

## Impfung 2016

Mit der Thematik Impfung setzten sich 2016 insgesamt acht konventionelle und elf ökologisch wirtschaftende Landwirte auseinander (**Tab. 1**). Auf den Betrieben wurden jeweils zwei bis sieben Streifen für dieses Thema angelegt, wobei die meisten Betriebsleiter/innen vier Demoparzellen umsetzten. Neben einem Kontrollstreifen, in denen die Sojabohnen ohne eine vorherige Impfung ausgesät wurden, fanden darüber hinaus in vielen Betrieben die bereits etablierten Impfmittel Biodoz-Soja, Force 48 und Hi-Stick Verwendung. Außerdem wurde Fix-Fertig Saatgut (FFS) sowohl alleine als auch in Kombination mit anderen Impfmitteln eingesetzt. Das vergleichsweise neue Präparat Rizoliq Top S fand in 13 Streifen und damit sehr häufig seinen Einsatz. Weitere, jedoch in deutlich geringerem Umfang verwendete Impfmittel waren RhizoFix und Radicin. Eine Bodenimpfung, als eine zusätzliche Möglichkeit der Anreicherung von Bakterien im Boden, erfolgte in den Demonstrationsanlagen auf insgesamt zwei Betrieben. Die eingesetzte Impfmittelmenge bewegte sich in einem Bereich von 400 bis 600 g/ha.

**Tab. 1 Demonstrationsanlagen mit dem Thema Impfung im Erntejahr 2016**

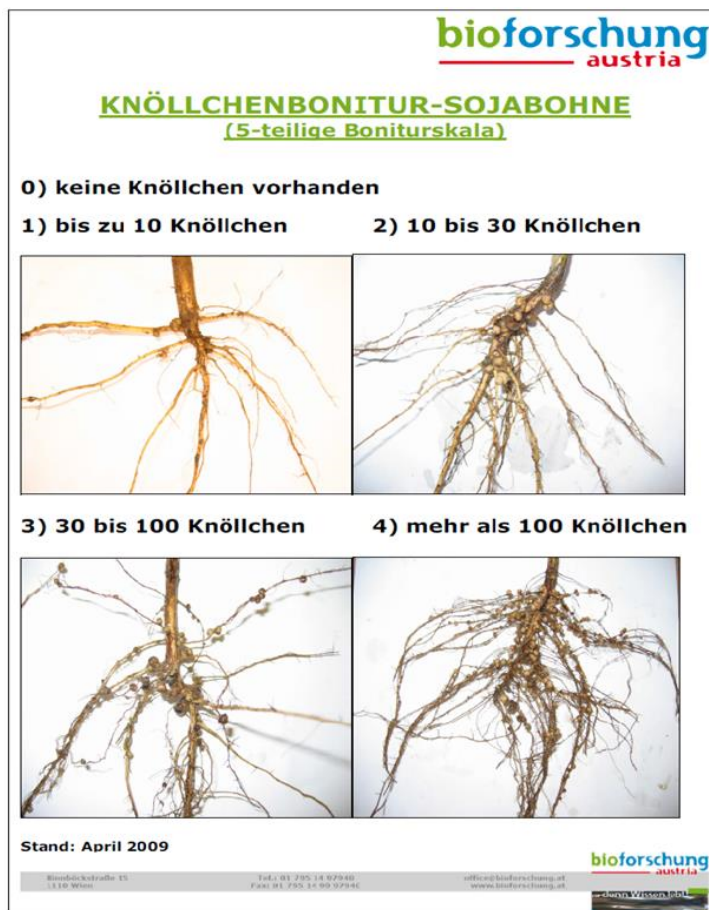
Betriebe konventionell	[St.]	8
Betriebe ökologisch	[St.]	11
Anzahl Streifen [min]	[St.]	2
Anzahl Streifen [max]	[St.]	7
eingesetzte Impfmittel	[Bez.]	keine Impfung, Biodoz Soja, Rizoliq Top S, Force 48, Hi Stick, Fix-Fertig Saatgut (FFS), RhizoFix, Radicin, FFS in Kombination mit einem der genannten Impfmittel (1x FFS + Turbosoy), anderweitige Kombinationen
Bodenimpfung?	[Bez.]	ja, 2 Betriebe
Bonizur in Bezug auf:		
<i>Knöllchengröße</i>		oftmals sowohl kleine als auch große Knöllchen, manchmal nur kleine Knöllchen, selten ausschließlich große Knöllchen
<i>Knöllchenanzahl</i>		i. d. R. Einordnung in Stufe 1 (bis zu 10 Kn.) und 2 (10 - 30 Kn.), nie mehr als 100 Kn., keine Kn. nur in ungeimpften Varianten
<i>Knöllchenverteilung</i>		Kn. vorwiegend an der Pfahlwurzel, manchmal auch ausschließlich an der Pfahlwurzel, sehr selten gleichmäßige Verteilung

