

2027

>30 Millionen
bestandene
Prüfungen

50
Jahre
STARK

STARK
Prüfung

**MEHR
ERFAHREN**

Abitur

Hessen

Chemie GK/LK

- ✓ Original-Prüfungsaufgaben mit Lösungen
- ✓ Übungsaufgaben im Stil der neuen Prüfung
- ✓ Lernvideos



Inhalt

Vorwort
Stichwortverzeichnis
Periodensystem der Elemente

Hinweise und Tipps zum Landesabitur

1	Ablauf der Prüfung	I
2	Inhalte und Aufbau der Prüfungsaufgaben	II
3	Leistungsanforderungen	VII
3.1	Kompetenzen	VII
3.2	Inhaltsbezogene Leistungsanforderungen	VII
3.3	Methodenbezogene Anforderungen	VIII
3.4	Aufgabenstruktur und Aufgabentypen	VIII
3.5	Bewertung der Aufgaben	IX
4	Anforderungsbereiche und Operatoren	X
5	Methodische Hinweise und allgemeine Tipps zur schriftlichen Prüfung	XIII
5.1	Lösungsplan zur Bearbeitung der Aufgaben	XIV
5.2	Tipps zur Analyse von Tabellen, Diagrammen und Abbildungen	XV
5.3	Mögliche Formelschreibweisen	XVII
5.4	Häufig anzutreffende Fehlertypen im Fach Chemie	XVII

Übungsaufgaben im Stil der neuen Abiturprüfung

Grundkurs

Aufgabe 1: Von Erdöl und Erdgas zum Produkt	ÜA-1
Aufgabe 2: Schwefelsäure	ÜA-7
Aufgabe 3: Alkanole und ihre Reaktionen	ÜA-14

Leistungskurs

Aufgabe 1: Elektrolysen in Labor und Industrie	ÜA-21
Aufgabe 2: Der C ₄ -Schnitt: Butenisomere in der Industrie	ÜA-30
Aufgabe 3: Toluol als Wasserstoffträger	ÜA-39

Original-Abituraufgaben

Grundkurs 2024

Aufgabe A: Alles Essig ...	GK 2024-1
Aufgabe B: Kunststoffe	GK 2024-4
Aufgabe C: Honig	GK 2024-8

Leistungskurs 2024

Aufgabe A: Outdoorbekleidung	LK 2024-1
Aufgabe B: Götterspeise und Färbemittel	LK 2024-6
Aufgabe C: Aufbau und Abbau energiereicher Stoffe	LK 2024-12

Grundkurs 2025

Aufgabe A: Zahnpasta zum Selbermachen – ein DIY-Trend	GK 2025-1
Aufgabe B: Propan und Propanon	GK 2025-7
Aufgabe C: Proteine und Aminosäuren – Rund um Sporternährung	GK 2025-11

Leistungskurs 2025

Aufgabe A: Rund ums Haar	LK 2025-1
Aufgabe B: Tenside	LK 2025-6
Aufgabe C: Silicium und Siliciumverbindungen	LK 2025-12

Grund- und Leistungskurs – Abiturprüfung 2026

Aufgaben www.stark-verlag.de/mystark
Sobald die Musterlösungen zu den Original-Prüfungsaufgaben 2026 ausgearbeitet und redaktionell geprüft sind, können Sie die Aufgaben und Lösungen als PDF auf der Plattform MySTARK herunterladen (Zugangscode vorne im Buch).

Autoren

Cay Götz: Lösungen zu den Abituraufgaben 2024 bis 2026 (GK 2026 A–C);

GK-Übungsaufgaben 1, 2 und 3, LK-Übungsaufgabe 2

Thomas Gerl: GK-Übungsaufgabe 1

Dr. Stephan Kienast: Abituraufgabe GK 2026, D; GK-Übungsaufgabe 1,

LK-Übungsaufgabe 1

Akad. Oberrat Christoph Maulbetsch: LK-Übungsaufgabe 3

Die Original-Prüfungsaufgaben wurden vom hessischen Kultusministerium erstellt.

Vorwort

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

das vorliegende Buch ermöglicht es Ihnen, sich optimal auf das **Landesabitur 2026** in Hessen im Fach Chemie vorzubereiten.

