

# ERWARTUNGSHORIZONT FÜR EINE NOTE 1+

## Antwort Aufgabe 1.1

Um die Strukturen **M1 bis M4** den **Strukturebenen der Proteine** zuzuordnen, müssen wir die vier Strukturebenen definieren und ihre Besonderheiten beschreiben.

---

### Primärstruktur (M1):

- **Definition:** Die Primärstruktur ist die Abfolge der Aminosäuren in einer Polypeptidkette, auch **Aminosäuresequenz** genannt.
  - **Beschreibung:** Diese Struktur beschreibt die lineare Reihenfolge der AS, die durch **Peptidbindungen** miteinander verknüpft sind. Sie bestimmt alle weiteren Strukturebenen eines Proteins, da sie die Grundlage für die Faltung ist.
  - **Zuordnung:** M1 zeigt eine einfache Kette aus Aminosäuren, z. B. Ala-Gly-Ser-Leu.
- 

### Sekundärstruktur (M2):

- **Definition:** Lokale Faltungsmuster der Polypeptidkette, wie z. B.  **$\alpha$ -Helices** und  **$\beta$ -Faltblätter**, die durch **Wasserstoffbrückenbindungen** zwischen den Rückgraten der AS entstehen.
  - **Beschreibung:**
    - **$\alpha$ -Helix:** Eine spiralförmige Struktur, stabilisiert durch Wasserstoffbrücken zwischen der Carbonylgruppe einer AS und der Aminogruppe der vierten nachfolgenden AS.
    - **$\beta$ -Faltblatt:** Eine parallele oder antiparallele Anordnung von Polypeptidsträngen, die durch Wasserstoffbrücken verbunden sind.
  - **Zuordnung:** M2 zeigt typische spiralförmige Helices oder parallele Stränge.
- 

### Tertiärstruktur (M4):

- **Definition:** Die dreidimensionale Anordnung der gesamten Polypeptidkette, einschließlich der Interaktionen zwischen Seitenketten.
  - **Beschreibung:** Diese Struktur wird durch **verschiedene Wechselwirkungen** stabilisiert:
    - **Hydrophobe Wechselwirkungen:** Apolare AS lagern sich im Inneren zusammen.
    - **Disulfidbrücken:** Kovalente Bindungen zwischen zwei Cystein-Molekülen.
    - **Ionenbindungen:** Zwischen geladenen Seitenketten.
    - **Wasserstoffbrücken:** Zwischen Seitenketten mit polarer Natur.
  - **Zuordnung:** M3 zeigt die kompakte dreidimensionale Faltung eines einzelnen Proteins.
- 

### Quartärstruktur (M3):

- **Definition:** Die räumliche Anordnung von **mehreren Polypeptidketten** (Untereinheiten) zu einem funktionellen Protein.
  - **Beschreibung:** Hierbei handelt es sich um die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Polypeptidketten, z. B. in Hämoglobin (bestehend aus vier Untereinheiten). Die Stabilisierung erfolgt ähnlich wie bei der Tertiärstruktur.
  - **Zuordnung:** M4 zeigt mehrere Polypeptidketten, die zusammen ein größeres Protein bilden.
- 

### Zusammenfassung:

1. **Primärstruktur (M1):** Lineare Sequenz der Aminosäuren.
2. **Sekundärstruktur (M2):**  $\alpha$ -Helices oder  $\beta$ -Faltblätter durch Wasserstoffbrücken.
3. **Tertiärstruktur (M4):** Dreidimensionale Faltung durch Seitenketteninteraktionen.
4. **Quartärstruktur (M3):** Zusammenlagerung mehrerer Polypeptidketten.

## Antwort Aufgabe 1.2

In der Primärstruktur von M1 sind folgende Abkürzungen der Aminosäuren zu erkennen: **Ala, Gly, Glu, Val, Cys, Leu, Phe, His, Arg**. Wir wählen vier Aminosäuren aus, benennen sie vollständig und ordnen sie den passenden Eigenschaften zu.

### 1. Glutaminsäure (Glu)

- **Eigenschaft: Sauer**
- **Begründung:** Glutaminsäure enthält eine zusätzliche **Carboxylgruppe (-COOH)** in ihrer Seitenkette, die bei neutralem pH-Wert deprotoniert ist und eine negative Ladung trägt.

