

# Aminosäuren und Peptide für die Pflanzenstärkung

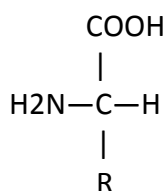
von Dr. Helmut Wolf, Protan AG

1. Einführung
2. Prinzipien der Pflanzenstärkung durch Blattanwendung von L-Aminosäuren
3. Wirtschaftlichkeit der Blattanwendung von L-Aminosäuren
4. Zusammenfassung

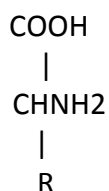
## 1. Einführung

In der natürlichen Zusammensetzung der lebenden Zellen von Tieren und Pflanzen haben Proteine eine besondere Wichtigkeit. Sie sind die Hauptbestandteile von Tier- und Menschennahrung, zusammen mit den Kohlenhydraten und Fettsäuren. Die Proteine sind hiermit nicht nur eine Quelle der Energie, sondern sie haben auch besondere Funktionen wie z.B. als Hormone oder Enzyme. Diese Funktionen der Proteine hängen von ihrer primären, sekundären, und tertiären Struktur ab.

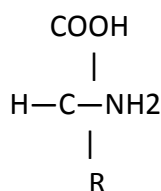
Alle Proteine sind hochmolekulare Verbindungen mit mehr als 100 verschiedenen Aminosäuren als Grundbausteine. Es sind ca. 20 natürliche Aminosäuren als Grundbausteine bekannt, siehe Tabelle 1. Die Aminosäuren, aus denen alle natürlichen Proteine bestehen, enthalten eine Alpha-Aminogruppe zur Carboxylgruppe und sind deshalb optisch aktiv, mit der folgenden generellen Struktur:



L-Aminosäuren



Hauptformel



D-Aminosäuren

Die natürliche Konfiguration sind die linksdrehenden Aminosäuren, im allgemeinen werde diese mit der Bezeichnung „L – Form“ genannt.

Peptide sind gemäß ihrer chemischen Struktur „Acetamide“ durch Kombination verschiedener Aminosäuren. Die Kombination von zwei Aminosäuren ist ein „Dipeptide“, von drei Aminosäuren ein „Tripeptide“ und so weiter. Die Proteine am Ende der Kette können auch als Peptide betrachtet werden, das Ergebnis der Kombination von Hunderten von natürlichen Aminosäuren.

Umgekehrt durch Hydrolyse der Proteinketten, können Peptidketten oder sogar einzelne Aminosäuren produziert werden.

Normalerweise entstehen Peptide durch enzymatische Hydrolyse. Um freie L-Aminosäuren zu bekommen, muss eine saure Hydrolyse eingesetzt werden. Durch Hydrolyse mit Kalk (CaO) werden Proteine und Peptide als ein Gemisch von L- und D-Aminosäuren erhalten, maximal im Verhältnis 50:50 (optische Racemisierung).

## 2. Prinzipien der Pflanzenstärkung durch Blattanwendung von L-Aminosäuren

Pflanzen brauchen L-Aminosäuren als Baustein für die Biosynthese aller Proteine und Enzyme und als Rohstoff für Transformationen in verschiedene andere essentielle Substanzen. Der "normale" industrielle Weg der L-Aminosäureversorgung zur Pflanze ist **indirekt**, und geht nur über die Wurzel: nicht organischer Stickstoff-Bodendünger (Ammonium Nitrate, Harnstoff,...) wird durch die Erde transportiert, muss von der Wurzel aufgenommen und durch enzymatische Prozesse in Aminosäuren umgewandelt werden. All diese Schritte können optimal ablaufen, wenn die Beschaffenheit von Erde, Wasser und der Pflanzen optimal sind.

Seit den siebziger Jahren wird auch die Alternative **direkter Versorgung über das Blatt mit flüssigen wasserlöslichen L-Aminosäuren** industriell genutzt. Im Gegensatz zur Bodendüngung bedarf diese Methode keiner biochemischen Umwandlung anorganischen Stickstoffes in Aminosäuren und keiner Nahrungsaufnahme durch die Wurzel. Die L-Aminosäure wird während der ersten, essentiellen Phasen der Entwicklung auf die Pflanze gesprüht: bei Beginn des Wachstums, während der Entwicklung der Wurzeln und wenn die Pflanze Blüten bildet. Die L-Aminosäuren und kurzkettige Peptide werden direkt und schnell aufgenommen und sind verantwortlich für eine wesentliche Steigerung des Pflanzenstoffwechsels, der die spätere Entwicklung und das Wachstum der Pflanze begünstigt. Diese Methode ist auch in besonderen Belastungssituationen hilfreich, bei spätem Wachstum oder bei Schädigung der Pflanzen. Belastungszustände können Faktoren wie Mangel an Erdfeuchtigkeit in heißen Gebieten einschließen, niedrige Temperaturen oder Wurzelfixierung normaler Dünger.

