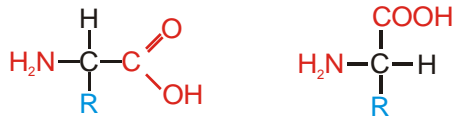


# Aminosäuren

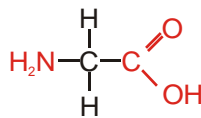
## 1. Textentwurf

### Allgemeine Formel der Aminosäuren

Aminosäuren sind die Grundbestandteile der Proteine. Neben der COOH-Gruppe<sup>1</sup> enthalten sie als charakteristisches Merkmal die Aminogruppe NH<sub>2</sub>. Zwei mögliche Schreibweisen ihrer allgemeinen Formel:



R steht für einen organischen Rest oder ein H-Atom.<sup>2</sup> In diesem Falle haben wir es mit einer der einfachsten Aminosäuren zu tun, dem Glycin (auch Glykoll oder Glykokoll genannt, systematisch Aminoessigsäure).

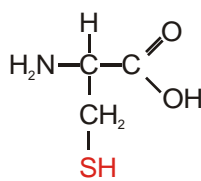


Glycin, *Gly*

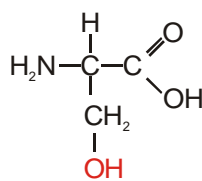
Die Aminosäuren tragen „laborübliche“ Abkürzungen, so stehen z. B. *Gly* für Glycin oder *Phe* für Phenylalanin.

### Funktionelle Gruppen in Aminosäuren

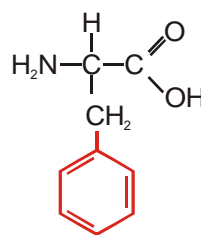
In Aminosäuren vorkommende funktionelle Gruppen können z. B. die Hydroxylgruppe (OH), die Thiolgruppe<sup>3</sup> (SH) oder ein Ring sein, wobei letzterer aromatisch oder heterozyklisch sein kann:



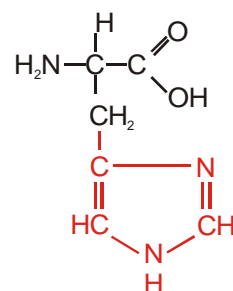
Cystein, *Cys*



Serin, *Ser*



Phenylalanin, *Phe*



Histidin, *His*

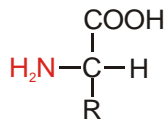
<sup>1</sup> Man kann Aminosäuren, wie der Name schon sagt, auch als Derivate der Carbonsäuren betrachten. So kommt z. B. der systematische Name der Aminoessigsäure zustande: eine Essigsäure, in der ein H-Atom durch eine Aminogruppe substituiert ist.

<sup>2</sup> Die Aminogruppe hängt bei den natürlich vorkommenden Aminosäuren an dem der COOH-Gruppe nächststehenden C-Atom, dem  $\alpha$ -C-Atom. Man spricht daher auch von  $\alpha$ -Aminosäuren.

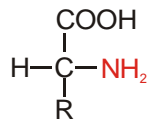
<sup>3</sup> Auch Sulfhydryl- oder Mercaptogruppe genannt.

## D- und L-Form von Aminosäuren

Von jeder Aminosäure (mit Ausnahme des Glycins) existieren zwei verschiedene Formen, die sich in der Anordnung der Aminogruppe spiegelbildlich zueinander verhalten.



L-Aminosäure

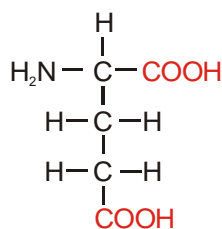
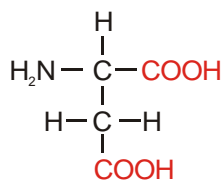


D-Aminosäure

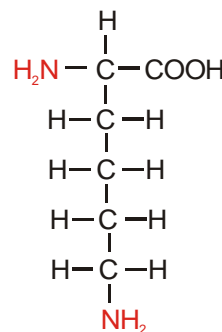
Zeigt in der hier dargestellten Strukturformel (Fischer-Projektion)<sup>4</sup> die Aminogruppe nach links, so liegt die L-Form (*laevus*) vor. Zeigt sie nach rechts, handelt es sich um die D-Form (*dexter*). Die natürlich vorkommenden Aminosäuren sind fast alle L-Aminosäuren.

