



Das „Impfen“ der Leguminosen (Hülsenfrüchte und Kleearten) mit Knöllchenbakterien und sein Nutzen

Von Oberregierungsrat a. D. Dr. C. S t a p p , Braunschweig



BRA

Abb. 1. Wurzelknöllchen an Erbse (links), Serradella (Mitte) und Lupine (rechts).

Die Leguminosen, zu denen alle unsere heimischen Hülsenfrüchte und Kleearten gehören, sind in der besonders bevorzugten Lage, sich selbst mit Stickstoff in ausreichendem Maße versorgen zu können. Sie sind also nicht, wie die andern Kulturpflanzen, ausschließlich auf den zuvor mit dem organischen oder mineralischen Dünger in den Boden zu bringenden Stickstoff oder sonst im Boden vorhandene Stickstoffverbindungen angewiesen. Diese bevorzugte Eigenschaft kann sich bei ihnen aber nur entfalten, wenn die jungen Pflänzchen der Leguminosen im Boden die für sie nützlichen Bakterien antreffen. Mit diesen gehen sie eine enge Lebensgemeinschaft (= Symbiose) ein, in der beide Partner eine Förderung voneinander erfahren. Ihren sichtbarsten Ausdruck findet diese Symbiose in der Entstehung von Knöllchen an den verschiedensten Stellen der Wurzeln. In diesen Knöllchen führen die Bakterien ein gegenüber den anderen Boden-Mikroorganismen konkurrenzloses, gesichertes Dasein und vermögen hier ihre nutzbringende Tätigkeit auszuüben. Sie haben deshalb den Namen Knöllchenbakterien erhalten. Diese Knöllchenbakterien allein sind es, die der Wirtspflanze den erforderlichen Stickstoff liefern; sie vermögen den atmosphärischen oder Luftstickstoff innerhalb der Knöllchen zu binden und ihn dann in gebundener Form an ihre Wirtspflanzen weiterzugeben. Letztere wiederum versorgen die Knöllchenbakterien ihrerseits mit den notwendigen Nährsalzen und Kohlenstoffverbindungen. Je günstiger die Wirtspflanzen den Bakterien die Lebensverhältnisse gestalten, um so erkenntlicher zeigen sich die Bakterien in der Lieferung des Stickstoffs für die Pflanzen.

Beim Leguminosenanbau ist daher eine zusätzliche Düngung mit mineralischem Stickstoff im allgemeinen unnötig. Nur auf leichten, nährstoffarmen Böden ist etwas mineralischer Stickstoffdünger zu geben, am besten 50—75 kg/ha Kalksalpeter (16⁰/oig), damit die jungen Keimpflänzchen über das sogenannte Stickstoff-Hungerstadium hinwegkommen. Denn die Bakterien beginnen erst nach Vorhandensein der Knöllchen in diesen den Luftstickstoff zu assimilieren. Kali und Phosphorsäure müssen aber immer in ausreichenden Mengen gegeben werden, und ebenso ist auf einen guten Kalkzustand des Bodens zu achten.

Die enge Lebensgemeinschaft zwischen Knöllchenbakterien und Wirtspflanzen sichert den Leguminosen ihre besondere Stellung in Landwirtschaft und Gartenbau. Durch sie wird **Luftstickstoff zu wertvollem Pflanzeneiweiß** verarbeitet. Unsere eiweißreichsten Futtermittel, wie Klee, Luzerne, Süßlupine, Serradella und Esparsette, sind Leguminosen, unsere eiweißreichen Gemüse, wie Erbsen und Bohnen, sind ebenfalls Leguminosen.

Wird berücksichtigt, daß der Eiweißreichtum der Leguminosen sich nicht nur auf die oberirdischen, grünen Pflanzteile beschränkt, sondern sich auch in den Wurzeln findet, so wird klar, welche wichtige Rolle außerdem den im Boden verbleibenden Stoppeln und Wurzelresten der Leguminosen für die Erhaltung der Fruchtbarkeit des Bodens zukommt. Allgemein bekannt ist in dieser Hinsicht besonders die günstige Wirkung eines Leguminosen-Zwischenfruchtbaus.