Im Abschnitt „**Hinweise und Tipps für die Abiturprüfung im Fach Chemie**“ bieten wir Ihnen ausführliche Hinweise zum **Ablauf und den Anforderungen der schriftlichen Prüfung** in Hessen. Zusätzlich werden die Anforderungsbereiche der Abiturprüfung genau erläutert und die Unterteilung der Prüfungsaufgaben in Reproduktions-, Transfer- und problemlösende Aufgaben an Beispielen erklärt.

Das Buch enthält die offiziellen, vom hessischen Kultusministerium gestellten **Abitur-Prüfungsaufgaben** der Jahre **2024 bis 2026** für den **Grund-** und den **Leistungskurs**. Ergänzend dazu finden Sie im Buch **Übungsaufgaben im Stil der neuen Abiturprüfung**.

Sobald die **Prüfungen 2026** des GK und des LK freigegeben sind, können sie als PDF auf der Plattform MySTARK heruntergeladen werden.

Zu jeder Aufgabe sind von unseren Autoren vorgeschlagene und vollständig ausformulierte Lösungen hinzugefügt. Die grau gerauteten Bearbeitungshinweise bieten Ihnen wertvolle Tipps zum Lösungsansatz und wichtige Zusatzinformationen.

Lernen Sie gerne am **PC** oder **Tablet**? Nutzen Sie die Plattform MySTARK, um mithilfe von **interaktiven Aufgaben** Ihr chemisches Fachwissen effektiv zu trainieren. Außerdem stehen Ihnen hier hilfreiche **Lernvideos** zu zentralen Themen zur Verfügung (Zugangscodes vorne im Buch).



Sollten nach Erscheinen dieses Bandes noch wichtige Änderungen in der Abitur-Prüfung 2027 vom Kultusministerium bekanntgegeben werden, sind aktuelle Informationen dazu online auf der Plattform MySTARK abrufbar.

Viel Erfolg wünschen Ihnen Verlag und Autoren!

Hinweise und Tipps zum Landesabitur

1 Ablauf der Prüfung

Die Abiturprüfung in Hessen findet als Zentralabitur statt, d. h., die Aufgaben für die schriftliche Prüfung werden vom Hessischen Kultusministerium zentral gestellt und sind für alle Abiturientinnen und Abiturienten verbindlich. Alle Schülerinnen und Schüler an den Gymnasien Hessens schreiben diese Prüfung jeweils an demselben Tag.

Aufbau der Prüfungsaufgaben

Ab der **Abiturprüfung 2026** wählen die Schülerinnen und Schüler aus **vier Aufgabenvorschlägen** (A, B, C und D) **drei** zur Bearbeitung aus. Die Aufgabenvorschläge sind im Normalfall themenbereich- und kurshalbjährübergreifend.

In den Jahren **2024** und **2025** wurden den Schülerinnen und Schülern drei Aufgabenvorschläge zur Verfügung gestellt, von denen die Prüflinge zwei auswählen und bearbeiten mussten.

Die Ihnen vorgelegten Prüfungsaufgaben enthalten mehrere Teilaufgaben. Die Teilaufgaben bestehen sowohl aus Anteilen, die auszuwertende Materialvorgaben enthalten und Texterläuterungen erforderlich machen, als auch aus Anteilen, die keine oder wenig Materialvorgaben enthalten und in erster Linie mithilfe von chemischen Gleichungen o. ä. zu lösen sind. Außerdem sind alle Aufgaben in einen Kontext eingebettet. Eine Bearbeitung ist weitgehend unabhängig voneinander möglich. Die Aufgaben können mehrere der unten aufgeführten Kursthemen enthalten, die miteinander vernetzt sein können.

Dauer der Prüfung und zugelassene Hilfsmittel

Die Gesamtbearbeitungszeit der Abiturprüfung beträgt **300 Minuten** für den **Leistungskurs** und **255 Minuten** für den **Grundkurs**. Die Auswahl der Aufgaben erfolgt durch die Schülerinnen und Schüler innerhalb der regulären Bearbeitungszeit. Bis zum Abitur 2024 war eine Auswahlzeit von bis zu 60 Minuten vorgesehen.

Als **Hilfsmittel** werden während der Abiturarbeit zugelassen:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung
- Die den Prüfungsaufgaben beigelegte mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung (online unter https://kultus.hessen.de/sites/kultus.hessen.de/files/2024-09/n_mathematisch-naturwissenschaftliche_formelsammlung.pdf)

- Eingeführter Taschenrechner (bei grafikfähigen Rechnern und Computeralgebra-systemen ist ein Reset durchzuführen).