St. = Stück

Kn. = Knöllchen

Bez. = Bezeichnung

Um die Auswirkung der unterschiedlichen Impfmittel beurteilen zu können, wurden Bonituren in Bezug auf die Knöllchengröße, die Knöllchenanzahl und die Knöllchenverteilung durchgeführt. Einerseits sollte die Größe der Knöllchen den Klassen kleine, vorwiegend große oder große Knöllchen zugeordnet werden. Darüber hinaus war mit Hilfe des in **Abb. 1** dargestellten Boniturschemas der Bioforschung Austria die Anzahl der Knöllchen festzuhalten. Dabei sollte das Auftreten der Knöllchen den fünf möglichen Stufen (Stufe 0 = keine Knöllchen bis Stufe 4 = mehr als 100 Knöllchen) zugeordnet werden. Eine letzte Einschätzung war hinsichtlich der Verteilung der Knöllchen an den Wurzeln der Pflanzen zu treffen. Die Frage in diesem Zusammenhang bestand darin, ob die Knöllchen vorwiegend an der Pfahlwurzel, an den Seitenwurzeln oder gleichmäßig über das gesamte Wurzelsystem zu finden waren.



**Abb. 1 Boniturschema zur Bestimmung der Knöllchenanzahl bei Sojabohnen (Quelle: Bioforschung Austria)**

Bevor nachfolgend die Beobachtungen in den Demonstrationsanlagen der Betriebe detaillierter beschrieben werden, soll zunächst noch ein allgemeiner Blick auf die Vorgehensweise der Impfung geworfen werden.

Landwirte können sich grundsätzlich zwischen drei möglichen Impfverfahren entscheiden. Dabei handelt es sich um die Verwendung von Fix-Fertig Saatgut, um die Durchführung einer Trockenimpfung sowie um den Einsatz eines Klebers in Kombination mit einem Impfmittel, um die Bindung zwischen Bakterien und Sojabohne zu verstärken.

Fix-Fertig Saatgut wird bereits beim Saatguthersteller mit Bakterien geimpft und anschließend als abgepackte Ware an den Landwirt abgegeben. Verschiedene Versuche zeigen jedoch, dass der alleinige Einsatz solcher Saatgutpartien nicht zu empfehlen ist. Eine mangelnde Vitalität der Bakterien hat oftmals eine unzureichende Knöllchenbildung zur Folge. Die Bindung von Luftstickstoff ist dann nur in begrenztem Maße möglich, wodurch häufig Ertrags- und Qualitätseinbußen vorprogrammiert sind.

AIGNER (o. J.) stellte in einem zweijährigen Impfversuch (2012 und 2013) auf verschiedenen bayerischen Standorten fest, dass die Knöllchenbildung mit dem Einsatz von Fix-Fertig Saatgut geringer ausfiel als mit Hi-Stick. Eine zusätzliche Impfung von Fix-Fertig Saatgut konnte das ansonsten schlechtere Ergebnis ausgleichen. Aufgrund dieser Erkenntnisse ist bei der Verwendung des Fix-Fertig Produktes eine zusätzliche Impfung der Sojabohne zu empfehlen.

