

M 1 Bedeutung von Aminosäuren

Aminosäuren (AS) sind wichtige Bausteine für unser Leben. Sie kommen in allen Lebewesen vor und sind die Grundbausteine von Proteinen (Eiweiße). Im menschlichen Körper unterscheiden wir 20 proteinogene Aminosäuren, also Aminosäuren, die am Aufbau der körpereigenen Proteine verantwortlich sind. Diese sind in **Abb. 1** aufgelistet. Die acht gelb markierten Aminosäuren sind essenzielle Aminosäuren, d. h., der Mensch kann diese selbst nicht herstellen und muss sie über die Nahrung aufnehmen. Ein Mensch besitzt Zehntausende verschiedene Proteine im Körper, die ausschließlich aus diesen 20 Aminosäuren gebildet werden.

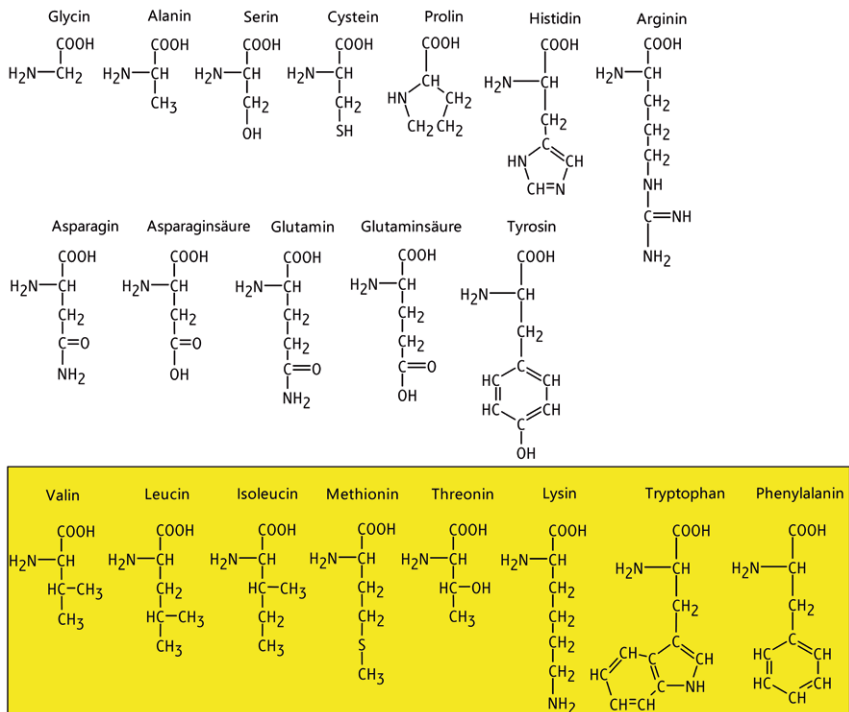


Abb. 1: Proteinogene Aminosäuren, gelb markiert die acht essenziellen Aminosäuren (K. Bossert)

Im Alltag treffen wir regelmäßig auf verschiedene Aminosäuren, ohne genau zu wissen, was deren Bedeutung für uns ist. So wird die Aminosäure Tryptophan, die in Schokolade vorkommt, in das Glückshormon Serotonin umgewandelt. Sportler bedienen sich der Aminosäure Leucin aus beispielsweise Hülsenfrüchten, um Muskeln aufzubauen. Interessant ist auch der Vermerk „enthält eine Phenylalaninquelle“ auf manchen Lebensmitteln. Dieser Hinweis ist lebensnotwendig für einige Menschen, die an der Stoffwechselkrankheit Phenylketonurie leiden. Diesen Menschen fehlen Enzyme zum Abbau dieser Aminosäure im Körper, sodass sich Phenylalanin im Blut anhäuft. In Folge kann es zu schweren geistigen Behinderungen kommen. Eine weitere bekannte Aminosäure ist die Glutaminsäure, deren Salz der Geschmacksverstärker Glutamat ist und uns dazu verleitet, die Chips-Packung leer zu essen.

So sehen wir, dass Aminosäuren unser alltägliches Leben begleiten und prägen.