### 2. Histidin (His)

- **Eigenschaft: Basisch**
- **Begründung:** Histidin besitzt einen **Imidazolring** in der Seitenkette, der protoniert werden kann. Dieser Ring zeigt bei physiologischem pH eine schwache Basizität und ist an enzymatischen Katalysen beteiligt.

### 3. Cystein (Cys)

- **Eigenschaft: Neutral-polar**
- **Begründung:** Die Seitenkette von Cystein enthält eine **Thiolgruppe (-SH)**, die polar ist. Cystein kann Disulfidbrücken bilden, die eine wichtige Rolle in der Proteinstruktur spielen.

### 4. Leucin (Leu)

- **Eigenschaft: Neutral-unpolar**
- **Begründung:** Die Seitenkette von Leucin ist hydrophob und besteht aus einem verzweigten **Kohlenwasserstoffrest**, was Leucin in den hydrophoben Kern eines Proteins führt.

### Zusammenfassung:

Aminosäure	Abkürzung	Eigenschaft	Begründung
Glutaminsäure	Glu	Sauer	Carboxylgruppe trägt negative Ladung. Zwei COOH-Gruppen vs. Eine NH <sub>2</sub>
Histidin	His	Basisch	Imidazolring ist schwach basisch.
Arginin	Arg	Basisch	Insg. Zwei Aminogruppen vs. eine COOH
Cystein	Cys	Neutral-polar	Thiolgruppe ist polar.
Leucin	Leu	Neutral-unpolar	Hydrophobe Seitenkette aus Kohlenwasserstoffen.

## Antwort Aufgabe 1.3

Die Abbildung M2 zeigt die **Sekundärstruktur** eines Proteins mit drei klar erkennbaren Strukturelementen:  **$\alpha$ -Helix**,  **$\beta$ -Faltblatt** und **Schleife**. Jedes dieser Elemente hat spezifische Merkmale, die durch Farben, Pfeile und andere Symbole dargestellt werden. Die Bedeutung dieser Details sowie der Enden der Peptidkette und ihrer funktionellen Gruppen wird hier erläutert.

### 1. Bedeutung der Farben:

- **$\alpha$ -Helix (Spirale, zylindrisch dargestellt):**
  - Häufig durch eine einheitliche Farbe (im Originalblatt Rot) hervorgehoben, um die regelmäßige spiralförmige Struktur zu verdeutlichen.
  - Wasserstoffbrücken zwischen den Rückgratgruppen stabilisieren die Struktur.
- **$\beta$ -Faltblatt (Blau):**
  - Die Pfeile markieren die **Richtung der Polypeptidkette** innerhalb des  $\beta$ -Faltblatts:
    - **Parallele Anordnung:** Die Pfeile verlaufen in die gleiche Richtung (N  $\rightarrow$  C).
    - **Antiparallele Anordnung:** Die Pfeile verlaufen in entgegengesetzte Richtungen (einer N  $\rightarrow$  C, der nächste C  $\rightarrow$  N).

- Die Farbkodierung (z. B. Gelb oder Orange) unterscheidet die verschiedenen Faltblatt-Stränge.
  - **Schleifenregionen (Grün):**
    - Meist in einer anderen Farbe (Grün) dargestellt, um die nicht regelmäßige Struktur zwischen den Helices und Faltblättern zu zeigen.
- 

## 2. Bedeutung der Pfeile im $\beta$ -Faltblatt:

Man unterscheidet grundsätzlich **drei Formen des  $\beta$ -Faltblattes**, je nach Verlaufsrichtung der einzelnen Polypeptidketten:

- **antiparalleles  $\beta$ -Faltblatt – zwei Pfeile sind entgegengerichtet** - Bei dieser Form verlaufen die Peptidketten in entgegengesetzter Richtung. Hier bilden sich Wasserstoffbrücken zwischen der CO-Gruppe einer Aminosäure und der NH-Gruppe einer zweiten Aminosäure, sowie zwischen NH-Gruppe der ersten Aminosäure und der CO-Gruppe der zweiten Aminosäure aus.
  - **paralleles  $\beta$ -Faltblatt- zwei Pfeile sind gleichgerichtet** - Hier verlaufen die Peptidketten in gleicher Richtung. Dies hat zur Folge, dass sich nicht wie beim antiparallelen Faltblatt zwei Wasserstoffbrücken zwischen zwei gegenüberliegenden Aminosäuren ausbilden können. Stattdessen bilden sich die Wasserstoffbrücken versetzt zwischen den Aminosäuren aus.
  - **gemischtes  $\beta$ -Faltblatt:** Die meisten Faltblätter bestehen aus mehr als nur zwei Polypeptidketten. Infolgedessen können auch parallele und antiparallele Ketten vorkommen.
- 

