

## Lebewesen, die sich das Können der Stickstoff-Fixierer zunutze machen

Manche Pflanzen produzieren anscheinend ihren eigenen Stickstoffdünger. Das verbessert die Bodenfruchtbarkeit und wirkt sich positiv auf das jeweilige Ökosystem aus. Wie machen die das?

### Die überraschende Beziehung zwischen Pflanze und Bakterien

In Wirklichkeit machen die Pflanzen das nicht selbst. Sondern sie gehen eine Symbiose ein mit Bakterien, die dazu imstande sind (siehe Kapitel 2).

Aus dieser Symbiose ziehen beide Partner Vorteile: Die Pflanzen erhalten von den Bakterien Stickstoff, den sie zum Wachstum benötigen, aber nicht selbst fixieren können. Die Mikroorganismen wiederum finden in den



Pflanzenwurzeln Nahrung und geschützten Lebensraum.

<< Hier sieht man, wie dieser geschützte Lebensraum aussieht: Es sind kleine Knöllchen, die mit den Wurzeln verbunden sind. Deshalb nennt man die betreffenden Bakterien auch Knöllchenbakterien.

(Bildquelle: Max-Planck-Institut für Biogeochemie)

### Welche Pflanzen haben diese Fähigkeit?

Die meisten gehören zur Familie der Hülsenfrüchte (auch Leguminosen genannt), obwohl es auch einige Ausnahmen gibt, wie z.B. Erle und Kasuarinen.

### Seit wann können Pflanzen diese Symbiose eingehen?

Es gibt seit einiger Zeit eine Datenbank, die alle Pflanzenarten verzeichnet, die in symbiotischer Beziehung mit bakteriellen Stickstoff-Fixierern leben. Kombiniert mit genetischen Verwandtschaftsanalysen wurde auf dieser Grundlage ein umfassender Stammbaum all dieser Pflanzenarten erstellt.

Ergebnis: All diesen Pflanzen liegt mit höchster Wahrscheinlichkeit eine einzige gemeinsame, grundlegende Veränderung zu Grunde, die sie zur Lebensgemeinschaft mit bakteriellen Symbionten befähigt. Diese Veränderung muss vor mindestens 100 Millionen Jahren stattgefunden haben.

Neben den Leguminosen gibt es noch 9 weitere Pflanzenfamilien, die Knöllchensymbiosen bilden. Parasponia ist die einzige nicht-leguminöse Gattung, die Knöllchen mit Rhizobien bildet. Allerdings ist Parasponia andersonii ein Pionier-Baum, der auf gestörten Flächen im Malaiischen Archipel vorkommt und sich wohl eher nicht für europäische Forst- oder Landwirtschaftssysteme eignet.

Es gibt aber 8 weitere Pflanzenfamilien – die sogenannten aktinorrhizen Pflanzen – von denen es auch Vorkommen in Europa gibt und die eine Knöllchensymbiose mit Bakterien zur Stickstofffixierung eingehen. Bei den symbiontischen Bakterien handelt es sich nicht wie bei den Leguminosen um Rhizobien sondern um die Bakterienart *Frankia alni*.

Andere Quellen legen nahe, dass es sogar schon viel früher zu der fruchtbringenden Zusammenarbeit gekommen ist, nämlich vor 500 Millionen Jahren.

Die Nitrogenase – das ist das Enzym, das alle Stickstoff – Fixierer für ihre segensreiche Tätigkeit brauchen – wird durch Sauerstoff zerstört. Es braucht also, sobald die Luft nennenswerte Mengen Sauerstoff enthält, irgendeinen Mechanismus, der die Nitrogenase vor Sauerstoff schützt.

Das können die Bakterien z. B. erreichen, indem sie sich in einer sauerstoffarmen Umgebung ansiedeln (etwa im Wasser).

Oder sie atmen den Sauerstoff schnell weg, sobald er auftaucht.

Oder sie produzieren ein Enzym namens Leghämoglobin, das den störenden Sauerstoff wegschafft (der Name ist kein Zufall, dieses Enzym ist unserem roten Blutfarbstoff Hämoglobin tatsächlich sehr ähnlich. Auch dieses transportiert Sauerstoff).

Aber besonders praktisch ist es natürlich, wenn eine Pflanze einen vor Sauerstoff gut geschützten Raum innerhalb ihrer Wurzeln anbietet und zugleich die energiehungrige Nitrogenase mit Zucker etc. versorgt.