Aufgaben

1. **Beschreiben** Sie die Begriffe proteinogene sowie essenzielle Aminosäuren und **geben** Sie drei Beispiele dazu **an**.
2. **Geben** Sie ein weiteres Beispiel **an**, wo Sie Aminosäuren im Alltag finden.
3. **Bearbeiten** Sie die Aufgabe im folgenden Link:

© RAABE 2021



<https://raabe.click/ch-Namen>



M 2 Struktureller Aufbau von Aminosäuren

Aminosäuren sind chemische _____, welche sowohl mindestens eine Carboxyl- als auch mindestens eine Aminogruppe besitzen. Sind diese am selben _____ gebunden, werden sie als α -Aminosäure bezeichnet. Die _____ Aminosäuren besitzen alle die gleiche Grundstruktur (siehe Abb. 1).

Ein zentrales α -Kohlenstoffatom, an das folgende vier Substituenten gebunden sind:

- eine Carboxylgruppe ($-\text{COOH}$)
- eine Aminogruppe ($-\text{NH}_2$)
- ein Wasserstoffatom ($-\text{H}$)
- ein Rest ($-\text{R}$)

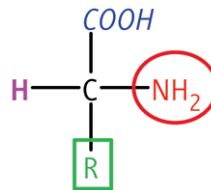


Abb. 1: α -C-Atom mit seinen vier Substituenten

Die α -Aminosäuren unterscheiden sich lediglich in der _____ ($-\text{R}$), diese ist für jede Aminosäure charakteristisch. Die Reste können selbst mehrere verschiedene _____ Gruppen enthalten und somit polar, unpolar, _____ oder alkalisch sein (siehe Abb. 3). Die einfachste Aminosäure ist das _____, in diesem Fall besteht der Rest nur aus einem Wasserstoffatom.

Aminosäuren liegen als Zwitterionen vor. Das bedeutet, dass am selben _____ sowohl eine positive als auch eine _____ Ladung vorhanden ist. Die Carboxylgruppe in der Aminosäure kann ein _____ abgeben (Protonendonator) und die Aminogruppe ein Proton _____ (Protonenakzeptor). Durch intramolekulare Protonenwanderung kann die _____ also ein Proton abgeben, welches das freie _____ der Aminogruppe aufnehmen kann. Die Aminosäure ist demzufolge an der Carboxylgruppe _____ (negativ geladen) und an der Aminogruppe protoniert (_____ geladen).

Aminosäuren sind Ampholyte, da die deprotonierte Carboxylgruppe Protonen aufnehmen und die protonierte Aminogruppe Protonen abgeben kann. Je nach pH-Wert liegt eine _____ also als Kation, _____ oder Zwitterion vor. Der pH-Wert, bei dem die Aminosäure in wässriger Lösung ausschließlich in der Zwitterform vorliegt, wird als _____ Punkt (IEP) bezeichnet (siehe Abb. 2).

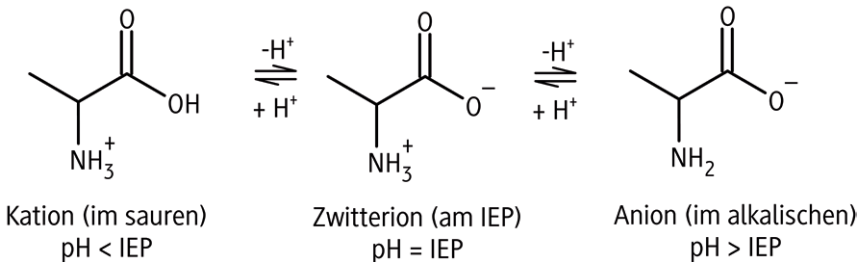


Abb. 2: Die Ladung der Aminosäure in Abhängigkeit vom pH-Wert (K. Bossert)

© RAABE 2021

Aufgaben

1. **Füllen** Sie den Lückentext mit folgenden Wörtern **aus**:

Anion – funktionellen – Kohlenstoffatom – Molekül – deprotoniert – Glycin – Aminosäure – sauer – isoelektrischer – Verbindungen – Proton – Seitenkette – aufnehmen – proteinogenen – Elektronenpaar – negativ – Carboxylgruppe – positiv

2. **Zeichnen** und **beschreiben** Sie die allgemeine Struktur von α -Aminosäuren.
3. **Erläutern** Sie, warum Arginin, Lysin und Histidin zu den basischen Aminosäuren zählen.
4. **Bearbeiten** Sie die Aufgabe im folgenden Link:



<https://raabe.click/ch-ASzuordnen>



5. Schwefelwasserstoff riecht nach faulen Eiern. **Nennen** Sie die Aminosäuren, die dafür verantwortlich sind.

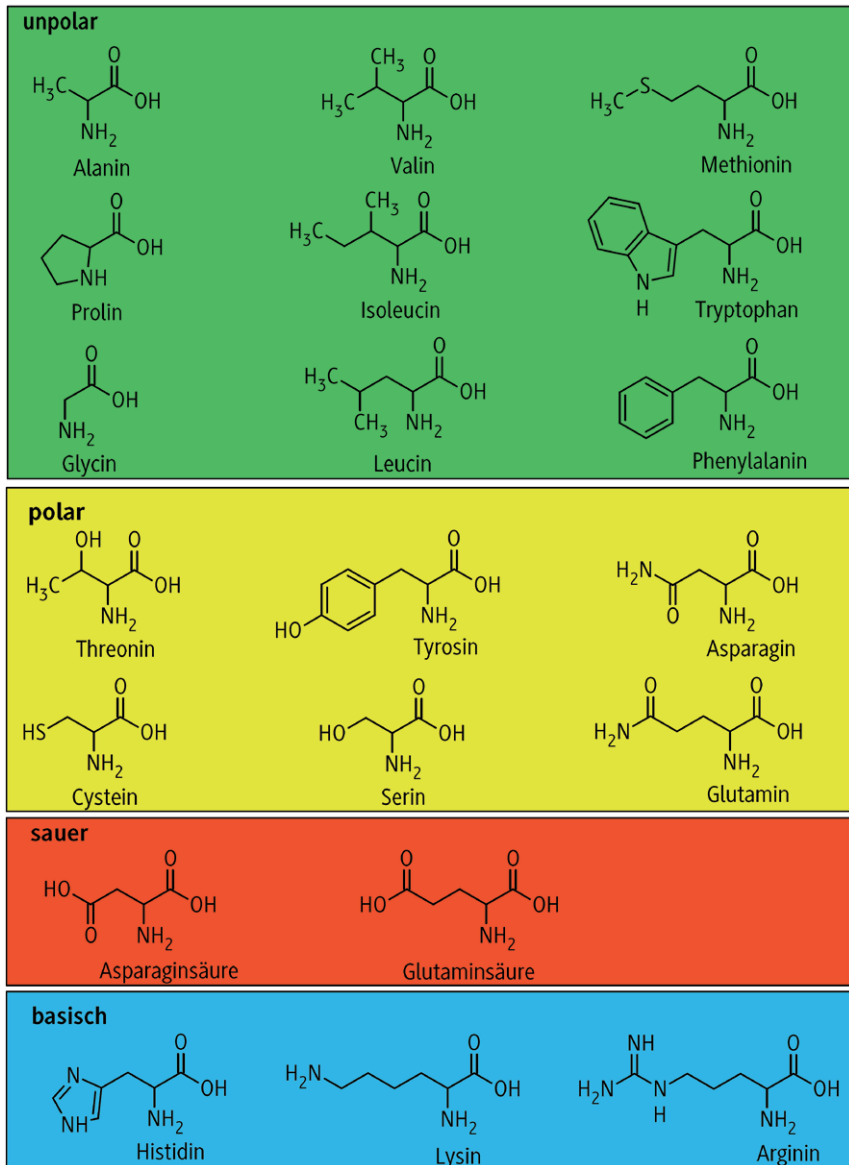


Abb. 3: Aminosäuren geordnet nach chemischen Eigenschaften (K. Bossert)