2 Inhalte und Aufbau der Prüfungsaufgaben

Die Abiturprüfung wird auf Basis der **neuen Kerncurricula** für die gymnasiale Oberstufe (**KCGO von 2024**) durchgeführt. In der nachfolgenden Tabelle sind die im **aktuellen Abiturerrlass** genannten Themenfelder und Konkretisierungen des KCGO aufgeführt, auf die sich die Prüfungsaufgaben im Grundkurs und Leistungskurs schwerpunktmäßig beziehen.

Auslassungen gegenüber dem Text des KCGO sind mit einem „[...]“ markiert.

Q1.1 Chemische Bindung und Strukturen ausgewählter anorganischer und organischer Stoffe

grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)

Aufgreifen von Inhalten aus der Sekundarstufe I beziehungsweise aus der Einführungsphase:

- intramolekulare Wechselwirkungen: Metallbindung (Elektronengasmodell/Metallgitter im Allgemeinen), Ionenbindung und Ionengitter (im Allgemeinen), Elektronenpaarbindung und Molekülgeometrie (EPA-Modell)
- intermolekulare Wechselwirkungen: Dipolmoleküle, Wasserstoffbrücken, Ionen-Dipol-Wechselwirkungen einschließlich Solvatisierung von Ionen, Van-der-Waals-Kräfte

Erweiterung und Vertiefung von Inhalten:

- Übersicht über die Substanzklassen der Alkane, Alkene, Alkine: Nomenklatur, homologe Reihen, Mehrfachbindungen bei Alkenen und Alkinen, Konstitutionsisomerie, Strukturformeln (auch Skelettformeln)
- Struktur-Eigenschafts-Beziehungen: Van-der-Waals-Kräfte im Kontext von Struktur und Eigenschaften (Schmelz- oder Siedetemperaturen, Löslichkeit)
- vollständige Oxidation: Verbrennungsreaktion einschließlich Oxidationszahlen und Nachweis von Wasser (mit wasserfreiem Kupfer(II)-sulfat) und Kohlenstoffdioxid (mit Kalkwasser), Nachweis des entstandenen Carbonats (mit verdünnter Salzsäure)
- Reaktionstypen und Reaktionsmechanismen: Grundprinzipien von Reaktionsmechanismen, radikalische Substitution am Alkan sowie elektrophile Addition von Molekülen des Typs X_2 an eine Kohlenstoff-Kohlenstoff-Mehrfachbindung (Nachweis der Doppelbindungen mit Brom)

erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- erweiterte Betrachtungen der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung: cis-trans-Isomerie/E-Z-Isomerie, induktive Effekte in Bezug auf Additionsreaktionen, Reaktionstyp und Reaktionsmechanismus der elektrophilen Addition von Molekülen des Typs HX (Markovnikov-Regel), Reaktionstyp der Eliminierung
 - Benzen (Benzol): aromatisches System – Struktur und Reaktivität, Eigenschaften und Bindungsverhältnisse auf Basis des Mesomeriemodells
 - Erstsitution an Aromaten: Reaktionstyp und Reaktionsmechanismus der elektrophilen Substitution (Mechanismus der Bromierung)
-

Aufgabe A

Rund ums Haar

BE

Haare haben verschiedene Funktionen. Sie schützen vor Wärme, Kälte und gesundheitsgefährdender ultravioletter Strahlung der Sonne, dienen als Schmuck und werden als individuelles Ausdrucksmittel der Persönlichkeit eingesetzt. Die Festigkeit, Elastizität und Sprungkraft des Haares ist auf das Strukturprotein Keratin, die Grundsubstanz des Haares, zurückzuführen. Von anderen Strukturproteinen wie zum Beispiel dem Kollagen unterscheidet sich Keratin dadurch, dass die Aminosäure Cystein in beträchtlichen Mengen enthalten ist, die die Struktur der Haare maßgeblich beeinflusst.

Die Haarstruktur kann aber auch verändert werden, indem das Haar chemisch behandelt wird. Dies passiert am häufigsten bei einer Dauerwelle, durch die glattes Haar über einen längeren Zeitraum hinweg gelockt bleibt.

