

# Intensivkurs "Proteine"

Proteine bestehen aus Aminosäuren, von denen es rund 20 verschiedene gibt. Die meisten Proteine bestehen mehreren hundert oder sogar mehreren tausend Aminosäuren. In diesem Intensivkurs lernen Sie das Wichtigste über Aminosäuren, Peptide und Proteine. Die Bearbeitung sollte zu zweit, maximal zu dritt erfolgen. Die Aufgaben, die Sie im Laufe des Kurses bearbeiten, werden im Unterrichtsgespräch besprochen. Einige dieser Aufgaben werden auch bei schriftlichen/mündlichen Wiederholungen und Klausuren eine Rolle spielen.

## Inhalt

<b>1. Der Aufbau einer Aminosäure</b>	<b>2</b>
<i>Aminogruppe</i>	3
<i>Carboxygruppe</i>	3
<i>Aminosäure-Rest</i>	3
<b>2. Eigenschaften von Aminosäuren</b>	<b>4</b>
2.1 <i>Die Carboxygruppe COOH</i>	4
2.2 <i>Die Aminogruppe NH<sub>2</sub></i>	4
2.3 <i>Der Aminosäure-Rest R</i>	4
<b>3. Aminosäuren und pH-Wert</b>	<b>5</b>
3.1 <i>Der pH-Wert</i>	5
3.2 <i>Auswirkungen des pH-Wertes</i>	6
<b>4. Saure und basische Aminosäuren</b>	<b>7</b>
<b>5. Einteilung der Aminosäuren</b>	<b>9</b>
<b>6. Peptide</b>	<b>10</b>
<b>7. Proteine</b>	<b>11</b>
7.1 <i>Primärstruktur</i>	11
7.2 <i>Tertiärstruktur</i>	11
7.3 <i>Sekundärstrukturen</i>	12
7.4 <i>Quartärstrukturen</i>	12
<b>8. Beeinflussung der Proteinstruktur durch den pH-Wert</b>	<b>13</b>
<b>9. Disulfidbrücken halten die Tertiärstruktur zusammen</b>	<b>16</b>
9.1 <i>Disulfid-Brücken</i>	16
9.2 <i>Disulfid-Brücken in Proteinen</i>	16
9.3 <i>Disulfid-Brücken beim Friseur</i>	17

# 1. Der Aufbau einer Aminosäure

Aminosäuren sind mit der *Essigsäure* verwandt.

## Aufgabe 1:

Zeichnen Sie die Strukturformeln von Essigsäure und Glycin in die Kästen.

Essigsäure	Glycin

*Glycin* ist die *einfachste* Aminosäure. Die anderen Aminosäuren sind etwas komplizierter aufgebaut. Schauen wir uns mal zwei weitere Aminosäuren an:

Alanin	Leucin

Sie haben jetzt schon drei verschiedene Aminosäuren kennengelernt. Haben diese drei Aminosäuren irgendwelcher Gemeinsamkeiten? Gibt es eine allgemeine Grundstruktur, eine gemeinsame Strukturformel für alle Aminosäuren?

**Aufgabe 2:**

Zeichnen Sie eine gemeinsame Strukturformel für die biogenen (in Lebewesen vorkommenden) Aminosäuren:

**Gemeinsame Strukturformel aller Aminosäuren.  
R = variabler Rest**

**Aufgabe 3:**

Kennzeichnen Sie mit einem Rotstift die Carboxygruppe, mit einem Blaustift die Aminogruppe und mit einer dritten Farbe den Aminosäure-Rest.

**Aminogruppe**

Die *funktionelle Gruppe* aus einem Stickstoff-Atom und zwei Wasserstoff-Atomen wird als *Aminogruppe* bezeichnet. Markieren Sie diese Gruppe mit der Farbe Blau.

**Carboxygruppe**

Die funktionelle Gruppe, die aus einem Kohlenstoff-Atom, einem doppelt gebundenem Sauerstoff-Atom und einer OH-Gruppe (Hydroxy-Gruppe) besteht, wird als *Carboxygruppe* bezeichnet. Markieren Sie diese Gruppe mit der Farbe Rot..

**Aminosäure-Rest**

Alle Aminosäuren haben den gleichen Grundaufbau, sie unterscheiden sich nur in ihrem **Rest**, der ihnen ihre charakteristischen Eigenschaften verleiht. Der denkbar einfachste Rest ist ein H-Atom. Die entsprechende Aminosäure heißt **Glycin**. Bei **Alanin** ist der Rest etwas größer, er besteht aus einer Methylgruppe  $-CH_3$ . Bei der Aminosäure **Valin** besteht der Rest aus einem Kohlenstoff-Atom, das mit einem H-Atom und zwei Methylgruppen verbunden ist. Markieren Sie in der Abbildung oben den Rest mit einer weiteren Farbe.

