

# Abschlussbericht Kartoffelalterna

Projekt Nr.2373

## Biologischer Kartoffelanbau: Anwendung alternativer Pflanzenschutzmittel zur Krankheitsverminderung

Organic farming: Using alternative plant  
protection in potatoes to decrease  
diseases

### Projektleitung:

DI Waltraud Hein, LFZ Raumberg-Gumpenstein

### Projektmitarbeiter:

Ing. Hermann Waschl, Dr. Herbert Huss, LFZ Raumberg-Gumpenstein



## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>2</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>3</b>
<b>Summary</b> .....	<b>4</b>
<b>Einleitung</b> .....	<b>5</b>
<b>Material und Methoden</b> .....	<b>5</b>
STANDORT.....	5
<i>Jahre</i> .....	6
<i>Varianten</i> .....	6
<i>Sorten</i> .....	7
<b>Ergebnisse</b> .....	<b>8</b>
<i>Krankheitsbefall</i> .....	8
<i>Knollenerträge</i> .....	11
<b>Diskussion</b> .....	<b>13</b>
<b>Schlussfolgerungen</b> .....	<b>15</b>
<b>Literatur</b> .....	<b>15</b>

## Zusammenfassung

Das vorliegende Forschungsprojekt „Biologischer Kartoffelanbau: Anwendung alternativer Pflanzenschutzmittel zur Krankheitsverminderung“ wurde ins Leben gerufen, weil es im biologischen Kartoffelanbau eigentlich keine alternativen Pflanzenschutzmittel zum Kupfer gibt, dieses aber dem ökologischen Gedanken in keiner Weise entspricht. Wissenschaftler in ganz Europa suchen nach einem gleich wirksamen, aber ökologisch besser vertretbaren Mittel gegen die Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel. Dabei wurden schon die unterschiedlichsten Pflanzenextrakte geprüft, wobei viele im Labor eine sehr gute Wirkung erzielten, im Gewächshaus nicht mehr so gut und im Freiland oft gar keine mehr. Weil aber Kartoffeln im Freiland erzeugt werden, müssen Pflanzenschutzmittel den mitteleuropäischen Witterungsbedingungen weitgehend standhalten.

Die häufigste Pflanzenkrankheit bei Kartoffeln ist eindeutig die Kraut- und Knollenfäule, welche auch weltweit die größten Schäden verursacht. Die dadurch entstehenden Verluste können 20 – 40 % des Normalertrages ausmachen, was allein für die EU-Länder jährlich mit 1.000.000 € beziffert wurde.

In den am Institut für biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere des LFZ Raumberg-Gumpenstein durchgeführten Feldversuchen am Moarhof in Trautenfels wurden in den Jahren 2010 und 2012 mit jeweils zwei unterschiedlichen Sorten dieselben Pflanzenschutzmittel auf ihre Wirksamkeit gegen Kraut- und Knollenfäule getestet. Die Prüfung gegen andere Pflanzenkrankheiten kann nur indirekt mitgeprüft werden, weil deren Krankheitsbilder meist nicht so deutlich in Erscheinung treten wie bei der Kraut- und Knollenfäule. Noch dazu war das Jahr 2010 kein Krautfäulejahr, in dem sich die Pflanzenschutzmittel wirklich bewähren müssen. Im Jahr 2011 war definitiv kein Platz für einen derartigen Versuch, dafür zeigte das Jahr 2012 wiederum alle Probleme eines sogenannten Krautfäulejahres auf. Natürlich sind diese Versuche nicht ausreichend, um ein alternatives Pflanzenschutzmittel den Landwirten gegen eine bestimmte Krankheit empfehlen zu können. Was aber eindeutig festgestellt werden konnte war die Überlegenheit der Kupferbehandlung im Vergleich zu allen anderen Varianten, besonders unter mittlerem bis starkem Infektionsdruck. Bei geringem Infektionsdruck ähneln die Ergebnisse einander eher stärker, was Empfehlungen für die Praxis noch schwieriger macht.

Bei den verwendeten Mitteln handelte es sich um zwei Pflanzenstärkungsmittel, einerseits Ackerschachtelhalm, andererseits Myco-Sin im Vergleich zum Kupfer, und natürlich wurde eine Nullvariante mitgeprüft. Als Kartoffelsorten fanden im Jahr 2010 die Sorte Asterix und Ditta Verwendung, im Jahr 2012 die Sorten Agata und Ditta. Somit stand die Sorte Ditta in beiden Jahren im Versuch. Die Beobachtungen am Feld bezogen sich auf die pflanzenbauliche Entwicklung, auf den Krankheitsbefall mit Kraut- und Knollenfäule sowie die Feststellung des Ernteertrages, mit Bestimmung des Stärkegehaltes und eine Krankheitsbonitur nach der Ernte, bei der es im Wesentlichen um die Erfassung der von außen nicht erkenntlichen Symptome für qualitätsbeeinträchtigende Krankheiten ging.

Was eindeutig aus diesem Projekt ersichtlich wird, ist die Überlegenheit der Kupfervariante gegenüber den Pflanzenstärkungsmitteln und der Nullvariante. Allerdings sind die Unterschiede zwischen den anderen Varianten marginal, die Nullvariante übertrifft im Jahr 2010 sogar die beiden Pflanzenstärkungsmittel im Knollenertrag, wobei das Jahr nur einen schwachen bis mittleren Krautfäulebefall aufwies. Im Jahr 2012, einem typischen Krautfäulejahr, erwies sich die Nullvariante der Sorte Agata als jene mit dem geringsten Knollenertrag, während die Sorte Ditta nach der Kupfervariante den zweithöchsten Ertrag brachte. Allerdings ist die Situation bei den Krautfäulebonituren am Feld anders, hier zeigt die Nullvariante immer die höchsten Boniturwerte – und somit den stärksten Befall. Das bedeutet aber nicht zwangsläufig, dass der Krankheitsbefall im selben Maß sich auf den Ertrag auswirkt, weil die Knollenbildung beim ersten Boniturtermin schon im Gange ist, wo die Befallsstärke noch nicht so hoch ist. Beim zweiten Boniturtermin sollte die Knollenbildung schon so weit erfolgt sein, dass auch hohe Bewertungsnoten den Ertrag nicht mehr stark negativ beeinflussen können.

Bei der nach der Ernte durchgeführten Krankheitsbonitur wurden auch sonst keine gravierenden

Krankheitsbilder festgestellt. Ein Befall mit Silberschorf ist fast immer vorhanden, ebenso ein Befall mit *Rhizoctonia solani*, was sich am ehesten in einem Pockenbefall oder Dry core äußert. Ein Befall mit *Colletotrichum coccodes* wurde nicht bonitiert, 2010 gab es noch zu wenige Informationen, 2012 überdeckte die Krautfäule weitgehend alle anderen Krankheiten am Feld.

## Summary

The research project „Organic farming: Using alternative plant protection in potatoes to decrease diseases” was started because there are no alternative plant protection products to copper. This product is not ecologically in any way. Researches from all over Europe are searching for alternatives which have the same effect but are more ecological. During those analyses different plant extracts were tested; many of them were effective in the laboratory, some of them in the green house, but almost no in the field. Potatoes are grown in the fields so we need plant protection products which resist the weather conditions of middle Europe.

The most frequent disease of potatoes is potato late blight (*Phytophthora infestans*) which causes the heaviest losses in yield and quality worldwide. The losses can reach 20 – 40 % of the normal yield, this means about 1.000.000 € only for the countries of the EU yearly.