M 3 Löslichkeit von Aminosäuren



Schülerversuch: Löslichkeit abhängig von der Seitenkette R



Chemikalien

- ☐ Glycin kein GHS-Symbol
- ☐ Phenylalanin kein GHS-Symbol
- ☐ Wasser kein GHS-Symbol

Geräte

- ☐ Reagenzglas
- ☐ Spatel
- ☐ Pipette
- ☐ Schutzbrille
- ☐ Kittel

Versuchsdurchführung

- Geben Sie 2 ml Wasser in ein Reagenzglas
- Nun wird Glycin spatelweise dazugegeben und gemischt.
- Dies wird so lange wiederholt, bis sich das zugegebene Glycin nicht mehr löst.
- Merken Sie sich die Anzahl an Spatel, die Sie hinzugegeben haben.
- Wiederholen Sie die ersten 4 Punkte mit der Aminosäure Phenylalanin.

Entsorgung: Die Lösung kann im Ausguss entsorgt werden.

Aufgaben

1. **Notieren** Sie Ihre Ergebnisse in folgender Tabelle:

Aminosäure	Anzahl der Spatel

2. **Erklären** Sie mithilfe der Strukturformel die verschiedene Löslichkeit.
3. **Schätzen** Sie **ab**, wie sich die Aminosäuren Leucin und Serin in Wasser lösen würden. **Begründen** Sie Ihre Antwort.

M 4 Chiralität

In der Chemie bezeichnet die Chiralität die räumliche Anordnung von Atomen, bei denen bestimmte Symmetrieoperationen nicht zu einer Selbstbildung des Moleküls führen. Die Chiralität beruht meist auf der unterschiedlichen räumlichen Anordnung von Atomen/Atomgruppen um ein Stereozentrum. So stellt das α -C-Atom in Aminosäuren solch ein Stereozentrum dar. Sind an diesem Stereozentrum vier verschiedene Substituenten gebunden, so ist die Aminosäure chiral. Nach Spiegelung des Moleküls an einer Spiegelachse verhalten sich beide Moleküle wie Bild und Spiegelbild und können durch Drehung nicht ineinander überführt werden.

Im Beispiel ist das Molekül linksdrehend (S) und nach der Spiegelung rechtsdrehend (R). Die beiden Moleküle werden als Enantiomere (Bild und Spiegelbild) bezeichnet (siehe Abb. 1). In der Natur kommen überwiegend L-Aminosäuren (linksdrehend) vor (siehe Abb. 2).

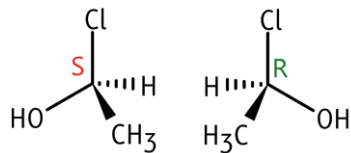


Abb. 1: Bild und Spiegelbild (K. Bossert)

Zur Beschreibung der Chiralität, also ob das Molekül links- oder rechtsdrehend ist, wird folgendermaßen herangegangen:

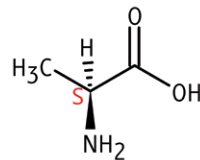


Abb. 2: L-Alanin (K. Bossert)

- I. **Identifizieren** Sie die Chiralitätszentren des Moleküls (es können mehrere vorhanden sein).
- II. **Priorisieren** Sie die vier Substituenten nach ihrer Ordnungszahl. Dabei wird nur das Atom betrachtet, das direkt an das Stereozentrum gebunden ist. Priorität hat die höchste Ordnungszahl, Priorität 2 die zweithöchste usw.

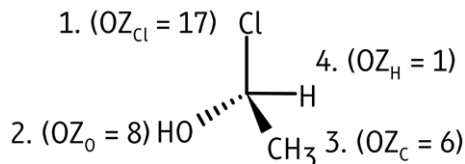


Abb. 3: Priorisierung der Substituenten (K. Bossert)

- III. Sind mindestens zwei Atome, die an das Zentralatom gebunden sind, gleich, so wird das nächste Atom in der Reihe betrachtet und nach 2. geordnet. Im Beispiel sind die beiden rot markierten Substituenten am Zentralatom gleich (C-Atom). Deshalb wird das nächste Atom in der Reihe betrachtet und danach priorisiert. Somit hat -CN eine höhere Priorisierung als -CH_3 .