## 3. Benennung der Enden der Peptidkette:

- Die Enden der Peptidkette sind in der Abbildung deutlich markiert:

### N-Terminus ( $\text{NH}_2$ ):

- Am **Anfang der Polypeptidkette**, wo eine freie **Aminogruppe ( $-\text{NH}_2$ )** vorhanden ist.
- Symbolisiert den Startpunkt der Proteinsynthese.

### C-Terminus ( $\text{COOH}$ ):

- Am **Ende der Polypeptidkette**, wo eine freie **Carboxylgruppe ( $-\text{COOH}$ )** vorhanden ist.
  - Symbolisiert den Endpunkt der Polypeptidkette.
  - Diese funktionellen Gruppen haben spezifische Eigenschaften:
    - **$\text{NH}_2$  (N-Terminus):** Am Anfang eines Peptids und verantwortlich für die Einleitung chemischer Interaktionen.
    - **$\text{COOH}$  (C-Terminus):** Verantwortlich für die Bindung oder weitere chemische Reaktionen am Ende der Peptidkette.
- 

## 4. Bedeutung der Sekundärstrukturen:

- **$\alpha$ -Helix:**
    - Spiralstruktur, stabilisiert durch Wasserstoffbrücken zwischen den Carbonylgruppen ( $\text{C}=\text{O}$ ) und den Aminogruppen ( $\text{N}-\text{H}$ ) der Hauptkette.
    - Funktion: Dichte Packung und Elastizität in Proteinen.
  - **$\beta$ -Faltblatt:**
    - Flach gefaltete Struktur, die durch Wasserstoffbrücken zwischen den Strängen stabilisiert wird.
    - Funktion: Stabilität und Festigkeit, oft in strukturellen Proteinen wie Seide.
  - **Schleife (Loop):**
    - Flexibles Verbindungselement, das oft auf der Proteinoberfläche liegt.
    - Funktion: Ermöglicht Beweglichkeit und Bindung an andere Moleküle.
- 

## 5. Erklärung des Begriffs "Terminus":

- **Terminus** (lat. für „Ende“ oder „Grenze“) wird verwendet, um die beiden Enden einer Polypeptidkette zu bezeichnen:
  - **N-Terminus (Amino-Terminus):** Freie Aminogruppe, die die Peptidsynthese beginnt.
  - **C-Terminus (Carboxy-Terminus):** Freie Carboxylgruppe, die die Synthese beendet.

Diese Begriffe sind essenziell für die Beschreibung der Kettenrichtung (N → C).

Die Proteine können **in zwei Gruppen unterschieden** werden:

Die **fibrillären Proteine (fibrilla" = "kleine Faser" lat.)** oder Faserproteine sind zu dicken Kabeln und Strängen gewunden. Sie finden sich in Haaren, in Muskeln, in den Spinnfäden der Insekten, in Krallen und in Häuten. Auch Wolle und Seide ist aus Faserproteinen aufgebaut.

Die Molekülform der **globulären Proteine ("globulus", was "kleine Kugel" lat.)** ist dagegen eher kugelförmig. Globuläre Proteine sind gut wasserlöslich, oder sie können Wasser gut aufnehmen.

Faserproteine entgegen, wie das Keratin, sind nicht wasserlöslich. Faserproteine bauen beim Menschen Haare und Nägel auf. Zwischen den spiralförmig gewundenen Faserproteinen in einem Haar sind Bindungskräfte wirksam, wodurch Kabelstränge entstehen, die Mikrofibrillen. Hunderte von Mikrofibrillen bilden ein unregelmäßiges Bündel, die Makrofibrillen. Mehrere Makrofibrillen sind zu einem Faserstrang zusammengefasst. Die Summe aller Faserstränge bildet den Haarschaft.