Nun sind aber die Knöllchenbakterien untereinander nicht alle gleich, sondern gehören verschiedenen Arten bzw. Rassen an. Nur mit den **arteigenen** Bakterien vermögen die Leguminosen Knöllchen zu bilden. Sind z. B. an Lupine angepaßte Knöllchenbakterien im Boden und es wird auf demselben wenige Jahre später Luzerne angebaut, so treten an Luzerne keine Knöllchen auf. Dasselbe gilt, wenn Bohnen nach Erbsen gelegt werden oder umgekehrt. Die Beachtung dieser Tatsache ist sehr wesentlich.

Es sei daher hier eine Reihe von Leguminosen aufgeführt, die in Gruppen zusammengestellt sind. Innerhalb derselben Gruppe können die Knöllchenbakterien sich gegenseitig vertreten, d. h. also die Bakterien von gelber Lupine vermögen auch an blauer oder weißer Lupine, ja sogar an Serradella Knöllchen hervorzurufen. Ebenso sind Bakterien von Erbsen an Wicken wirksam. Niemals aber können Bakterien von Leguminosen der einen Gruppe an denen einer anderen Gruppe Knöllchen bilden. Bakterien von Lupine oder Serradella sind für Erbse oder Wicke also völlig unwirksam!

Gruppe I

Saatwicke (*Vicia sativa*)
 Zottelwicke (*Vicia villosa*)
 Pferde-, Sau-, Acker- oder
 dicke Bohne (*Vicia faba*)
 Futtererbse oder
 Peluschke
 (*Pisum arvense*)
 Feld- und Gartenerbse
 (*Pisum sativum*)
 Platterbse (*Lathyrus sativus*)
 Linse (*Ervum lens*)

Gruppe II

Busch- und Stangenbohne
 (*Phaseolus vulgaris*)

Gruppe III

Rotklee (*Trifolium pratense*)
 Weißklee (*Trifolium repens*)
 Schwedenklee (*Trifolium
 hybridum*)
 Inkarnatklee (*Trifolium
 incarnatum*)

Gruppe IV

Serradella (*Ornithopus
 sativus*)
 Gelbe Lupine (*Lupinus luteus*)
 Blaue Lupine (*Lupinus
 angustifolius*)
 Weiße Lupine (*Lupinus albus*)
 Ausdauernde Lupine
 (*Lupinus perennis*)
 Zottige Lupine (*Lupinus
 hirsutus*)

Gruppe V

Sojabohne, braune, gelbe,
 schwarze Varietät (*Glycine max*)

Gruppe VI

Blaue Luzerne (*Medicago
 sativa*)
 Sandluzerne (*Medicago
 media*)
 Sichel- oder schwedische
 Luzerne (*Medicago falcata*)
 Hopfenluzerne oder Gelb-
 klee (*Medicago lupulina*)
 Weißer Steinklee oder
 Bokharaklee (*Melilotus
 albus*)
 Gelber Steinklee oder
 Honigklee (*Melilotus
 officinalis*)

Gruppe VII

Wundklee (*Anthyllis
 vulneraria*)
 Hornschotenklee (*Lotus
 corniculatus*)
 Sumpfschotenklee (*Lotus
 uliginosus*)

Gruppe VIII

Esparsette (*Onobrychis sativa*)

Gruppe IX

Bunte Kronwicke
 (*Coronilla varia*)