Bei der Trockenimpfung findet eine einfache Durchmischung des Impfmittels auf Torfbasis mit der Sojabohne statt. Das Präparat verbindet sich mit den Körnern und kann anschließend ausgesät werden (**Abb. 2**, Bild links).

In einigen Fällen wird das Impfmittel zusätzlich mit Wasser angerührt. Dieser Vorgang bewirkt eine höhere Haftung der Bakterien an der Sojabohne. Dabei darf jedoch lediglich Regen- oder Grundwasser verwendet werden, um eine Schädigung der Bakterien, beispielsweise durch Chlor zu vermeiden.



**Abb. 2** Vorgehen bei der Sojaimpfung: Impfmittel in Kombination mit Wasser (Bild links), Impfung mit Haftmittel per Zwangsmischung (Bild rechts)

Eine weitere Möglichkeit der Impfung ist die Vermischung des Impfmittels mit einem Kleber. Über dieses Impfverfahren ist die Aussaat der Sojabohne auch über pneumatische Sämaschinen erfolgreich zu realisieren. Nach der Durchmischung von Kleber und Impfmittel werden die beiden Komponenten auf das Saatgut gegeben. In diesem Fall sollte eine Zwangsmischung, beispielsweise in einem Betonmischer durchgeführt werden (**Abb. 2**, Bild rechts).

In eine ähnliche Kategorie fällt auch die Impfung der Sojabohnen mit dem Präparat Rizoliq Top S. Hierbei handelt es sich um ein Flüssigimpfmittel, welches in Kombination mit einem Bakterenschutz dem Saatgut beigefügt wird. Dieser Schutz der Rhizobien soll laut Herstellerangaben die Vitalität der Bakterien auch noch 21 Tagen nach der Impfung bewirken. Tatsächlich belegen Versuche von AIGNER im Jahr 2016 (Ergebnisse unveröffentlicht) zumindest in der Tendenz diese Aussage. So wurden mit Rizoliq Top S behandelte Sojabohnen in einer Variante erst zehn Tage nach der Impfung ausgesät, wobei sich im Hinblick auf den gemessenen Ertrag im Vergleich zum herkömmlichen Impfvorgehen und zu den bereits bewährten Mitteln, wie Hi-Stick, Biodoz-Soja und Force 48 keine signifikanten Unterschiede ergaben.

Allen Impfmitteln ist generell gemein, dass die Bakterien UV-empfindlich sind. Deshalb ist immer darauf zu achten, die Impfung nicht in der prallen Sonne vorzunehmen und auch den Zeitraum bis zur Aussaat möglichst kurz zu halten. Zudem sollte der Zeitpunkt der Aussaat so gewählt werden, dass die Außentemperatur nicht zu hoch ist. Detaillierte Informationen zum Thema Impfen von Sojabohnen sind über das Video „Impfung von Sojasaatgut“ auf der Seite des Sojaförderrings abzurufen. (<https://www.sojaforderring.de/anbauratgeber/aussaat/video-impfung-von-sojasaatgut/>) (aufgerufen am 12.06.2017).

Auch wenn sich die Bakterien zur Knöllchenbildung nach mehrmaligem Anbau von geimpften Sojabohnen auf der gleichen Fläche im Boden anreichern, so empfiehlt es sich zur Ertragsicherung trotzdem auch weiterhin eine Impfung des Saatguts durchzuführen. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Position ‚Impfung‘ beim Einsatz normaler Aufwandmengen mit 20 bis 40 €/ha vergleichsweise geringe Kosten verursacht.