## Monoaminodicarbonsäuren, Diaminomonocarbonsäuren

Es gibt Aminosäuren, die eine zweite Carboxylgruppe besitzen, und solche, die eine zweite Aminogruppe besitzen: die Monoaminodicarbonsäuren und die Diaminomonocarbonsäuren.



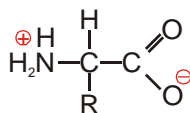
Zwei Monoaminodicarbonsäuren:  
Asparaginsäure (Asp) und Glutaminsäure (Glu)



Eine Diaminomonocarbonsäure: Lysin (*Lys*)

## Die Zwitterionenstruktur der Aminosäuren

Da von der Carboxylgruppe Wasserstoff-Ionen abdissoziieren können, sich aber auch welche an der Aminogruppe anlagern können, hat das Aminosäuremolekül sowohl Säure- als auch Basencharakter. Durch einen Protonenübergang innerhalb des Moleküls trägt es sowohl eine  $\text{COO}^-$ -Anionengruppe als auch eine  $\text{H}_3\text{N}^+$ -Kationengruppe. Ein solches Molekül mit zwei entgegengesetzten Ladungen nennt man ein *Zwitterion*.

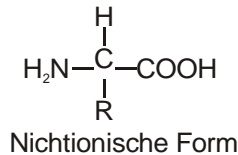


Allerdings liegt in wässriger Lösung diese Zwitterionenstruktur nur bei einem bestimmten pH vor. Wird die Lösung nämlich saurer, wird aus der  $\text{COO}^-$ -Anionengruppe wieder  $\text{COOH}$ , während die Aminogruppe nach wie vor eine positive Ladung trägt; das Molekül liegt also in kationischer

<sup>4</sup> Die frei drehbaren Endgruppen R und COOH schreibt man immer in die gleiche Richtung.

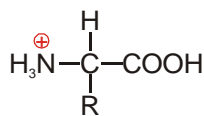
Form vor. Wird die Lösung basischer, dissoziieren von der  $\text{H}_3\text{N}^+$ -Kationgruppe Protonen ab, die sich mit den Hydroxyl-Ionen der Lauge zu Wasser verbinden; die  $\text{COO}^-$ -Aniongruppe bleibt davon unberührt, so daß das Molekül in anionischer Form vorliegt.

Der Wert, bei dem die zwitterionische Form vorliegt, liegt bei den meisten Aminosäuren um pH 6 und heißt *isoelektrischer Punkt*.<sup>5</sup> Wird bei einer elektrophoretischen Aminosäuretrennung der isoelektrische Punkt  $\text{pH}_I$  erreicht, wandert das als Zwitterion vorliegende Molekül im elektrischen Feld nicht mehr weiter.

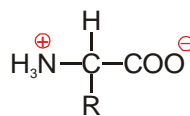


Sauer:  $\text{H}^+$ -Ionen können sich an  $\text{COO}^-$  anlagern

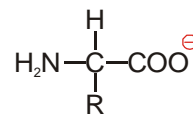
Basisch:  $\text{OH}^-$ -Ionen nehmen ein Proton vom  $\text{NH}_3^+$  auf



Kationische Form



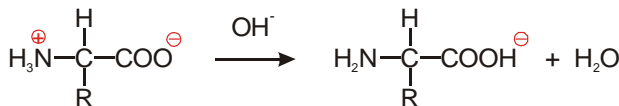
Zwitterion



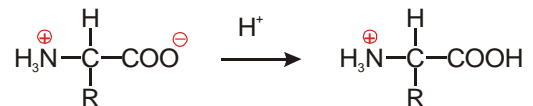
Anionische Form

## Die Pufferwirkung von Aminosäuren

Aufgrund der Zwitterionenstruktur wirken Aminosäuren als Puffersubstanzen. Wird zu einer wässrigen Aminosäurelösung Säure zugegeben, kann die  $\text{COO}^-$ -Aniongruppe diese abfangen und der pH bleibt erhalten. Fügt man hingegen eine Lauge (z. B.  $\text{NaOH}$ ) hinzu, die  $\text{OH}^-$ -Ionen freisetzt, so dissoziieren von der  $\text{H}_3\text{N}^+$ -Kationgruppe Wasserstoff-Ionen ab, die sich mit den Hydroxyl-Ionen zu Wasser verbinden; auch in diesem Fall bleibt der pH stabil.



