

2020

# Abitur

Original-Prüfungen  
mit Lösungen

**MEHR  
ERFAHREN**

Gymnasium ... berg

**Chemie**



**STARK**

# Inhalt

Vorwort	
Stichwortverzeichnis	

## Hinweise und Tipps für die Abitur-Prüfung im Fach Chemie

1	Hinweise zur Nutzung dieses Buches	I
1.1	Hinweise zu den Übungsaufgaben	I
1.2	Hinweise zu den Abitur-Prüfungsaufgaben	II
2	Tipps zum Ablauf der schriftlichen Prüfung	II
2.1	Allgemeines	II
2.2	Auswahlzeit	III
2.3	Bearbeitung der gewählten Aufgaben	III
3	Die Anforderungsbereiche in den Prüfungsaufgaben	IV
4	Hinweise zu den Tabellen und verwendeten Moleküldarstellungen	V

## Tabellenblätter

Tabelle 1: Standardelektrodenpotentiale	VIII
Tabelle 2: Säurekonstanten	IX
Tabelle 3: Standardbildungsenthalpien	IX
Tabelle 4: Thermodynamische Daten	X
Periodensystem der Elemente	XI

## Übungsaufgaben zu den Themen des Lehrplans (Pflicht- und Wahlbereich)

### Themengruppe I: Energetik, chemische Gleichgewichte und Redoxreaktionen

Aufgabe 1	Energetik, Chemische Gleichgewichte	1
Aufgabe 2	Chemische Gleichgewichte, Redoxreaktionen	1
Aufgabe 3	Chemische Gleichgewichte, Protolysen	2
Aufgabe 4	Chemische Gleichgewichte, Aromaten (Benzoesäure)	3
Aufgabe 5	Energetik, Redoxreaktionen	4
Aufgabe 6	Energetik, Elektrochemie (Brennstoffzellen)	4
Aufgabe 7	Chemische Gleichgewichte, Protolysen, pH-Werte, Indikatoren	5
Aufgabe 8	Chemische Gleichgewichte	6

### Themengruppe II: Naturstoffe

Aufgabe 1	Mono-, Di- und Polysaccharide	19
Aufgabe 2	Saccharide	19
Aufgabe 3	Saccharide	20

Fortsetzung siehe nächste Seite

Aufgabe 4	Aminosäuren, Peptide . . . . .	21
Aufgabe 5	Kohlenhydrate, Peptide, Ester . . . . .	21
Aufgabe 6	Kohlenhydrate . . . . .	22
Aufgabe 7	Kohlenhydrate, Proteine . . . . .	23
Aufgabe 8	Kohlenhydrate, Energetik . . . . .	24

### **Themengruppe III: Kunststoffe**

Aufgabe 1	Kunststoffe . . . . .	40
Aufgabe 2	Kunststoffe . . . . .	41
Aufgabe 3	Kunststoffe . . . . .	41
Aufgabe 4	Kunststoffe . . . . .	42
Aufgabe 5	Kunststoffe . . . . .	43
Aufgabe 6	Kunststoffe . . . . .	43
Aufgabe 7	Kunststoffe . . . . .	44

### **Themengruppe IV: Elektrochemie**

Aufgabe 1*	Elektrochemie . . . . .	59
Aufgabe 2	Elektrochemie . . . . .	60
Aufgabe 3	Redoxreaktionen, Bleiakкумулятор, Brennstoffzellen . . . . .	61

### **Themenübergreifende Übungsaufgaben**

Aufgabe 1	Energetik, Redoxreaktionen und Naturstoffe . . . . .	68
Aufgabe 2	Energetik, Kohlenhydrate, Ethanol . . . . .	69
Aufgabe 3	Chemisches Gleichgewicht und Kohlenstoffdioxid . . . . .	70
Aufgabe 4	Naturstoffe und Redoxreaktionen . . . . .	72
Aufgabe 5	Enzyme . . . . .	73
Aufgabe 6	Enzyme und Kohlenhydrate . . . . .	74
Aufgabe 7	Enzyme und Redoxreaktionen . . . . .	76

