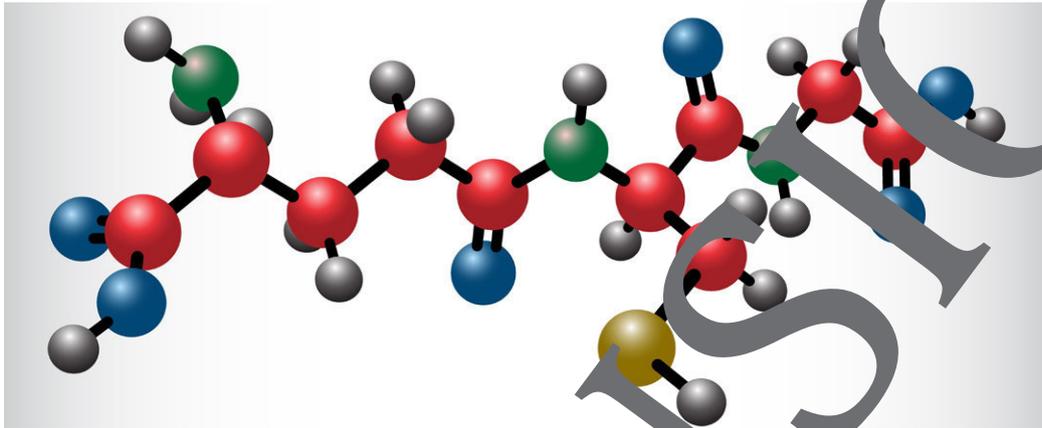


## II.H.39

### Chemie bestimmt unser Leben

# Das Tripeptid Glutathion – Das Antioxidants im Organismus

Hubert Giar



In dieser Unterrichtseinheit betrachten die Schülerinnen und Schüler das Tripeptid Glutathion und seine wichtigen Funktionen im menschlichen Organismus. Es ist aus den Aminosäuren L-Glutaminsäure, L-Cystein und Glycin aufgebaut und besitzt damit eine Hydrogensulfidgruppe, die auch den Namen Thiolgruppe trägt. Das Glutathion kann mit der Bildung seines Dimeren Disulfidbrücken ausbilden und Disulfidbrücken z. B. in größeren Proteinen spalten. Dabei ist das Glutathion das Reduktionsmittel, also das Antioxidants. Nachweisreaktionen zu Glutathion und zu Cystein erfolgen mit verschiedenen Redoxreaktionen, Bestimmungen mit Redoxtitrationen. Die genannten Aminosäuren haben auch in anderen Peptiden eine große Relevanz.

#### KOMPETENZPROFIL

**Klassenstufe:** 11

**Dauer:** 7 Unterrichtsstunden

**Inhalt:** Aminosäuren, Peptide, Proteine, Redoxreaktionen, Redoxtitrationen, Säure-Base-Reaktionen, pH-Wert, Puffer

**Kompetenzen:**

1. Zusammenhänge von Struktur und Eigenschaften bei Aminosäuren, Peptiden und Proteinen beschreiben und erklären, Fachsprache und chemische Formeln verstehen und einsetzen.
2. Chemische Experimente nach Anleitungen durchführen, protokollieren und auswerten, mathematische Verfahren bei der Lösung chemischer Fragestellungen anwenden.
3. Die Wirkung von Antioxidants in einfachen und komplexen Systemen bewerten.
4. Einsatz von Nahrungsergänzungsmitteln und beurteilen.

## Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt, Sv = Schülerversuch

### Vorbemerkung

Die GBU zu den verschiedenen Versuchen finden Sie auf der im Online-Archiv.

### 1./2. Stunde

**Thema:** Eiweiße

**M 1 (Ab)** Peptide

**M 2 (Ab)** Thiole

### 3./4. Stunde

**Thema:** Analysen

**M 3 (Ab, Sv)** Antioxidantien

**Dauer:** **Vorbereitung:** 30 min, **Durchführung:** 40 min

**Chemikalien:**

- 20 ml Glutathionlösung (10 g/l) (Lösung A)
- 20 ml ... (10 g/l) (Lösung B)
- 20 ml Acetylcysteinlösung (10 g/l) (Lösung C)
- 20 ml Ascorbinsäurelösung (10 g/l) (Lösung D)
- L-Cystein
- ... Lösung aus 0,25 g Iod, 0,5 g Kaliumiodid und 10 ml dest. Wasser (Reagenzlösung I) 
- ... Lösung aus 5 ml Kaliumhexacyanoferrat(III)-Lösung (1%-ig) und 5 ml Eisen(III)chloridlösung (1%-ig) (Reagenzlösung II)  
- Tillman-Reagenz aus einer kleinen Spatelspitze Dichlorphenolindophenol-Natrium (DCPIP) und 10 ml dest. Wasser (Reagenzlösung III)
- ... mit Wasserstoffperoxidlösung (3%-ig) (Reagenzlösung IV)