## Beobachtungen:

Wie in den Jahren 2014 und 2015 haben die meisten Landwirte in Bezug auf den Zeitraum zwischen Impfung und Saat auch im Erntejahr 2016 mit einer halben Stunde bis maximal drei Stunden sehr zügig gearbeitet. Lediglich in seltenen Fällen verging vom Impftermin bis zur Saatgutablage mit fünf bzw. zehn Stunden etwas mehr Zeit. Mehrere Betriebsleiter/innen setzten in jeweils einem Streifen auf das Mittel Rizoliq Top S. Ein großes Zeitfenster von acht bzw. 14 Tagen zwischen Impfung und Aussaat wurde in jeweils einem Streifen jedoch nur in zwei Betrieben vorgenommen. Die übrigen Landwirte hielten sich mit dem erwähnten Zeitraum von 0,5 bis drei Stunden an eine zügige Aussaat der Sojabohnen nach der Bakterienübertragung.

Die Saatgutablage selbst erfolgte in den meisten Fällen bei sonnigem Wetter und einer mittleren Außentemperatur von 17°C im Verlauf des Vormittages oder am frühen Nachmittag. Eine Saatgutablage am Abend oder in der Nacht wurde nur in Einzelfällen durchgeführt. Ein Blick auf die Maximaltemperatur zeigt, dass die Aussaat zumindest in einem Fall bei 30°C und damit in einem sehr hohen Temperaturbereich umgesetzt wurde. Da eine solche Vorgehenseise jedoch eine Ausnahme darstellte, ist auf der Grundlage der übermittelten Angaben davon auszugehen, dass die Ablage der Bohnen in den meisten Fällen unter guten bis sehr guten Bedingungen stattgefunden hat. Es ist somit eher unwahrscheinlich, dass negative äußere Bedingungen zu einem Absterben der Bakterien und einem ausbleibenden Knöllchenansatz geführt haben.

Sofern eine Impfung mit einem der bewährten Mittel Biodoz-Soja, Force 48, Hi-Stick oder Rizoliq Top S stattgefunden hatte, konnten im Zuge der Bonitur an den Wurzeln der Pflanzen häufig sowohl kleine als auch große Knöllchen gefunden werden. In seltenen Fällen fand eine Zuordnung in die Gruppe ‚überwiegend große Knöllchen‘ oder aber ‚vorwiegend kleine Knöllchen‘ statt. Damit bestätigen diese Boniturergebnisse die Beobachtungen aus den beiden Vorjahren.

Der Einsatz von Fix-Fertig Saatgut brachte in Bezug auf die Knöllchengröße oftmals keine wesentlichen Unterschiede zu den bewährten Impfmitteln hervor. Nur in ein paar Fällen fiel das Ergebnis mit dem ausschließlichen Auffinden kleiner Knöllchen schlechter aus als bei den anderen genannten Produkten. Die Mischung von Fix-Fertig Saatgut und einem anderen Mittel führte in Bezug auf den zu bewertenden Parameter ebenfalls nur selten zu einer Verbesserung und demnach zu einer Zunahme der Knöllchengröße. Nachdem diese Tendenz in ähnlicher Form auch schon im Erntejahr 2015 gegeben war, stellt sich die Frage, ob die Wahl des Impfmittels überhaupt einen entscheidenden Einfluss auf die Knöllchengröße hat und ob dieser Kennwert überhaupt eine ertragsrelevante Komponente darstellt. Es zeigen sich demnach zwei Punkte, welche über zukünftige Versuche zu klären wären.

Im Hinblick auf die Anzahl der Knöllchen (Bonitur nach Bioforschung Austria, **Abb. 1**) wurden die nachfolgend beschriebenen Beobachtungen gemacht:

Generell traten unabhängig vom angewendeten Impfverfahren, wie auch schon in den Vorjahren in keinem Fall mehr als 100 Knöllchen an den Wurzeln auf. Eine Knöllchenanzahl in Stufe 3 (30 bis 100 Knöllchen) konnte lediglich in einem Streifen beobachtet werden. Bei dem hier verwendeten Impfmittel handelte es sich um Biodoz-Soja. Am häufigsten bewegte sich die Anzahl der Knöllchen 8 Wochen nach der Aussaat in Stufe 1 (bis zu 10 Knöllchen) und 2 (10 bis 30 Knöllchen). Zwischen den Impfmitteln Biodoz Soja, Hi-Stick, Force 48 und Rizoliq Top S traten innerhalb der Betriebe, welche diese Produkte einsetzten, immer wieder leichte Unterschiede auf. Es konnten jedoch weder eine

bestimmte Reihenfolge in der Wirkung der Impfmittel noch Differenzen im Knöllchenbesatz konstant über alle Betriebe beobachtet werden.