**Aufgabe 4:**

Bauen Sie mit dem Molekülbaukasten je ein Modell dieser drei einfachen Aminosäuren.

## 2. Eigenschaften von Aminosäuren

Aminosäuren besitzen zwei grundlegend verschiedene funktionelle Gruppen, einmal die Aminogruppe ( $-\text{NH}_2$ ), und einmal die Carboxygruppe ( $-\text{COOH}$ ). Beide Gruppen verleihen den Aminosäuren typische *allgemeine* Eigenschaften. Der spezifische Rest R verleiht einer Aminosäure dann ihre *individuellen* Eigenschaften.

### 2.1 Die Carboxygruppe COOH

Die **Carboxygruppe** ist für die **sauren Eigenschaften** der Aminosäuren verantwortlich. Die OH-Gruppe der COOH-Gruppe kann nämlich ein Proton  $\text{H}^+$  abgeben:



Zurück bleibt dann eine negativ geladene  $\text{COO}^-$ -Gruppe, die leicht wieder ein Proton aufnehmen kann.

### 2.2 Die Aminogruppe $\text{NH}_2$

Die **Aminogruppe** ist für die **basischen Eigenschaften** der Aminosäuren verantwortlich. Eine **Base** ist das Gegenteil einer Säure und kann Protonen aufnehmen. Aus der  $\text{NH}_2$ -Gruppe wird durch Aufnahme eines Protons  $\text{H}^+$  eine positive  $\text{NH}_3^+$ -Gruppe:



Die  $\text{NH}_3^+$ -Gruppe kann das aufgenommene Proton leicht wieder abgeben, falls eine Base vorhanden ist, die das Proton aufnimmt.

### 2.3 Der Aminosäure-Rest R

Wären nur die Carboxygruppe und die Aminogruppe für die Eigenschaften einer Aminosäure verantwortlich, dann hätten alle 20 Aminosäuren die gleichen Eigenschaften. Offensichtlich spielt auch der Rest **R** der Aminosäure eine wichtige Rolle.

Manche Reste sind sehr einfach gebaut und bestehen nur aus ein paar C- und H-Atomen, zum Beispiel bei den Aminosäuren Glycin, Alanin und Leucin. Solche Aminosäuren sind für den Körper durchaus wichtig, weil sie Bausteine vieler Proteine sind, aber sie müssen nicht unbedingt mit der Nahrung aufgenommen werden, denn der Körper kann sie aus anderen Stoffen selbst herstellen. Andere Reste sind interessanter, weil sie entweder recht komplex sind (zum Beispiel Tryptophan oder Phenylalanin) oder weil sie selbst saure oder basische Eigenschaften haben (zum Beispiel Glutaminsäure oder Arginin). Andere Aminosäuren enthalten Reste mit OH-Gruppen, wodurch die Aminosäuren gut wasserlöslich werden (zum Beispiel Serin oder Threonin).

Im Abschnitt 5 werden Sie alle 20 biogenen Aminosäuren kennenlernen, dort können Sie dann die Vielfalt der Reste bewundern. Zunächst konzentrieren wir uns aber auf die sauren und basischen Aminosäuren, die eine besonders wichtige Rolle beim Zusammenhalt der Raumstruktur der Proteine spielen.

### 3. Aminosäuren und pH-Wert

Eine Aminosäure besitzt eine Carboxygruppe  $-\text{COOH}$ , die ein Proton  $\text{H}^+$  abgeben kann. Die Carboxygruppe wird dann zur negativ geladenen Carboxylatgruppe ( $-\text{COO}^-$ ):

--

Am anderen Ende hat eine Aminosäure eine Aminogruppe  $-\text{NH}_2$ , die ein Proton aufnehmen kann. Die Aminogruppe wird dadurch zur positiv geladenen  $\text{NH}_3^+$ -Gruppe.

--

Im Grunde heißt das, dass eine Aminosäure in vier verschiedenen Formen vorliegen kann:


In *welcher* Form eine Aminosäure nun vorliegt, hängt vom pH-Wert des Lösungsmittels ab.

#### 3.1 Der pH-Wert

*Unter dem pH-Wert versteht man*

*Einige Verbindungen mit einem niedrigen pH-Wert:*

*Einige Verbindungen mit einem hohen pH-Wert:*

### 3.2 Auswirkungen des pH-Wertes

Bei einem sehr niedrigen pH-Wert ist die \_\_\_\_\_ in der Lösung sehr \_\_\_\_\_. Daher nimmt die \_\_\_\_\_ einer Aminosäure ein Proton auf und liegt dann als  $\text{NH}_3^+$ -Gruppe vor. Die Aminosäure ist \_\_\_\_\_ geladen.