Für den Halt einer Frisur bei ungünstigen Witterungseinflüssen wird oft Haarspray verwendet. Haarspray enthält makromolekulare Verbindungen, die eine unsichtbare Schicht auf den Haaren bilden und so die Haarstruktur stabilisieren.

Bei Haarlosigkeit und je nach traditionellen Sitten werden Perücken getragen. Sie dienen als Haarersatz oder werden zur Kostümierung eingesetzt. Perücken lassen sich aus künstlichem oder echtem Haar herstellen.

1.1 Der Hauptbestandteil von menschlichem Kopfhhaar ist das Strukturprotein Keratin.

Formulieren Sie mithilfe von Material 1 einen Strukturformelausschnitt der Primärstruktur des Keratin-Proteins aus vier Aminosäure-Bausteinen, die in der in Material 1 genannten Reihenfolge vorliegen.

Erläutern Sie allgemein das Zustandekommen der Tertiärstruktur eines Proteins in Abhängigkeit von den in der Primärstruktur vorliegenden Resten.

8

1.2 Die dauerhafte Verformung der Haare vom glatten zum gewellten Haar wird als Dauerwelle bezeichnet und erfolgt in mehreren Schritten (Material 2).

Im Labor lässt sich der Vorgang der Fixierung im Reagenzglas nachbilden. Dabei lässt man stellvertretend die Aminosäure Cystein mit dem Fixiermittel reagieren.

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Bildung einer Disulfidbrücke in Schritt 3 zwischen zwei Cystein-Molekülen unter Verwendung von Strukturformeln für die organischen Verbindungen.

Zeigen Sie anhand der wesentlichen Oxidationszahlen und der Elektronenübergänge, dass es sich um eine Redoxreaktion handelt.

7

- 1.3 Das in Material 2 genannte Wellmittel ist meist eine alkalische Lösung, die unter anderem auch Carbonat (CO_3^{2-})- und Hydrogencarbonat (HCO_3^-)- Ionen in einem bestimmten Konzentrationsverhältnis enthält, um den pH-Wert der Lösung konstant zu halten. Entsprechende wässrige Lösungen dieser beiden Ionensorten haben eine Pufferwirkung und kommen auch in der Natur vor (Material 3).

Berechnen Sie die Konzentration an Hydroxid-Ionen in einer Wellmittel-Lösung, die einen pH-Wert von 8,2 aufweist.

Erklären Sie die Pufferwirkung einer wässrigen Lösung, die ein Gemisch aus Carbonat- und Hydrogencarbonat-Ionen enthält, auch mithilfe von Reaktionsgleichungen.

Berechnen Sie auf Grundlage von Material 3 den pH-Wert einer Pufferlösung mit $V = 100 \text{ mL}$, in der $0,72 \text{ g}$ Natriumhydrogencarbonat und $1,06 \text{ g}$ Natriumcarbonat gelöst vorliegen.

11

- 1.4 Die Verbindung Ammoniumthioglycolat ist die Hauptkomponente vieler Wellmittel (Material 4).

Formulieren Sie für die Reaktionsschritte 1 und 2 der Herstellung von Ammoniumthioglycolat jeweils die Reaktionsgleichung unter Angabe von Strukturformeln mit bindenden und nichtbindenden Elektronenpaaren für alle Moleküle und Ionen.

Benennen Sie für Reaktionsschritt 1 den Reaktionstyp.

Erläutern Sie das Vorliegen einer Säure-Base-Reaktion nach BRÖNSTED in Reaktionsschritt 2 und kennzeichnen Sie die korrespondierenden Säure-Base-Paare.

8

- 1.5 Haarsprays enthalten verschiedene Inhaltsstoffe, unter anderem die sogenannten Filmbildner, die sich an die Haare anlagern. Filmbildner bestehen aus komplex aufgebauten makromolekularen Verbindungen. Zur Synthese dieser makromolekularen Verbindungen findet der Ester *tert*-Butylprop-2-enoat (Material 5) Verwendung.

Material 5 beschreibt die Synthese von *tert*-Butylprop-2-enoat durch säurekatalysierte Umsetzung von 2-Methylprop-1-en mit Prop-2-ensäure.

Benennen und formulieren Sie mithilfe von Material 5 den Reaktionsmechanismus für die Bildung von *tert*-Butylprop-2-enoat aus Prop-2-ensäure und 2-Methylprop-1-en.