**Geräte:**

- 14 Reagenzgläser im Reagenzglasständer
- Messzylinder (10 ml)
- Trichter mit Filterpapier
- 3 Tropfpipetten
- Pipette (1 ml) mit Ansaughilfen

**M 3 (Ab, Sv)** Iodometrie

**Dauer:** **Vorbereitung:** 30 min, **Durchführung:** 30 min

- Chemikalien:**
- 20 ml Glutathionlösung (10 g/l)
  - 20 ml L-Cysteinlösung (10 g/l)
  - 20 ml Acetylcysteinlösung (10 g/l)
  - Stärkelösung (2%ig)
  - 100 ml Iod-Kaliumiodidlösung aus 2,54 g Iod, 3,34 g Kaliumiodid und dest. Wasser 
  - Natriumthiosulfatlösung (0,1 mol/l)
- Geräte:**
- Bürette (25 ml) mit Stativ, Muffe und Klemme
  - Erlenmeyerkolben (250 ml)
  - Vollpipette (2 x 10 ml) mit Ansaughilfe
  - Tropfpipette

## 5./6. Stunde

**Thema** Spaltung von Disulfidbrücken

**M 5 (Sv)** Viskosität

**Dauer:** **Vorbereitung:** 30 min, **Durchführung:** 30 min

- Chemikalien:**
- Eiklar von 2 Hühnereiern (Müllersatz)
  - Acetylcystein
  - L-Cystein
  - Glutathion
  - 100 ml Pufferlösung mit dem pH-Wert 7 aus 1,56 g Natriumdihydrogenphosphat-Dihydrat, 5 ml Natronlauge (1 mol/l) und dest. Wasser

- Geräte:**
- Messbecher (250 ml) mit Rührstab
  - Sieb
  - 4 Erlenmeyerkolben (200 ml)
  - Waage
  - 20 ml Vollpipette (mit Stempel) mit Pipettierspitze und weichem Stopfen
  - Stativ mit Muffe und Klemme
  - Stopfbüchse

**M 6 (Sv)** feteig

**Dauer:** **Vorbereitung:** 30 min, **Durchführung:** 30 min

- Chemikalien:**
- Weizenmehl
  - Stärke
  - Lugol'sche Lösung (s. Versuch in M 3) 
  - Trockenhefe
  - Glutathion
  - Ascorbinsäure



- Geräte:**
- 2 Reagenzgläser im Reagenzglasständer
  - Messzylinder (10 ml, 50 ml)
  - 3 Schüsseln mit Löffel
  - Waage
  - Muffinbackform mit Muffinförmchen
  - Backofen

## 7. Stunde

**Thema:** weitere Aminosäuren

**M 7 (Sv)** Geschmacksverstärker

**Dauer:** **Vorbereitung:** 30 min, **Durchführung:** 30 min

- Chemikalien:**
- 20 ml Lösung mit 6 g Mononatriumglutamat und dest. Wasser
  - 100 ml Lösung aus 7,5 g Glycin und dest. Wasser
  - Salzsäure (1 mol/l) 
  - Natronlauge (1 mol/l) 
  - Universalindikator-Stärke (pH 8-14), alternativ Universalindikatorlösung 

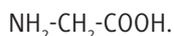
- Geräte:**
- Erlenmeyerkolben (V<sub>100</sub>)
  - Trichter mit Filterpapier
  - Abdampfschale
  - Messzylinder (10 ml)
  - 2 Reagenzgläser im Reagenzglasständer
  - 2 Messpipetten (20 ml) x 10 ml mit Ansaughilfen
  - pH-Messgerät



