



<p>Proteinabbau durch Destruenten und -aufbau durch Produzenten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • mineralisches $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ zu organischer Substanz (Aminosäure) • und andersrum AMMONIFIKATION 	<ul style="list-style-type: none"> • Wie bauen Pflanzen aus mineralischem Ammonium Proteine (org. Substanz) auf? Kurze Darstellung des Synthesewegs mit entsprechendem/ -den Enzym/en • Wie werden Proteine zu mineralischen Stickstoffverbindungen (wie $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$)? Kurze Darstellung des Abbauwegs mit entsprechendem/ -den Enzym/en • Beispielorganismus eines Destruenten • Auch Abbau von Harnstoff durch Harnbakterien interessant, aber keine Pflicht (Wer macht den typischen Klogestank?) • Bezug zum Ökosystem/ Stickstoffkreislauf Linder Grafik S. 101
--	---	--

1. Destruenten – Abbau von Proteinen/ Freisetzung von NH_4^+ aus Aminosäuren

14. Abbau von Naturstoffen

Obwohl die Grünen Pflanzen seit vielen Millionen Jahren aus Kohlendioxid organische Verbindungen synthetisieren, hat sich keine dieser Substanzen in nennenswertem Maße angereichert. Lediglich ein geringer Bruchteil ist in Form der stark reduzierten Kohlenstoff-Verbindungen wie Erdöl, -gas und Kohle unter Luftabschluss erhalten geblieben. Unter aeroben Bedingungen sind alle biosynthetisch entstandenen Verbindungen abbaubar. Für jede auch noch so komplizierte Verbindung existiert ein Mikroorganismus, der zu ihrem teilweisen oder vollständigen Abbau befähigt ist; die entstandenen Bruchstücke werden von anderen Arten verarbeitet; in ihrer Gesamtheit erscheinen die Mikroorganismen daher „Prinzip der mikrobiellen Unfehlbarkeit“. Neuerdings ist eine Einschränkung dieses Prinzips notwendig. Manche der vom Menschen erdachten und synthetisierten niedermolekularen Verbindungen (einige Pflanzenschutzmittel, Detergenzien) und hochpolymeren Kunststoffe widerstehen dem mikrobiellen Abbau, soweit sich solche Aussagen bereits nach mehrjährigen Beobachtungen und Versuchen machen lassen.

Die Kenntnis der Mikroorganismen, die einzelne Naturstoffe angreifen, abbauen und umsetzen, gründet sich vorwiegend auf Versuche mit Anreicherungskulturen. Einfache Grundnährlösungen mit dem zu prüfenden Naturstoff als Energiequelle ermöglichen nur Mikroorganismen mit relativ einfachen Nährstoffansprüchen Wachstum; in flüssigen Anreicherungskulturen setzen sich außerdem nur die unter den gegebenen Bedingungen am schnellsten wachsenden Organismen durch. Es ist daher durchaus in Zweifel zu stellen, ob diese Formen als typische Repräsentanten derjenigen Organismen anzusehen sind, die den fraglichen Abbauvorgang in der Natur bewältigen. Viele Organismen mit anderen wachstumsphysiologischen Eigenschaften werden dabei unerkannt geblieben sein. Unsere Kenntnisse vom Abbau der Naturstoffe sind noch lückenhaft, und die biochemische Analyse der Abbauewege hat gerade erst begonnen.

Abb. 14.14 Schematische Darstellung des Proteinabbaus außerhalb und innerhalb der Bakterienzelle und die weiteren Möglichkeiten der Umsetzung von Aminosäuren

Der Proteinabbau im Boden wird von einer Ammoniumbildung begleitet. Man spricht daher von der Mineralisation des Stickstoffs oder **Ammonifikation**. Am Eiweißabbau sind zahlreiche Pilze und Bakterien beteiligt, darunter *Bacillus cereus* var. *mycoides*, Pseudomonaden, *Proteus vulgaris* u. a.