### **Abiturprüfung 2014**

---

Aufgabe I	Acetylsalicylsäure, Estergleichgewicht, Titration . . . . .	2014-1
Aufgabe II	Lactose . . . . .	2014-7
Aufgabe III	Kunststoffe: Ein- und Zweikomponentenlacke . . . . .	2014-13
Aufgabe IV	Elektrochemie: Regenerative Energien, PEM-Brennstoffzelle . . . . .	2014-20

### **Abiturprüfung 2015**

---

Aufgabe I	Chemisches Gleichgewicht: SABATIER-Prozess, Säure-Base-Reaktionen . . . . .	2015-1
Aufgabe II	Peptidoglycane und Lysozym . . . . .	2015-5
Aufgabe III	Kunststoffe: HEMA und PolyHEMA . . . . .	2015-10
Aufgabe IV	Elektrochemie: Chlor und Kupfer, Membranverfahren . . . . .	2015-17

## **Abiturprüfung 2016**

---

Aufgabe I	Stickoxide (NO <sub>x</sub> ) und Harnstoff . . . . .	2016-1
Aufgabe II	Erlöse und Valin . . . . .	2016-6
Aufgabe III	Kunststoffe: PVC, PET, Nylon <sup>®</sup> . . . . .	2016-12
Aufgabe IV	Elektrochemie: Wasserstoffperoxid . . . . .	2016-17

## **Abiturprüfung 2017**

---

Aufgabe I	Chemisches Gleichgewicht: Ammoniumverbindungen, Benzoesäure . . . . .	2017-1
Aufgabe II	Naturstoffe: Paromomycin, Copsin . . . . .	2017-8
Aufgabe III	Kunststoffe: Polyethylenvinylacetat, Thermoplastische Polyurethane . . . . .	2017-12
Aufgabe IV	Elektrochemie: Redoxreaktionen von Kupfer und Kupferverbindungen . . . . .	2017-18

## **Abiturprüfung 2018**

---

Aufgabe I	Chemisches Gleichgewicht: BOUDOUARD-Gleichgewicht, FISCHER-TROPSCH-Synthese, Kalkwasser und Kohlenstoffdioxid . . . . .	2018-1
Aufgabe II	Naturstoffe: Casein und Pektin . . . . .	2018-7
Aufgabe III	Kunststoffe: Polypropylen, Polymilchsäure (PLA), Poly(butylendipat-terephthalat) (PBAT) . . . . .	2018-13
Aufgabe IV	Elektrochemie: Brom und Thiosulfat, Zink-Brom-Redoxflow-Akkumulatoren . . . . .	2018-18

## **Abiturprüfung 2019**

---

Aufgabe I	Chemisches Gleichgewicht: Chlor und Chlorverbindungen (DEACON-Prozess, Hypochlorit) . . . .	2019-1
Aufgabe II	Kosmetikprodukte: Hyaluronsäure und Methylparaben . . . . .	2019-6
Aufgabe III	Kunststoffe: Celluloseacetat, Polyamide (Nylon <sup>®</sup> , Perlon <sup>®</sup> , m- und p-Aramide) . . . . .	2019-11
Aufgabe IV	Elektrochemie: Zinn und Zinnverbindungen . . . . .	2019-16

Jeweils im Herbst erscheinen die neuen  
Abiturprüfungsaufgaben mit Lösungen

---

## **Lösungen der Aufgaben und Erstellung der Übungsaufgaben:**

Akad. Rat Christoph Maulbetsch



# Vorwort

Liebe Schülerinnen und Schüler,

das vorliegende Buch bietet Ihnen die Möglichkeit, sich optimal auf die schriftliche Abiturprüfung im Fach Chemie vorzubereiten.