Die Pflanzenstärkung durch Blattanwendung sollte nicht als Alternative zur Bodendüngung betrachtet werden, vielmehr stellt Sie eine zusätzliche Möglichkeit zur Verfügung, welche die Ergebnisse konventioneller Bodendüngung unterstützt, indem benutzerfertige "endogene" Bausteine (**L-Aminosäuren**) über einer alternativen Versorgungsmethode (**durch das Blatt**) zum Einsatz kommen.

Die Penetration von L-Aminosäuren durch die Blätter (translocation) kann durch Einsatz von radioaktiven <sup>14</sup>C-Aminosäuren demonstriert werden. Diese Aminosäuren werden sehr schnell von der Pflanze aufgenommen. Ein beträchtlicher Teil der <sup>14</sup>C-Aminosäuren-Dosen wird nach wenigen Stunden (in der Form der gleichen L-Aminosäuren) oder nach Umwandlung in andere L-Aminosäuren oder Aminosäurenstoffwechselprodukte in der Pflanze gefunden. Die Geschwindigkeit mit der die L-Aminosäure absorbiert wird, hängt von der Aminosäure, von der Pflanze und von externen Faktoren ab. Normalerweise werden 15 - 20% der angewandten Aminosäuren innerhalb eines Tages von der Pflanze aufgenommen, während der Rest auf der Blattoberfläche bleibt. Die Absorbierung von Aminosäuren verzögert sich an einem bestimmten Punkt um einige Tage und setzt sich dann fort, wenn die Pflanze weiter wächst.

Wenn 14C-Glycin oder 14C-Glutaminsäure als einzelne L-Aminosäuren auf den Blättern der Bohnenpflanzen angewandt werden, wird eine abrupte Zunahme der Penetration mit einem Faktor 2 - 4 während der Fruchtbildung erzielt. Die so aufgenommene Aminosäure wird besonders in den neuen Früchten angesammelt. Abhängig von der L-Aminosäure und der Pflanze kann die Absorbierung sogar noch höher sein: zum Beispiel bei Auftragung von 14C-Glycin auf Tomatenpflanzen erzielt man in 50% der Fälle Ergebnisse von 14C-Glycin-Absorbierung nach 8 Stunden.

Penetration und Übertragung von L-Aminosäuren sind "selbstaktiviert" durch den Wachstumsprozess. Die schnelle Übertragung von L-Aminosäuren erfolgt hauptsächlich durch Transport durch den Phloem und mit wenig Beteiligung der alten Teile der Pflanze. Während und nach der Übertragung werden L-Aminosäuren umgewandelt, durch Transaminierung (Veränderung der Zusammenstellung des L-Aminosäure-Pools) und durch andere Mechanismen (z.B. hervorgerufen durch Bildung von Proteinen, Zuckern und organischen Säuren). Offensichtlich werden die meisten L-Aminosäuren sehr schnell nach der Absorbierung transaminiert (z.B. L-Glutaminsäure, Glycin, ..) während wenige L-Aminosäuren fast unverändert bleiben (z.B. L-Arginin, ..)

### 3. Wirtschaftlichkeit der Blattanwendung von L-Aminosäuren

Auf dem Markt sind viele flüssige Produkte verfügbar. Sie basieren auf hydrolysiertem organischem Material tierischen Ursprunges wie Kollagen (Haut, ...), Keratin (Federn,...) oder Blut, und pflanzlichen Ursprunges wie Weizen, Reis oder Hefeproteine. Basierend auf unterschiedliche Herstellungsprozess wie die enzymatische Hydrolyse oder die basische und saure Hydrolyse, variiert die Qualität der angebotenen Produkte in einem breiten Bereich. Hinsichtlich der Qualitätsparameter sind die folgenden Parameter bis heute spezifiziert:

- Gesamt Stickstoff: zwischen 4 und 10%
- Organischer und anorganischer Stickstoff: Werte unterscheiden sich sehr, je nach Rohmaterial und
- Prozess
- Organisches Material: zwischen 15 und 50%
- pH-Wert: zwischen 4 und 8

Die Handelspreise werden hauptsächlich von den Spezifikationskriterien, dem Wettbewerb und der länderspezifischen Zulassungskriterien beeinflusst. Bezüglich der oben spezifizierten Werte gibt es keinen unmittelbaren und direkten Zusammenhang mit der Wirksamkeit des Produktes!

Manchmal wird der Stickstoffgehalt als Vergleichsfaktor benutzt. Der organische Stickstoffgehalt wird als eine Basis benutzt um den Protein- und/oder Aminosäuregehalt zu berechnen, indem man ihn mit dem empirischen Faktor 6,25 multipliziert. Doch selbst dieser Wert ist keine Garantie für das beste Ergebnis beim Einsatz der Produkte.