Bezüglich der Anzahl an Knöllchen zeigt sich für den Einsatz von Fix-Fertig Saatgut auch hier ein gemischtes Bild. So waren in manchen Betrieben in der Tendenz nach Verwendung dieses Produktes weniger Knöllchen an den Wurzeln der Sojapflanzen zu finden als nach der Impfung mit Biodoz Soja, Hi-Stick, Force 48 oder Rizoliq Tops S. Der Streifen mit dieser Impfmittelwahl fiel in der Bewertung damit am schlechtesten aus. Demgegenüber konnten in anderen Streifenanlagen keine Unterschiede zwischen den Impfmitteln beobachtet werden. In einem Fall wies die Fix-Fertig Variante sogar die höchste Anzahl an Knöllchen auf. Die Erkenntnisse aus den letzten beiden Jahren lassen sich somit nicht komplett auf das Erntejahr 2016 übertragen. Eine mögliche Ursache dieser Beobachtungen im wiederholten Anbau von Sojabohnen auf der Fläche der Demonstrationsanlage zu suchen, kann aufgrund der gelieferten Daten ausgeschlossen werden.

In den Streifen mit Sojabohnensaatgut ohne vorherige Impfung wurden in allen Betrieben keine Knöllchen gefunden. Gleiches gilt für Variationen, in denen ein überlagertes Impfmittel Verwendung fand oder anstatt einer Impfung eine Düngung von Stickstoff umgesetzt wurde.

Die Gegenüberstellung der Angaben im Hinblick auf die Anzahl der Knöllchen vier, sechs und acht Wochen nach der Aussaat zeigt in vielen Betrieben eine kontinuierliche Steigerung der Knöllchenanzahl über die vier Wochen. Häufig konnten vier Wochen nach der Saat noch keine und wenn, dann nur wenige Knöllchen gefunden werden. Demnach bestätigen die Beobachtungen die Ergebnisse aus den zurückliegenden Erntejahren 2014 und 2015.

Eher selten war die maximale Anzahl bereits nach sechs oder schon nach vier Wochen erreicht. Ein Landwirt berichtet sogar von einer rückläufigen Stückzahl an Knöllchen. So wurden in seinem Fall nach der Impfung mit Force 48 vier und sechs Wochen nach der Aussaat Knöllchen gefunden. Acht Wochen nach der Saatgutablage waren die Wurzeln dagegen leer. Ob dieser Umstand, wie von Seiten des Landwirts vermutet, möglicherweise mit Trockenheit in Verbindung zu bringen ist, kann an dieser Stelle nur schwer beurteilt werden. Vor dem Hintergrund, dass in den anderen Streifen dieses Themas zum letzten Boniturtermin immer Knöllchen gefunden wurden, klingt diese Theorie eher unwahrscheinlich.



**Abb. 3** Knöllchen zur Bindung von Luftstickstoff an der Wurzel der Sojapflanze



Das in **Abb. 3** dargestellte Foto zeigt den Knöllchenbesatz an der Wurzel der Sojabohne. Eine rötliche Färbung im Inneren weist darauf hin, dass die Knöllchen aktiv sind und die Stickstofffixierung aus der Luft funktioniert. An diesem Beispiel ist eine vorwiegende Verteilung der Knöllchen an der Pfahlwurzel sichtbar.

