

Impfung 2017

Mit der Thematik Impfung setzten sich 2017 insgesamt acht konventionelle und fünf ökologisch wirtschaftende Landwirte auseinander (**Tab. 1**). Damit war im Vergleich zu den drei Vorjahren die Anzahl der Betriebe leicht rückläufig. Es wurden jeweils zwei bis neun 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. Auch das mittlerweile bekannte Rizoliq Top S wurde immer wieder eingesetzt. Zwei Betriebsleiter/innen griffen auf Fix-Fertig Saatgut (FFS) zurück. In einem Fall fand eine Gegenüberstellung einer alleinigen Anwendung und der Kombination mit einem etablierten Impfmitteln statt. Weitere, jedoch in deutlich geringerem Umfang verwendete Impfmittel waren RhizoFix, Radicin, ‚Die Saat‘ und Turbo-soy sowie Wilhelms Best oder ProGrow. Eine Bodenimpfung, als eine zusätzliche Möglichkeit der Anreicherung von Bakterien im Boden, erfolgte in den Demonstrationsanlagen auf insgesamt 3 Betrieben. Die eingesetzte Impfmittelmenge bewegte sich in der Regel in einem Bereich von 300 bis 600 g/ha. Seltener wurden mit 200 g geringere, bzw. mit 800 g höhere Dosierungen gewählt.

Tab. 1 Demonstrationsanlagen mit dem Thema Impfung im Erntejahr 2017

Betriebe gesamt	[St.]	13
Betriebe konventionell	[St.]	8
Betriebe ökologisch	[St.]	5
Anzahl Streifen [min]	[St.]	2
Anzahl Streifen [max]	[St.]	9
eingesetzte Impfmittel	[Bez.]	keine Impfung, Biodoz Soja, Die Saat, Hi-Stick, Rizoliq Top S, Force 48, Fix-Fertig Saatgut (FFS), RhizoFix, Radicin, Turbosoy, Wilhelmas Best, ProGrow, Kombinationen aus den aufgeführten Impfmitteln
Bodenimpfung?	[Bez.]	ja, 3 Betriebe
Bonizur in Bezug auf:		
<i>Knöllchengröße</i>		sehr oft 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.), in einem Streifen mehr als 100 Kn., keine Kn. nur in ungeimpften Varianten oder bei Gebrauch von Wilhelms Best
<i>Knöllchenverteilung</i>		Kn. vorwiegend an der Pfahlwurzel, manchmal auch ausschließlich an der Pfahlwurzel, 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 vorwie-

gend an der Pfahlwurzel, an den Seitenwurzeln oder gleichmäßig über das gesamte Wurzelsystem zu finden waren.

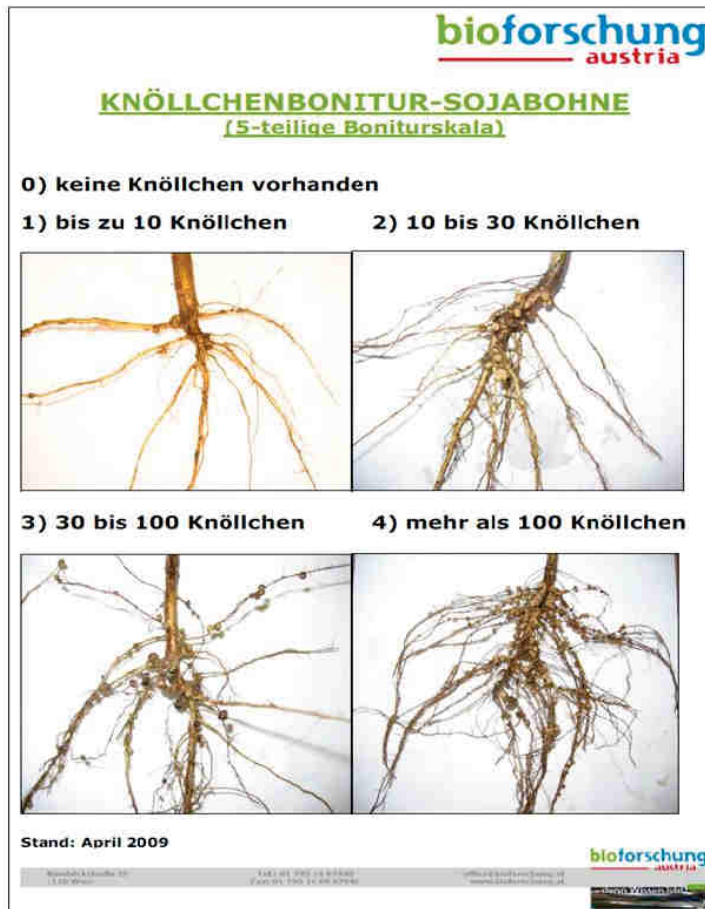


Abb. 1 Boniturschema zur Bestimmung der Knöllchenanzahl bei Sojabohnen (Quelle: BIOFORSCHUNG AUSTRIA)

<https://www.bioforschung.at/wp-content/uploads/2015/10/Soja-Kn%C3%B6llchen-Bonitur-BIO-FORSCHUNG-AUSTRIA.pdf> (08.05.2019)

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 abgeben. 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 schlech-

tere 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.sojafoerderring.de/anbauratgeber/aussaat/video-impfung-von-sojasaatgut/>) (aufgerufen am 02.11.2018).