Für die meisten Marktprodukte sind leider immer noch nicht die folgenden wichtigen analytischen Werte bekannt und angegeben:

- **Durchschnittliches Molekulargewicht in Dalton und/oder Gehalt von einzelnen L-Aminosäuren** analysiert mit HPLC: Die einzelne (freie) L-Aminosäure wird von Pflanzen schnell adsorbiert. Je länger die Peptidkette ist, desto niedriger ist die Absorbierungsrate, und somit der direkte Weg ins Blatt. Zu viele Peptide würden auf den Boden tropfen und würden nur als Stickstoffquelle zur Bodendüngung dienen, wo doch anorganischer Stickstoff wesentlich preiswerter ist.
- **Verhältnis zu L-Aminosäuren und D-Aminosäuren:** nur die L-Form kommt in der Natur vor. D-Aminosäuren werden durch Herstellungsprozesse produziert und sind durch die Pflanze nicht direkt nutzbar. Erst nach Konvertierung zur L-Form durch einen zusätzlichen enzymatischen Prozessschritt. Des Weiteren ist die D-Form nur als Stickstoffquelle für den Bodendüngungsbereich nutzbar.
- **Zusammensetzung der L-Aminosäuren (Aminogramm):** je nach Art der Pflanze ist der L-Aminosäurepool wichtig für die Blattaufnahme. Zum Beispiel ist L-Hydroxyprolin eine natürliche Aminosäure aus tierischem Kollagen, aber "unbekannt" für Pflanzen und deshalb nicht nutzbar auf direktem Weg über das Blatt. Anders bei einem hohen L-Glutaminsäuregehalt welches die Wirksamkeit des Pflanzenstärkungsmittels begünstigt.

Auf diesen analytischen Werten basierend, wird die **Qualität und der Marktwert** eines hydrolysierten Proteins für die Blattanwendung durch moderne und analytische Methoden bestimmt. Der Stickstoff Gehalt allein ist nicht genug als Qualitätskriterium wie bei Harnstoff oder Ammoniumnitrate in der Bodendüngung!!

Deshalb kann ein Produkt mit "gutem" Stickstoffgehalt von 4% - 5% und einer optimierten L- Aminosäureverteilung wirksamer und wirtschaftlicher sein als ein Produkt mit 9% oder 10% organischer Stickstoff.

#### 4. Zusammenfassung

Die Blattanwendung von kurzkettigen Peptiden und L-Aminosäuren ist ein zusätzlicher Weg zur Optimierung der Pflanzendüngung und ein direkter Weg zur Pflanzenstärkung mit den folgenden Vorteilen:

- Zunahme des Ernteertrages
- Verbesserung der Erntequalität, z.B. Proteingehalt, Zuckergehalt & Fruchtqualität,
- Verbesserte Verwertung der Bodennährstoffe
- Allgemeine Zunahme des Pflanzenwiderstandes bei Belastungen wie Kälte, Trockenheit, Hitze, jeglicher Pflanzeninfektion,
- Anregung der Pflanzenenzymaktivitäten
- Steigerung der Blatt-Absorbierung von Spurenmetallen wie Eisen (Fe), Zink (Zn), Mangan (Mn), Bor (B), Kupfer (Cu); Aminosäuren sind gut bekannt für die Bildung natürlicher Metallchelate
- Kompatibilität mit Pflanzenschutzwirkstoffen wie kommerziellen Pflanzenvertilgungsmitteln, Insektengiften und Fungiziden.

Selbst wenn mehr Grundlagenforschungsarbeit über die Blattversorgung mit Hydrolysiertem Protein in Form von Peptiden und L-Aminosäuren nötig ist, ist der praktische Vorteil und die Pflanzenstärkungsmittelwirkung von Hydrolysiertem Protein in weiten Teilen Süd Europas bereits erkannt und geschätzt. In Italien und Spanien finden, unserer Schätzung nach, weit mehr als 15'000 MT Proteinhydrolysat pro Jahr den Weg in die Blattapplikation als Pflanzenstärkungsmittel.

Auch in Zusammenhang mit dem Umweltschutz, um den anorganischen Stickstoff im Grundwasser zu reduzieren und den Einsatz von mineralischen und organischen Boden-Dünger zu optimieren, hat sich der direkte Weg der Blattapplikation von Aminosäuren als hilfreich erwiesen. Es sind genügend natürliche organische Proteinstoffe verfügbar, welche durch optimierte Bearbeitungsprozesse verwertet, aufgewertet und im Dünger- sowie im Pflanzenstärkungsbereich wertvolle Anwendung finden können.

Darüber hinaus bleibt zu erwähnen, dass Proteinhydrolysate (hydrolysierte Aminosäuren) in der organischen (biologischen) Flüssigfärbung immer stärkere Verbreitung im gesamten Europäischen Raum finden. Seit März 2014 sind sie in der Europäischen Öko-Bio Verordnung 889/2008/EC speziell erwähnt als zugelassener Dünger.