Ein ähnliches Bild konnte in vielen Streifen der Demonstrationsanlage ebenfalls beobachtet werden. Auch hier wurden die Knöllchen hauptsächlich an der Pfahlwurzel gefunden. Darüber hinaus gab es auch Betriebe, in denen sich die Knöllchen ausschließlich in diesem Teil des Wurzelwerks entwickelten. Selten war dagegen eine gleichmäßige Verteilung der Knöllchen über den gesamte Wurzelbereich der Sojabohne gegeben. Damit entsprechen die Beobachtungen exakt den Erkenntnissen aus den vorangegangenen Jahren.

In Bezug auf die Wirkung von Rizoliq Top S lässt sich zusammenfassend sagen, dass eine Aktivität der Bakterien scheinbar auch dann noch gegeben ist, wenn ein längerer Zeitraum zwischen Impfung und Aussaat liegt. So zeigten sich in den beiden Betrieben mit einer Wartezeit von acht bzw. 14 Tagen von der Impfung bis zur Saatgutablage die gleichen und teilweise sogar bessere Ergebnisse als in den Vergleichsstreifen. Demnach entsprechen diese Beobachtungen den bereits erwähnten, unveröffentlichten Versuchsergebnissen von AIGNER aus dem Jahr 2016.

Hinsichtlich der zu bonitierenden Parameter Knöllchenanzahl, Knöllchengröße und Knöllchenverteilung brachten die Streifen mit Bodenimpfung ähnliche Ergebnisse hervor, wie Variationen, in denen im herkömmlichen Verfahren geimpft wurde. In beiden Betrieben, in denen die Bodenimpfung zur Bakterienübertragung in den Demoanlagen durchgeführt wurde, fand das Produkt Biodoz Soja Verwendung. Dabei zeigten sich im ersten Betrieb im Vergleich zu den Streifen mit Rizoliq Top S eine etwas geringere Knöllchenanzahl und Knöllchengröße. Im Vergleich zum Streifen, in dem die Sojabohnen nach Standardverfahren mit Biodoz Soja geimpft wurden, waren keine Unterschiede erkennbar. Im zweiten Betrieb waren Differenzen lediglich im Hinblick auf die Knöllchenverteilung an den Wurzeln der Sojabohne zu beobachten. Während diese nach der Verwendung von Rizoliq Top S und Biodoz Soja im Standardverfahren gleichmäßig über Pfahl und Seitenwurzeln verteilt waren, konnten die Knöllchen nach der Bodenimpfung nur an der Pfahlwurzel gefunden werden.

Geimpfte bzw. nicht geimpfte Sojabohnen lassen sich jedoch nicht nur anhand der Knöllchenanzahl erkennen. Sojabohnenbestände, in denen die Impfung fehlgeschlagen ist kennzeichnen sich in der Regel auch durch eine gelbliche Verfärbung der Pflanzen, was auf einen Mangel in der Stickstoffversorgung hindeutet.



**Abb. 4** geimpfter (links) bzw. ungeimpfter Sojabestand (rechts)

In **Abb. 4** ist auf der linken Bildhälfte eine dunkelgrüne Blattfärbung zu erkennen. Diese deutet auf aktive Knöllchen und damit auf eine gute Stickstoffversorgung der Pflanzen hin. Im Gegensatz dazu zeigt der Bestand auf der rechten Seite des Fotos deutliche Blattaufhellungen. In diesem Fall blieb die Impfung des Saatgutes aus, sodass sich keine Knöllchen an den Wurzeln der Sojapflanzen entwickeln konnten. Eine angemessene Stickstoffversorgung war hier nicht gegeben

AIGNER, A. (o. J.): Sojabohnen: Sorgfältige Impfung ein Muss.

[http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/schwerpunkte/dateien/sojabohnen\\_sorgfaeltige\\_impfung\\_ein\\_muss.pdf](http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/schwerpunkte/dateien/sojabohnen_sorgfaeltige_impfung_ein_muss.pdf) (23.11.2017)