Die erste an einer Aminosäure angreifende Abbaureaktion kann eine **Decarboxylierung** oder eine **Desaminierung** sein. Die **Decarboxylasen** werden vorwiegend im sauren pH-Bereich gebildet. Die Decarboxylierungsprodukte der Aminosäuren sind Kohlendioxid und primäre Amine (biogene Amine). Die bekanntesten, früher als Ptomaine oder Leichengifte beschriebenen Basen sind Cadaverin, Putrescin und Agmatin; sie entstehen aus Lysin, Ornithin bzw. Arginin. Die primären Amine treten bei der normalen Darmfäulnis und anderen anaeroben Zersetzungsprozessen eiweißhaltiger Stoffe auf.

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_4-\text{CHNH}_2-\text{COOH} &\longrightarrow \text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_2\text{NH}_2 + \text{CO}_2 \\ \text{Lysin} &\hspace{10em} \text{Cadaverin} \\ \text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_3-\text{CHNH}_2-\text{COOH} &\longrightarrow \text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_2\text{NH}_2 + \text{CO}_2 \\ \text{Ornithin} &\hspace{10em} \text{Putrescin} \\ \begin{array}{c} \text{HN} \\ \diagup \\ \text{C}=\text{NH}-(\text{CH}_2)_3-\text{CHNH}_2-\text{COOH} \\ \diagdown \\ \text{H}_2\text{N} \end{array} &\longrightarrow \begin{array}{c} \text{HN} \\ \diagup \\ \text{C}=\text{NH}-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_2\text{NH}_2 \\ \diagdown \\ \text{H}_2\text{N} \end{array} + \text{CO}_2 \\ \text{Arginin} &\hspace{10em} \text{Agmatin} \end{aligned}$$

Unter Desaminierung versteht man die Abspaltung von Ammonium aus einer Aminosäure. Je nach dem Schicksal des Kohlenstoffgerüsts unterscheidet man die oxidative, die desaturative und die hydrolytische Desaminierung.

Decarboxylierung = Abspaltung einer CO_2 -Gruppe (ähnelte der Carboxy-Gruppe $-\text{COOH}$)

Desaminierung = folgedessen die Abspaltung einer Aminogruppe ($-\text{NH}_2$)

14.12 Proteine

Der organisch gebundene Stickstoff liegt überwiegend in Form von Proteinen vor. Wie andere hochmolekulare Substanzen werden auch Proteine zunächst außerhalb der Zelle durch Exoenzyme in permeable Spaltstücke zerlegt. Die **Proteasen** hydrolysieren die Proteine zu Polypeptiden, Oligopeptiden und Aminosäuren. Diese werden von den Zellen aufgenommen und durch intrazelluläre Proteasen bis zu den Aminosäuren abgebaut; letztere dienen der Zelle entweder als solche zur Proteinsynthese, oder sie werden auf speziellen Stoffwechselwegen schließlich desaminiert und in den Intermediärstoffwechsel eingeschleust (Abb. 14.14).

Halbverdaute Proteine wurden als Peptone bezeichnet. Die schlecht definierte Bezeichnung hat sich lediglich für das als Bakteriennährboden verwendete Pepton erhalten, das durch Behandlung von Proteinen mit Pepsin hergestellt wird und in dem ein Teil der Peptidbindungen gespalten ist. Es besteht zu etwa 30% (*w*) aus freien Aminosäuren; der Rest enthält Di- und Tripeptide sowie wasserlösliche, nicht mehr durch Hitze oder Säure fällbare Polypeptide.



2. Pflanzen – Aufbau von Aminosäuren aus mineralischen Stickstoffverbindungen

12.1 Stickstoffhaushalt

Da der Stickstoff, wie soeben erwähnt, Bestandteil zahlreicher Biomoleküle ist, andererseits aber manche Böden verhältnismäßig stickstoffarm sind, befindet er sich häufig im Minimum und ist damit für das Wachstum der begrenzende Faktor. Ähnlich wie beim Kohlenstoff können wir auch im Falle der Stickstoffernährung autotrophe und heterotrophe Organismen unterscheiden. Erstere vermögen anorganisch gebundenen oder sogar elementaren Stickstoff zu verwerten, während die heterotrophen Lebewesen, zu denen neben zahlreichen Mikroorganismen auch Pilze, Tiere und der Mensch gehören, auf organisch gebundenen Stickstoff angewiesen sind, wobei Proteine bzw. Aminosäuren die wichtigsten Stickstoffquellen sind.