Bei einem sehr hohen pH-Wert ist die Protonenkonzentration der Lösung sehr \_\_\_\_\_. Deswegen kann die Aminogruppe kein Proton aufnehmen, und die Carboxygruppe \_\_\_\_\_, so dass sie als  $\text{COO}^-$ -Gruppe vorliegt. Die Aminosäure ist \_\_\_\_\_ geladen.

Bei einem mittleren pH-Wert (6, 7 oder 8) gibt die \_\_\_\_\_ ihr Proton ab, gleichzeitig nimmt die \_\_\_\_\_ ein Proton auf. Die Aminosäure trägt also gleichzeitig eine negative Ladung und eine positive Ladung, in diesem Zustand wird sie als \_\_\_\_\_ bezeichnet.

Aminogruppe (2x)  
Carboxygruppe  
gering  
gibt ihr Proton ab  
hoch  
negativ  
positiv  
Protonenkonzentration  
Zwitterion

**Aufgabe:**

Zeichnen Sie die Aminosäure Alanin bei drei verschiedenen pH-Werten:

pH 2	pH 7	pH 11

## 4. Saure und basische Aminosäuren

Asparaginsäure	Glutaminsäure

**Aufgabe 5:**

Recherchieren und zeichnen Sie die Strukturformeln der beiden sauren Aminosäuren. Markieren Sie dann mit bitte *alle* sauren und basischen Gruppen in den beiden Molekülen rot bzw. blau. Begründen Sie dann, wieso man diese beiden Aminosäuren als **saure Aminosäuren** bezeichnet:

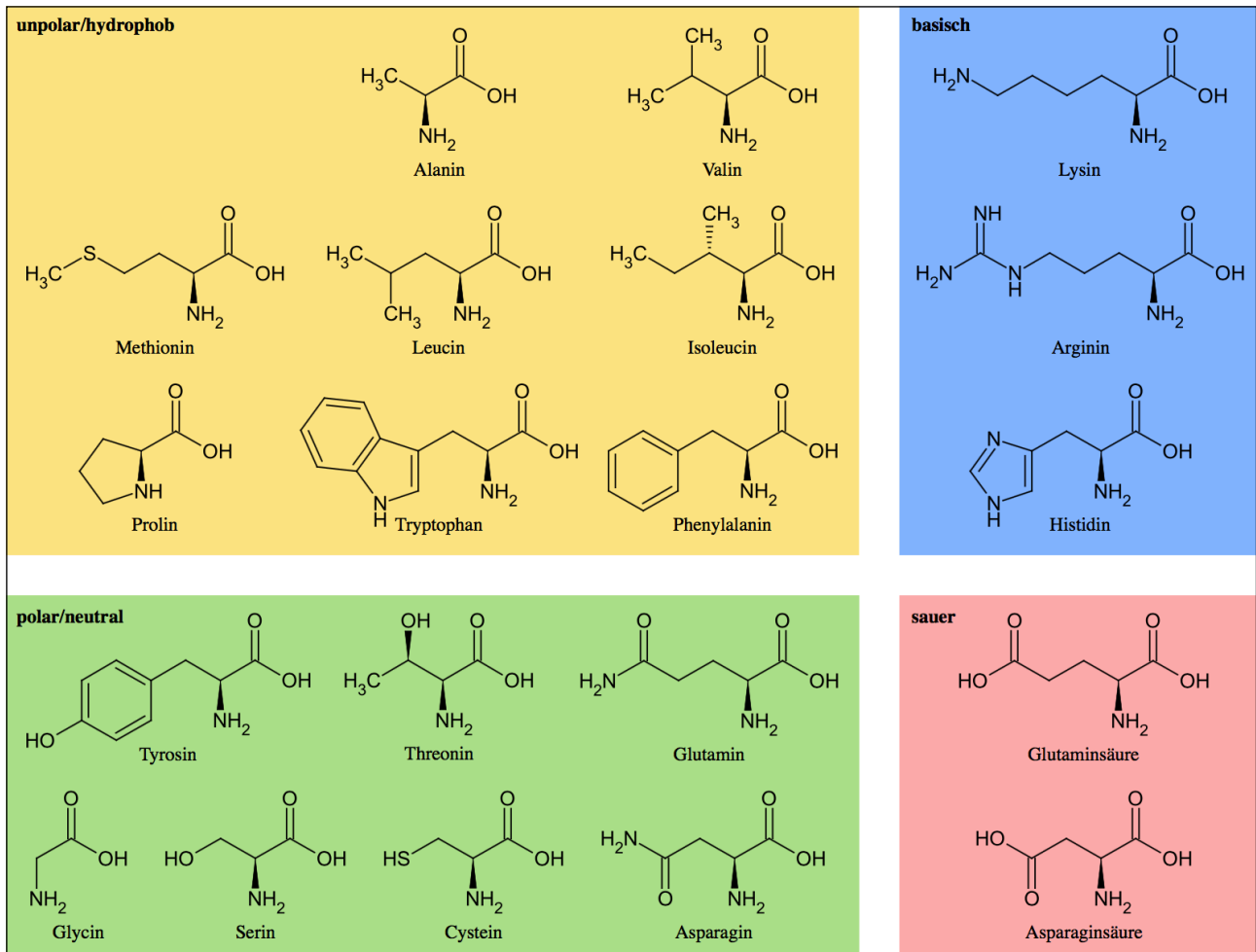

Lysin	Arginin

**Aufgabe 6:**

Recherchieren und zeichnen Sie die Strukturformeln der beiden basischen Aminosäuren. Markieren Sie dann mit bitte *alle* sauren und basischen Gruppen in den beiden Molekülen rot bzw. blau. Begründen Sie dann, wieso man diese beiden Aminosäuren als **basische Aminosäuren** bezeichnet:




## 5. Einteilung der Aminosäuren



**Aufgabe 7:** Hier sehen Sie eine Zusammenstellung der 20 Aminosäuren, eingeteilt in vier Gruppen. Versuchen Sie jede dieser vier Gruppen von Aminosäuren kurz zu charakterisieren. Was ist das Gemeinsame innerhalb der jeweiligen Gruppe bzw. wie unterscheiden sich die vier Gruppen voneinander?

unpolar/hydrophob
polar/neutral
basisch
sauer

## 6. Peptide

Zwei Aminosäuren können sich zu einem \_\_\_\_\_ verbinden. Dazu gibt die \_\_\_\_\_-Gruppe der einen Aminosäure ihre OH-Gruppe ab, und die \_\_\_\_\_-Gruppe der zweiten Aminosäure gibt ein H-Atom ab; zusammen wird also ein \_\_\_\_\_-Molekül abgespalten. Eine solche chemische Reaktion, bei der zwei Moleküle unter Wasserabgabe zu einem Molekül zusammen-treten, bezeichnet man als \_\_\_\_\_.

Diesen Reaktionstyp kennen Sie bereits von den \_\_\_\_\_, wenn zum Beispiel ein \_\_\_\_\_- und ein \_\_\_\_\_-Molekül zu einem Saccharro-se-Molekül zusammenkommen.

COOH, Dipeptid, Fructose, Glucose, H<sub>2</sub>O, Kohlenhydraten, Kondensation, NH<sub>2</sub>

### Aufgabe 8:

Zeichnen Sie, wie sich ein Dipeptid aus den Aminosäuren Glycin und Alanin bildet.

#### Bildung eines Dipeptids aus Glycin und Alanin



### Aufgabe 9:

Auf die gleiche Weise bilden sich auch Tripeptide oder allgemein höhere Peptide. Zeichnen Sie jetzt bitte die Strukturformel eines **Tripeptids** in den Kasten:

#### Strukturformel eines Tripeptids

## 7. Proteine

Neben Di- und Tripeptiden gibt es auch kurze Peptide aus vier, fünf oder mehr Aminosäuren. Solche Verbindungen bezeichnet man als \_\_\_\_\_ . Hat ein Peptid mehr als 10 Aminosäuren, aber weniger als 100, spricht man von \_\_\_\_\_. Vereinigen sich mehr als 100 Aminosäuren zu einem großen Molekül, spricht man schließlich von einem \_\_\_\_\_.

Bei den Proteinen unterscheidet man drei wichtige Struktur-Ebenen.