Im Abschnitt **„Hinweise und Tipps für die Abiturprüfung im Fach Chemie“** bieten wir Ihnen zunächst einen Überblick über die Gliederung dieses Buches und Hinweise zum **Ab-  
lauf und den Anforderungen der schriftlichen Prüfung** in Baden-Württemberg. Die Hinweise zu den Anforderungsbereichen der Abiturprüfung erläutern die Unterteilung der Prüfungsaufgaben in Reproduktions-, Transfer- und problemlösende Aufgaben.

Der erste Teil dieses Buches enthält eine Reihe von Übungsaufgaben im Stil der **Abiturklausuren**, wie sie inhaltlich und vom zeitlichen Ausmaß her im Zentralabitur auf Sie zukommen können. Aufgaben aus dem Wahlbereich sind mit einem \* gekennzeichnet.

Die im zweiten Abschnitt dieses Bandes enthaltenen, **originalen Prüfungsaufgaben** aus dem **Abitur 2014 bis 2019** ermöglichen eine effektive Vorbereitung auf die Prüfung. Zu allen Abitur- und Übungsaufgaben bieten wir Ihnen **ausführliche, kommentierte Lösungsvorschläge, z. T. mit Tipps und Hinweisen zur Lösungsstrategie**.

Sollten nach Erscheinen dieses Bandes noch wichtige Änderungen in der Abitur-Prüfung 2020 vom Kultusministerium bekannt gegeben werden, finden Sie aktuelle Informationen dazu im Internet unter [www.stark-verlag.de/pruefung-aktuell](http://www.stark-verlag.de/pruefung-aktuell).

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg bei den Prüfungen im Fach Chemie!

Ihr

Stark Verlag



## 1.2 Hinweise zu den Abitur-Prüfungsaufgaben

Die laut Kursstufen- und Bildungsplan geforderte Stärkung des selbstständigen und selbst verantworteten Lernens und Arbeitens muss auch in den aktuellen Aufgaben der schriftlichen Abiturprüfung ihre Entsprechung finden. Daneben sind bewährte Aufgabenstellungen aus früheren Jahrgängen auch zukünftig Bestandteil der Prüfung.

Zu einigen Aufgaben sind **mehrere Lösungsvorschläge** denkbar. Die hier formulierten Antworten orientieren sich an den durch den Lehrplan vorgegebenen Erwartungshorizonten. Die Darstellung des Lösungswegs ist an manchen Stellen jedoch ausführlicher.

Außerdem werden in einigen Fällen alternative Antworten formuliert. Dadurch erhalten Sie weitere nützliche Informationen.

## 2 Tipps zum Ablauf der schriftlichen Prüfung

### 2.1 Allgemeines

In der schriftlichen Prüfung werden Ihnen **vier Aufgaben** (I, II, III, IV) vorgelegt. Davon wählen Sie drei Aufgaben zur Bearbeitung aus. Jede Aufgabe ergibt bei vollständiger Lösung 20 Verrechnungspunkte (VP). Die Bearbeitungszeit (einschließlich Auswahlzeit) beträgt 270 Minuten. Als erlaubte Hilfsmittel erhalten Sie ein Periodensystem und Tabellenblätter mit Säurekonstanten, Standardelektrodenpotenzialen und thermodynamischen Daten bei Standardbedingungen. (Diese Tabellen finden Sie in diesem Buch im Anschluss an dieses Kapitel.) Außerdem ist ein nicht programmierbarer Taschenrechner zugelassen. Zu Beginn der Prüfung müssen Sie die Prüfungsaufgaben auf Vollständigkeit überprüfen. Kontrollieren Sie die Zahl der Aufgabenblätter, die bei jeder Aufgabe vermerkt ist.