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 Ertragssicherung trotzdem auch weiterhin eine Impfung des Saatguts durchzuführen. Dies gilt insbesondere vor dem Hin-

tergrund, dass die Position ‚Impfung‘ beim Einsatz normaler Aufwandmengen mit 20 bis 40 €/ha vergleichsweise geringe Kosten verursacht.

Beobachtungen:

Wie im bisherigen Projektverlauf haben die meisten Landwirte auch 2017 in Bezug auf den Zeitraum zwischen Impfung und Saat mit einer halben Stunde bis maximal vier Stunden sehr zügig gearbeitet. Lediglich in seltenen Fällen verging vom Impftermin bis zur Saatgutablage mit bis zu 24 Stunden auch mehr Zeit. In zwei Fällen fand die Aussaat der Sojabohnen erst sieben bzw. zehn Tage nach der Impfung statt. Im ersten Betrieb führte der Landwirt in einem Streifen mit dem Mittel Turbosoy eine Vorratsimpfung durch und setzte dieses der normalen Behandlung mit diesem Impfmittel gegenüber. Im zweiten Betrieb wurde auf das Mittel Rizoliq Top S zurückgegriffen und mit der Impfung Hi-Stick verglichen.

Die Saatgutablage selbst erfolgte, wie in den Jahren zuvor auch im aktuell betrachteten Zeitraum, in der Regel bei sonnigem Wetter und einer mittleren Außentemperatur von 17°C im Verlauf des Vormittages oder am frühen Nachmittag. Eine Saatgutablage nach 15:00 Uhr wurde nur selten durchgeführt. Am Abend oder in der Nacht fand diese gar nicht statt. Ein Blick auf die Maximaltemperatur zeigt, dass die Aussaat zumindest in einem Fall bei 28°C und damit in einem sehr hohen Temperaturbereich umgesetzt wurde. Da eine solche Vorgehensweise jedoch eine Ausnahme darstellte, ist auf der Grundlage der übermittelten Angaben auch in diesem Jahr 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 die Boniturergebnisse die Beobachtungen aus den drei Vorjahren. Nach einer Impfung mit Turbosoy und ‚Die Saat‘ wurden ebenfalls überwiegend große Knöllchen gefunden.

Der Einsatz von Fix-Fertig Saatgut brachte in Bezug auf die Knöllchengröße in diesem Jahr oftmals nur kleine Knöllchen hervor. Eine Mischung von Fix-Fertig-Saatgut mit Hi-Stick führte zu keiner Verbesserung. So fand die Einstufung der Knöllchengröße nach wie vor in die Kategorie ‚vorwiegend kleine Knöllchen‘ statt. Nachdem diese Tendenz in ähnlicher Form auch schon in den beiden Vorjahren gegeben war, stellt sich die Frage, ob die Wahl des Impfmittels 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 acht Wochen nach der Aussaat folgende Beobachtungen gemacht:

In einem Fall traten nach der Impfung mit Hi-Stick mehr als 100 Knöllchen an den Wurzeln auf, wobei diese aber eher kleiner ausfielen. Derartig viele Knöllchen wurden in den vorangegangenen Jahren nie gefunden. Eine Knöllchenanzahl in Stufe 3 (30 bis 100 Knöllchen) konnte in fünf Streifen beobachtet werden. Hier erfolgte die Impfung mit Turbosoy (normal und Vorratsimpfung) sowie mit Fix-Fertig Saatgut in Kombination mit Hi-Stick sowie dem alleinigen Einsatz von Force 48 bzw. Biodoz Soja. Am

häufigsten bewegte sich die Anzahl der Knöllchen 8 Wochen nach der Aussaat jedoch in Stufe 1 (bis zu 10 Knöllchen) und 2 (10 bis 30 Knöllchen). Bei den eingesetzten Impfmitteln handelte es sich sowohl um etablierte Produkte als auch um die eher selten eingesetzten Mittel Radicin oder ‚Die Saat‘. Zwar traten zwischen all den Impfmitteln innerhalb der Betriebe immer wieder leichte Unterschiede auf. Es konnten jedoch weder eine bestimmte Reihenfolge in der Wirkung der Mittel noch Differenzen im Knöllchenbesatz konstant über alle Betriebe beobachtet werden.

Nach einer Impfung mit Wilhelms Best zeigten sich in vier von fünf Betrieben acht Wochen nach der Saat keine Knöllchen. Somit schien das Mittel in diesen Fällen keine Wirkung gehabt zu haben. Lediglich ein Landwirt berichtet, dass die Behandlung des Saatgutes mit diesem Produkt eine Knöllchenanzahl in Stufe 2 (10 bis 30 Knöllchen) hervorbrachte.

