Sie die Aussagekraft der beiden Formeln jeweils mit Bezug auf die tatsächlichen Bindungsverhältnisse im Benzolmolekül! [6 BE]