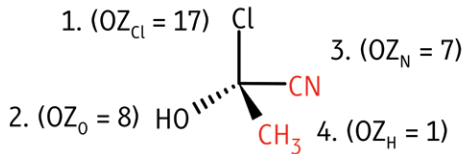


Abb. 4: Priorisierung, wenn zwei Substituenten gleich sind (K. Bossert)

- IV. Nun muss das Molekül so gedreht werden, dass der Substituent mit der niedrigsten Priorität hinter die Bildebene gestellt wird.

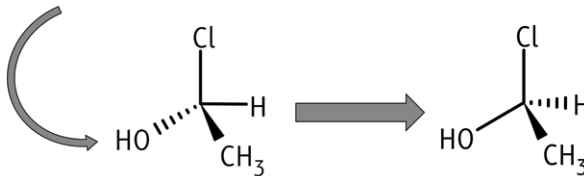


Abb. 5: Drehung des Moleküls (K. Bossert)

- V. Anschließend wird kreisförmig um das Zentrum gezählt. Beginnend vom Substituenten mit der Priorität 1 bis zum Substituenten mit der Priorität 3. Läuft diese Kreisbewegung rechtsherum (Uhrzeigersinn), so liegt eine R-Konfiguration (D-Aminosäure) vor, verläuft sie linksherum (Gegenuhrzeigersinn) handelt es sich um eine S-Konfiguration (L-Aminosäure).

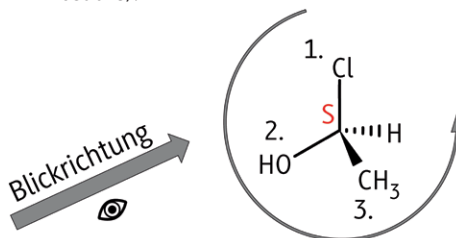


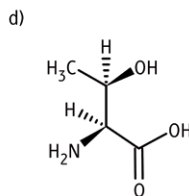
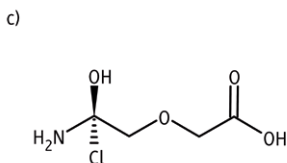
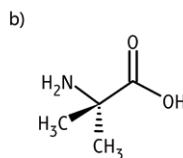
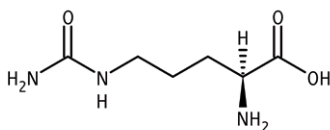
Abb. 6: Blickrichtung und kreisförmiges abzählen (K. Bossert)



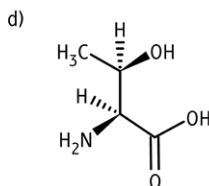
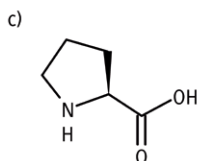
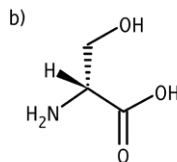
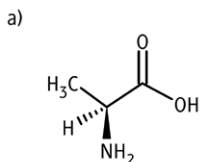
Hinweis: Die R,S-Nomenklatur für die Konfiguration von Molekülen mit einem Stereozentrum wurde von den Chemikern Cahn, Ingold und Prelog eingeführt. Verläuft die Kreisbewegung in Schritt V im Uhrzeigersinn (rechts herum), so wird die Konfiguration mit R (von lat. rectus = rechts) bezeichnet. Verläuft sie gegen den Uhrzeigersinn (links herum) mit S (lat. sinister = links). Die Bezeichnung L- und D-Aminosäuren stammt vom deutschen Chemiker Emil Fischer. Dieser gab rechtsdrehenden Aminosäuren das Präfix R- (von dexter = rechts) und linksdrehenden L- (von laevus = links).