In den Streifen, in welchen Sojabohnensaatgut ohne vorherige Impfung eingesetzt wurde, konnten nur in einem Fall keine Knöllchen gefunden werden. Bei allen anderen Betrieben lag die Anzahl der Knöllchen in Stufe 1, bei einem Landwirt sogar in Stufe 2. Dies widerspricht den Erkenntnissen aus den vorangegangenen Erntejahren und ist insofern als besonders zu bewerten, als das nach Angabe der Betriebsleiter/innen auf der Fläche der Demonstrationsanlage in keinem Fall jemals zuvor schon einmal Sojabohnen angebaut wurden. Warum in diesen Streifen trotzdem Knöllchen an den Wurzeln der Pflanzen gefunden werden konnten, lässt sich an dieser Stelle nicht beantworten.

Die Gegenüberstellung der Angaben im Hinblick auf die Anzahl der Knöllchen vier, sechs und acht Wochen nach der Aussaat zeigt in vielen Betrieben eine Steigerung der Knöllchenanzahl. Häufig konnten vier Wochen nach der Saat noch keine und wenn, dann nur wenige Knöllchen gefunden werden. In einigen Fällen war das Maximum bereits 6 Wochen nach der Aussaat erreicht, in anderen Betrieben konnte die Anzahl vom zweiten auf den dritten Messzeitpunkt dagegen nochmals gesteigert werden. Demnach bestätigen die Beobachtungen die Ergebnisse aus den zurückliegenden Erntejahren 2014, 2015 und 2016.



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 an der Pfahlwurzel sichtbar.

Auch im Erntejahr 2017 konnte oftmals ein solches Bild in den Streifen der Demonstrationsanlage beobachtet werden. Hier wurden die Knöllchen ebenfalls hauptsächlich an der Pfahlwurzel gefunden.

Seltener berichten Betriebsleiter/innen von einer gleichmäßigen Verteilung der Knöllchen über das gesamte Wurzelsystem. Gleiches gilt für das Auftreten ausschließlich an der Pfahlwurzel. Damit entsprechen die Beobachtungen ebenfalls exakt den Erkenntnissen aus den vorangegangenen Jahren.

Die Bodenimpfung in den drei Betrieben brachte unterschiedliche Ergebnisse und damit kein einheitliches Bild hervor, wie dies noch im Erntejahr 2016 zu beobachten war. Im ersten Betrieb schnitt diese Art der Bakterienübertragung im Vergleich zum etablierten Impfverfahren schlecht ab. Während nach der normalen Behandlung des Saatgutes mit Hi-Stick, ‚Die Saat‘ oder Rizoliq Top S die Anzahl der Knöllchen in allen drei Streifen in Stufe 1 eingeordnet wurde, konnten nach der Bodenimpfung mit dem Mittel ‚Die Saat‘ keine Knöllchen gefunden werden. Der Pflanzenbestand in diesem Streifen erschien optisch heller als in den anderen Varianten, was für eine unzureichende Stickstoffversorgung spricht. Insgesamt ist auffällig, dass der Landwirt von sehr trockenen Aussaatbedingungen berichtet. Möglicherweise ist dies ein Grund für das schlechte Abschneiden der Bodenimpfung in diesem Fall. In den beiden anderen Betrieben brachte die Bodenimpfung nämlich dieselben Ergebnisse hervor, wie das herkömmliche Impfverfahren. Dies galt jeweils für alle drei Boniturparameter, die Knöllchenanzahl, deren Verteilung an der Wurzel sowie die Knöllchengröße.

In Bezug auf die Wirkung von Rizoliq Top S lassen sich die Ergebnisse aus dem Vorjahr bestätigen. Eine Aktivität der Bakterien ist auch dann noch gegeben, wenn ein längerer Zeitraum zwischen Impfung und Aussaat liegt. So zeigt sich in dem Betrieb mit einer Wartezeit von zehn Tagen von der Impfung bis zur Saatgutablage das gleiche Ergebnis wie im Vergleichsstreifen, in dem mit Force 48 geimpfte Sojabohnen eingesetzt wurden. Demnach entsprechen diese Beobachtungen den bereits erwähnten, unveröffentlichten Versuchsergebnissen von AIGNER aus dem Jahr 2016.

Auch die Vorratsimpfung mit TurboSoy und einer Wartezeit von sieben Tagen zwischen Impfung und Aussaat brachte ein gutes Ergebnis hervor, welches in der Gegenüberstellung zum Standardverfahren keine Unterschiede aufwies. In beiden Fällen lag die Knöllchenanzahl mit 30 bis 100 Knöllchen in einem sehr hohen Bereich. Ob die Ergebnisse jedoch übertragbar sind, kann an dieser Stelle nicht gesagt werden.

Geimpfte bzw. nicht geimpfte Sojabohnen lassen sich jedoch nicht nur anhand der Knöllchenanzahl sowie deren Größe und Verteilung 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 (02.11.2018)