Formulieren Sie die Strukturformel des entstehenden Nebenproduktes und begründen Sie die Entstehung von *tert*-Butylprop-2-enoat als Hauptprodukt.

9

1.6 Material 6 zeigt einen Makromolekül-Strukturformelausschnitt des Kunststoffes A, den ein Hersteller in seinen Kunsthaar-Perücken verwendet.

Geben Sie für Kunststoff A die jeweilige Strukturformel der zum Makromolekül reagierenden Monomere an und benennen Sie den Polyreaktionstyp zur Herstellung dieses Kunststoffes.

Ordnen Sie den Kunststoff begründet einer Kunststoffklasse zu und erklären Sie, ob man das Kunsthaar mit einem sehr heißen Hairstyling-Gerät bearbeiten sollte.

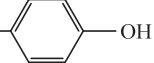
$\frac{7}{50}$

Material 1

Keratin-Protein

Das Keratin-Protein besteht unter anderem aus den Bausteinen der Aminosäuren Glutaminsäure, Cystein, Tyrosin und Glycin.

Reste der Aminosäuren Glutaminsäure, Cystein, Tyrosin und Glycin

Aminosäure	Rest der Aminosäure
Glutaminsäure	$\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---COOH}$
Cystein	$\text{---CH}_2\text{---SH}$
Tyrosin	$\text{---CH}_2\text{---}$  ---OH
Glycin	---H

Material 2

Dauerwelle

Soll eine Dauerwelle gemacht werden, so sind laut eines Chemie-Fachbuchs für Friseur die nachfolgend beschriebenen Arbeitsschritte zu beachten:

Schritt 1: Die Haare werden vollständig auf Lockenwickler aufgewickelt.

Schritt 2: Zunächst wird das aufgewickelte Haar mit dem Wellmittel (enthält Ammoniumthioglycolat) befeuchtet. Dies dient zur Öffnung bestehender Disulfidbrücken zwischen den Peptidsträngen des Keratins unter Bildung freier Cystein-Reste.

Schritt 3: Nach maximal 15 Minuten wird das Haar gründlich mit Wasser ausgewaschen und das Fixiermittel (enthält Wasserstoffperoxid – Formel: H_2O_2) aufgetragen. Hierbei entstehen durch Verknüpfung der freien Cystein-Reste neue Disulfidbrücken. Dabei bildet sich als weiteres Reaktionsprodukt Wasser.

Material 3: Berechnungen mit der HENDERSON-HASSELBALCH-Gleichung

Mithilfe der HENDERSON-HASSELBALCH-Gleichung lässt sich der pH-Wert einer Pufferlösung mit bekannter Zusammensetzung berechnen.

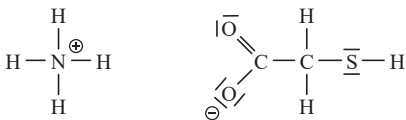
Es gilt:

$$\text{pH} = \text{p}K_S + \lg \frac{c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})}$$

wobei HA und A⁻ für ein korrespondierendes Säure-Base-Paar stehen.

Für das Hydrogencarbonat-Ion gilt: $\text{p}K_S(\text{HCO}_3^-) = 10,33$

Material 4: Struktur und Synthese einer Wellmittel-Komponente

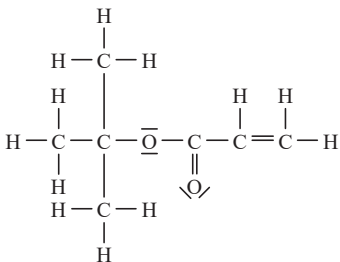


Ammoniumthioglycolat

Die Synthese von Ammoniumthioglycolat kann durch folgende Reaktionen in zwei Schritten erfolgen:

1. Chlorethansäure wird mit Hydrogensulfid-Ionen (HS⁻) zu einer Verbindung A und einem weiteren Produkt umgesetzt, das mit Silbernitrat-Lösung nachgewiesen werden kann.
2. Die Verbindung A reagiert mit einer Ammoniumhydroxid-Lösung zu Ammoniumthioglycolat und einem weiteren Stoff.