## Peptide

M 1

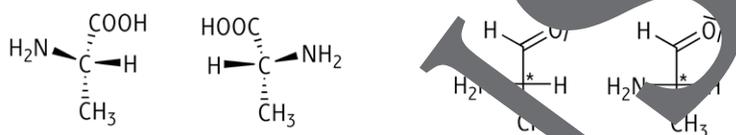
An der Bildung der Proteine (Eiweißverbindungen) im menschlichen Organismus sind 20 verschiedene Aminosäuren beteiligt. Die einfachste dieser 20 *proteinogenen* Aminosäuren ist das Glycin. Sie enthält eine Aminogruppe, die  $\text{NH}_2$ -Gruppe, und eine Carboxygruppe, die  $\text{COOH}$ -Gruppe. Die sind nur über eine  $\text{CH}_2$ -Gruppe verbunden. Die Strukturformel wird mit einer waagrechten Reihe angegeben, mit der Aminogruppe links (N-terminal) und der Carboxygruppe rechts (C-terminal):



Für die formale Bildung der übrigen 19 *proteinogenen* Aminosäuren wird ausgehend von der Formel des Glycins am zentralen C-Atom ein H-Atom durch andere Gruppen oder durch andere Reste ersetzt. Das ist im Fall der Aminosäure Alanin die Methylgruppe ( $-\text{CH}_3$ ).

Da das zentrale C-Atom im Alanin vier unterschiedliche Gruppen trägt, ist es ein asymmetrisches C-Atom ( $\text{C}^*$ ). In der Folge gibt es von dem Alanin zwei optische Isomere, die sich zueinander wie Bild und Spiegelbild verhalten. Gleiches gilt für die anderen Aminosäuren, außer für das Glycin.

Die Beschreibung der optischen Isomere erfolgt in den Fischer-Projektionen. Dabei werden die C-Atome in einer senkrechten Reihe angeordnet mit dem C-Atom in der höchsten Oxidationsstufe oben. Bei gleichen Oxidationsstufen endständiger C-Atome gelten die Oxidationsstufen der nächsten C-Atome. In der L-Form steht die Aminogruppe links und in der D-Form rechts. Die *proteinogenen* Aminosäuren sind ausschließlich L-Aminosäuren und Glycin.



L-Alanin und D-Alanin mit 3D-Projektion und Fischer-Projektionsformeln

Durch Reaktion der Carboxygruppe einer Aminosäure mit der Aminogruppe einer zweiten Aminosäure entsteht unter Abspaltung von Wasser und der Ausbildung einer Peptidbindung ein Dipeptid. Entsprechend werden die Tripeptide aus drei Aminosäuren gebildet. Peptide, aufgebaut aus bis zu zehn Aminosäureeinheiten, heißen Oligopeptide, solche mit bis zu 100 Aminosäureeinheiten Polypeptide und solche mit einer noch größeren Anzahl an Aminosäureeinheiten Makropeptide. Analog zu den Aminosäuren wird bei den Peptiden das N-terminale Ende links geschrieben und das C-terminale Ende rechts.

Den Stammnamen der Dipeptide bestimmt die C-terminale Aminosäure. Der Name der N-terminalen Aminosäure wird in der Regel mit der Endung *-yl* anstelle von *-in* vor dem Stammnamen angefügt (aber: Cysteinyl bei Cystein, Glutamylyl bei Glutaminsäure und Glutaminyl bei Glutamin). Bei Tripeptiden erscheinen die N-terminale und die mittleren Aminosäuren jeweils mit der genannten Endung vor dem Stammnamen der C-terminalen Aminosäure.

### Aufgaben

- In den Aminosäuren L-Cystein und L-Glutaminsäure treten die Restgruppen  $-\text{CH}_2\text{-SH}$  und  $-\text{CH}_2\text{-CO}$  auf. **Geben** Sie die Strukturformeln dieser beiden Aminosäuren unter Beachtung von N-terminal und C-terminal **an**, ebenso die Formeln in den Fischer-Projektionen.
- Die Bezeichnung der Aminosäuren erfolgt auch mit Buchstaben-Codes: Gly für Glycin, Ala für L-Alanin, Cys für L-Cystein und Glu für L-Glutaminsäure. **Geben** Sie die Namen und die Strukturformeln des Dipeptids Gly-Ala und des Tripeptids Gly-Cys-Gly **an**.