**Zusammenfassung:**

- Die Abbildung M2 zeigt drei Sekundärstrukturelemente:  $\alpha$ -Helix,  $\beta$ -Faltblatt und Schleife.
- **Farben und Pfeile** verdeutlichen die Anordnung der Sekundärstrukturen und die Richtung der Polypeptidkette.
- Die **Enden der Peptidkette** sind durch NH<sub>2</sub> (N-Terminus) und COOH (C-Terminus) markiert.
- Der Begriff „Terminus“ beschreibt die funktionellen Enden der Polypeptidkette.

**Sekundäre Struktur**

Bezeichnung	Bedeutung der Sekundärstrukturen (kurz)
<b><math>\alpha</math>-Helix</b>	Spiralige Struktur, stabilisiert durch Wasserstoffbrücken zwischen C=O und N-H Gruppen innerhalb der Hauptkette. Funktion: Elastizität.
<b><math>\beta</math>-Faltblatt (entgegengesetzt)</b>	Antiparallele Anordnung der Stränge, stabilisiert durch geradlinige Wasserstoffbrücken. Funktion: Stabilität und Festigkeit.
<b><math>\beta</math>-Faltblatt (parallel)</b>	Parallele Anordnung der Stränge, stabilisiert durch schräg angeordnete Wasserstoffbrücken. Funktion: Weniger stabil, dennoch strukturell wichtig.
<b>Schleife (Loop)</b>	Ungeordnete, flexible Verbindungsstruktur zwischen $\alpha$ -Helices und $\beta$ -Faltblättern. Funktion: Beweglichkeit und Bindung an andere Moleküle.

**Zwei Arten von Eiweißmolekülen**

Struktur des Eiweißes	Eigenschaften (Wasserlöslichkeit und Vorkommen)
<b>Globulär</b>	<b>Wasserlöslich</b> oder kann Wasser gut aufnehmen. Vorkommen: Kugelförmige Proteine wie Enzyme, Antikörper, Transportproteine (z. B. Hämoglobin).
<b>Fibrillär</b>	<b>Nicht wasserlöslich.</b> Vorkommen: Haare, Nägel, Muskeln, Spinnfäden, Krallen, Häute, Wolle, Seide. Bauen faserartige Strukturen auf.

# Antwort Aufgabe 1.4

## A. Wasserstoffbrücken:

- **Wechselwirkung:** Schwache elektrostatische Anziehung zwischen einem partiell positiv geladenen Wasserstoffatom ( $\delta^+$ ) und einem partiell negativ geladenen Atom wie Sauerstoff oder Stickstoff ( $\delta^-$ ).
- **Funktion:** Stabilisierung der Sekundärstrukturen (z. B.  $\alpha$ -Helix,  $\beta$ -Faltblatt) und Flexibilität der Proteinstruktur.
- **Beispiele:** Stabilisierung der  $\alpha$ -Helix und  $\beta$ -Faltblattstruktur in Proteinen; Feuchtigkeitsbindung im Haar.

## B. Ionische Bindungen (Salzbrücken):

- **Wechselwirkung:** Elektrostatische Anziehung zwischen entgegengesetzt geladenen Seitenketten von Aminosäuren (z. B. Glutaminsäure  $-\text{COO}^-$  und Lysin  $-\text{NH}_3^+$ ).
- **Funktion:** Stabilisierung der Tertiärstruktur und Elastizität. Diese Bindungen ermöglichen eine reversible Anpassung unter mechanischer Belastung.
- **Beispiele:** Stabilisierung der Proteinmatrix in Keratin und Salzbrücken in membranständigen Proteinen.

## C. Van-der-Waals-Kräfte:

- **Wechselwirkung:** Temporäre, schwache Anziehung zwischen den Elektronenwolken benachbarter Moleküle, basierend auf der Bildung von kurzfristigen Dipolen.
- **Funktion:** Feine Anpassung der Tertiärstruktur und Stabilisierung hydrophober Wechselwirkungen in Proteinen.
- **Beispiele:** Zusammenhalt hydrophober Bereiche in Proteinen und Stabilisierung der DNA-Doppelhelix.

## D. Disulfidbrücken (kovalente Bindungen):

- **Wechselwirkung:** Kovalente Bindung zwischen zwei Schwefelatomen in den Thiolgruppen ( $-\text{SH}$ ) von Cystein, die durch Oxidation entstehen.
- **Funktion:** Mechanische Festigkeit und Stabilität, besonders wichtig für die 3D-Struktur von Proteinen und die Quervernetzung in Keratin.
- **Beispiele:** Stabilisierung von Antikörpern, Insulin und der Haarstruktur.