Die Bakterien, die anfänglich meist die bekannte Stäbchenform besitzen (s. Abb. 2), dringen, falls sie arteigen sind, durch die feinen Wurzelhaare, die stets nur in geringer Entfernung der zarten Wurzelspitzen zu finden sind, in die Pflanze ein. Durch einen besonderen Reiz, den sie auf die Zellen der Wurzelrinde ausüben, kommt es dann zu den eigenartigen Wurzelverdickungen, den Knöllchen, die je nach Pflanzenart sehr unterschiedlich gestaltet sein können (s. Abb. 1). Der Sitz der Bakterien beschränkt sich im allgemeinen innerhalb der Pflanze auf diese Knöllchen, die beim Durchschneiden in ihrem zentralen Teil eine zart rosa Fleischfarbe erkennen lassen. In den Knöllchen nehmen dann vielfach die Bakterien unregelmäßige Formen an; am häufigsten sind hierbei Y- und T-ähnliche Gebilde. Knöllchen, die bei älteren Pflanzen weit oben an stärkeren Wurzeln sitzen, zeigen gleichzeitig an, daß das Eindringen der betreffenden Knöllchenbakterien in einem sehr jungen Stadium der Pflanze erfolgt sein muß. Bei der Abreife der Hülsenfrüchte und Kleearten entleeren sich die Knöllchen, und die Bakterien, die zu dieser Zeit wieder überwiegend Stäbchenform zeigen, gelangen in den Boden zurück.

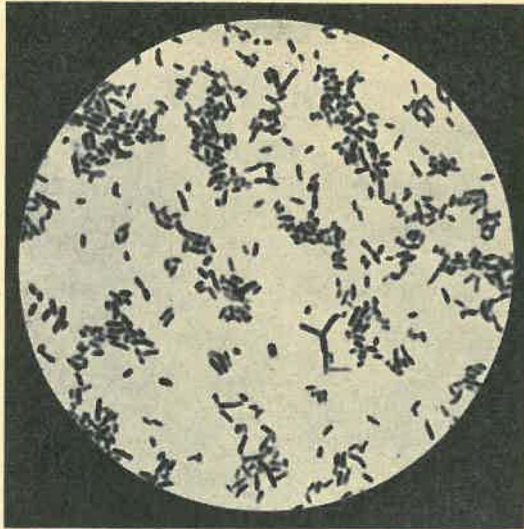


Abb. 2. Knöllchenbakterien von Luzerne. Vergr. etwa 1200fach.

Sind in dem mit Leguminosen zu bestellenden Boden arteigene Knöllchenbakterien nicht oder nicht in genügender Zahl vorhanden, so ist stets anzuraten, dieselben künstlich dem Boden zuzuführen. Das geschieht am zweckmäßigsten durch „Impfen“ des Saatgutes mit einem entsprechenden wirksamen Leguminosenimpfpräparat. Auch durch „Impfen“ des Bodens werden noch Erfolge erzielt, doch ist der ersteren Methode unbedingt der Vorzug zu geben. Es ist einleuchtend, daß durch eine richtig durchgeführte Saatgut-„Impfung“, bei

der die Knöllchenbakterien gleichmäßig über die Oberfläche der Samen verteilt sind, eine größere Gewähr dafür besteht, die Bakterien auch jeweils an die jungen Keimwürzelchen heranzubringen, als wenn diese Mikroorganismen auf bzw. in dem Boden verteilt werden. Außerdem werden zur Bodenimpfung stets größere Mengen von Impfmateriale benötigt als zur Saatgutimpfung. Die Saatgutimpfung ist also einfacher, im Erfolg sicherer und zugleich auch billiger.

Zwar ist von gewisser Seite die Behauptung aufgestellt worden, derartige stickstoffbindende Bakterien kämen nicht nur in den Wurzelknöllchen der Leguminosen vor, sondern auch in den Zellen ihrer oberirdischen Pflanzenteile, sogar in solchen von Nichtleguminosen, so daß eine „Impfung“ völlig überflüssig sei. Es muß aber dringend davor gewarnt werden, sich diese unbewiesenen und falschen Theorien zu eigen zu machen!

Leguminosenimpfpräparate sind z. B. unter den Namen „Radicin“, „Ornit“, „Nitragin“ und „Azotogen“ im Handel erhältlich¹⁾ oder werden als Reinkulturen von staatlichen Anstalten wie z. B. der Bayerischen Landesanstalt für Pflanzenbau und -schutz in München abgegeben.