Aufgaben

1. Welche Aminosäure ist nicht chiral? Begründen Sie Ihre Antwort.
2. Geben Sie an, ob folgende Moleküle Aminosäuren sind, und markieren Sie die Stereozentren. a)



3. Bestimmen Sie die Konfiguration der Stereozentren folgender Aminosäuren.



Lösungen

Lösungen (M 1)

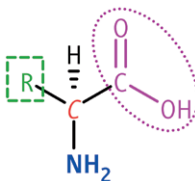
1. **Proteinogene Aminosäuren:** Als proteinogene Aminosäuren werden Aminosäuren bezeichnet, die Bestandteil der Körperproteine sind. Sie sind demzufolge lebensnotwendig und die kleinsten Einheiten von Enzymen, Hormonen und anderen Proteinen. Beispiel: Alanin, Glycin, Valin, Serin, Cystein etc.

Essenzielle Aminosäuren: Einige dieser proteinogenen Aminosäuren können nicht vom Körper selbst produziert werden und müssen über die Nahrung aufgenommen werden. Die acht essenziellen Aminosäuren sind: Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan und Valin.

2. Valin fungiert zusammen mit Leucin und Isoleucin als wichtiger Energielieferant für die Muskelzellen. Außerdem ist Valin ein wichtiger Botenstoff für das Nervensystem. Die Aminosäure kann über Erbsen, Hühnerfleisch, Käse und Vollkornprodukte aufgenommen werden. Beim Heranwachsen oder während einer Genesung übersteigt der Argininbedarf des Körpers die benötigte Menge. Deshalb muss Arginin zusätzlich über die Nahrung aufgenommen werden. Kürbiskerne, Erdnüsse und Mandeln haben einen hohen Arginin Gehalt und eignen sich besonders gut als Aminosäurenquelle.
3. Siehe Learning-App

Lösungen (M 2)

1. Reihenfolge der Lückenwörter:
Verbindung – Kohlenstoffatom – proteinogenen – Seitenkette – funktionellen – sauer – Glycin – Molekül – negativ – Proton – aufnehmen – Carboxylgruppe – Elektronenpaar – deprotoniert – positiv – Aminosäure – Anion – isoelektrischer
2. Eine α -Aminosäure zeichnet sich dadurch aus, dass an einem zentralen C-Atom (rot) vier Substituenten gebunden sind, eine Carboxylgruppe ($-\text{COOH}$, rosa), eine Amino-
gruppe ($-\text{NH}_2$, blau), ein Wasserstoffatom ($-\text{H}$, schwarz) und eine Seitenkette ($-\text{R}$, grün).

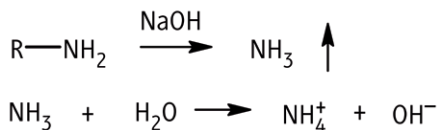


3. Arginin, Lysin und Histidin besitzen in ihren Seitenketten einen Protonenakzeptor. Dadurch kann die Seitenkette in wässriger Lösung protoniert werden und positiv geladen sein. Lysin hat eine weitere Aminogruppe, die ein Proton aufnehmen kann. Arginin könnte theoretisch drei Protonen aufnehmen (zwei Aminogruppen und ein weiteres N-Atom mit freiem Elektronenpaar). Jedoch ist dies unwahrscheinlich, da die Seitenkette nach Aufnahme des ersten Protons bereits positiv geladen ist und weitere Protonen elektrisch abstoßen würde. Histidin hat zwar keine Aminogruppe, aber ein N-Atom mit einem freien Elektronenpaar, sodass noch ein Proton aufgenommen werden kann.
4. Siehe Learning-App
5. Cystein und Methionin enthalten beide ein Schwefelatom. Beim Abbau von Proteinen durch Mikroorganismen kann Schwefelwasserstoff aus diesen schwefelhaltigen Aminosäuren entstehen.

Lehrerversuch: Strukturanalyse von Aminosäuren

1. Nach Zugabe von Natriumhydroxid und Erhitzen über der Bunsenbrennerflamme entsteht ein weißer Dampf, der das Indikatorpapier darüber blaviolett färbt.
2. Natriumhydroxid reagiert mit der Aminogruppe der Aminosäure unter Bildung von Ammoniakgas. Dieses alkalische Gas färbt das Indikatorpapier. Somit ist das Vorhandensein einer Aminogruppe nachgewiesen.