Hinzugefügte Hydroxyl-Ionen verbinden sich mit dem Proton der  $\text{NH}_3^+$ -Gruppe zu Wasser

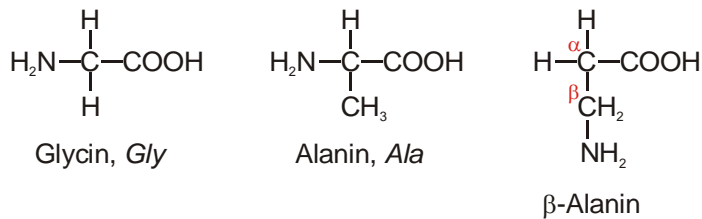


Hinzugefügte Wasserstoff-Ionen werden von der  $\text{COO}^-$ -Gruppe abgefangen

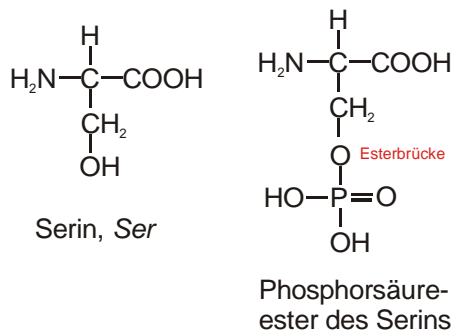
## Wichtige Aminosäuren und ihre Funktion

Anfangs wurde schon das Glycin erwähnt, auch Glykoll, mit systematischem Namen Aminoessigsäure. Es ist Bestandteil fast aller Proteine, im Kollagen beträgt sein Anteil 25 bis 30 %. Eine ebenfalls einfache, aber wichtige Aminosäure ist das Alanin,  $\alpha$ -Aminopropansäure. Eine Besonderheit des Alanins ist, daß es im Organismus auch seiner  $\beta$ -Form vorkommt, bei der die Methylgruppe am  $\beta$ -C-Atom hängt.  $\beta$ -Alanin ist Bestandteil des Vitamins  $\text{B}_5$ , der Panthotensäure.

<sup>5</sup> Bei Aminosäuren mit mehreren Amino- oder Carboxylgruppen liegt der isoelektrische Punkt weiter im basischen bzw. sauren Bereich.

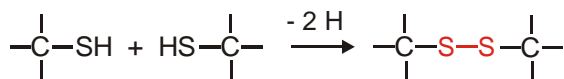


Ein Derivat des Alanins ist das in den meisten Proteinen vorkommende Serin ( $\alpha$ -Amino- $\beta$ -hydroxypropansäure), es enthält eine OH-Gruppe. Diese ist häufig mit Phosphorsäure verestert.

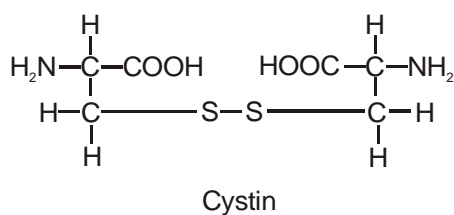


Ein weiteres wichtiges Derivat des Alanins enthält eine SH-Gruppe: es ist das Cystein ( $\alpha$ -Amino- $\beta$ -mercaptopropansäure), das reichlich in der Haut, in den Haaren und Hornsubstanzen vorkommt.

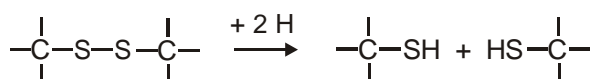
Durch eine enzymatische Reaktion können zwei Cysteinmoleküle an ihren SH-Gruppen miteinander reagieren, unter Abspaltung von 2 H-Atomen bildet sich eine S-S-Brücke, eine *Disulfidbrücke* aus.