## M 2

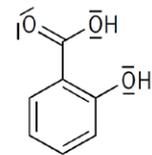
## Thiole

$\gamma$ -L-Glutamyl-L-cysteinyl-glycin ist ein Tripeptid, aufgebaut aus L-Glutaminsäure, L-Cystein und Glycin. Hier geht die  $\gamma$ -ständige Carboxygruppe der L-Glutaminsäure mit der Aminogruppe des L-Cysteins eine Bindung ein. Der Trivialname ist Glutathion. Im menschlichen Organismus wird das Glutathion aus den beteiligten Aminosäuren synthetisiert. Dabei ist das L-Cystein der limitierende Faktor. Das bedeutet, dass in der Regel mit der Nahrung immer genügend Glycin und L-Glutaminsäure zugeführt wird, aber nicht immer genügend L-Cystein. Zur Steigerung des Gehalts an Glutathion im Körper werden Nahrungsergänzungsmittel angeboten. Das sind das Glutathion selbst und Präparate mit L-Cystein und mit N-Acetyl-L-cystein (Acetylcystein). Letzteres kann besonders gut aufgenommen werden. Es wird im Körper zu L-Cystein metabolisiert.

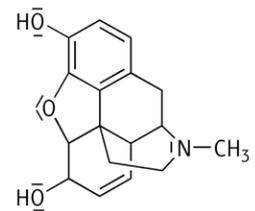
Das Acetylcystein kann aus Essigsäure (Ethansäure) und L-Cystein synthetisiert werden. Dabei reagiert die Carboxygruppe der Essigsäure mit der Aminogruppe des L-Cysteins unter Abspaltung von Wasser. L-Cystein, Glutathion und Acetylcystein haben als gemeinsames Strukturmerkmal die -SH-Gruppe, die funktionelle Gruppe der Thiole (Thioalkohole).

## Aufgaben

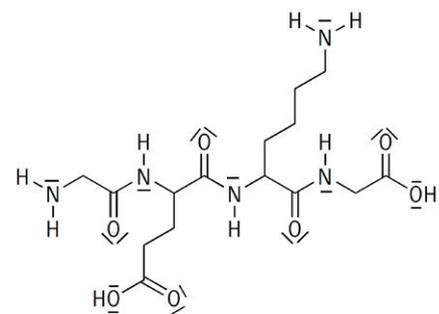
- Geben** Sie die Strukturformel des Glutathions **an**, ebenso die Bezeichnung mit den Buchstaben-Codes.
- Bei der Bildung der Acetylderivate werden funktionelle Atome, vorzugsweise in OH-Gruppen, SH-Gruppen und  $\text{NH}_2$ -Gruppen, durch die Acetylgruppe ( $-\text{CO}-\text{CH}_3$ ) ersetzt. Weitere Beispiele dazu sind die Acetylsalicylsäure (ASS) und das Heroin (Diacetylmorphin, DAM). Die Ausgangsstoffe sind Salicylsäure und Morphin, ein pflanzliches Alkaloid. Die Derivate haben wegen einer besseren Aufnahmefähigkeit intensivere Wirkungen.
  - Formulieren** Sie die Reaktionsgleichung zur Bildung des Acetylcystein aus L-Cystein und Essigsäure.
  - Geben** Sie die Strukturformeln von ASS und von DAM **an**.
- In den Aminosäuren kommt es innerhalb der einzelnen Moleküle mit den Carboxygruppen als Protonendonatoren und den Aminogruppen als Protonenacceptoren zu Protonenübergängen. Dabei entstehen die sogenannten Zwitterionen mit den Carboxyat-Anionen und den primären Ammonium-Kationen als die entsprechenden konjugierten Säuren und konjugierten Basen.
  - Geben** Sie die Formel des Zwitterions von L-Cystein **an**.
- Wesentlicher Bestandteil einer Antiagecreme für eine straffe und gesunde Haut ist neben den üblichen Zuträgern für die Cremegrundlage ein Tetrapeptid mit dem Produktnamen Tetrapeptid-21.
  - Geben** Sie die Strukturformeln der an dem Aufbau dieses Tetrapeptids beteiligten Aminosäuren **an**.
  - Ergänzen** Sie auch die Namen dieser Aminosäuren, ggfs. mit Hilfe eines Lehrbuches.



Salicylsäure



Morphin



Tetrapeptid-21

# Sie wollen mehr für Ihr Fach?

## Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



✓ **Über 5.000 Unterrichtseinheiten**  
sofort zum Download verfügbar

✓ **Webinare und Videos**  
für Ihre fachliche und  
persönliche Weiterbildung

✓ **Attraktive Vergünstigungen**  
für Referendar:innen  
mit bis zu 15% Rabatt

✓ **Käuferschutz**  
mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:  
**www.raabe.de**