In the institute for biological agriculture and biodiversity of the ACER Raumberg-Gumpenstein field trials were carried out at the Moarhof in Trautenfels in the years 2010 and 2012. We used always the same plant production products against potato late blight with two different varieties per year. The effect against other plant diseases can only be tested indirectly because the disease pattern is unincisive. In the year 2010 the infection with the potato late blight was not heavy so we could not see the effect clearly. In the year 2011 we had no space for such a field trial, but we carried out the same field trial in the year 2012 again. That year had a heavy infection with potato late blight. Normally two years are not enough to find out all about these plant protection products to give advices to the farmers. We found a really good effect of copper in comparison to the other products against potato late blight, especially when the infection flow is heavy. If there is only a light infection the differences among the variants are too small.

The used plant protection products were two plant strengthener products (Ackerschachtelhalm and Myco-Sin) in comparison to copper and a variant without treatment. The potato varieties were in the year 2010 Asterix and Ditta; in the year 2012 Agata and Ditta. So we had the variety Ditta in both years in the trials. The monitoring in the field contented the plant development, the degree of infection, the determination of the yield and the content of starch, as well as an observation of the harvested potatoes in spite of diseases inside the tubers. Many of those diseases cannot be seen from outside but often they influence the quality of the tubers.

One result which can be seen clearly was the predominance of copper in comparison to the other products and the not treated variant. The differences among the other variants are only marginal, the not treated variant was better than the plant strengthener products in tuber yield in the year 2010 with both varieties. In the year 2012 the not treated variant of Agata had the lowest tuber yield but the situation with the variety Ditta is quite different. If we look to the evaluation in the field in spite of potato late blight we see another ranking of the variants. Here the not treated variant is always the worst. That means the infection was the highest. But the degree of infection with potato late blight does not lead to low yields automatically. At the first date of evaluation in the field the formation of the tubers has already started. The second date of evaluation mostly is as late that the formation of tubers has been widely completed that the effect on the tuber yield is not so heavily.

At the evaluation of the tubers after harvest we could not find other diseases in a high degree of infection. A little infection with silver-scarf is always on the tubers as well as an infection with *Rhizoctonia solani* which comes out with dry core and blains. Any infestation with *Colletotrichum coccodes* was not registered at all.

## Einleitung

Der biologische Kartoffelanbau stellt ganz besonders hohe Anforderungen an jeden Landwirt. Zum einen soll ein wirtschaftlich vertretbarer Knollenertrag geerntet werden, zum anderen ist der Weg dorthin schwierig. Selbst im konventionellen Kartoffelanbau gelingt es nicht jedem Landwirt, jedes Jahr hohe Erträge bei bester Produktqualität zu erzielen. Selbst unter Zuhilfenahme von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln im konventionellen Kartoffelbau lässt sich ein Befall mit verschiedenen Pflanzenkrankheiten und Schädlingen nicht ganz vermeiden. Somit ist es bei biologischer Bewirtschaftung nicht verwunderlich, wenn es deutlich schwieriger ist, qualitativ einwandfreie Kartoffeln zu erzeugen, die auch ihren entsprechenden Marktwert haben.

Zur Erreichung dieses Zieles ist es notwendig, die Führung des Pflanzenbestandes mit besonderer Aufmerksamkeit zu verfolgen, einen hohen persönlichen Einsatz zu geben, der sich in einer hohen Zahl von Arbeitskraftstunden niederschlägt. Wichtig ist die genaue Beobachtung des Pflanzenbestandes im Hinblick auf eine Veränderung der Blätter mit Flecken, die auf einen Krankheitsbefall hindeuten können. Weil es im Biolandbau nicht möglich ist, bei den ersten Anzeichen des Auftretens einer Krankheit einfach ein systemisches Pflanzenschutzmittel einzusetzen, müssen schon vorher alle erdenklichen pflanzenbaulichen Maßnahmen ergriffen werden, um einem Krankheitsbefall vorzubeugen, bzw. sofort nach Erkennen einer Krankheit die erlaubten und dafür geeigneten Pflanzenschutzmittel anzuwenden.

Allerdings ist die Anzahl der für den Biolandbau erlaubten Pflanzenschutzmittel stark eingeschränkt und vor allem im Hinblick auf die Behandlung der Kraut- und Knollenfäule auf Kupfermittel eingengt. Dazu kommt, dass Kupfer grundsätzlich nicht dem ökologischen Gedanken entspricht, weil es ein Schwermetall ist, welches sich im Boden anreichert. Ebenso unterliegt die jährlich erlaubte Kupfermenge einer Beschränkung, einerseits durch die EU, wo sie auf 6 kg/ha/Jahr begrenzt ist. Für Bio-Austria-Betriebe jedoch gibt es noch eine weitere Einschränkung, und zwar beträgt die erlaubte auszubringende Menge an Reinkupfer 2 kg/ha/Jahr. Andere Bioverbände mit strengeren Richtlinien, wie beispielsweise Demeter, verbieten jegliche Ausbringung von Kupfer.

Natürlich betrifft das Problem der Anwendung von Kupfer nicht nur Landwirte, die Kartoffeln anbauen, sondern auch Obst- und Weinbauern. In diesem Bereich besteht grundsätzlich Forschungsbedarf, weil es auch darum geht, alternative Pflanzenschutzmittel zu finden, welche in ihrer Wirkungsweise an das Kupfer herankommen, oder aber Strategien zu entwickeln, welche zu einer deutlichen Reduzierung der Kupfermenge führen, aber gleich hohe Erträge bei guter Produktqualität zu gewinnen. Zum einen handelt es sich um Minimierungsstrategien zum Kupfereinsatz, zum anderen um Ersatzpräparate, wie unterschiedliche pflanzliche Extrakte. Während die Kupfer-Minimierungsstrategien dank verschiedener Prognosemodelle schon Eingang in die Praxis gefunden haben, gibt es bei den pflanzlichen Extrakten keine wirklich brauchbare Alternative zum Kupfer.

Mit diesem Projekt wurde versucht, verschiedene alternative Krautfäulemittel wie Schachtelhalmextrakt oder Myco-Sin unter den gegebenen klimatischen Verhältnissen im alpinen Klimagebiet mit Jahresniederschlägen von 1000 mm zu testen. Bei diesem Projekt ist unbedingt zu berücksichtigen, dass es nur eine natürliche Infektion gibt, bzw. dass es eben auch Jahre geben kann, in denen kein oder nur ein sehr schwacher Krankheitsbefall auftritt. Aus solchen Jahren können keine für dieses Forschungsprojekt verwertbaren Ergebnisse vorliegen.

## Material und Methoden

Für dieses Projekt wurde im Jahr 2010 ein Exaktversuch am Moarhof angelegt, der gleichzeitig als Diplomaturaarbeit für zwei Schüler der HBLFA Raumberg-Gumpenstein diente. Im Jahr 2011 war nicht genug Platz für einen derartigen Versuch, aber im Jahr 2012 wurde der Versuch aus dem Jahr 2010 wiederholt. Somit konnten zwei unterschiedliche Jahre für dieses Projekt herangezogen werden.

### *Standort*

Als Standort für diese Versuche diente der Moarhof, die Zentrale des Institutes für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere des LFZ Raumberg-Gumpenstein. Die Versuche wurden jeweils auf dem für den Kartoffelanbau im Rahmen der Fruchtfolge vorgesehenen Acker durchgeführt. Im Jahr 2010 war das der Ennsacker, welcher direkt neben der Landesstraße von Trautenfels nach Irnding liegt und im Süden durch die Enns, im Osten durch eine Straßenböschung begrenzt wird. Nach Westen und Norden ist der Acker von Wiesen umgeben. Allerdings ist der Acker durch seine Lage bei feucht-warmer Witterung ideal für Infektionen.

Im Jahr 2012 war der Kartoffelversuch auf dem Fasanfeldacker, direkt neben dem Wanderweg zur Grimminghütte, im Westen und Norden durch einzelne hohe Bäume begrenzt, nach Süden und Osten von Weidefläche umgeben, wobei der Acker bei Weidegang der Tiere immer eingezäunt ist. Dieser Standort hat sich im Jahr 2007 als günstig erwiesen, weil der Wind auf Grund der Lage jederzeit durch die Kartoffelreihen wehen konnte und sich damals im Sortenversuch keine Krautfäule gezeigt hatte.