Diese Hinweise werden in der Abiturprüfung auf dem Deckblatt folgendermaßen zusammengefasst:

#### Hinweise für die Abiturientinnen und Abiturienten

**Prüfungsfach:** Chemie

**Bearbeitungszeit:** 270 Minuten einschließlich Auswahlzeit

**Hilfsmittel:**

- Taschenrechner
- Nachschlagewerk zur deutschen Rechtschreibung und Zeichensetzung

**Anlagen:**

- Periodensystem
- Säurekonstanten
- Standardelektrodenpotenziale
- Thermodynamische Daten

**Hinweise:**

- Sie erhalten **vier** Aufgaben.
- Wählen Sie davon **drei** Aufgaben zur Bearbeitung aus und vermerken Sie auf der Reinschrift und dem Entwurf, **welche** der Aufgaben Sie bearbeitet haben.
- Verwenden Sie je Aufgabe einen gesonderten Bogen.
- Sollten Sie mehr als **drei** Aufgaben bearbeitet haben, so müssen Sie diejenigen **drei** Aufgaben deutlich kennzeichnen, die zur Bearbeitung Ihrer Prüfungsarbeit herangezogen werden sollen.
- Sie sind verpflichtet, die Vollständigkeit der vorgelegten Aufgaben vor Bearbeitungsbeginn (auf Anzahl der Blätter, Anlagen usw.) zu überprüfen.
- Lösungen auf den Aufgabenblättern werden nicht gewertet.



## 2.2 Auswahlzeit

Die Auswahl der drei Aufgabenblöcke, in denen Sie voraussichtlich die meisten Punkte erreichen können, ist von größter Wichtigkeit. Ein späterer Wechsel, weil sich erst bei genauerer Betrachtung eine wichtige Teilfrage als zu schwierig herausstellt, ist sehr zeitraubend.

Nehmen Sie sich daher die Zeit, jede Aufgabe genau durchzulesen. Lassen Sie sich nicht abschrecken von langen Vortexten, von unbekannten Skizzen und Tabellen und komplizierten Verbindungen. Suchen Sie nach Reproduktionsfragen und Reorganisationsfragen, die Sie sicher beherrschen. Addieren Sie die nach Ihrer Einschätzung erreichbaren Verrechnungspunkte für jeden Aufgabenblock und vergleichen Sie die erreichte Punktezahl. Meist ist dann schon klar, welche Aufgabe nicht gewählt wird. Testen Sie dieses Verfahren für einen beliebigen Abiturjahrgang in diesem Buch.

Investieren Sie die Zeit für ein intensives Studium der Vortexte, denn sie liefern wichtige Hinweise für die komplexeren Fragen. Wenn dafür eine halbe Stunde vergeht, ist diese Mühe nicht umsonst!

## 2.3 Bearbeitung der gewählten Aufgaben

*Reinschrift, Konzept, Aufgabenblatt, Rechtschreibung*

Bewertet wird nur, was in der Reinschrift steht! Alle Notizen, die Sie auf dem Aufgabenblatt oder dem Konzeptpapier (eigene Schmierzettel sind nicht erlaubt!) hinterlassen, werden zwar eingesammelt, aber nicht gewertet. So wird vermieden, dass man nicht weiß, welche Antwort gelten soll: die richtige im Konzept oder die falsche in der Reinschrift.

Nur bei offensichtlichen Übertragungsfehlern in der Reinschrift wird der Entwurf gewertet. Dies gilt auch für den Fall, dass jemand aus Zeitgründen den letzten Teil der Antwort nur auf dem Konzept hat. Die meisten Schülerinnen und Schüler benützen deshalb die Konzeptblätter nur als Schmierzettel und schreiben gleich in die Reinschrift. Dies führt jedoch manchmal auch dazu, dass die Reinschrift wie ein Schmierzettel aussieht! Deshalb dürfen bei schweren Mängeln in der sprachlichen Form (Rechtschreibung und Grammatik) und/oder der Darstellungsform bis zu 2 Notenpunkte (das sind bis zu 8 Verrechnungspunkte!) abgezogen werden. Machen Sie also eine Stichwortliste, eine grobe Gliederung oder Skizzenentwürfe erst einmal im Konzept.