Das so aus Cystein entstandene Molekül heißt Cystin. Diese Disulfidbrücken sind in fast allen Proteinen zu finden, wo sie zur Stabilisierung der dreidimensionalen Struktur (Tertiärstruktur des Proteins) beitragen oder Aminosäureketten miteinander verbinden.

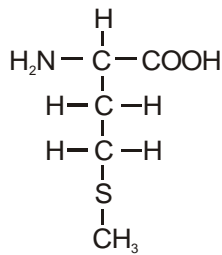


Ebenso existieren enzymatische Reaktionen, die unter Wasserstoffanlagerung eine Disulfidbrücke spalten können.



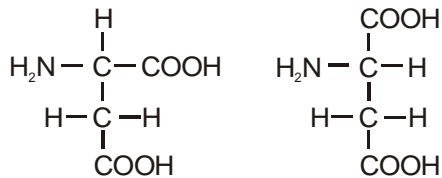
Auch Röntgen- oder  $\gamma$ -Strahlung können die Schwefelbrücke zerstören. Wird dem Patienten Cystein verabreicht, können sich neue Brücken ausbilden, die die zerstörten ersetzen.

Auch die Aminosäure Methionin ist schwefelhaltig. Methionin ( $\alpha$ -Amino- $\gamma$ -methylmercaptobutansäure) wirkt als Methylgruppendonator und dient u. a. der Synthese weiterer körpereigener Stoffe.



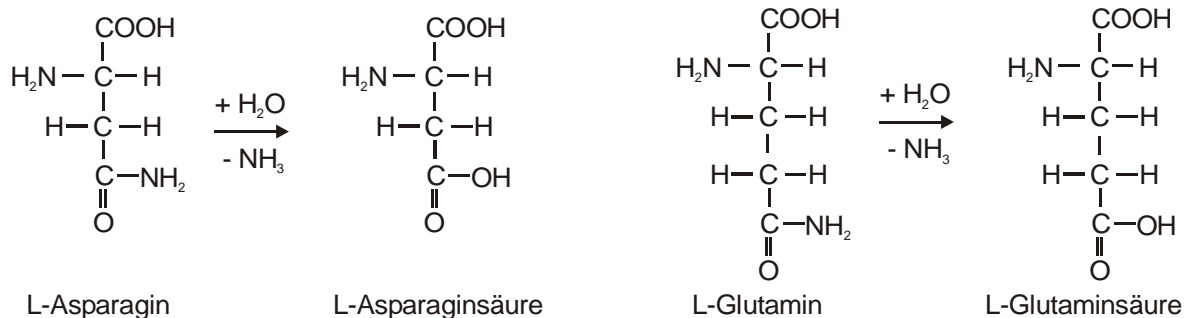
Methionin, *Met*

Als Beispiel für eine Aminosäure mit zwei Carboxylgruppen, eine *saure Aminosäure*, wurde schon die Asparaginsäure erwähnt.



Zwei Schreibweisen für die Asparaginsäure

Von Aminosäuren existieren auch Amide. Asparaginsäure z. B. erhält man durch Hydrolyse<sup>6</sup> ihres Amids Asparagin, das Erbsenkeimlingen und im Spargel (*asparagus*) vorkommt. Das Amid der Glutaminsäure ist das Glutamin, das im Muskelprotein und im Klebereiweiß des Getreides vorkommt.