Material 5: Struktur und Synthese des Monomers tert-Butylprop-2-enoat



Der der Synthese zugrundeliegende Reaktionsmechanismus lässt sich vereinfacht in drei aufeinanderfolgenden Schritten darstellen:

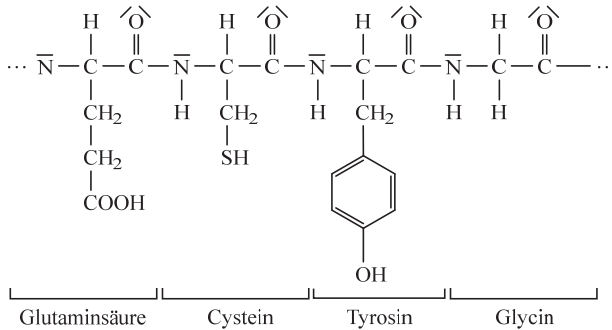
1. Protonierung des 2-Methylprop-1-en zu einem Zwischenprodukt
2. Reaktion des Zwischenproduktes mit Prop-2-ensäure
3. Deprotonierung zum tert-Butylprop-2-enoat

Im Produktgemisch lässt sich als Nebenprodukt mit deutlich geringerem Anteil ein isomerer Ester nachweisen.

Lösungsvorschläge

Aufgabe A

1.1 Der **Strukturformelausschnitt** kann wie folgt formuliert werden:

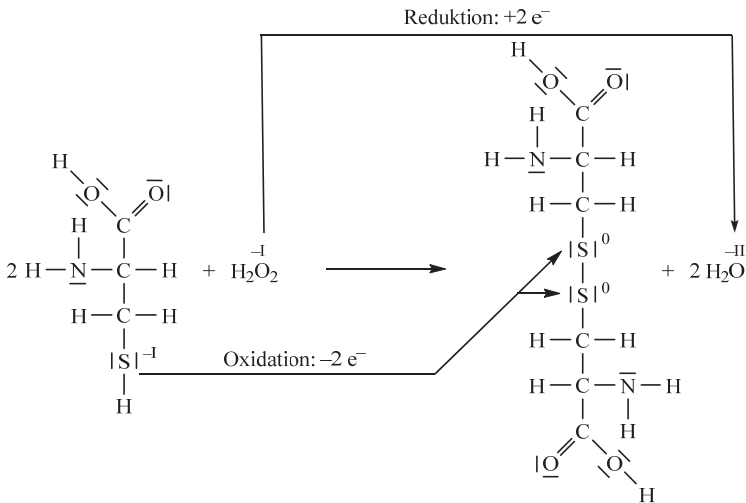


Die **Tertiärstruktur eines Proteins** entsteht durch räumliche Faltung der Polypeptidkette. Zwischen den Aminosäureresten bilden sich folgende intermolekulare Wechselwirkungen aus:

- **Ionenbindungen:** Entstehen zwischen positiv geladenen Ammonium-Gruppen ($-\text{NH}_3^+$) und negativ geladenen Carboxylat-Gruppen ($-\text{COO}^-$).
- **Disulfidbrücken:** Kovalente Bindungen zwischen den Schwefel-Atomen zweier Cystein-Reste, die eine besonders starke Stabilisierung bewirken.
- **Wasserstoffbrücken:** Bilden sich zwischen polaren Gruppen, z. B. zwischen Hydroxy-, Amino- oder Carbonyl-Gruppen.
- **VAN-DER-WAALS-Kräfte:** Wirken zwischen unpolaren Seitenketten und tragen zur Stabilisierung hydrophober Bereiche im Inneren des Proteins bei.

Diese Wechselwirkungen führen dazu, dass sich das Protein in eine kompakte, funktionelle 3D-Struktur faltet, die für seine biologische Aktivität essenziell ist.

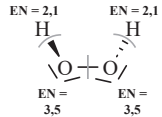
1.2 Die **Redox-Reaktionsgleichung für die Bildung einer Disulfidbrücke** zwischen zwei Cystein-Molekülen kann wie folgt formuliert werden:



Reduktion: Elektronenaufnahme

Die Oxidationszahl der Sauerstoff-Atome wird von $-I$ im H_2O_2 auf $-II$ im H_2O reduziert. Es werden insgesamt 2 Elektronen aufgenommen.

In Wasserstoffperoxid hat jedes Sauerstoff-Atom die Oxidationszahl $-I$ statt der üblichen $-II$. Das liegt daran, dass die beiden Sauerstoff-Atome direkt miteinander verbunden sind. In der Strukturformel erkennt man, dass das gemeinsame Elektronenpaar hier gleichmäßig auf beide Atome verteilt wird, da die Elektronegativitätswerte der Sauerstoff-Atome gleich sind.