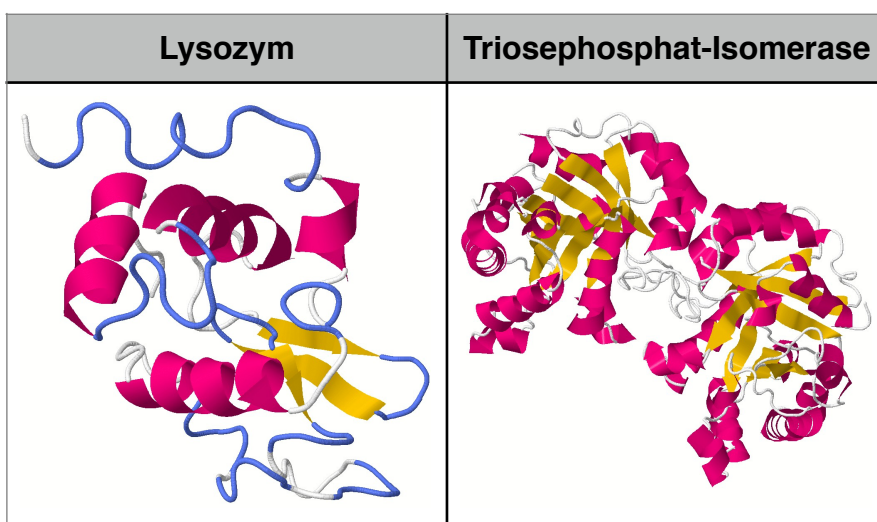
### 7.1 Primärstruktur

Unter der **Primärstruktur** eines Proteins versteht man

Diese **Aminosäure-Sequenz** ist genetisch in der DNA unserer Zellen festgelegt. Die DNA besteht aus vier Buchstaben: A, C, G und T. Eine Kombination aus drei Buchstaben ist ein "Wort" der DNA und steht für eine bestimmte Aminosäure. Die Kombination GAC ist zum Beispiel für die Asparaginsäure verantwortlich, die Kombination CAC für Histidin.

### 7.2 Tertiärstruktur

Unter der **Tertiärstruktur** versteht man die



Generell unterscheidet man bei der Raumstruktur eines Proteins **faserförmige Proteine** (zum Beispiel Kollagen und andere Strukturproteine) und **globuläre Proteine** (die meisten Enzyme). Das Bild oben zeigt zwei globuläre (eher kugelförmige) Proteine.

In dem linken Protein (Lysozym) können wir vier Bereiche erkennen, die *spiralförmig* aussehen. In dem rechten Protein (Triosephosphat-Isomerase) sind sogar mehr als 10 solcher spiralförmigen Bereiche zu erkennen. Außerdem gibt es in beiden Proteinen Bereiche, die mehr *bandförmig* aussehen. Jedes Protein hat seine eigene Tertiärstruktur.

### 7.3 Sekundärstrukturen

Solche geordneten Bereiche innerhalb der Tertiärstruktur, wie sie bei den beiden globulären Proteinen im letzten Bild zu sehen sind, werden als **Sekundärstrukturen** bezeichnet.

#### Aufgabe 10:

Recherchieren Sie in Ihrem Ernährungslehre- oder Biologiebuch, wie die beiden Sekundärstrukturen der Proteine heißen und beschreiben Sie sie mit wenigen Worten treffend:



### 7.4 Quartärstrukturen

#### Aufgabe 11:

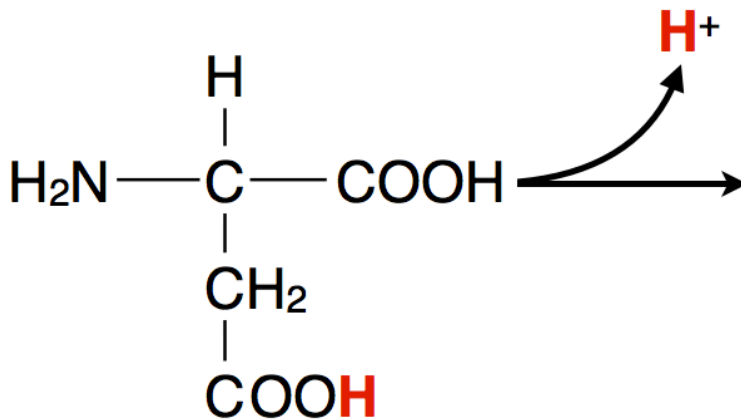
Manchmal liest man in Ernährungslehre- oder Biologiebüchern etwas der **Quartärstruktur** eines Proteins. Recherchieren Sie, was man unter diesem Begriff versteht:


## 8. Beeinflussung der Proteinstruktur durch den pH-Wert

Wodurch wird die komplexe Tertiärstruktur eines Protein zusammengehalten? Wieso "klappt" das Protein nicht zu einer langen Kette auseinander? Im Abschnitt 3 haben Sie gelernt, dass es saure und basische Aminosäuren gibt, also Aminosäuren mit COOH- und NH<sub>2</sub>-Gruppen in dem Rest. Ein saurer Rest kann ein Proton abgeben.