### *Jahre*

Die Kartoffelversuche wurden in den Jahren 2010 und 2012 durchgeführt. Das Jahr 2010 war kein typisches Krautfäulejahr, dafür war es zu wenig warm. Genügend Niederschlag war vorhanden, aber die wirklich hohen Temperaturen in Verbindung mit der Feuchtigkeit fehlten. Daher fand nur eine relativ leichte Infektion statt, bei der die Wirksamkeit der „alternativen“ Krautfäulemittel nicht direkt unter Beweis gestellt werden konnte.

Im Jahr 2012 waren die Bedingungen zunächst ideal für das Auflaufen der Kartoffeln, Ende Juni präsentierte sich der gesamte Kartoffelschlag wunderschön in Blüte. Wenige Tage später begannen die ersten typischen Krautfäule-Flecken an den Blättern vereinzelter Stauden aufzutreten, danach ging es aber sehr rasch mit der Infektion. Starke Niederschläge Anfang Juli trugen dazu bei, im Sortenversuch bei manchen Sorten eine Totalinfektion hervorzurufen, während die toleranten, bzw. resistenten Sorten 3 - 4 Wochen länger grüne Blätter behielten. Ganz extrem stark zeigte sich der Befall mit Krautfäule im Behandlungsversuch, hier gab es sehr deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten.

### *Varianten*

Die Kartoffelversuche umfassten in beiden Jahren dieselben Varianten. Die Auswahl der Varianten erfolgte nach reiflichen Überlegungen sowie dem Studium der im Betriebsmittelkatalog erlaubten Pflanzenschutzmittel, die gegen Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel zugelassen und für Bio-Austria Betriebe erlaubt sind.

Als Varianten wurden festgelegt: Nullvariante, Kupferbehandlung, Ackerschachtelhalm und Myco-Sin. Natürlich wirkt der Ackerschachtelhalm nicht so wie das Kupfer als Kontaktmittel, sondern hat die Funktion eines Pflanzenstärkungsmittels, das die Blattoberfläche durch natürliche Kieselsäure und Schwefelverbindungen abhärtet und das Eindringen von Schadpilzen in die Blätter auf diese Weise verhindern soll. Myco-Sin wurde deshalb ausgewählt, weil dieses Mittel laut Produktbeschreibung eine Erhöhung der Widerstandskraft gegen Krautfäule verspricht. Für die Kupferbehandlung wurde dasselbe Mittel verwendet, das auch im Sortenversuch zum Einsatz kommt, und zwar handelt es sich hierbei um Cuprozin flüssig, welches 300 g Reinkupfer enthält. Allerdings gestaltet sich bei derlei Varianten die Erstellung eines Spritzplanes als schwierig, weil Ackerschachtelhalm und Myco-Sin wesentlich öfter ausgebracht werden müssen als das Kupfer. Die Ausbringungsmenge von Reinkupfer ist laut EU für Biobetriebe mit 6 kg/ha/Jahr beschränkt, für Bio-Austria Betriebe steht das Limit bei 2 kg/ha/Jahr, wie es für den Moarhof des LFZ Raumberg-Gumpenstein der Fall ist. Dabei muss man sich schon vor der ersten Kupferausbringung überlegen, auf wie viele Spritzungen pro Vegetationsperiode die Strategie ausgerichtet ist. Die Erstellung eines Spritzplanes ist zwar notwendig; die genaue Einhaltung desselben ist aber stark witterungsabhängig und ebenso von der Entwicklung der Krautfäuleinfektion beeinflusst.

Die Ausbringung der einzelnen Behandlungen erfolgte jeweils mit der Rückenspritze, weil es sich nur um relativ geringe Mengen handelte. Abbildung 1 und 2 bringen die genauen Daten zur Pflanzenschutzbehandlung.



### Spritzplan 2010

Datum	Krautfäule-Mittel	Menge
10.06.2010	Ackerschachtelhalm, Myco-Sin	jeweils
17.06.2010	Ackerschachtelhalm, Myco-Sin, Kupfer	1 %-ig mit 600 l H <sub>2</sub> O/ha
24.06.2010	Ackerschachtelhalm, Myco-Sin, Kupfer	Cu: 0,35 l/ha
01.07.2010	Ackerschachtelhalm, Myco-Sin	
08.07.2010	Ackerschachtelhalm, Myco-Sin, Kupfer	

Abbildung 1: Ausbringung der Behandlungen im Jahr 2010

### Spritzplan 2012

Datum	Krautfäule-Mittel	Menge
15.06.2012	Ackerschachtelhalm, Myco-Sin, Kupfer	jeweils
21.06.2012	Ackerschachtelhalm, Myco-Sin	1 %-ig mit 600 l H <sub>2</sub> O/ha
28.06.2012	Ackerschachtelhalm, Myco-Sin, Kupfer	Cu: 0,35 l/ha
05.07.2012	Ackerschachtelhalm, Myco-Sin, Kupfer	
11.07.2012	Ackerschachtelhalm, Myco-Sin	
18.07.2012	Ackerschachtelhalm, Myco-Sin, Kupfer	

Abbildung 2: Ausbringung der Behandlungen im Jahr 2012

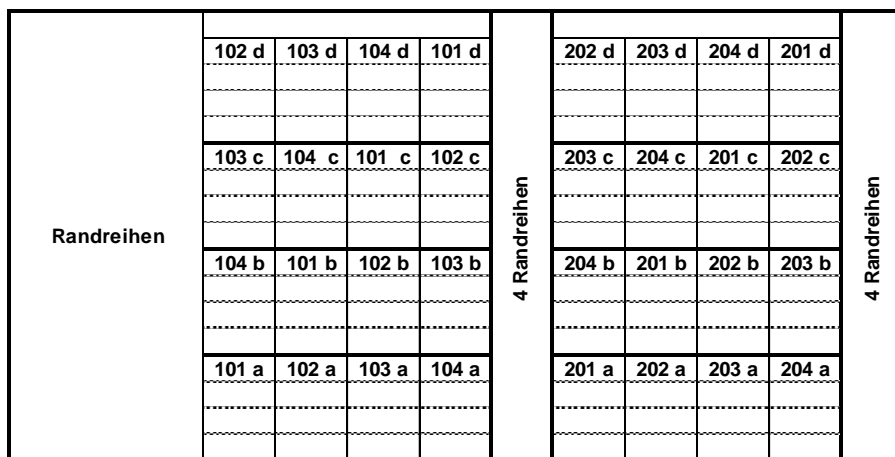
#### Sorten

Bei den für die beiden Versuche verwendeten Sorten handelte es sich im Jahr 2010 um die Sorten: DITTA und ASTERIX, die beide dem frühen bis mittelfrühen Spektrum angehören, allerdings ist die Sorte Ditta rein als Speisesorte ausgewiesen, während die andere Sorte auch als Verarbeitungssorte deklariert ist. Im Jahr 2012 gelangten die Sorten AGATA und DITTA für diesen Versuch zum Anbau. Die Sorte Asterix stand nicht mehr zur Verfügung, so wurde eine gebräuchliche, anfällige Sorte aus dem sehr frühen Sortenspektrum ausgewählt, in diesem Fall handelt es sich um die Sorte Agata. Über die Sorte Ditta kann auch ein Vergleich zum Versuch im Jahr 2010 hergestellt werden.

Bei der Versuchsanlage handelte es sich um ein Lateinisches Quadrat pro Sorte, der Versuchsplan geht aus Abbildung 3 hervor; in beiden Jahren waren die Pläne identisch.