L-Asparagin

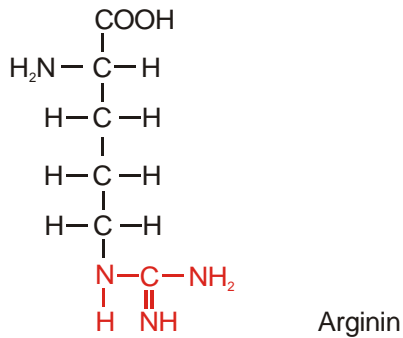
L-Asparaginsäure

L-Glutamin

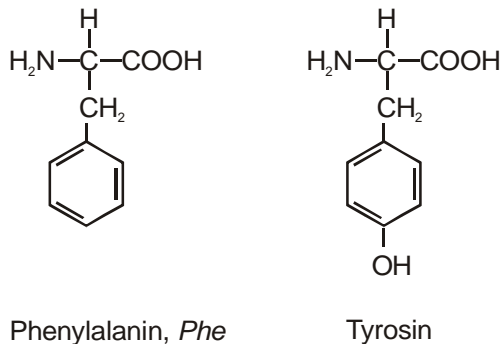
L-Glutaminsäure

Typischer Vertreter der basischen Aminosäuren ist das in allen Proteinen vorkommende Arginin, das eine zentrale Rolle im Harnstoff-Stoffwechsel spielt.

<sup>6</sup> *Hydrolyse* bezeichnet im Allgemeinen die Auftrennung einer chemischen Verbindung durch die Reaktion mit Wasser.



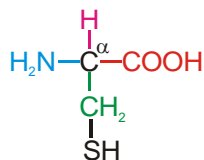
Ebenfalls in allen Proteinen vertreten ist das schon erwähnte Phenylalanin, das im Organismus zu Tyrosin umgewandelt wird. Ist diese enzymatische Reaktion gestört, tritt die mit schweren geistigen Schäden verbundene Phenylketonurie (PKU) auf. Dabei wird das überschüssige Phenylalanin mit dem Urin ausgeschieden, was sich in einen typischen aceton-ähnlichen Geruch äußert.



Einige Aminosäuren werden im Organismus synthetisiert, andere müssen mit der Nahrung aufgenommen werden. Letztere bezeichnet man als *essentielle Aminosäuren*, beim Menschen sind es acht. (Siehe Anhang)

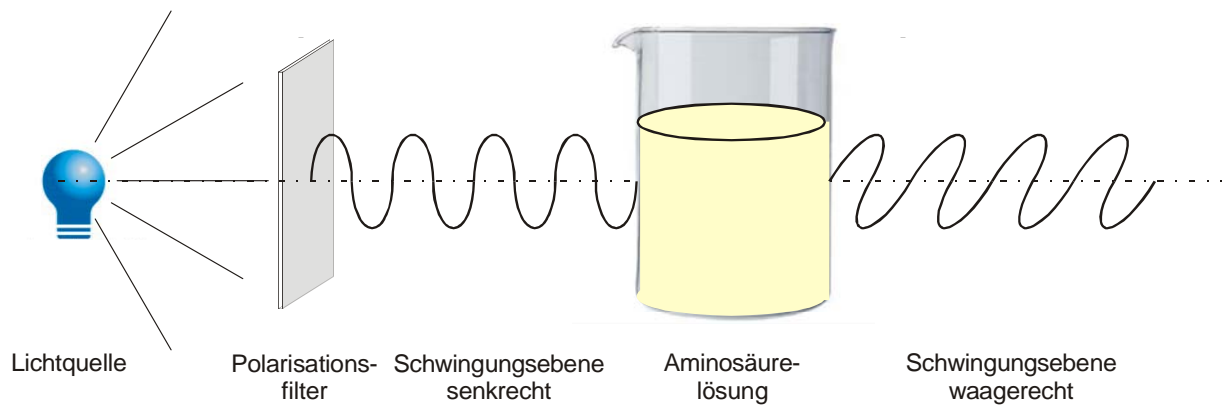
### Optische Aktivität von Aminosäuren

Ein Merkmal der Aminosäuren ist, daß sie ein asymmetrisches C-Atom enthalten. Darunter versteht man ein C-Atom, an dem vier verschiedene Gruppen gebunden sind.



Das  $\alpha$ -C-Atom des Cysteins  
ist asymmetrisch

Verbindungen mit asymmetrischen C-Atomen sind optisch aktiv, sie drehen die Ebene linear polarisierten Lichts.



Aminosäuren, die die Ebene des linear polarisierten Lichts nach links drehen, erhalten vor dem Namen ein  $-$ . Aminosäuren, die die Ebene des linear polarisierten Lichts nach rechts drehen, erhalten vor dem Namen ein  $+$ . (Dies hat jedoch nichts mit den D- und L-Formen zu tun!)