*Fachsprache, Skizzen*

Achten Sie darauf, dass Sie alle Fachbegriffe in Ihre Antworten einbauen, die zur vollständigen Beantwortung einer Aufgabenstellung notwendig sind. Kurze Definitionen der Fachbegriffe unterstreichen Ihre Fachkompetenz. Häufig kann man Formulierungshilfen aus den Vortexten übernehmen. Schematische Skizzen müssen in der Regel mindestens eine halbe Seite groß sein! „Miniskizzen“ mit unklarer Beschriftung und mehrfach mit Kugelschreiber oder Filzstift korrigierte Strukturen führen zu Punktabzügen. Also: Tinte/ Tintenkiller und für Skizzen Bleistift, Radiergummi, und Lineal benutzen! Ebenfalls sollen Strukturformeln und Reaktionsgleichungen in Größe und Darstellung übersichtlich sein.

*Zeitmanagement, Vollständigkeit*

Planen Sie grob mit 60 Minuten pro Aufgabenblock (ohne Auswahlzeit). Dann bleibt auch genügend Zeit für eine abschließende Kontrolle der Vollständigkeit und der Rechtschreibung.

Nicht selten werden zurückgestellte Teilaufgaben vergessen. Deshalb auch der Hinweis auf dem Deckblatt: Für jede Aufgabe (I, II, III oder IV) beginnt man einen neuen vierseitigen Papierbogen und markiert ihn deutlich mit der Aufgabennummer. Damit entfällt die Suche nach Teilaufgaben, die als Nachtrag irgendwo zwischen anderen Aufgabenblöcken versteckt sind. Auf diesem Bogen kann man jederzeit eine Transfer-Frage nachtragen, die



**Profil-/Neigungsfach Chemie – Baden-Württemberg**  
**Übungsaufgaben: Themengruppe II**

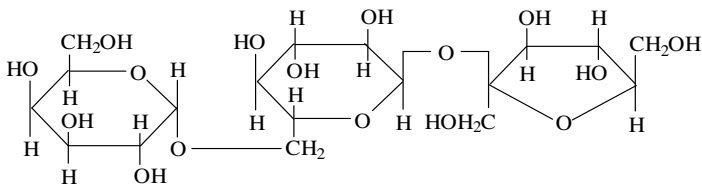
**Thema: Naturstoffe (LP 4)**

**Aufgabe 1: Mono-, Di- und Polysaccharide**

- 1 In Zuckerrüben ist Saccharose enthalten, die durch säurekatalysierte Hydrolyse in Invertzucker umgewandelt werden kann.  
 Zeichnen Sie die Strukturformel des Saccharosemoleküls nach HAWORTH.  
 Erläutern Sie die bei der Hydrolyse der Saccharose auftretende Inversion.  
 Nennen Sie eine weitere Möglichkeit, die erfolgte Hydrolyse der Saccharose nachzuweisen.
- 2 Es gibt ein zur Fructose isomeres Monosaccharid, die Tagatose, deren Moleküle sich von denen der Fructose nur durch die Stellung der Hydroxylgruppe am Kohlenstoffatom C<sub>4</sub> unterscheidet.
- 2.1 Zeichnen Sie in FISCHER-Projektion die Strukturformeln der D-Fructose und der D-Tagatose sowie das Pyranosid (Sechsring) der  $\alpha$ -D-Tagatose nach HAWORTH.
- 2.2 Bei einem der Disaccharide aus  $\alpha$ -D-Glucose und  $\alpha$ -D-Tagatose verläuft die Fehling'sche Probe negativ.  
 Geben Sie die Strukturformel des Moleküls dieses Disaccharids nach HAWORTH an.
- 3 Mono- und Polysaccharide unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Löslichkeit in Wasser.  
 Geben Sie dafür eine Erklärung.

**Aufgabe 2: Saccharide**

Raffinose ist ein Trisaccharid mit folgender Strukturformel:



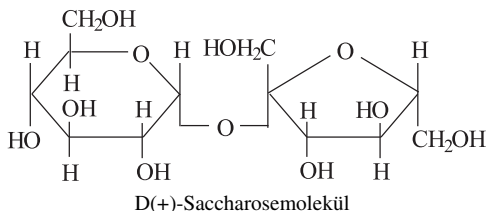
- 1 Welche der folgenden Mono- bzw. Disaccharide können bei der hydrolytischen Spaltung der Raffinose entstehen, welche nicht?  
 Begründen Sie Ihre Aussage.
  - a) D-Glucose
  - b) D-Fructose
  - c) D-Ribose
  - d) Saccharose
  - e) Maltose
- 2 Zeichnen Sie die Strukturformeln aller bei der Spaltung der Raffinose entstehenden Monosaccharide in der FISCHER-Projektion und benennen Sie zwei davon.