## S ↑ Alternativer Krautfäulemittelversuch Moarhof 2012

Fasanfeldacker FL.: 100 x 40 m = 4000 m<sup>2</sup>



### Sorte: AGATA

- 101 Nullvariante = keine KF -bekämpfung
- 102 Ackerschachtelhalmkonzentrat
- 103 Cu - Behandlung
- 104 Myco-Sin

Parzgröße zur Anlage  
und Auswertung  
3 Reihen a' 75 cm  
x 20 Pflzst. a' 33 cm  
= 2,25m x 6,6m

### Sorte: DITTA

- 201 Nullvariante = keine KF -bekämpfung
- 202 Ackerschachtelhalmkonzentrat
- 203 Cu - Behandlung
- 204 Myco-Sin

= 14,85 m<sup>2</sup>

Abbildung 3: Versuchsplan für Behandlungsversuch 2012

## Ergebnisse

Zu den Ergebnissen zählen sowohl die Knollenerträge als auch die Qualitätsparameter, aber in erster Linie geht es um die Boniturdaten zum Krautfäulebestand, welche deutlich die Infektionsstärke zum Ausdruck bringen.

### Krankheitsbefall

Das Jahr 2010 war kein typisches „Krautfäulejahr“. Daher liegen die Bonituren im Bereich zwischen 1 und 5, was insgesamt nur einem mittleren Befall entspricht. Bonitiert wurde nach dem Schema der AGES mit Noten von 1 – 9, wobei 1 keinen Befall, 9 wiederum Totalbefall bedeuten. Die Ergebnisse der Bonituren für das Jahr 2010 werden in Tabelle 1 angeführt.

Tabelle 1: Krautfäulebonituren im Jahr 2010

### Krautfäuleversuch Moarhof 2010

Varianten	Sorte ASTERIX		Sorte DITTA	
	08.07.2010	26.07.2010	08.07.2010	26.07.2010
NULLVARIANTE	2,625	5,125	2,25	3,875
ACKERSCHACHTELHALM	2,375	5,000	2,00	3,875
KUPFERBEHANDLUNG	1,750	3,125	1,50	2,875
MYCO-SIN	1,875	3,875	1,75	2,875



Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die Sorte Asterix grundsätzlich einen höheren Krankheitsbefall zeigt als die Sorte Ditta, damit aber der Beschreibung in der Österreichischen Beschreibenden Sortenliste (AGES, 2010) folgt. Beim ersten Boniturtermin Anfang Juli war der Befall mit Krautfäule noch sehr gering bis gering, allerdings erweis sich bei beiden Sorten die Nullvariante am anfälligsten. Beim zweiten Boniturtermin Ende Juli war der Befall bei der Sorte Asterix deutlich höher, und zwar bei den Varianten Nullvariante und Ackerschachtelhalm, wo mit der Bewertung 5 ein mittlerer Krankheitsbefall diagnostiziert wird. Als beste Variante scheint die Kupferbehandlung auf, dann geringfügig schlechter die Behandlung mit Myco-Sin und dann deutlich stärker befallen die Varianten Ackerschachtelhalm und Nullvariante. Bei der Sorte Ditta hat die schlechteste Variante (Nullvariante) dieselbe Beurteilung wie bei der Sorte Asterix die beste. Tabelle 2 bringt einen Überblick über das oben Gesagte.

**Tabelle 2: Krautfäulebonituren im Jahr 2012**

**Krautfäuleversuch Moarhof 2012**

Varianten	Sorte AGATA		Sorte DITTA	
	02.07.2012	18.07.2012	02.07.2012	18.07.2012
NULLVARIANTE	3,625	7,0	3,875	6,0
ACKERSCHACHTELHALM	3,375	6,5	3,625	5,5
KUPFER	3,0	3,0	2,625	3,0
MYCO-SIN	3,625	7,0	3,75	6,0

Wie man erkennen kann, ist der Krankheitsbefall im Jahr 2012 stärker als im Jahr 2010, was schon aus den Boniturnoten bei der ersten Bonitur Anfang Juli hervorgeht. Auch hier ist jedes Mal die Kupferbehandlung diejenige mit dem geringsten Krautfäulebefall, auch ist die Sorte Ditta wieder weniger anfällig als die Sorte Agata, wie der Österreichischen Beschreibenden Sortenliste (AGES, 2012) zu entnehmen ist. Bei der zweiten Bonitur Mitte Juli haben sich alle Varianten deutlich verschlechtert, und zwar bei der Sorte Agata bis zur Bewertung 7, was einem starken Befall entspricht. Gerade bei diesem starken Befall sticht die Kupfervariante mit einer Bewertung von 3 als beste deutlich heraus. Die Situation bei der Sorte Ditta ist nicht viel anders, wenngleich der Befall mit Krautfäule nicht ganz so stark wie bei der Sorte Agata ist. Beim Versuch im Jahr 2012 war die Variante mit dem Ackerschachtelhalm die zweitbeste; die Nullvariante und jene mit der Myco-Sin-Behandlung waren jeweils die schlechtesten.

Über den gesamten Krankheitsbefall jedes Jahres geben die nachfolgenden Tabellen Auskunft.

**Tabelle 3: Krankheitsbonitur nach der Ernte 2010**

**Krautfäulebekämpfungsversuch Moarhof 2010: Krankheitsbonituren nach Ernte**

Varianten	Rhizoctonia					Schorf																
	Pocken	dry core	Deform.	untyp. Rausch.	Gewöhnlicher	Pulver	Tiefen	Silber	Schalennrissig.	Knollennrissig.	Auswüchse	Eisenfleckig.	Hohlherzig.	Knollenfäule	Braunmarkig.	Innenfäule	Rotfäule	Nassfäule	Trockenfäule	Bakt. Fäule	Drahtwurm	Erdräusen
Sorte ASTERIX																						
NULLVARIANTE	3,5	3,75	3	2,75	2	1,25	1	5,5	3,25	1	1,25	2	1,75	1	1,5	1,5	1	1	1,75	1	1,5	1,25
ACKERSCHACHTELHALM	3,25	3,5	3	2,25	2	1	1	5	3,5	1,25	1,25	2	1,75	1	1	1,5	1	1	2	1	1,5	1,25
KUPFERBEHANDLUNG	3,75	3,5	3,25	3	2	1	1	5,25	4,25	1	1,75	2	3	1	1,75	1,5	1	1	1,5	1	1,25	1
MYCO-SIN	4,25	3,75	3,25	3	2	1	1	5,5	3,25	1,25	1,5	2,25	2,75	1	1,5	1	1	1,25	1,75	1	1,5	1,25
Sorte DITTA																						
NULLVARIANTE	2,75	3,25	2	3	2	1,25	1	5,25	2	1,75	1	2,25	1	1	1	1	1	2	1	1,5	1,75	
ACKERSCHACHTELHALM	2,5	3,5	2,5	3	2	1	1	6	2	1,75	1	2	1	1	1	1	1	2,5	1	2	1,25	
KUPFERBEHANDLUNG	1,5	3	2	2,5	2	1	1	4,25	2,25	1,25	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1,5	1,25	
MYCO-SIN	2,75	3,5	2,5	3	1,75	1	1	4,5	2	1,5	1	2	1	1	1	1,25	1	1	1,75	1	1,5	1,25

Tabelle 3 bringt eine Übersicht über das Krankheitsbild aller Varianten des Jahres 2010 nach der Ernte. Dabei werden in einer Bonitur 30 mittelgroße Knollen jeder Variante erst gewaschen, dann auf äußere Schalenveränderungen untersucht und danach durchgeschnitten, um auch jene Krankheiten zu erfassen, die nur im Inneren der Knollen zu finden sind. Dieser Prozess wurde mit eingelagerten Knollen rund 100 Tage später wiederholt, weil es durchaus auch Krankheiten gibt, die sich bei der Lagerung verschlechtern. Bei diesem Versuch hat sich keine Verschlechterung durch die Lagerung ergeben.