Die **Saatgut-„Impfung“** geschieht im allgemeinen in folgender Weise: Sofern das Impfpräparat in Form einer Gallerte (Agar-Agar-Nährboden), auf der die Bakterien als schleimiger Überzug sich entwickelt haben, in Flaschen oder Gläsern geliefert wird, füllt man die Gefäße zu etwa $\frac{3}{4}$ mit klarem Wasser, löst die schleimige Bakterienmasse mit Hilfe eines sauberen Stäbchens von der Gallerte oder schwemmt die Bakterien von der Gallerte allein durch kräftiges Schütteln ab, spült die Flaschen mehrfach mit wenig reinem Wasser nach, zerquetscht die gegebenenfalls mit abgeschüttelten Gallertstücke zwischen den Fingern in der Flüssigkeit und verdünnt schließlich mit dem verbleibenden Rest des vorher für die ganze Saatmenge berechneten Wassers. Die so erhaltene gut gemischte, trübe Impflüssigkeit wird zur gleichmäßigen Befeuchtung des Saatgutes verwendet, und zwar rechnet man für 10 kg Saatgut

- etwa $\frac{1}{8}$ Liter Wasser bei großkörnigen glatten Samen
wie Lupinen, Wicken, Buschbohnen oder Erbsen,
- etwa $\frac{1}{4}$ Liter Wasser bei feinkörnigen Samen
wie Klee,
- etwa 1 Liter Wasser bei rauhschaligen kleineren Samen
wie Serradella und Esparsette.

Die Befeuchtung — die Samen sollen nicht naß sein! — kann in einer sauberen Schüssel, einem Bottich oder auf der gereinigten Tenne vorgenommen werden, wobei das Durchmischen entweder mit den Händen oder mit einer reinen Schaufel geschieht, und zwar solange, bis jeder einzelne Samen einen feinen Feuchtigkeitsüberzug erkennen läßt. Wird zuviel Wasser zum Verdünnen des Impfpräparates genommen, dann werden die Samen zu naß, oder es fließt ein Teil der Impflüssigkeit sogar ungenutzt

¹⁾ Der älteste Leguminosenimpfstoff „Nitragin“ ist innerhalb Deutschlands nur als Erbsen-Buschbohnen-Mischkultur für Gärtner und Kleingärtner im Handel.

ab. Mit zu wenig Wasser ist eine gleichmäßige Benetzung der Samen unmöglich. Beides ist also zu vermeiden.

Von einzelnen Firmen wird auch an Stelle des Wassers die Verwendung frischer abgekochter und wieder erkalteter Magermilch oder aber einprozentigen Zuckerwassers empfohlen, doch genügt im allgemeinen reines Wasser.

Bei Impfpräparaten, die in mehr oder weniger pulverisierter oder erdiger Form geliefert werden, wird zunächst das Saatgut mit der notwendigen Wassermenge gleichmäßig angefeuchtet, dann das Impfmateriale aufgestreut und nochmals sehr gründlich durchmischt.

Das derart „geimpfte“ Saatgut wird dann zur oberflächlichen Abtrocknung in dünner Schicht ausgebreitet und mehrfach durchgeschaufelt. In 1—3 Stunden ist das Saatgut meist gebrauchsfertig und ist dann möglichst bald, zumindest am gleichen Tage, in den Boden zu bringen. Auf keinen Fall darf das Saatgut während oder nach der Impfung in der Sonne liegen. Überhaupt ist heißes, sonniges Wetter für diese Arbeiten zu meiden, regnerisches Wetter zu bevorzugen. Wenn letzteres nicht abgewartet werden kann, ist die Aussaat zumindest erst am späten Nachmittag vorzunehmen.

Leichtes Übereggen oder Anwalzen der geimpften Saat ist zweckmäßig.

Bei der Boden-„Impfung“ ist je nach Impfpräparat anfänglich ebenfalls unterschiedlich zu verfahren. Unbedingt anzuraten ist es, für die Bodenimpfung mindestens das Doppelte der zur Samenimpfung benötigten Menge an Impfpräparaten zu verwenden.