**Aufgabe 12:** Was dann passiert, zeichnen Sie bitte in den nächsten Kasten:

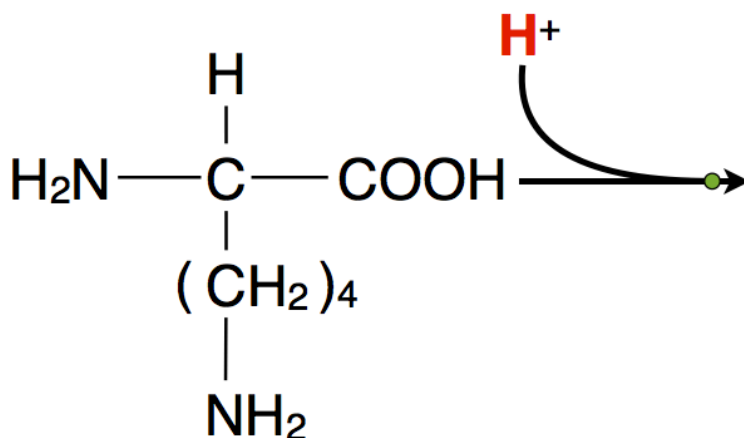
Der Rest der Asparaginsäure gibt ein Proton ab:



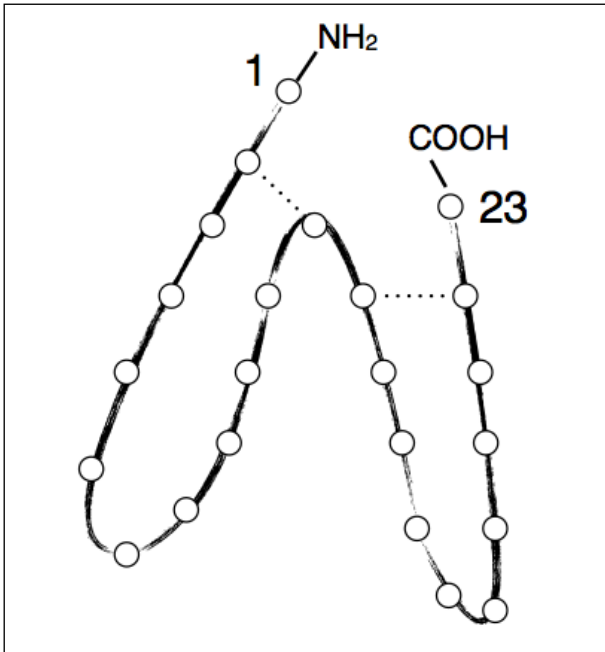
Wichtig ist jetzt, dass der Rest der Aminosäure nach der Protonenabgabe *negativ* geladen ist.

Basische Aminosäuren wie Lysin haben NH<sub>2</sub>-Gruppen in ihrem Rest. Diese NH<sub>2</sub>-Gruppen können ein Proton aufnehmen und werden dann zu NH<sub>3</sub><sup>+</sup>-Gruppen, das heißt, der vorher neutrale Rest wird plötzlich positiv:

Der Rest des Lysins nimmt ein Proton auf:



**Aufgabe 13:** Zeichnen Sie einen solchen Vorgang bitte in das Kästchen oben ein.



In einem Protein sind viele der Aminosäuren sauer oder basisch, haben also negativ bzw. positiv geladene Seitenketten. Die Zeichnung links stellt ein Polypeptid dar, das aus 23 Aminosäuren besteht. Die Tertiärstruktur besteht aus zwei Schlingen, die sich gebildet haben. Zusammengehalten wird diese Tertiärstruktur durch vier Aminosäuren mit sauren bzw. basischen Seitenketten.

**Aufgabe 14:**

Malen Sie bitte die beiden sauren Aminosäuren rot an und die beiden basischen blau. Erläutern Sie dann, wieso die Tertiärstruktur durch diese vier Aminosäuren zusammengehalten werden kann.