Tabelle 4 bringt eine Übersicht über die Ergebnisse nach der Ernte im Jahr 2012.

**Tabelle 4: Krankheitsbonitur nach der Ernte 2012**

**Krautfäuleversuch Moarhof 2012: Krankheitsbonituren nach Ernte**

Varianten	Rhizoctonia										Schorf																
	Schalenschaffenheit (Rissigkeit)	Knollenmissbildungen	Schalenfestigkeit	Wachstumsrisse	angegrünte Knollen	Keimbildungsneigung	Pocken	dry core	Deform.	untyp. Rausch.	Gewöhnlicher Schorf	Pulverschorf	Silberschorf	Ringnekrose	Hartfäule (Alternaria)	Colletotrichum cocodes	Knollennassfäule (Erwinia)	Knollenbraunfäule (von KF)	Trockenfäule (Weißfäule)	Eisenfleckigkeit	Hohlherzig.	Pfropfenbildung	Schwarzfleckigkeit	Glasigkeit und Nabelendfäule	Drahtwurm	Erdräusen	
Sorte AGATA																											
NULLVARIANTE	2,3	1	1	1	1,5	2	3,8	3	1,5	3	2	1	3,5	1	1	1,8	1	1,5	1,8	1,3	1	1	1	1	1	1,3	1,3
ACKERSCHACHTELHALM	2	1	1	1	1,8	2,5	3,5	3	1	2	1,8	1	4,3	1	1	2	1	1	1,5	1,8	1	1	1	1	1	1	1
KUPFERBEHANDLUNG	2,3	1	1	1	1	2	3,3	2,5	1	2,5	1,8	1	3,3	1	1	1,5	1	1	2	1	1,3	1	1	1	1	1,3	1,3
MYCO-SIN	2,3	1	1	1	1,8	2	3,5	3	1	2,8	1,8	1	3,5	1	1	1,3	1	1	1,8	1,3	1,3	1	1	1	1	1,3	1
Sorte DITTA																											
NULLVARIANTE	2,5	1	1	1	1	1	1,3	2	1	2	1	1	3,5	1	1	1,8	1	1,3	1,3	1	1	1	1	1	1	1,3	1
ACKERSCHACHTELHALM	3	1	1	1,5	1	1	2,5	1,8	1	2,3	1,5	1	3,8	1	1	2,3	1	1	1,3	1	1	1	1	1	1	1	1
KUPFERBEHANDLUNG	3	1,3	1	1,8	1,3	1	2,8	2,5	1,8	2,3	1,3	1	4,8	1	1	2	1	1	1,3	1,3	1	1	1	1	1	1,5	1
MYCO-SIN	3	1	1	1	1	1	2,5	2,3	1	2,3	1,3	1	3,8	1	1	2	1	1	1,5	1,8	1	1	1	1	1	1,3	1

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, war der Befall mit Knollenbraunfäule trotz des teilweise starken Krautfäulebefalls gering und beeinflusste somit die Knollenqualität nicht negativ. Einzig bei der Nullvariante traten vereinzelt Knollen mit Braunfäule auf, die anderen Varianten waren frei davon.

Bei beiden Versuchen war ein mittlerer Befall mit Silberschorf zu erkennen, ebenso mit Rhizoctonia-Pocken, was vermutlich eine Folge der Klee gras-Vorfrucht und der Ausbringung von Stallmistkompost ist, verbunden mit eher tiefen Temperaturen zum Aufgang, wie es in vielen grünlanddominierten Gebieten Österreichs der Fall ist.



**Abbildung 4 und 5: Krautfäule-Versuche 2010 (links) und 2012 (rechts) jeweils zu Beginn Juli**

Auf dem linken Foto ist zu sehen, dass der Versuch zu Beginn Juli in voller Blüte stand, während der Bestand im Jahr 2012 zur selben Zeit schon Krautfäuleflecken zeigte. Außerdem waren die Kartoffeln im Jahr 2012 durch eine vorangegangene Frühjahrstrockenheit ohnehin schwächer und waren Anfang Juli bereits abgeblüht.

### *Knollenerträge*

Auch die Knollenerträge sind ein wichtiges Kriterium in diesem Forschungsprojekt, wenngleich nicht das vorherrschende. Trotzdem sind sie der Maßstab für den wirtschaftlichen Erfolg jedes Landwirtes. In der Tabelle mit dem Knollenertrag sind auch die Daten zum Stärkegehalt, dem Stärkeertrag sowie der Größensortierung zu finden. Die Relativerträge sind auf das jeweilige Versuchsmittel bezogen, wobei zu berücksichtigen ist, dass die einzelnen Sorten doch ein gewisses unterschiedliches Ertragsniveau haben.

Tabelle 5 bringt die Ergebnisse des Versuches aus dem Jahr 2010 mit der Sorte Asterix.

**Tabelle 5: Knollenerträge, Stärkegehalt und Größensortierung im Jahr 2010 mit der Sorte Asterix**

<b>Varianten</b>	<b>KNER</b>	<b>KNER</b>	<b>STG%</b>	<b>STER</b>	<b>STER</b>	<b>KNG%</b>	<b>KNM%</b>	<b>KNE%</b>
Sorte ASTERIX	dt/ha	rel%	%	kg/ha	rel%	%	%	%
NULLVARIANTE	277,00	98,6	15,8	4376,60	96,8	42,5	49,49	8,01
ACKERSCHACHTELHALM	270,64	96,3	16,1	4357,30	96,4	39,38	54,25	6,37
KUPFERBEHANDLUNG	310,94	110,6	16,5	5130,51	113,5	49,06	44,51	6,43
MYCO-SIN	265,59	94,5	15,9	4222,88	93,4	44,84	48,07	7,09
Versuchsmittel	281,04	100	16,1	4521,82	100	43,94	49,08	6,98
GD 95%	22,16	7,9						

Das Ergebnis zeigt, dass die Knollenerträge bei der Kupferbehandlung am höchsten sind, und zwar liegen sie über 300 dt/ha, während alle anderen Varianten deutlich unter 280 dt/ha bleiben. Am schlechtesten schneidet die Variante mit der Myco-Sin Behandlung ab, knapp gefolgt vom Ackerschachtelhalm, darüber liegt die Nullvariante. Die Differenz zur Kupferbehandlung beträgt aber mindestens 33 dt/ha. Der

Stärkegehalt der Kupferbehandlung ist ebenfalls am höchsten, daher sticht auch der Stärkeertrag dieser Variante besonders hervor, welcher über 5000 kg/ha beträgt. Hingegen liegen alle anderen Varianten zwischen 4200 und 4400 kg/ha. Bei der Größensortierung zeigt die Kupfervariante den größten Anteil an großen Knollen (KNG%) mit fast 50 %, während die Ackerschachtelhalm-Variante den größten Anteil an mittleren Knollen enthält. Der Anteil kleiner Knollen (KNE%) bewegt sich zwischen 6 und 8 %, was wirklich gering ist.

In Tabelle 6 wird das Ergebnis aus demselben Versuch mit der Sorte Ditta dargestellt.