## Lösungen

### Aufgabe 1: Mono-, Di- und Polysaccharide

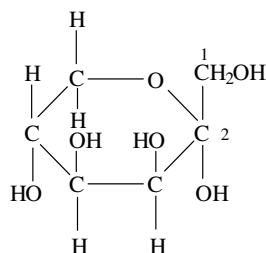
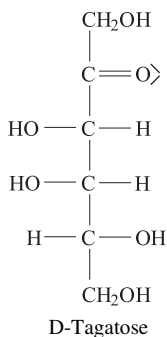
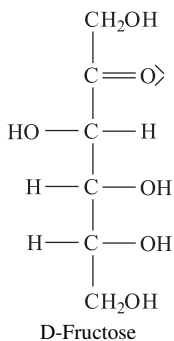
#### 1 Strukturformel für Saccharose



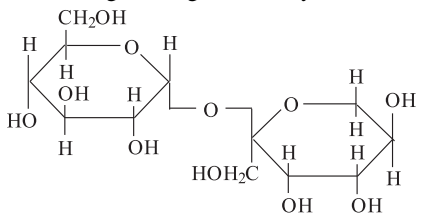
Bei der Spaltung des Saccharosemoleküls entstehen  $\alpha$ -D-Glucose und  $\beta$ -D-Fructose. Das Saccharosemolekül dreht die Ebene des polarisierten Lichtes nach rechts.

Nach der Spaltung:  $\alpha$ -D-Glucose dreht nach rechts,  $\beta$ -D-Fructose nach links und zwar mehr als  $\alpha$ -D-Glucose nach rechts dreht. Somit geht die Rechtsdrehung in eine Linksdrehung über. Die Nachweisreaktion mit Fehling I und Fehling II ist bei Saccharose negativ; nach der Spaltung ist diese Nachweisreaktion positiv.

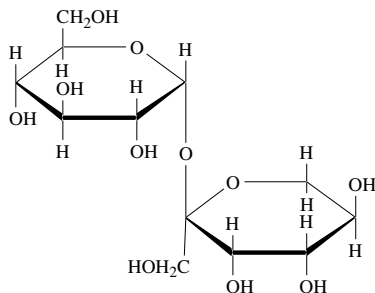
2.1



#### 2.2 Darstellung mit Tagatose als Pyranosid



oder





VP

Das Mineral Salmiak (Ammoniumchlorid) ist ein natürlich vorkommendes Ammoniumsalz. Die Salze Ammoniumbromid und Ammoniumbenzoat hingegen müssen synthetisch hergestellt werden.

- 1 Eine Ammoniumchlorid-Portion wird in ein trockenes Reagenzglas gegeben. Oberhalb der Stoffportion wird ein feuchter Universalindikatorpapierstreifen über die gesamte Länge an die Reagenzglaswand gelegt. Anschließend wird die Ammoniumchlorid-Portion vorsichtig erhitzt. Dabei zerfällt Ammoniumchlorid in Ammoniak und Chlorwasserstoff.  
 Der Universalindikatorpapierstreifen zeigt in einem Bereich eine rote und im anderen eine blaue Verfärbung.

- Erklären Sie die Verfärbungen mithilfe von Reaktionsgleichungen.
- Formulieren Sie für den Zerfall von Ammoniumchlorid eine Reaktionsgleichung und berechnen Sie die Reaktionsenthalpie für den Zerfall von 1 mol Ammoniumchlorid bei Standardbedingungen.
- Begründen Sie unter Verwendung des Prinzips von LE CHATELIER, dass der Zerfall von Ammoniumchlorid durch Erhitzen begünstigt wird.