Wird ein gallertartiges Impfpräparat gewählt, so sind die schleimigen Überzüge über den Gallerten mit Wasser unter mehrfacher Nachspülung abzuschwemmen und die trübe Aufschwemmung entsprechend weiter zu verdünnen. Diese Aufschwemmung wird dann mit der Gießkanne auf zuvor bereitgehaltene, gesiebte Erde von einem in guter Kultur befindlichen Felde (Erde darf nicht zu schwer oder zu fett und auch nicht frisch gekalkt sein!) gesprengt. Nach kräftigem Umschaukeln und dadurch erzielter gründlicher Verteilung und Vermischung von Boden mit Impfflüssigkeit darf der Boden nicht naß, sondern muß krümelig und streufähig sein. Für $\frac{1}{4}$ ha (= 1 Morgen) werden 1—2 dz Erde ausreichen.

Bei erdigen Impfpräparaten ist der Inhalt der Büchsen zunächst mit einigen Kilogramm der gesiebten Erde gründlichst zu vermengen, dann sind nach und nach weitere Erdmengen zuzusetzen, bis die Gesamtmenge an Erde schließlich mit dem Impfstoff gleichmäßig gemischt ist.

Das auf die eine oder die andere Weise gewonnene Erdgemenge wird breitwürfig oder mit der gereinigten Düngerstreumaschine ausgestreut, und zwar nur bei trübem regnerischem Wetter. Leichtes Übereggen ist auch hier ratsam. Das Ausstreuen bei heißem, sonnigem Wetter auf trockenen Boden ist zwecklos.

Die Boden-„Impfung“ sollte nur in Ausnahmefällen angewandt werden, z. B. dann, wenn eine rechtzeitige Samen-„Impfung“ aus irgendwelchen Gründen nicht möglich war. Sie kann selbst dann noch von Nutzen sein, wenn die Saat bereits aufgelaufen ist.

Bei großsamigem Saatgut kann die „Impfung“ selbst auch in der Drillmaschine erfolgen, sofern laut Vorschrift die richtige Wassermenge verwendet wird. Sie hat sich hier in den Fällen bewährt, in denen der Trägerstoff des Impfpräparates aus Torf besteht.

Eine „Impfung“ ist in allen den Fällen unbedingt notwendig, in denen es sich um den erstmaligen Anbau von bestimmten Hülsenfrüchten oder Kleearten handelt. Die Erfolge können hierbei außerordentlich groß sein. In einem 1939/40 auf leichtem, schwach lehmigem Sandboden durchgeführten Luzerneimpfversuch wurden nicht nur Mehrerträge an Grünmasse von 42—155%, sondern es wurde auch eine nicht unerhebliche Steigerung des Eiweißgehaltes und damit des Futterwertes der Luzerne erzielt!

Wenn solche hohen Werte im allgemeinen auch nur beim Erstanbau zu erreichen sind, so wird doch auf alle Fälle auch stets dort mit Erfolgen zu rechnen sein, wo nicht genügend angepaßte Knöllchenbakterien im Boden vorhanden sind. Deshalb ist eine „Impfung“ auch dann stets dringend anzuraten, wenn zwischen dem ersten und dem zweiten Anbau **derselben** Leguminosenart mehr als 3 bis 5 Jahre liegen. Selbst wenn nach derartigen „Impfungen“ nur geringe gewichtsmäßige Erntesteigerungen erzielt werden, so kann doch der Eiweißgehalt nennenswert erhöht sein, was bei den Futterpflanzen gerade in der Jetztzeit besonders beachtenswert erscheint.

Eine „Impfung“ kommt ferner noch in Betracht in solchen Fällen, in denen die in den Vorjahren gebaute Hülsenfrucht- oder Kleeart keinen genügenden Knöllchenbesatz an den Wurzeln gezeigt hat und infolgedessen die Ernte unbefriedigend war, sowie nach ganz besonders trockenen Jahren und auf zu nassen Böden nach vorheriger Dränage.

Saatgut, das „geimpft“ werden soll, darf weder vor noch nach der „Impfung“ gebeizt werden, weil die meisten Beizmittel die Bakterien schädigen.