## Zusammenfassung der Bindungen und Wechselwirkungen:

Bindung/Wechselwirkung	Wo kommt sie vor?	Funktion in der Proteinstruktur
Disulfidbrücken	Cystein-Cystein-Bindungen	Stabilisierung der Tertiär- und Quartärstruktur
Wasserstoffbrücken	Zwischen C=O und N-H in der $\alpha$ -Helix oder $\beta$ -Faltblatt	Stabilisierung von Sekundär-, Tertiär- und Quartärstrukturen
Ionische Bindungen (Salzbrücken)	Glutaminsäure ( $-\text{COO}^-$ ) und Lysin ( $-\text{NH}_3^+$ )	Stabilisierung von Tertiär- und Quartärstrukturen
Van-der-Waals-Kräfte	Zwischen allen eng gepackten Molekülen	Feine Anpassung und Stabilisierung der Tertiärstruktur

## Ergänzende Tabelle zur Bindungsenergie:

Wechselwirkung/Bindung	Beispiel für Vorkommen	Bindungsenergie (kJ/mol)
Disulfidbrücken	Cystein-Cystein-Bindungen	150–250
Wasserstoffbrücken	Zwischen C=O und N-H in der $\alpha$ -Helix	10–40
Ionische Bindungen	Glutaminsäure ( $-\text{COO}^-$ ) und Lysin ( $-\text{NH}_3^+$ )	20–40
Van-der-Waals-Kräfte	Zwischen eng gepackten Molekülen	0.4–4

## Aufgabe 2:

S1 = SERIN (Ser)

S2 = LYSIN (Lys)

S3 = GLYCIN (Gly)

S4 = ALANIN (Ala)

S5 = GLUTAMINSÄURE (Glu)

S6 = CYSTEIN (Cys)

### Aminosäuren und ihre Eigenschaften

Eigentlich ALLE sind Ampholyte und ALLE sind proteinogen

Aminosäure (Abkürzung)	Eigenschaften
Serin (Ser)	Besitzt eine Hydroxygruppe (-OH) in der Seitenkette; ist proteinogen und Ampholyt.
Lysin (Lys)	Basisch durch die Aminogruppe (-NH <sub>2</sub> ) in der Seitenkette; proteinogen und Ampholyt.
Glycin (Gly)	Kleinste Aminosäure, besitzt keine Seitenkette; proteinogen und Ampholyt.
Alanin (Ala)	Neutral und unpolar (hydrophob); proteinogen und Ampholyt.
Glutaminsäure (Glu)	Sauer durch die Carboxylgruppe (-COOH) in der Seitenkette; proteinogen und Ampholyt.
Cystein (Cys)	Enthält eine Thiolgruppe (-SH), die Disulfidbrücken bildet; proteinogen und Ampholyt.

### Antworten zu den Teilfragen

Frage	Aminosäuren	Begründung
<b>A. Peptidbindung eingehen</b>	<b>Alle (Ser, Lys, Gly, Ala, Glu, Cys)</b>	Alle proteinogenen Aminosäuren können Peptidbindungen bilden, da sie eine Amino- und Carboxylgruppe besitzen.
<b>B. Sauer</b>	<b>Glutaminsäure (Glu)</b>	Enthält eine zusätzliche Carboxylgruppe (-COOH) in der Seitenkette, die bei neutralem pH deprotoniert ist.
<b>C. Basisch</b>	<b>Lysin (Lys)</b>	Besitzt eine zusätzliche Aminogruppe (-NH <sub>2</sub> ) in der Seitenkette, die bei neutralem pH protoniert ist.
<b>D. Disulfidbrücken bilden</b>	<b>Cystein (Cys)</b>	Besitzt eine Thiolgruppe (-SH), die durch Oxidation Disulfidbrücken (-S-S-) bildet.
<b>E. Hydroxygruppe in Seitenkette</b>	<b>Serin (Ser)</b>	Besitzt eine Hydroxygruppe (-OH) an der Seitenkette, die polare Eigenschaften hat.
<b>F. Ampholyte</b>	<b>Alle (Ser, Lys, Gly, Ala, Glu, Cys)</b>	Alle Aminosäuren können als Ampholyte wirken, da sie eine basische Amino- und eine saure Carboxylgruppe haben.
<b>G. Proteinogen</b>	<b>Alle (Ser, Lys, Gly, Ala, Glu, Cys)</b>	Diese Aminosäuren sind Teil der 20 proteinogenen Aminosäuren, die in der Translation verwendet werden.