Da also schon vor 500 Millionen Jahren die Luft immer mehr mit Sauerstoff angereichert wurde, ist das ein Hinweis, dass Lebewesen um diese Zeit herum gelernt haben könnten, sowohl Stickstofffixierung (verträgt keinen Sauerstoff) als auch Photosynthese (braucht Stickstoff, produziert Sauerstoff) gleichzeitig ablaufen zu lassen.

## Vorteile

Mit Stickstoff-Fixierern ausgestattete Pflanzen können auch auf kargen, nährstoffarmen Böden gut gedeihen.

In der Landwirtschaft verringern sie die Abhängigkeit von chemischen Düngemitteln, deren Herstellung viel Energie braucht und ebenso wie ihre Verwendung zu Umweltverschmutzung führen kann.

Weiters verbessern sie die Qualität des Bodens und erhöhen seine Fruchtbarkeit auf natürliche Weise. Dies liegt daran, dass z.B. Hülsenfrüchte den reaktiven Stickstoff auch im Boden speichern, was künftigen Ernten zugutekommt.

So ermöglichen diese Pflanzen nachhaltigere landwirtschaftliche Praktiken, beispielsweise Fruchtwechsel.

Dies machten sich Landwirte schon seit Jahrhunderten zunutze, lange bevor die Wissenschaft das Phänomen erklären konnte.

## Ein alltägliches Beispiel: Bohnen



Bildquelle: <https://pixabay.com/de/photos/bohnen-blatt-lebensmittel-5466103/>

## Wie können diese Pflanzen die Zukunft verändern?

In einer Welt, in der der Einsatz chemischer Düngemittel Probleme hervorruft wie Klimawandel und Wasserverschmutzung (siehe Kapitel 10 und 11) stellen diese Pflanzen eine natürliche Lösung dar.

Die Förderung ihres Anbaus schützt nicht nur die Umwelt. So werden z. B. Boden und Grundwasser geschützt. Sie hilft auch den ärmsten landwirtschaftlichen Gemeinschaften, indem die Produktionskosten gesenkt werden.

Darüber hinaus sind sie aufgrund ihrer Fähigkeit, degradierte Böden zu verbessern, ideale Verbündete im Kampf gegen die Wüstenbildung. Wenn wir diese Praktiken mit anderen Formen nachhaltiger Landwirtschaft kombinieren, machen wir einen Schritt in Richtung einer grüneren und gesünderen Zukunft.

Widmen wir uns nun jener Pflanzenfamilie, die besonders für die Landwirtschaft eine unschätzbare Bereicherung darstellt:

## **Leguminosen**

Leguminosen sind eine der artenreichsten Pflanzenfamilien. Sie sind auch als Hülsenfrüchtler bekannt.

Leguminosen sind sogenannte

Schmetterlingsblütler, sie umfassen etwa 17.000 Arten.

*Bildquelle:*

<https://pixabay.com/de/photos/ernte-kultiviert-senf-senf-blatt-5027909/>

Beim Anbau der Leguminosen empfiehlt es sich, sie nicht im darauffolgenden Jahr wieder an der gleichen Stelle auszusäen. Da die Pflanzen den Boden bereits

angereichert haben, kann der Boden für sie bereits zu viel Stickstoff enthalten. Mittel- und Starkzehrer profitieren dann von diesem vorbereiteten Boden.



Die landwirtschaftlich genutzten Leguminosen werden in zwei große Kategorien unterteilt.

Die erste Kategorie bilden die sogenannten Körnerleguminosen. Sie bilden für den Menschen nahrhafte Körner und Samen aus. Dazu zählen vor allem Hülsenfrüchte, wie etwa Kichererbsen, Bohnen (Buschbohnen, Stangenbohnen, Sojabohnen), Erbsen, Lupine, Linsen, Erdnüsse.

Die zweite Kategorie umfasst vor allem Futterpflanzen für die Viehhaltung. Dazu gehören beispielsweise Klee und Luzerne.

Aber auch Bäume wie Akazien oder Zierpflanzen wie Glyzinien zählen zu den Leguminosen.

Leguminosen könnten für unsere Ernährung eine bedeutende Rolle spielen. Aufgrund der Stickstoff-Fixierung steht den Pflanzen ausreichend Stickstoff für die Proteinsynthese zur Verfügung. Daher sind die Früchte der Leguminosen sehr proteinreich.

- Den Vereinten Nationen zufolge sind Hülsenfrüchte ein wichtiger Schlüssel im Kampf gegen Unter- und Mangelernährung.
- Hülsenfrüchte stellen eine ausgezeichnete pflanzliche Eiweißquelle dar und sind gleichzeitig deutlich klimafreundlicher als die Fleischproduktion.
- Da die meisten Leguminosen sehr robust sind und bestens an nährstoffarme Böden angepasst, können sie auch unter schwierigen Bedingungen angepflanzt werden.