Oxidation: Elektronenabgabe

Die Oxidationszahl der Schwefel-Atome wird von $-I$ in der SH-Gruppe auf 0 in der Disulfidbrücke erhöht. Hier werden insgesamt 2 Elektronen abgegeben.

Die Anzahl der übertragenen Elektronen muss bei einer Redoxreaktion immer übereinstimmen.

Es handelt sich hierbei um eine **Redoxreaktion**, denn es kommt zu einer Übertragung von Elektronen.

1.3 Die **Konzentration an Hydroxid-Ionen** kann wie folgt berechnet werden:

Gegeben: $pH = 8,2$

Gesucht: $c(OH^-)$

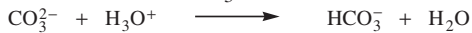
$pOH = 14 - pH = 14 - 8,2 = 5,8$

$$c(\text{OH}^-) = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-5,8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx \underline{\underline{1,58 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}}$$

Die Konzentration der Hydroxid-Ionen beträgt $1,58 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Die **Pufferwirkung** kann wie folgt erklärt werden:

Ein **Puffersystem** besteht aus einer schwachen Säure und ihrer konjugierten Base. Das in der Wellmittel-Lösung enthaltene Hydrogencarbonat (HCO_3^-) kann als Säure wirken und Protonen abgeben. Carbonat (CO_3^{2-}) kann als Base wirken und Protonen aufnehmen. Werden durch eine Säure H_3O^+ -Ionen hinzugefügt, reagieren sie mit CO_3^{2-} zu HCO_3^- :



Werden durch eine Base OH^- -Ionen hinzugefügt, reagieren sie mit Hydrogencarbonat zu Carbonat und Wasser:



Der pH-Wert einer Pufferlösung bleibt bei Zugabe geringer Mengen einer Säure (H_3O^+ -Ionen) oder einer Base (OH^- -Ionen) nahezu unverändert, da die zugeführten H_3O^+ - bzw. OH^- -Ionen durch Reaktion mit der konjugierten Base bzw. der konjugierten Säure unter Bildung von Wasser neutralisiert werden.

Puffersysteme in der Natur:

- *Blutpuffer: Das Kohlensäure-Hydrogencarbonat-System hilft, den pH-Wert des Blutes stabil zu halten.*
- *Gewässer: In Seen und Ozeanen reguliert das Hydrogencarbonat-Carbonat-System den pH-Wert und verhindert starke Schwankungen.*

Der **pH-Wert der Pufferlösung** kann wie folgt berechnet werden:

Gegeben: $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1,06 \text{ g}$; $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $m(\text{NaHCO}_3) = 0,72 \text{ g}$; $M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $V = 0,1 \text{ L}$
 $\text{p}K_s(\text{HCO}_3^-) = 10,33$

Gesucht: pH-Wert der Pufferlösung

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{1,06 \text{ g}}{106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,01 \text{ mol}$$

$$c(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{n}{v} = \frac{0,01 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$n(\text{NaHCO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{0,72 \text{ g}}{84 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 0,0086 \text{ mol}$$

$$c(\text{HCO}_3^-) = \frac{n}{v} = \frac{0,0086 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,086 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_s + \lg\left(\frac{\text{Base}}{\text{Säure}}\right) = 10,33 + \lg\left(\frac{0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0,0086 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}\right) \approx \underline{\underline{10,4}}$$

Der pH-Wert der Pufferlösung beträgt 10,4.

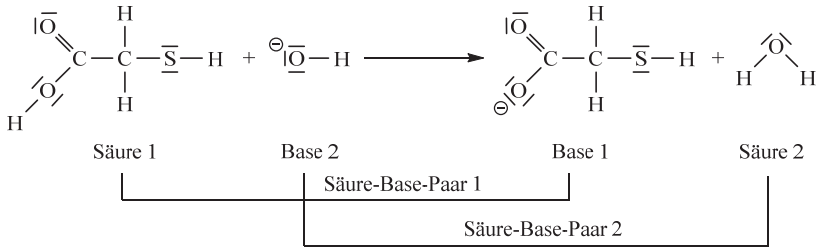
1.4 Die **Reaktionsgleichungen für die Reaktionsschritte 1 und 2** können wie folgt formuliert werden:

Schritt 1:



Es handelt sich um eine **Substitutionsreaktion** (Austauschreaktion).