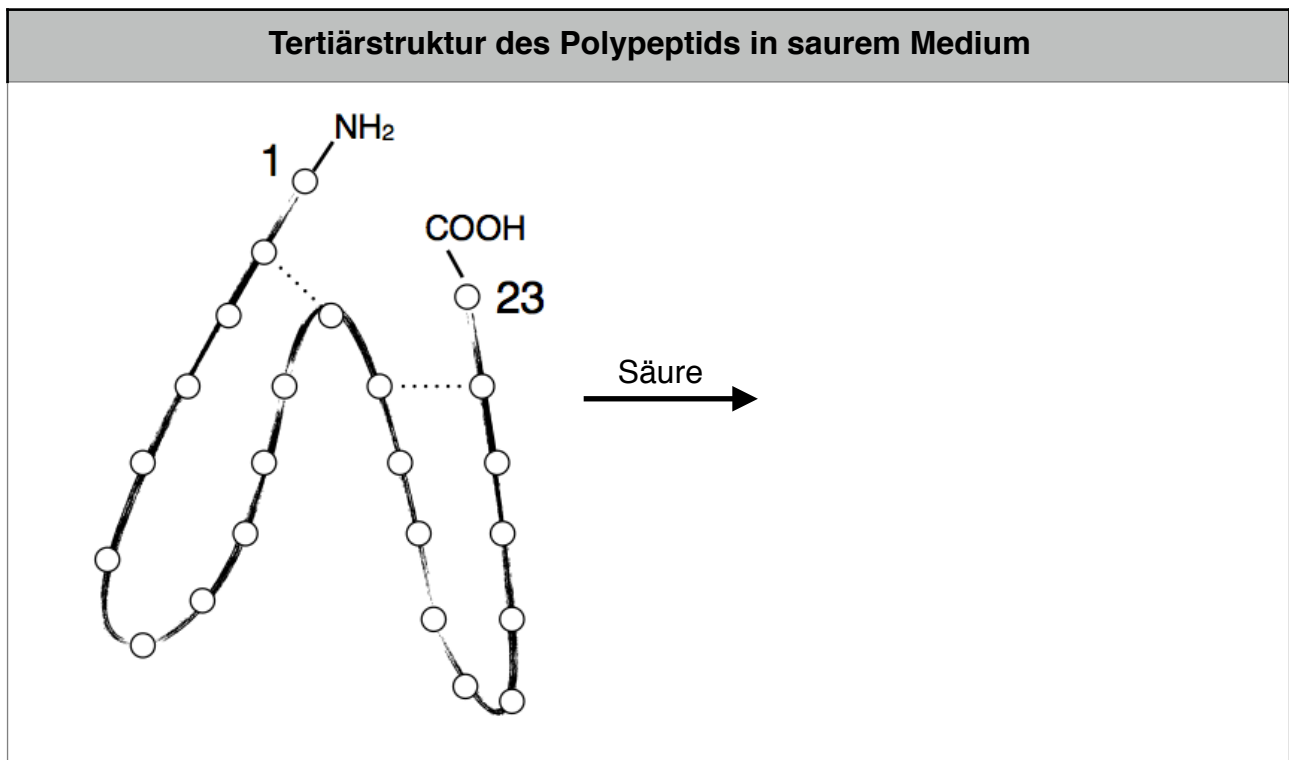
Die Tertiärstruktur wird folgendermaßen zusammengehalten:


Wieso flockt Milch aus, wenn man Essig dazu gibt? Wieso können die Enzyme des Magens nur bei einem sauren pH-Wert optimal arbeiten, die Enzyme des Dünndarms aber nur bei einem alkalischen pH-Wert? Um solche wichtigen Fragen zu beantworten, muss man die Rolle saurer und basischer Aminosäuren bei der Stabilisierung der Tertiärstruktur verstanden haben.

**Aufgabe 15:** Das obige Polypeptid wird durch zwei Paare saurer/basischer Aminosäuren zusammengehalten. Was würde nun mit der schönen geordneten Struktur passieren, wenn man eine Säure zu einer Lösung dieses Polypeptids gibt? **Säuren** geben bekanntlich Protonen in die Lösung ab. Erläutern Sie, wie sich eine Erhöhung der Protonenkonzentration auf die Raumstruktur des oben dargestellten Polypeptids auswirken würde:


**Aufgabe 16:**

Sie können diese Auswirkungen auch durch eine Zeichnung darstellen. Wie würde die Tertiärstruktur des Polypeptids aussehen, wenn man eine **Säure** in die Lösung gibt?



Überlegen Sie nun, wie sich die Zugabe einer **Lauge** zu dem Protein auswirken würde. Lauge enthält Hydroxid-Ionen (OH<sup>-</sup>). Diese Hydroxid-Ionen reagieren mit den Protonen, die sich in der Lösung befinden, zu Wasser. Eine Zugabe von Hydroxid-Ionen senkt also die Konzentration der Protonen in der Lösung. Das wiederum hat Auswirkungen auf die Struktur eines Proteins.