5

- 2 Während Ammoniumchlorid als Hustenlöser wirkt, wird Ammoniumbromid als Beruhigungsmittel verwendet.  
 Ammoniumbromid erhält man durch die Reaktion von Brom mit dem Gas Ammoniak. Dabei bilden sich Ammoniumbromid und Stickstoff.

- Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Herstellung von Ammoniumbromid.
- Erklären Sie das zu erwartende Vorzeichen der Reaktionsentropie dieser Reaktion.

3

- 3 In Leinen und Latex kommt Ammoniumbenzoat als Konservierungsmittel zum Einsatz.

- 3.1 Ammoniumbenzoat kann aus Benzoesäure (Benzolcarbonsäure) und Ammoniak hergestellt werden.

- Zeichnen Sie die Strukturformeln der im Ammoniumbenzoat enthaltenen Ionen.
- Zeichnen Sie mesomere Grenzstrukturformeln des Benzoat-Ions.

2

- 3.2 Die Darstellung des Benzoat-Ions anhand mesomerer Grenzstrukturformeln gibt die tatsächlichen Bindungsverhältnisse nur unzureichend wieder.  
 Aromatische Verbindungen zeigen ein geringeres Reaktionsvermögen, als es ihre Darstellung in mesomeren Grenzstrukturen erwarten lässt.

- Beschreiben Sie die Bindungsverhältnisse und den räumlichen Bau des aromatischen Ringes.
- Erklären Sie das geringere Reaktionsvermögen anhand einer experimentellen Beobachtung.

4

- 4 Benzoessäure-Lösungen werden in Fallen für Bodenlebewesen wie Insekten oder Schnecken eingesetzt. Diese werden darin abgetötet und bis zur weiteren Untersuchung konserviert.

Die konservierende Wirkung von Benzoessäure-Lösungen ist vom pH-Wert abhängig. Die eingesetzten Lösungen haben den pH-Wert 3.

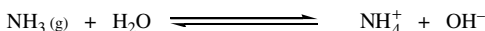
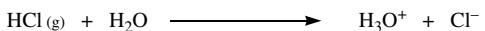
- Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Reaktion von Benzoessäure mit Wasser.
- Leiten Sie ausgehend vom Massenwirkungsgesetz eine Formel zur Berechnung des pH-Wertes einer wässrigen Benzoessäure-Lösung her. Erläutern Sie die zwei Vereinfachungen, die dabei zugrunde gelegt werden.
- Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration der Benzoessäure-Lösung.

$\frac{6}{20}$

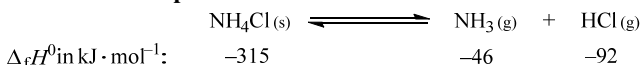
## Lösungen

### 1 Verfärbung des Universalindikatorpapiers beim Erhitzen von Ammoniumchlorid:

Die Rotfärbung des angefeuchteten Universalindikatorpapiers zeigt eine saure Reaktion an; die Blaufärbung dagegen eine basische Reaktion. Aus dem Aufgabentext ist zu entnehmen, dass es sich bei der Säure um Chlorwasserstoff, bei der Base um Ammoniak handelt. Die Reaktionsgleichungen lauten daher:



### Reaktionsenthalpie für den Zerfall von Ammoniumchlorid:



Für die Reaktionsenthalpie gilt allgemein:

$$\Delta_R H^0 = \sum \Delta_f H^0 (\text{Produkte}) - \sum \Delta_f H^0 (\text{Edukte})$$

Daraus ergibt sich:

$$\begin{aligned} \Delta_R H^0 &= [\Delta_f H^0 (\text{NH}_3 \text{ (g)}) + \Delta_f H^0 (\text{HCl (g)})] - [\Delta_f H^0 (\text{NH}_4\text{Cl (s)})] \\ &= [-46 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + (-92 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1})] - [-315 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}] \\ &= -138 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 315 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = \underline{\underline{177 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}}} \end{aligned}$$

### Prinzip von LE CHATELIER:

Die Zerfallsreaktion von Ammoniumchlorid kann im geschlossenen System als Gleichgewichtsreaktion ausgeführt werden. Da die Hinreaktion zu Chlorwasserstoff und Ammoniak, wie in der vorstehenden Aufgabe berechnet, endotherm verläuft, bewirkt eine Störung des Gleichgewichtes durch Wärmezufuhr eine verstärkte Hinreaktion (das Gleichgewicht verschiebt sich also zu den Produkten).