Schritt 2:



Das Ammonium-Ion wurde in dieser Reaktionsgleichung nicht berücksichtigt, da es nicht aktiv an der Reaktion beteiligt ist.

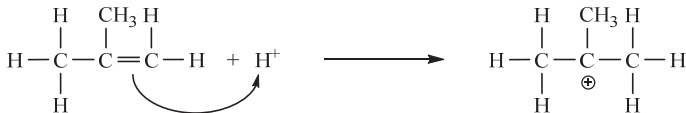
Nach BRÖNSTED sind **Säure-Base-Reaktionen** Protonenübertragungsreaktionen. Das Thioglycolsäure-Molekül (Verbindung A) gibt durch seine Carboxy-Gruppe ein Proton an das Hydroxid-Ion ab. Es fungiert damit als Säure bzw. Protonendonator, das Hydroxid-Ion als Base bzw. Protonenakzeptor.

Während bei Säure-Base-Reaktionen Protonen übertragen werden, sind es bei Redoxreaktionen Elektronen.

1.5 Bei der Bildung von *tert*-Butylprop-2-enoat aus Prop-2-ensäure und 2-Methylprop-1-en handelt es sich um eine **elektrophile Addition**.

Der **Reaktionsmechanismus** kann wie folgt formuliert werden:

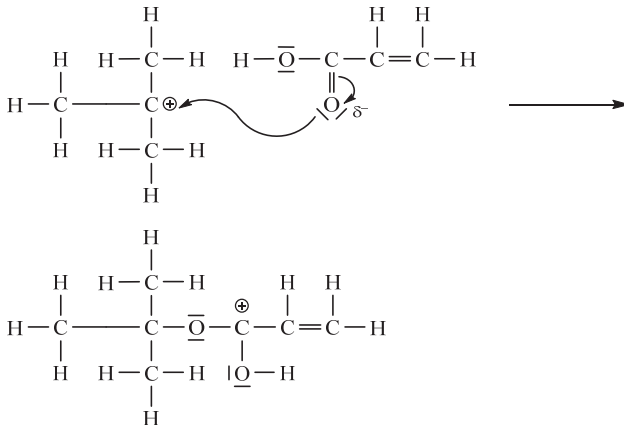
Schritt 1:



Das 2-Methylprop-1-en wird am ersten Kohlenstoff-Atom der C=C-Doppelbindung protoniert. Dadurch löst sich die Doppelbindung auf und es entsteht ein tertiäres Carbenium-Ion.

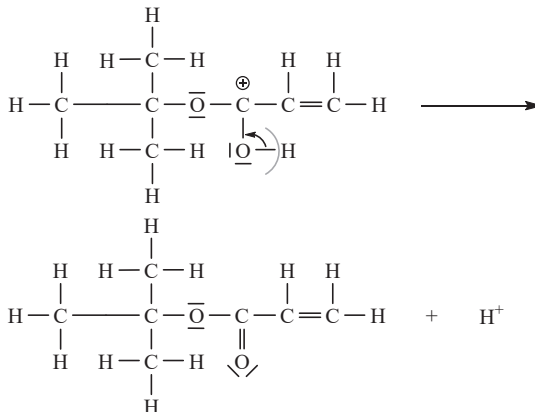
Das tertiäre Carbenium-Ion ist am stabilsten, da die positive Ladung am Kohlenstoff-Atom durch den +I-Effekt der benachbarten Alkyl-Gruppen stabilisiert wird.

Schritt 2:



Das freie Elektronenpaar der Carbonyl-Gruppe (C=O) in der Carboxy-Gruppe des Prop-2-ensäure-Moleküls greift die positive Ladung des Carbenium-Ions **elektrophil** an.

Schritt 3:



Die heterolytische Abspaltung eines Protons (Deprotonierung) führt zur Ausbildung einer Estergruppe und damit zur Bildung von *tert*-Butylprop-2-enoat.

Die Säure kann als Katalysator angesehen werden, da das Proton zu Beginn die Reaktion ermöglicht und am Ende des Mechanismus unverändert aus der Reaktion hervorgeht.



© **STARK Verlag**

www.stark-verlag.de
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