## Chem. Nomenklatur

---

**Protein:** stickstoffhaltige organische Substanz, bestehend aus der Kombination mehrerer Aminosäuren

**Aminosäure:** organische Verbindung, welche eine Aminogruppe (-NH<sub>2</sub>) und eine Carboxylgruppe (-COOH) enthält.

**Aminogruppe:** Einzelgruppe -NH<sub>2</sub>

**Carboxylgruppe:** Einzelgruppe -COOH

**Peptide:** ein Gruppen organischer Verbindungen, die in den meisten lebenden Geweben vorkommen und vielfältige biologische Funktionen erfüllen. Chemisch gesehen handelt es sich bei Peptiden um Kondensationsprodukte der  $\alpha$ -Aminosäuren. Ein Peptid ist eine organische chemische Verbindung, die aus mehreren Aminosäuren (AS) besteht, die miteinander zu einer Kette verbunden wurden. Die Aminosäuren sind in einem Peptid über Peptidbindungen miteinander verknüpft. Als Peptide bezeichnet man relativ kurze Aminosäureketten bis zu ungefähr 50 (maximal 100) Aminosäuren. Peptide unterscheiden sich von Proteinen durch ihre Größe. Die Trennung zwischen Peptiden und Proteinen ist nicht scharf, die Grenze liegt ungefähr bei 100 Aminosäuren.

In der Natur werden Peptide vorwiegend durch die Proteinbiosynthese gebildet. Die Information über die Sequenz, also Abfolge der Aminosäuren, ist in der DNA codiert. Generell bezeichnet man die Anzahl der Aminosäuren, aus denen ein Peptidmolekül besteht, auch als Kettenlänge. Anhand der Kettenlänge differenziert man in:

- Oligopeptide enthalten bis zu ca. 10 Aminosäuren
- Dipeptide mit 2 Aminosäuren
- Tripeptide mit 3 Aminosäuren
- Polypeptide enthalten mehr als 10 Aminosäuren
- Makropeptide mit mehr als 100 Aminosäuren,

wobei die eingerückten Peptidgruppen nur eine feinere Einteilung der Oligo- und Polypeptiden darstellt.

**Hydrolyse:** chemischer Reaktionstyp, bei dem ein Molekül Wasser (Formel HOH) mit einem Molekül der Substanz AB reagiert, wobei A und B entweder Atome oder Atomgruppen sind. Im Prinzip wird bei der Hydrolyse eine Verbindung durch die Einwirkung von Wasser gespalten. Bei der Reaktion vereinigen sich die Bestandteile des Wassermoleküls, H<sup>+</sup> und OH<sup>-</sup>, mit den Bestandteilen des Moleküls AB, A<sup>+</sup> und B<sup>-</sup>, zu den Endprodukten AOH und HB.

**Isotope,** Sammelbezeichnung für die zu einem chemischen Element gehörenden Atome gleicher Ordnungs- und Kernladungszahl, die sich nur in ihren Massenzahlen voneinander unterscheiden.

**Enzyme:** spezialisierte organische Substanzen, meist Polymere aus Aminosäuren, die als Katalysatoren wirken und im Stoffwechsel der Lebewesen fast alle chemischen Reaktionen steuern.

**Tabelle 1. Die wichtigsten Aminosäuren.**

Name	Abkürzung	Lineare chemische Strukturformel
Alanin	ala	CH <sub>3</sub> -CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Arginin	arg	HN=C(NH <sub>2</sub> )-NH-(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Asparagin	asn	H <sub>2</sub> N-CO-CH <sub>2</sub> -CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Asparaginsäure	asp	HOOC-CH <sub>2</sub> -CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Cysteine	cys	HS-CH <sub>2</sub> -CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Glutamin	gln	H <sub>2</sub> N-CO-(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Glutaminsäure	glu	HOOC-(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Glycin	gly	NH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH
Histidin	his	NH-CH=N-CH=C-CH <sub>2</sub> -CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Isoleucin	ile	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Leucin	leu	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -CH-CH <sub>2</sub> -CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Lysin	lys	H <sub>2</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Methionin	met	CH <sub>3</sub> -S-(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Phenylalanin	phe	Ph-CH <sub>2</sub> -CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Prolin	pro	NH-(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -CH-COOH
Serin	ser	HO-CH <sub>2</sub> -CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Threonin	thr	CH <sub>3</sub> -CH(OH)-CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Tryptophan	trp	Ph-NH-CH=C-CH <sub>2</sub> -CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Tyrosin	tyr	HO-p-Ph-CH <sub>2</sub> -CH(NH <sub>2</sub> )-COOH
Valin	val	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -CH-CH(NH <sub>2</sub> )-COOH