Neben Proteinen enthalten Leguminosen **Ballaststoffe** und **langkettige Kohlenhydrate**. Da der menschliche Körper viel Zeit benötigt, um diese Stoffe zu verarbeiten, machen sie langfristig satt. Zudem sind Hülsenfrüchte reich an Vitaminen und Mineralstoffen, wie etwa **Calcium** oder **Magnesium**.

Neben für den Körper wertvollen Nährstoffen enthalten Hülsenfrüchte auch so genannte Antinährstoffe. Die Universität Giessen hat sich umfassend mit den enthaltenen Nährstoffen und Antinährstoffen auseinandergesetzt:

Diese hemmen die Nährstoffaufnahme und sind teilweise giftig für den Körper. In Leguminosen befinden sich **Phytinsäure** und **Tannine**. Die Stoffe hemmen die Aufnahme von Mineralstoffen. Außerdem enthalten sie **Lektin**, welches für den menschlichen Körper giftig ist. Daher ist es ratsam, die Hülsenfrüchte wie Kichererbsen, Bohnen oder Linsen **einzuweichen** und **lange zu kochen**. Denn Lektine sind nicht hitzebeständig und ihre Struktur

wird durch das Garen zerstört, auch Phytinsäure wird schon durch das Einweichen wenigstens teilweise enzymatisch abgebaut. Auch durch **Fermentieren** lassen sich Antinährstoffe gut abbauen.

Eine gute Überlegung: Wenn wir Tofu aus österreichischen Edamame-Bohnen verzehren, sparen wir Fleisch, unterstützen heimische Bauern und helfen dem Klimaschutz.



Bildquellen: <https://bayevskitchen.com/mukimame-vs-edamame>/[www.thespruce.com](http://www.thespruce.com)

### **Zusammenfassung:**

- Leguminosen reichern den Boden mit Stickstoff an und machen ihn fruchtbar. Diesen Effekt können sich Landwirte zu Nutze machen, indem sie im letzten Jahr der Fruchtfolge die Böden mit Leguminosen bestellen und so die Erde für kommende Pflanzen mit Stickstoff anreichern. Werden die Leguminosen gemulcht oder untergepflügt anstatt geerntet, nennt man dies Gründüngung.
- Bei der Eiweißpflanzstrategie könnte langfristig an chemischem Dünger gespart werden, was eine nachhaltige und ökologische Landwirtschaft ermöglicht.
- Durch gesünderen Boden reduzieren sich Krankheiten und Schädlinge der Pflanzen und es werden weniger Pestizide und Herbizide benötigt.
- Die verschiedenen Kleearten wachsen schnell und sind gut als Viehfutter geeignet, während sie gleichzeitig als Gründünger dienen können.
- Die meisten Leguminosen bilden Pfahlwurzeln aus. Diese lockern auch die tieferen Bodenschichten auf und wirken so der Bodenverdichtung entgegen.
- Leguminosen eignen sich aufgrund ihrer stickstoffbindenden Eigenschaften hervorragend als Pionierpflanzen. Das bedeutet, dass sie auf Flächen angebaut werden können, die bisher nicht begrünt waren. Dadurch spielen sie eine wichtige Rolle in der Renaturierung von durch den Menschen zerstörten Flächen.

### **Fun Fact: Termiten können es auch**

Holzzersetzende Termiten nehmen über die Nahrung nur wenig reaktiven Stickstoff auf. Aber sie haben in ihrem Darm Bakterien, die ca. die Hälfte des benötigten Stickstoffs für sie aus der Luft holen und nutzbar machen. Es geht also auch im Tierreich!

Quellen: <https://utopia.de/ratgeber/leguminosen-pflanzenfamilie-die-den-boden-verbessert-186348/>

[Antinährstoffe: Gefahren und Lösungen im Überblick](#)

[Gründüngung – Wikipedia](#)

<https://renovables.blog/de/Botanik/Welche-Pflanzen-sind-in-der-Lage%2C-ihren-eigenen-Stickstoff-zu-produzieren%3F/>

[Eine Millionen Jahre alte Symbiose: Stickstofffixierung](#)

[Mechanismus, Evolution und Vielfalt symbiotischer Stickstofffixierung in Pflanzen: neue Optionen für die ökologische Agroforstwirtschaft? – BioKultur](#)