## Aufgabe 3.1

### 1. Beschriftung der Strukturhierarchie des Haares:

1.  **$\alpha$ -Helix:** Die grundlegende Sekundärstruktur des Keratins, spiralförmig gewunden.
  2. **Keratin (Superhelix):** Zwei  $\alpha$ -Helices sind umeinander gewunden, bilden eine Superhelix.
  3. **Protofibrille:** Zusammenlagerung mehrerer Superhelices.
  4. **Mikrofibrille:** Bündel aus Protofibrillen, die eng zusammengepackt sind.
  5. **Makrofibrille:** Zusammenschluss mehrerer Mikrofibrillen, die die Hauptstruktur der Haarfaser bilden.
  6. **Haarzelle:** Zelluläre Struktur des Haares, bestehend aus Makrofibrillen und umgeben von Matrixmaterial.
- 

### 2. Name des Bereichs im Inneren des Haares:

- **Medulla (Markkanal):** Der Bereich im Inneren des Haares, der aus locker angeordnetem Material besteht und oft leer oder mit Luft gefüllt ist.
- 

### 3. Kennzeichnung von Querschnitt und Längsschnitt:

- **Querschnitt:** Markiere die Ansicht, die die kreisförmige Struktur des Haares zeigt, einschließlich Schichten wie:
    - **Cuticula (Schuppenschicht):** Äußere Schutzschicht.
    - **Cortex (Faserschicht):** Hauptbestandteil des Haares, der Makrofibrillen enthält.
    - **Medulla (Markkanal):** Zentrum des Haares.
  - **Längsschnitt:** Markiere die Ansicht, die den Verlauf der Fibrillen und die Schichtung von der Spitze zur Wurzel des Haares zeigt.
- 

### Zusammenfassung der Beschriftung:

1.  $\alpha$ -Helix  $\rightarrow$  Superhelix  $\rightarrow$  Protofibrille  $\rightarrow$  Mikrofibrille  $\rightarrow$  Makrofibrille  $\rightarrow$  Haarzelle.
2. Innerer Bereich: **Medulla**.
3. Querschnitt: Kennzeichnet die **runden Schichten** des Haares (Cuticula, Cortex, Medulla).
4. Längsschnitt: Kennzeichnet den **länglichen Verlauf** der hierarchischen Strukturen des Haares.

## Aufgabe 3.2

### 1. Benennung der Radikale R1 bis R5:

- **R1 =  $\text{CH}_2\text{OH}$**   $\rightarrow$  Seitenkette von **Serin (Ser)**
  - **R2 = H**  $\rightarrow$  Seitenkette von **Glycin (Gly)**
  - **R3 =  $\text{CH}_3$**   $\rightarrow$  Seitenkette von **Alanin (Ala)**
  - **R4 =  $\text{CH}_2\text{SH}$**   $\rightarrow$  Seitenkette von **Cystein (Cys)**
  - **R5 =  $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$**   $\rightarrow$  Seitenkette von **Glutaminsäure (Glu)**
- 

### 2. Typische Anordnung und Beschreibung:

- Die dargestellte Struktur ist eine  **$\alpha$ -Helix**, eine der häufigsten Sekundärstrukturen in Proteinen und ein Bestandteil von **Keratin**, das in Haaren vorkommt.
  - Die  $\alpha$ -Helix entsteht durch die charakteristische Spiralwindung der Polypeptidkette, bei der die Seitenketten (Radikale R) **nach außen** zeigen.
- 

### 3. Wechselwirkungen in der $\alpha$ -Helix:

1. **Wasserstoffbrücken:**
  - **Wo:** Zwischen der Carbonylgruppe ( $\text{C}=\text{O}$ ) einer Aminosäure und der Aminogruppe ( $\text{N-H}$ ) der vierten nachfolgenden Aminosäure entlang der Helix.
  - **Wie entstehen sie:** Die partiell positiv geladenen Wasserstoffatome ( $\delta^+$ ) der  $\text{N-H}$ -Gruppe ziehen die partiell negativ geladenen Sauerstoffatome ( $\delta^-$ ) der  $\text{C}=\text{O}$ -Gruppe an.
  - **Bedeutung:** Diese Wasserstoffbrücken stabilisieren die Spiralstruktur der  $\alpha$ -Helix und geben ihr mechanische Festigkeit.
2. **Van-der-Waals-Kräfte:**