**Tabelle 6: Knollenerträge, Stärkegehalt und Größensortierung im Jahr 2010 mit der Sorte Ditta**

<b>Varianten</b>	<b>KNER</b>	<b>KNER</b>	<b>STG%</b>	<b>STER</b>	<b>STER</b>	<b>KNG%</b>	<b>KNM%</b>	<b>KNE%</b>
Sorte DITTA	dt/ha	rel%	%	kg/ha	rel%	%	%	%
NULLVARIANTE	262,96	98,2	13,2	3471,07	98,1	30,04	57,62	12,34
ACKERSCHACHTELHALM	257,74	96,3	13,0	3350,62	94,7	21,83	62,89	15,28
KUPFERBEHANDLUNG	305,74	114,2	13,5	4127,49	116,6	33,5	45,53	20,97
MYCO-SIN	244,68	91,4	13,1	3205,31	90,6	24,17	60,08	15,75
Versuchsmittel	267,78	100	13,2	3538,62	100	27,39	56,52	16,09
GD 95%	22,57	8,4						

Das Ergebnis von den Varianten her ist dasselbe wie bei der Sorte Asterix, weil auch hier die Kupfervariante mit Abstand den höchsten Knollenertrag bringt. Bei einem geringeren Versuchsmittel als bei der Sorte Asterix fällt die Überlegenheit der Kupferbehandlung noch deutlicher aus. Auch hier erreicht dieselbe Variante wieder den höchsten Stärkegehalt und in weiterer Folge auch wieder den höchsten Stärkeertrag. Die Größensortierung ist allerdings bei der eher lang-ovalen Form der Sorte Ditta eine andere, weshalb hier auch der Anteil der mittleren Sortiergröße bei mehr als 50 % liegt. Beim Anteil der großen Knollen liegt die Kupfervariante vorne mit mehr als 30 %, dafür weist sie bei den mittleren Knollen den niedrigsten Anteil auf.

Die Tabellen 7 und 8 zeigen die Ergebnisse des Versuches aus dem Jahr 2012, wobei sofort der große Unterschied bei den Knollenerträgen im Vergleich zum Jahr 2010 auffällt. Ein sogenanntes „Krautfäulejahr“ zeichnet sich meist durch geringere Knollenerträge aus, wie es auch im Jahr 2012 der Fall war. Mehr als 100 dt/ha beträgt die Ertragsdifferenz zwischen den beiden Jahren, was gerade bei derselben Sorte Ditta direkt vergleichbar ist.

Tabelle 7 bringt die Übersicht über die Sorte Agata im Jahr 2012.

**Tabelle 7: Knollenertrag, Stärkegehalt und Größensortierung bei der Sorte Agata im Jahr 2012**

<b>Varianten</b>	<b>KNER</b>	<b>KNER</b>	<b>STG%</b>	<b>STER</b>	<b>KNG%</b>	<b>KNM%</b>	<b>KNE%</b>
Sorte AGATA	dt/ha	rel%	%	kg/ha	%	%	%
NULLVARIANTE	135,56	92,1	10,2	1382,71	11,01	70,64	18,35
ACKERSCHACHTELHALM	146,67	99,6	10,7	1569,37	6,71	76,65	16,64
KUPFERBEHANDLUNG	167,95	114,1	10,9	1830,66	13,13	70,0	16,87
MYCO-SIN	138,72	94,2	10,3	1428,82	13,52	68,14	18,34
Versuchsmittel	147,23	100	10,5	1552,89	11,09	71,36	17,55
GD 95%	8,2	5,6					

Aus dieser Tabelle geht ein ähnliches Bild hervor wie aus dem Versuch des Jahres 2010. Die Rangordnung der einzelnen Varianten ist fast dieselbe sowohl beim Knollenertrag als auch beim Stärkegehalt und in weiterer Folge auch beim Stärkeertrag. Was die Größensortierung betrifft, so unterscheidet sich die Kupferbehandlung nur marginal von den anderen Varianten.

Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse desselben Versuches mit der Sorte Ditta im Jahr 2012.

**Tabelle 8: Knollenertrag, Stärkegehalt und Größensortierung bei der Sorte Ditta im Jahr 2012**

Varianten	KNER dt/ha	KNER rel%	STG% %	STER kg/ha	KNG% %	KNM% %	KNE% %
Sorte DITTA							
NULLVARIANTE	165,66	102,2	13,6	2252,98	0,4	70,43	29,17
ACKERSCHACHTELHALM	157,17	96,9	13,3	2090,36	0	73,18	26,82
KUPFERBEHANDLUNG	179,93	111,0	14,4	2590,99	5,68	78,48	15,84
MYCO-SIN	145,93	90,0	13,7	1999,24	0	72,91	27,09
Versuchsmittel	162,17	100	13,7	2233,39	1,52	73,75	24,73
GD 95%	10,31	6,4					

Das Ergebnis bei der Sorte Ditta unterscheidet sich nicht wesentlich von jenem aus dem Jahr 2010 außer der weitaus geringeren Ertragshöhe. Die Rangordnung ist bei Knollenertrag, Stärkegehalt und Stärkeertrag dieselbe. Bei der Größensortierung zeigt die Kupferbehandlung als einzige Variante einen messbaren Anteil an großen Knollen. Bei den anderen Varianten ist das Kartoffelkraut durch den starken Befall mit Krautfäule relativ früh abgestorben, dass die Knollenbildung auch schon zu einem frühen Zeitpunkt abgestoppt wurde, worunter die Knollengröße leidet. Auch die Tatsache, dass die mittlere Knollengröße bei der Kupfervariante den höchsten Prozentanteil hat, bestätigt das eben Gesagte. Natürlich scheint dann bei den kleinen Knollen bei der Kupfervariante auch nur der geringste Anteil auf. Zwischen den anderen Varianten zeichnet sich kaum ein Unterschied ab, selbst die Nullvariante ist nicht schlechter als die übrigen, mit alternativen Pflanzenschutzmitteln behandelten Varianten.

Das frühe Absterben des Kartoffelkrautes ist wahrscheinlich das größte Problem im biologischen Kartoffelbau, weil dadurch die Assimilationsfläche verringert wird, was starke Auswirkungen auf die Knollenbildung hat. Aber die Ursachen liegen nicht nur bei der Krautfäule, sondern ebenso bei anderen Pilzkrankungen, wie in den letzten Jahren verstärkt bei einem Befall mit *Colletotrichum coccodes* zu sehen ist, was zu sehr starken Ertragseinbußen führen kann.

## Diskussion

In der biologischen Kartoffelproduktion liegt das größte Problem heute immer noch bei der Behandlung von Pflanzenkrankheiten, und zwar jenen, die zu massiven Ertragseinbußen führen können. Eine davon ist sicher die Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*), welche weltweit jährlich durch starken Krankheitsbefall einen Ertragsverlust in der Höhe von 20 – 40 % ausmachen kann (RADTKE u. RIECKMANN, 1990). Allein für die Länder der EU wurden die Verluste von DUPUIS et al. (2009) durch einen Befall mit Kraut- und Knollenfäule auf 1.000.000€ pro Jahr geschätzt. Alleine diese Zahlen lassen schon die Tragweite dieser Pilzkrankung erkennen. Ein Blick zurück in die Geschichte zeigt, dass bei einem massiven Befall durch Kraut- und Knollenfäule im Jahr 1845 in Irland die „Große Hungersnot“ ausbrach, allerdings war auch ganz Mitteleuropa davon betroffen, weil die Kartoffel damals ein Hauptnahrungsmittel darstellte. Deshalb war die Kraut- und Knollenfäule immer ein gefährlicher Krankheitserreger, wobei schon eine befallene Knolle zum Auslöser einer Epidemie in jedem Pflanzenbestand werden kann (ANDRIVON et al., 2010).