3.



Lösungen (M 3)

Schülerversuch: Löslichkeit abhängig von der Seitenkette R

1.

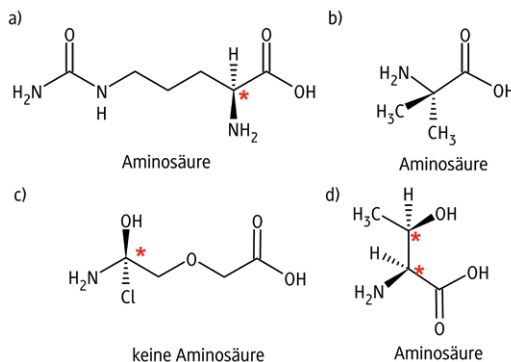
Aminosäure	Anzahl der Spatel
Glycin	10
Phenylalanin	2

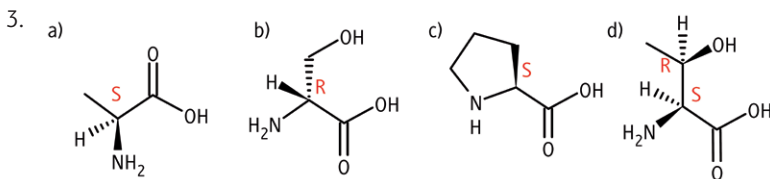
2. Die Struktur der beiden Aminosäuren unterscheidet sich lediglich in der Seitenkette. Glycin hat nur ein Wasserstoffatom. Die Löslichkeit wird durch die Carboxylgruppe und die Aminogruppe geprägt. Die Phenylreste im Phenylalanin bilden bevorzugt Van-der-Waals-Wechselwirkungen aus, deshalb kommt es nur zu sehr schwachen Wechselwirkungen mit Wasser. Die Seitenkette hat also einen Effekt auf die Löslichkeit einer Aminosäure.
3. Leucin besitzt eine -Isobutylgruppe als Seitenkette und kann deshalb nur Van-der-Waals-Wechselwirkungen ausbilden. Aus diesem Grund wird Leucin eine ähnlich schlechte Löslichkeit wie Phenylalanin besitzen. Serin dagegen enthält eine polare Hydroxylgruppe. Diese kann Wasserstoffbrücken mit den Wassermolekülen ausbilden und ist deshalb gut wasserlöslich.

Lösungen (M 4)

1. Glycin ist die einzige proteinogene Aminosäure, die kein Stereozentrum besitzt, da die Seitenkette aus lediglich einem Wasserstoffatom besteht. Somit sind am zentralen α -Kohlenstoffatom nur drei verschiedene Substituenten gebunden.

2.

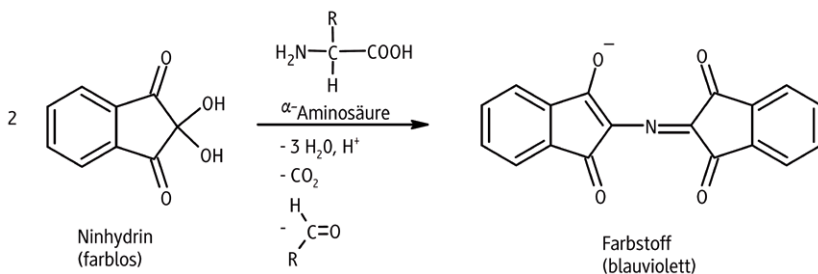




Lösungen (M 5)

Schülerversuch: Aminosäuren-Nachweisreaktion mit Ninhydrin

- Nach Zugabe von Ninhydrin-Reagenz und anschließendem Erwärmen entwickelt sich eine blauviolette bis rotbraune Färbung der Lösung. Aminosäuren reagieren mit Ninhydrin unter Bildung eines Farbstoffes. Die Aminosäure wird dabei unter Decarboxylierung zu einem um ein C-Atom kleineren Aldehyd oxidiert.



- Größe, Acidität/Basizität, Polarität, Aromatizität, Fähigkeit zu Wasserstoffbrückenbindungen