- **Wo:** Zwischen dicht gepackten Atomen der Hauptkette (C-N-C) und benachbarten Seitenketten (R-Gruppen).
- **Wie entstehen sie:** Temporäre Dipole, die durch zufällige Elektronenbewegungen verursacht werden, führen zu schwachen Anziehungskräften.
- **Bedeutung:** Diese Kräfte tragen zur Feinanpassung und zusätzlichen Stabilität der  $\alpha$ -Helix bei.

#### 4. Zeichnen der Wechselwirkungen in die Abbildung M7:

- Zeichnen Sie die Wasserstoffbrücken:
  1. Zwischen einer Carbonylgruppe (C=O) und einer Aminogruppe (N-H) an mehreren Stellen entlang der Helix.
- Zeichnen Sie die Van-der-Waals-Kräfte: 2. Zwischen dicht gepackten Seitenketten (z. B. R1 und R3) oder Atomen der Hauptkette.

#### 5. Zusammenfassung:

Die  $\alpha$ -Helix wird durch folgende Wechselwirkungen stabilisiert:

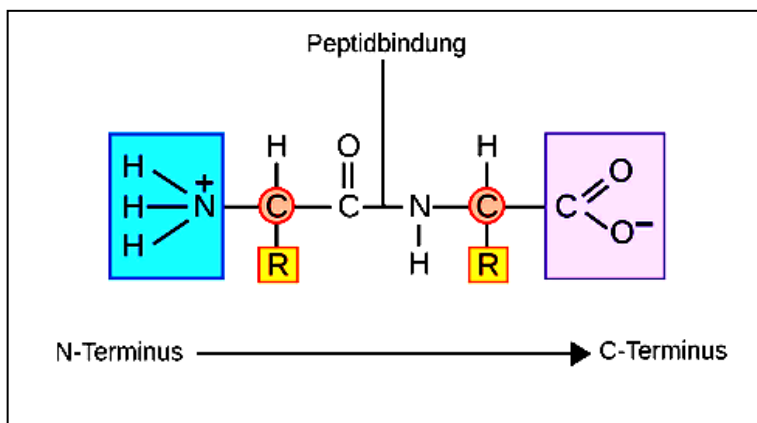
1. **Wasserstoffbrücken** als Hauptkraft, die die Spiralstruktur der Peptidkette stabilisiert.
2. **Van-der-Waals-Kräfte** als unterstützende Kräfte, die für Feinanpassung und zusätzliche Stabilität sorgen.

### Aufgabe 3.3

#### 1. Kennzeichnung der Peptidbindung:

- Die **Peptidbindung** ist eine kovalente Bindung, die zwischen der Carboxylgruppe (-COOH) einer Aminosäure und der Aminogruppe (-NH<sub>2</sub>) einer anderen Aminosäure entsteht.
- Sie entsteht durch eine **Kondensationsreaktion**, bei der ein Molekül Wasser (H<sub>2</sub>O) abgespalten wird.

Die Struktur der Peptidbindung kann wie folgt dargestellt werden:



- Die Peptidbindung ist die Verbindung zwischen dem Carbonylkohlenstoffatom (C=O) und dem Stickstoffatom (N-H).

#### 2. Funktionelle Gruppen in der Peptidbindung:

- **Carbonylgruppe (C=O):**
  - Elektronegativer und polar; beteiligt an Wasserstoffbrückenbildung.
- **Aminogruppe (N-H):**
  - Ebenfalls polar und kann Wasserstoffbrücken ausbilden.

#### 3. Lokalisierung des N-terminalen und C-terminalen Endes:

- **N-terminales Ende:**
  - Das **N-Terminus** ist der Anfang der Polypeptidkette, wo eine freie **Aminogruppe (-NH<sub>2</sub>)** vorhanden ist. Es ist typischerweise am linken Ende der Sequenz zu finden.
- **C-terminales Ende:**
  - Das **C-Terminus** ist das Ende der Polypeptidkette, wo eine freie **Carboxylgruppe (-COOH)** vorhanden ist. Es ist typischerweise am rechten Ende der Sequenz.