Im konventionellen Pflanzenbau gibt es mit den systemischen Pflanzenschutzmitteln die Möglichkeit, die Wirkstoffe in den pflanzlichen Kreislauf zu bringen und somit die Pflanze auch von innen gegen den Krankheitserreger zu schützen. Im biologischen Landbau hingegen ist nur das Ausbringen von sogenannten Kontaktmitteln erlaubt oder eben auch nicht erlaubt wie beispielsweise beim Demeterverband. Im speziellen Fall der Kraut- und Knollenfäule hat sich bisher eigentlich nur das Kupfer als

Pflanzenschutzmittel bewährt, obwohl es dem ökologischen Gedanken ganz und gar nicht entspricht. Zudem handelt es sich bei Kupfer um ein Schwermetall, das sich allmählich im Boden anreichert. Allerdings ist das Kupfer nach wie vor das einzige wirksame Mittel gegen diese Pflanzenkrankheit. Eine andere Möglichkeit, gegen diese Krankheit vorzugehen, besteht in der Züchtung resistenter Kartoffelsorten. Hier haben schon verschiedene Wissenschaftler versucht, durch die Einkreuzung von Wildgenen die Resistenz gegen Kraut- und Knollenfäule zu erhöhen, siehe DARSOW (2002) oder HAMMANN und THIEME (2013). Auch wenn ausreichend resistente Ausgangsformen zur Verfügung stehen, dauert dieser Züchtungsvorgang durch 6 – 8 Kreuzungsschritte ziemlich lange und verursacht auch hohe Kosten. Im Gegensatz dazu haben sich andere Wissenschaftler daran gemacht, entweder Maßnahmen zur Reduktion von Kupfer mittels Prognoseprogrammen zu ergreifen (BENKER et al., 2007; MUSA-STEENBLOCK und FORRER, 2005) oder alternative Krautfäulemittel zu testen (CAO et al., 2003; DORN, et al., 2009; KREBS et al., 2006 und 2007; NEUHOFF et al., 2003). In manchen Fällen werden beide Möglichkeiten miteinander kombiniert, wie BRUNS et al. (2008) demonstriert haben. Bei den Prognose-Modellen gibt es das Bio-Phyto-PRE, das Verwendung in der Schweiz gefunden hat und das Öko-Simphyt, das in Deutschland angewendet wird. Wie sich inzwischen gezeigt hat, kann in Jahren mit einem geringen Infektionsdruck unter Zuhilfenahme des Prognosemodells durchaus die Kupfermenge ohne negative Folgen reduziert werden. Das konnte bei beiden Prognosemodellen festgestellt werden, wie BANGEMANN et al. (2007) für das Modell ÖKO-Simphyt ebenfalls bei geringem Infektionsdruck beschrieben haben.

Was die Anwendung alternativer Krautfäulemittel betrifft, so wurden bereits viele Mittel in Labor, Gewächshäusern und am Feld getestet, welche zugleich mit dem Warn- und Prognosemodell Bio-Phyto PRE zur Kupferreduzierung abgeklärt wurden, wie DORN et al. (2009) berichten. Die meisten dieser kupferfreien Alternativen erwiesen sich im Labor als durchaus geeignet, manche auch noch im Gewächshaus, aber keines kam im Feldversuch irgendwie an die Wirkung von Kupfer heran, was mit der geringen Regentauglichkeit dieser Mittel zusammenhängt. KREBS et al. (2007) haben sich zum Ziel gesetzt, Pflanzenextrakte zu finden, die unter Freilandbedingungen ähnliche Wirkungen erreichen wie Kupfer. Dabei hat sich ein Extrakt aus Faulbaumrinde im Modellversuch bewährt.

Beim Anbau grundsätzlich eher weniger gegen Kraut- und Knollenfäule anfällige Sorten zu verwenden, ist auch eine Möglichkeit, den Krankheitsdruck ein wenig zu mindern. Gerade im österreichischen Kartoffelsortiment findet sich die eine oder andere Sorte, die sich nicht so anfällig gegenüber *Phytophthora infestans* erweisen. Grundsätzlich handelt es sich dabei meist um Sorten, welche dem mittel- bis spätreifenden Speise-, Stärke- und Verarbeitungssortiment zuzuordnen sind wie Bionta, Kuras und Logo. Gerade die Sorte Bionta zeichnet sich durch eine besondere Robustheit gegenüber Kraut- und Knollenfäule aus und wäre daher für Biobauern durchaus sehr geeignet. Leider entspricht aber diese Sorte geschmacklich nicht den Anforderungen, die an Biokartoffeln gestellt werden, weshalb als Feldanerkennungsfläche von dieser Sorte nur 5 ha für das Jahr 2012 angegeben sind (AGES, 2013). In diesem Bereich spielen die Entscheidungen der Konsumenten eine sehr wichtige und für den Anbau entscheidende Rolle. Möglicherweise müsste hier ein besserer Gleichklang zwischen Angebot und Nachfrage hergestellt werden.

Was den Befall mit anderen Krankheiten betrifft, zeigt sich in den Bonituren ein mittlerer Befall mit Silberschorf (*Helminthosporium solani*) und *Rhizoctonia solani*, letztgenannte Krankheit äußert sich in Form von Pocken und dry core. Dagegen hilft Kupfer nicht und Pflanzenstärkungsmittel nur bedingt, wie in anderen Forschungsarbeiten (MAYER, 2003) schon festgestellt wurde, allerdings wurde in dem Fall ein *Bacillus subtilis*-Präparat im Gegensatz zu chemischen Pflanzenschutzmitteln verwendet. Im beschriebenen Forschungsprojekt wurde der Befall mit *Colletotrichum coccodes* gar nicht berücksichtigt, obwohl er höchstwahrscheinlich im Jahr 2010 ebenfalls vorhanden war; allerdings war zu diesem Zeitpunkt noch zu wenig Information über diese Pilzkrankheit bekannt, weshalb es auch keine Feldbonituren darüber gibt. Im Jahr 2012 wurde dieses Problem durch den Krautfäulebefall überdeckt, welcher wesentlich stärker und deutlicher in Erscheinung trat als jener mit *Colletotrichum coccodes*. Auf diesem Gebiet besteht zukünftig akuter Forschungsbedarf, weil noch zu wenige Zusammenhänge darüber bekannt sind.

## Schlussfolgerungen

Was sich in diesem Projekt auch wieder bestätigt hat, ist die Tatsache, dass die alternativen Krautfäulemittel nicht an die Wirkungsweise des Kupfers herankommen. In Jahren mit einem geringen Befallsdruck ist es schwierig, eine Wirkung festzustellen; in Jahren mit einem starken Befallsdruck ist die Wirkung der alternativen Mittel sehr gering. Damit werden viele Literaturangaben bestätigt, die dasselbe Thema behandeln. Eigentlich ist es in einem Jahr mit geringem Krautfäulebefall – wie es das Jahr 2010 war - fast nicht möglich, über Wirkungen zu berichten, weil sich kaum unterscheidbare Abstufungen bei den Mitteln ergeben.

Möglicherweise ist es auch schwierig, die in diesem Projekt verwendeten Mittel miteinander zu vergleichen, weil sie total unterschiedliche Wirkstoffe enthalten. Daher erfolgt auch die Ausbringung zu unterschiedlichen Zeitpunkten und in ungleichen Abständen. Allerdings darf man bei diesen Betrachtungen nicht außer Acht lassen, dass es sich bei Kupfer um ein Kontaktmittel handelt, bei Ackerschachtelhalm und Myco-Sin jeweils um ein Pflanzenstärkungsmittel.