*Ammoniumchlorid ist bei Raumbedingungen eine stabile Substanz, die erst beim Erhitzen zersetzt wird.*



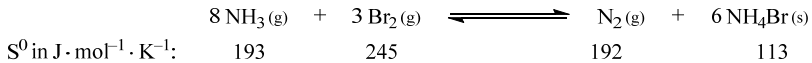
## 2 Reaktionsgleichung für die Herstellung von Ammoniumbromid:



### Reaktionsentropie:

Bei einem Umsatz gemäß der Reaktionsgleichung entstehen aus insgesamt elf Mol gasförmigen Edukten ein Mol gasförmiges Produkt (Stickstoff) und sechs Mol festes Ammoniumbromid. Das bei der Reaktion stark abnehmende Gasvolumen bestimmt die Reaktionsentropie und daher wird diese ein negatives Vorzeichen haben.

*Ergänzung (nicht verlangt): Berechnung der Reaktionsentropie*



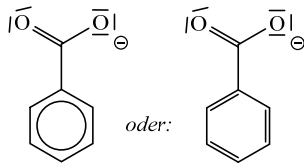
Für die Standardreaktionsentropie gilt:

$$\Delta_{\text{R}} S^0 = \sum S^0(\text{Produkte}) - \sum S^0(\text{Edukte})$$

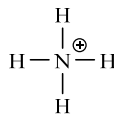
Daraus ergibt sich:

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{R}} S^0 &= [S^0(\text{N}_2) + 6 \cdot S^0(\text{NH}_4\text{Br}(\text{s}))] - [8 \cdot S^0(\text{NH}_3(\text{g})) + 3 \cdot S^0(\text{Br}_2(\text{g}))] \\ &= [192 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} + 6 \cdot 113 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}] - \\ &\quad [8 \cdot 193 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} + 3 \cdot 245 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}] \\ &= 870 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} - 2279 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = \underline{\underline{-1409 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}}} \end{aligned}$$

## 3.1 Strukturformeln der Ionen im Ammoniumbenzoat:



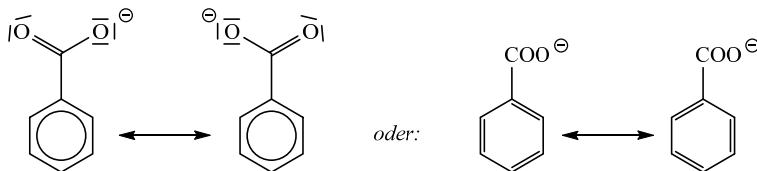
Benzoat-Ion



Ammonium-Ion

### Mesomere Grenzstrukturformeln des Benzoat-Ions:

Es wird erwartet, dass entweder die Mesomerie des Carboxylat-Ions oder des Benzol-Ringes dargestellt wird. Da in der Aufgabenstellung nicht näher ausgeführt ist, welche dieser Strukturen gezeichnet werden sollen, sind zwei Lösungen denkbar.



In Benzoat-Ion sind die Elektronen der Carboxylat-Gruppe und des Benzol-Ringes über das ganze (geladene) Molekül delokalisiert.



© **STARK Verlag**

[www.stark-verlag.de](http://www.stark-verlag.de)  
[info@stark-verlag.de](mailto:info@stark-verlag.de)

Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH  
ist urheberrechtlich international geschützt.  
Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung  
des Rechteinhabers in irgendeiner Form  
verwertet werden.

**STARK**