12.1.1 Stickstoffquellen

Schon bei der Besprechung der Ionenaufnahme wurde darauf hingewiesen, daß die grünen Pflanzen nicht nur kohlenstoffautotroph, sondern normalerweise auch stickstoffautotroph sind. Sie nehmen ihn, bevorzugt in Form des NO_3^- -Ions, aus dem Boden auf, der somit die wichtigste, meist sogar einzige Stickstoffquelle der höheren Pflanze ist. In der Regel ist NO_3^- durch NH_4^+ ersetzbar, doch bereitet die fortgesetzte Aufnahme von NH_4^+ vielen höheren Pflanzen wegen der dadurch bedingten Ansäuerung des Bodens Schwierigkeiten. Da der Stickstoff in den meisten Böden nur in relativ geringer Menge enthalten ist, müssen landwirtschaftlich intensiv genutzte Flächen regelmäßig gedüngt werden. Demgegenüber sind die dem Boden durch Regen zugeführten, aus elektrischen Entladungen in der Atmosphäre stammenden Mengen von Stickstoffoxiden gering zu veranschlagen.

12.1.2.3 Einbau des reduzierten Stickstoffs in organische Kohlenstoffverbindungen

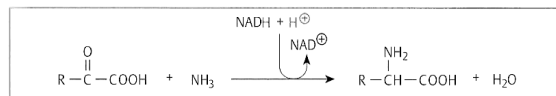
Ammoniak NH_3 löst sich in Wasser zu NH_4OH , das z.T. in NH_4^+ und OH^- dissoziiert. Wir können daher davon ausgehen, daß es in der Zelle als Ammonium-Ion in organische Kohlenstoffverbindungen eingebaut wird. Formalchemisch ist es jedoch unwesentlich, ob wir in die Gleichungen NH_4^+ oder NH_3 einsetzen.

Der weitaus überwiegende Teil des reduzierten Stickstoffs wird über die Aminosäuren eingeschleust. Je nachdem, um welche Aminosäure es sich handelt, sind die Synthesewege allerdings verschieden und laufen häufig über zahlreiche Zwischenstufen, die zu verfolgen hier nicht unsere Aufgabe ist. Wir wollen uns des-

halb auf die Besprechung einiger einfacher Beispiele beschränken. Im übrigen sei auf die Lehrbücher der Biochemie bzw. der Pflanzenphysiologie verwiesen.

Synthese der Aminosäuren: Im Gegensatz zu den Tieren, die nur einen Teil der benötigten Aminosäuren selbst synthetisieren können und die übrigen, sogenannten essentiellen, mit der Nahrung aufnehmen müssen, sind die Pflanzen normalerweise zur Synthese aller proteinogenen Aminosäuren befähigt. Sie können darüber hinaus sogar noch weitere Aminosäuren herstellen, die nicht als Bestandteile von Proteinen Verwendung finden.

- Ein Weg des NH_4^+ -Einbaus ist die **reduktive Aminierung** von 2-Oxosäuren (= α -Ketosäuren). Hierbei wird unter Reduktion durch $\text{NADH} + \text{H}^+$ Ammoniak angelagert, wodurch die entsprechende Aminosäure und Wasser entstehen.



Auf diese Weise wird von den höheren Pflanzen Glutaminsäure aus 2-Oxoglutarinsäure (= α -Ketoglutarinsäure), die im Citronensäurezyklus gebildet wird, synthetisiert. Das wirksame Enzym ist die Glutamat-Dehydrogenase. Ein alternativer Weg wird durch die Glutamat-Synthase katalysiert. Durch sie wird die Amido-Gruppe des Glutamins auf das 2-Oxoglutarat übertragen, wobei Ferredoxin bzw. $\text{NADPH} + \text{H}^+$ als Wasserstoffdonatoren dienen. Als Reaktionsprodukt entstehen zwei Moleküle Glutaminsäure.

- Andere 2-Oxosäuren werden nicht reduktiv aminiert, sondern durch **Transaminierung**. Hierunter versteht man die Übertragung einer NH_2 -Gruppe von einer Aminosäure auf eine 2-Oxosäure, wobei in der Regel die Glutaminsäure als Aminogruppendonor dient, wie im folgenden Beispiel für Brenztraubensäure und Alanin dargestellt.