**Aufgabe 17:**

Erläutern Sie, welche Auswirkungen die Zugabe einer Lauge auf die Struktur des oben gezeigten Polypeptids haben könnte:


## 9. Disulfidbrücken halten die Tertiärstruktur zusammen

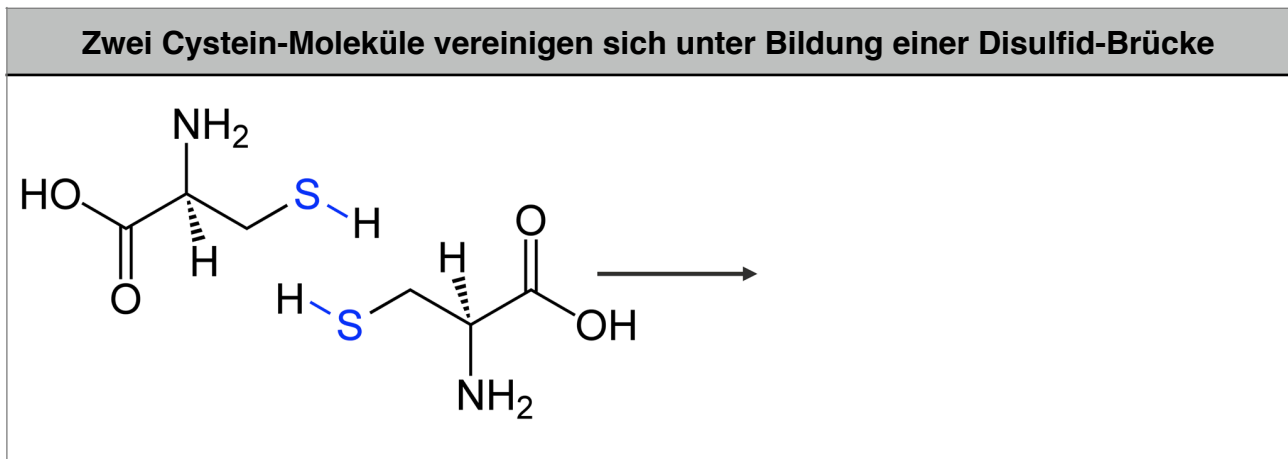
Die Tertiärstruktur eines Proteins wird nicht nur durch elektrische Anziehung positiver und negativer Seitenketten von Aminosäuren zusammengehalten (Ionenbindungen), sondern zusätzlich durch **Disulfidbrücken-Bindungen**.

### 9.1 Disulfid-Brücken

Cystein ist eine einfach gebaute Aminosäure mit der Seitenkette  $R = -CH_2-SH$ . Zwei dieser SH-Gruppen können sich nun leicht unter Abspaltung von  $H_2$  (Wasserstoff) vereinigen, dabei entsteht eine sogenannte Disulfid-Brücke  $-CH_2-S-S-CH_2-$ .

#### Aufgabe 18:

Vervollständigen Sie die untere Zeichnung.



### 9.2 Disulfid-Brücken in Proteinen

Kommen in einem Protein zwei Cystein-Moleküle vor, so können sich diese beiden Moleküle unter Bildung einer Disulfid-Brücke zusammenschließen. Dadurch werden zwei eventuell weit entfernte Stellen des Proteins eng verbunden. Neben den unter Punkt 8 besprochenen Ionenbindungen sind also auch die Disulfid-Brücken für den Zusammenhalt der Tertiärstruktur eines Proteins verantwortlich.

#### Aufgabe 19:

Recherchieren Sie, welche Struktur das wichtige Peptidhormon **Insulin** hat und beschreiben Sie dann die Rolle der Disulfid-Brücken im Insulin-Molekül.




### 9.3 Disulfid-Brücken beim Friseur

Unsere Haare bestehen zum größten Teil aus faserförmigen Strukturproteinen, die auch durch viele Disulfid-Brücken zusammengehalten werden. Will man sich nun eine Dauerwelle oder eine ähnliche Frisur machen lassen, behandelt man die Haare zunächst mit einem Reduktionsmittel. Ein solcher Stoff setzt Wasserstoff frei.

#### Aufgabe 20:

Erläutern Sie, was sich in den Strukturproteinen der Haare verändert, wenn sie mit viel Wasserstoff zusammenkommen.


Die Haare können nun neu geformt werden. Damit die Form für mehrere Wochen beständig ist, werden die Haare nun mit einem Oxidationsmittel behandelt. Ein Oxidationsmittel ist in der Lage, Wasserstoff aufzunehmen. Es entzieht den Proteinen der Haare also Wasserstoff.

#### Aufgabe 21:

Erläutern Sie, was sich in den Strukturproteinen der Haare verändert, wenn ihnen durch ein Oxidationsmittel Wasserstoff entzogen wird.


Damit schließen wir den Intensivkurs „Proteine“. Sie haben jetzt sehr viel über Aminosäuren, Peptide und Proteine gelernt. Dieses Wissen können Sie nun im Ernährungslehre-Unterricht, aber auch im Biologie-Unterricht einsetzen.

Viel Erfolg dabei!