Es steht fest, daß die Sicherheit des Gedeihens der angebauten Hülsenfrucht- und Kleearten durch das „Impfen“ merklich erhöht wird.

Alle Impfpräparate enthalten **lebende Bakterien**. Deshalb ist es am zweckmäßigsten, derartige Präparate **möglichst frisch** zu verwenden. Ein- oder mehrjährig gelagerte Impfstoffe sind zu verwerfen. Man bestelle frühzeitig, jedoch mit einem Liefertermin, der etwa 2—4 Wochen vor der eigentlichen Aussaatzeit der zu „impfenden“ Samen liegt! Bei der Bestellung ist stets die Größe der zu bebauenden Fläche und die Leguminosenart genau anzugeben. Letzteres ist deshalb notwendig, weil die Wirksamkeit von Bakterien aus Knöllchen z. B. von blauer Lupine an blauer Lupine größer sein wird, als wenn Bakterien aus Knöllchen von gelber Lupine zur Impfung von blauer Lupine oder etwa von Serradella verwendet werden, wenn sie auch, wie oben gezeigt wurde, derselben Gruppe angehören und hier Knöllchen zu bilden imstande sind. Bis zur „Impfung“ sind dann die bezogenen Präparate kühl und vor direktem Sonnenlicht geschützt zu lagern.

Da die Beschaffung des Impfstoffes keine ins Gewicht fallende finanzielle Belastung für den landwirtschaftlichen oder gärtnerischen Betrieb darstellt und auch die zusätzliche Arbeit des „Impfens“ nur unbedeutend ist, sollte von der Verwendung der Impfpräparate weitgehend Gebrauch gemacht werden. Wie die alljährliche Beizung des Getreides für den verantwortungsbewußten Landwirt eine Selbstverständlichkeit geworden ist, so sollte er auch vor dem Säen seine Hülsenfrüchte und Kleearten vorsorglich jedesmal „impfen“. Gilt es doch, gerade bei dem so wichtigen Leguminosenanbau keine Maßnahme zu unterlassen, die eine Gewähr für die Erzielung von Höchsterten und damit für die Sicherstellung unserer Ernährung bietet.

Es dürfte von Interesse sein, in diesem Zusammenhang zu erfahren, daß in den Vereinigten Staaten von Nordamerika im Jahre 1930 Impfpräparate im Werte von 1 000 000 Dollar angewandt worden sind und im Jahre 1946 bereits die vierfache Menge!

Flugblätter der Biologischen Bundesanstalt Braunschweig

Die Flugblätter der Biol. Bundesanstalt Braunschweig behandeln allgemeine Fragen des Pflanzenschutzes sowie die wichtigsten Krankheiten und Schädlinge an Kulturpflanzen, den Vorrats- und Holzschutz und die Unkrautbekämpfung.

Preise der Flugblätter		einzeln	ab 100 Stück	ab 1000 Stück
bei einem Umfang von	4 Seiten	DM —.10	DM —.08	DM —.05 ¹ / ₂
	6 Seiten	DM —.14	DM —.11	DM —.08
	8 Seiten	DM —.17	DM —.14	DM —.10
	12 Seiten	DM —.24	DM —.19	DM —.14

Die Flugblätter sind zu beziehen vom Verlag Eugen Ulmer (Stuttgart), z. Z. Ludwigsburg, Körnerstraße 16, der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig, sowie von den amtlichen Pflanzenschutzstellen. Auf Wunsch werden neu erscheinende Nummern und Auflagen vom Verlag in Abonnement laufend übersandt Nachdrucke des Textes unter genauer Quellenangabe gestattet und erwünscht. Wiedergabe der Abbildungen nur mit Genehmigung der Biologischen Bundesanstalt Braunschweig gestattet.

EUGEN ULMER · STUTTGART / z. Z. LUDWIGSBURG
 VERLAG FÜR LANDWIRTSCHAFT, GARTENBAU UND NATURWISSENSCHAFTEN

UNGEHEUER & ULMER, LUDWIGSBURG