#### 4. Beschreibung der Orientierung der Polypeptidkette:

- In einer Polypeptidkette verläuft die Sequenz immer von **N** → **C**:
  - Das N-terminale Ende beginnt mit einer freien Aminogruppe.
  - Das C-terminale Ende endet mit einer freien Carboxylgruppe.

#### Aufgabe 3.4

##### 1. Identifikation von zwei konkret erkennbaren Aminosäuren in M6:

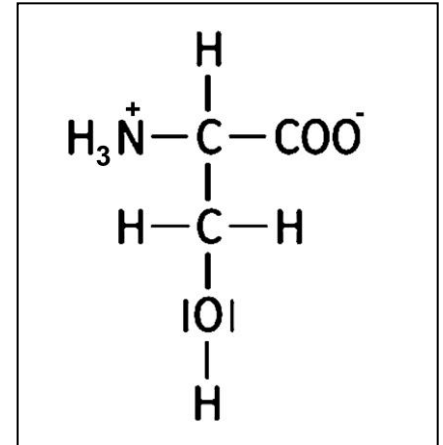
- **Erste Aminosäure: Serin (Ser)** – erkennbar an der Seitenkette **CH<sub>2</sub>OH**.
- **Zweite Aminosäure: Glutaminsäure (Glu)** – erkennbar an der Seitenkette **CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH**.

##### 2. Darstellung einer Aminosäure als Zwitterion in der Fischer-Projektion:

- **Auswahl:** ich wähle **Serin (Ser)**.
- **Fischer-Projektion des Zwitterions:**

**Hauptgruppe:** Am zentralen Kohlenstoffatom sind vier Substituenten gebunden: eine Aminogruppe (H<sub>3</sub>N<sup>+</sup>), eine Carboxylgruppe (COO<sup>-</sup>), ein Wasserstoffatom (H) und die Seitenkette (CH<sub>2</sub>OH).

**Als Zwitterion** hat Serin eine positiv geladene Aminogruppe **NH<sub>3</sub><sup>+</sup>** und eine negativ geladene Carboxylgruppe **COO<sup>-</sup>**.



##### 3. Räumliche Anordnung der Atome um das zentrale C-Atom:

- Das zentrale Kohlenstoffatom ist ein **chirales Zentrum** und hat eine **tetraedrische Geometrie**.
- **Fischer-Projektion zeigt die Bindungen flach:**
- **Tatsächliche, räumliche Struktur:**
  - Das zentrale Kohlenstoffatom bildet mit seinen vier Substituenten eine **dreidimensionale tetraedrische Anordnung**, bei der die Bindungswinkel etwa **109,5°** betragen.
  - Die Seitenkette (CH<sub>2</sub>OH), die Aminogruppe (H<sub>3</sub>N<sup>+</sup>), die Carboxylgruppe (COO<sup>-</sup>) und der Wasserstoff sind räumlich unterschiedlich ausgerichtet, was durch die Fischer-Projektion nicht sichtbar ist.

##### **Zusammenfassung:**

1. Zwei konkret erkennbare Aminosäuren: **Serin (CH<sub>2</sub>OH)** und **Glutaminsäure (CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH)**.
2. Darstellung von **Serin** als Zwitterion in der Fischer-Projektion.
3. Die tatsächliche räumliche Anordnung des zentralen Kohlenstoffatoms ist tetraedrisch, mit einem Bindungswinkel von etwa 109,5°. Die Fischer-Projektion kann diese 3D-Struktur nicht darstellen.

#### Aufgabe 3.5

##### **Aus welchen Elementen besteht Keratin vorwiegend?**

- **Kohlenstoff (C)**
- **Wasserstoff (H)**
- **Sauerstoff (O)**
- **Stickstoff (N)**
- **Schwefel (S)** (besonders wichtig wegen Cystein und Disulfidbrücken)

#### Aufgabe 3.6

##### **Aus welchen Aminosäuren besteht Keratin vorwiegend?**

- **Cystein** (für Disulfidbrücken, mechanische Stabilität)
- **Glycin** (klein, flexibel, wichtig für Packung)
- **Serin** (Polarität, Flexibilität)
- **Alanin** (hydrophob, stabilisierend)