Natürlich spielen auch die Sorteneigenschaften eine ganz wichtige Rolle bei diesem Thema, denn gerade über eine optimale Sortenwahl kann man die Anfälligkeit gegenüber Kraut- und Knollenfäule stark eindämmen. Dass es im frühen Sortenspektrum eine insgesamt höhere Anfälligkeit gibt als bei den späten, besonders stärkehaltigen Sorten, setzt im Biolandbau eher eine Verwendung von mittelfrühen bis späteren Sorten voraus sowie eine Beachtung aller möglichen pflanzenbaulichen Maßnahmen. Natürlich wird jeder biologisch wirtschaftende Bio-Kartoffelbauer – sofern er nicht einem Verband angehört, der den Einsatz von Kupfer verboten hat - bei einem starken Infektionsdruck mit Kraut- und Knollenfäule zum Kupfer greifen, bevor die Ernteerträge stark beeinträchtigt sind. Gerade in diesem - ökologisch sensiblen – Bereich sind durch die einzelnen Verbände ohnehin starke Beschränkungen im Kupfereinsatz vorgegeben, und die erlaubte Menge muss dann noch für mehrere Anwendungen aufgeteilt werden. Die wirkliche Herausforderung beim Einsatz von Kupfer besteht darin, dieses zu einem passenden Zeitpunkt auszubringen, das bedeutet, möglichst nicht kurz vor einem Gewitter mit schwerem Niederschlag, weil dabei der durch das Kupfer gebildete Schutzfilm abgewaschen wird. Zumindest ein Antrocknen des Schutzfilmes über einige Stunden genügt schon, um nicht mehr so leicht abgeschwemmt werden zu können. In die Gesamtberechnung der Kupfermenge müssen aber die abgeschwemmten Mengen mit einberechnet werden, weshalb sogenannte „missglückte Termine“ nicht beliebig wiederholt werden können. Das bedeutet aber einen erheblichen Unsicherheitsfaktor in der gesamten Krautfäulebehandlung. Trotzdem zeigen die Ergebnisse, dass bei allen Versuchen durchaus die Kupferbehandlung allen anderen Varianten überlegen war und dass nicht zwangsläufig die anderen Mittel besser als die Nullvariante abgeschnitten haben.

## Literatur

AGES (2010 und 2012): Österreichische Beschreibende Sortenliste 2010 und 2012. Landwirtschaftliche Kulturpflanzen. Hrsg: Österr. Agentur f. Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Schriftenreihe 21/2010 und 21/2012.

ANDRIVON, D., EVENHUIS, B., SCHEPERS, H., GAUCHER, D., KAPSA, J., LEBECKA, R., NIELSEN, B. und RUOCCO, M. (2010): Primär-Infektionsquellen der Kartoffelkraut- und Knollenfäule. Von der Wissenschaft zum Feld: Kartoffel-Fachinformation. Faltblatt Nr. 1, ENDURE-Netzwerk (Food Quality and Safety in 6th Framework Programme).

BANGEMANN, L.W., WOHLLEBEN, S., BENKER, M., KLEINHENZ, B., ZELLNER, M. und BARTELS, G. (2007): Kupferminimierungsstrategien im ökologischen Kartoffelanbau – Projekt „ÖKO-SYMPHYT“: Erste Erfahrungen aus dem norddeutschen Freiland. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Stuttgart, Band 1, 361-363.

BASSIN, S. und FORRER, H.R. (2001): Suche nach Kupferalternativen gegen die Krautfäule der Kartoffel. Agrarforschung 8, 124-129.



- BECK, F. und FEIT, D. (2011): Untersuchungen zu alternativen Pflanzenschutzmitteln zur Krautfäulebekämpfung im Bio-Kartoffelanbau. Diplommaturarbeit am LFZ Raumberg-Gumpenstein.
- BENKER, M., ZELLNER, M., BANGEMANN, L.W., KLEINHENZ, B. und BARTELS, G. (2007): Strategien zur Reduzierung der Kupferaufwandsmengen im ökologischen Kartoffelanbau – Projekt „ÖKO-SIMPHYT“. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Stuttgart, Band 1, 357-360.
- BETRIEBSMITTELKATALOG (2013): für die Biologische Landwirtschaft. Hrsg.: Verein InfoXgen.
- BRUNS, C., SCHULTE-GELDERMANN, E., HAYER, F. und FINCKH, M.R. (2008): Kupferminimierungsstrategien im ökologischen Kartoffelbau – Versuche 2002 bis 2007. Einfluss von Mitteleinsatz, Prognose und Nährstoffversorgung. Bericht über Fachgespräch „Bedeutung von Kupfer für den Pflanzenschutz, insbesondere für den ökologischen Landbau – Reduktions- und Ersatzstrategien“, Berlin, 29.01.2008, 60-67.
- CAO, K., WANG, S., KESSLER, P., FRIED, P.M. und FORRER, H.R. (2003): Krautfäulebekämpfung im Bio-Kartoffelanbau ohne Kupfer? Agrarforschung 10, 182-187.
- DARSOW, U. (2002): Phytophthora-Resistenz der Kartoffel. Das Wunschmerkmal für den ökologischen Kartoffelbau. Forschungsreport 1/2002, 16-19.
- DORN, B., MUSA, T., KREBS, H., FRIED, P.M. und FORRER, H.-R. (2009): Kraut- und Knollenfäule im Kartoffelanbau – ist im ökologischen Anbau eine wirksame Bekämpfung ohne Kupfer möglich? Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Zürich, Band 1, 322-323.
- DORN, B., MUSA, T., KREBS, H., FRIED, P.M. und FORRER, H.-R. (2009): Vom Labor ins Feld: Kupferalternativen für den biologischen Kartoffelanbau. Agrarforschung 16 (11-12), 478-483.
- DUPUIS, B., HEBEISEN, T., REUST, W., SCHWÄRZEL, R., BALLMER, Th. und MUSA, T. (2009): Kartoffelsorten mit verbesserter Krautfäuleresistenz und geringem Rhizoctoniabefall – entscheidend für die Ertrags- und Qualitätssicherung im biologischen Anbau. Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Zürich, Band 1, 336-339.
- FINCKH, M.R., SCHULTE-GELDERMANN, E., MUSA, T., FORRER, H.-R. und BRUNS, C. (2007): Einfluss von *Phytophthora infestans* auf den Kartoffelertrag in Abhängigkeit von der Nährstoffversorgung und optimierten Kupferapplikationen. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Stuttgart, Band 1, 353-356.
- FINCKH, M.R., HAYER, F., SCHULTE-GELDERMANN, E. und BRUNS, C. (2008): Diversität, Pflanzenernährung und Prognose: ein integriertes Konzept zum Management der Kraut- und Knollenfäule in der ökologischen Landwirtschaft. Gesunde Pflanzen 60, 159-170.
- FORRER, H.-R. (2003): Heilkräuter aus Fernost gegen Phytophthora. Kartoffelbau 54, 324-328.
- HAMMANN, T. und THIEME, R. (2013): Neue Resistenzen endlich mit Qualität vereint. Mit Züchtungsforschung zu gesünderen Kartoffeln. Bauernblatt vom 12. Oktober 2013, 31-33.
- HEIN, W. (2011): Homepage des LFZ Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, Bio-Ackerbau, Versuchsergebnisse Moarhof. Unter: <http://www.raumberg-gumpenstein.at>
- HEIN, W., HUSS, H., WASCHL, H., GIMPLINGER, D., SIX, R. und SÖLLINGER, J. (2012): Zwischenbericht zum Forschungsprojekt „Biologischer Kartoffelanbau: Anwendung alternativer Pflanzenschutzmittel zur Krankheitsverminderung“, 12 pp.
- KAINZ, M. und MÖLLER, K. (2003): Ansätze zur Reduzierung der Kupferaufwandsmengen im ökologischen Kartoffelbau. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien, 553-554.
- KOLBE, H., KAROLUS, W., SCHUSTER, M., HÄNSEL, M., SCHAERFF, A. und PÖLITZ, B. (2012): Kartoffeln im Ökolandbau, Informationen für Praxis und Beratung. Hrsg. Sächsisches Landesamt für

Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 58 pp.

KREBS, H., DORN, B. und FORRER, H.R. (2006): Krautfäulebekämpfung mit Suspensionen aus Heilpflanzen? Agrarforschung 13, 16-21.

KREBS, H., MUSA, T. und FORRER, H.-R. (2007): Regulierung der Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel mit Faulbaumrinde. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Stuttgart, Band 1, 329-332.

KÜHNE, S., BIEBERICH, L., PIORR, H.-P. und LANDZETTEL, C. (2013): Möglichkeiten zur Reduktion kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel für den Öko-Kartoffelanbau. Kartoffelbau 6/2013, 64. Jhg., 31-33.

MAYER, S. (2003): Untersuchungen zu *Rhizoctonia solani* – dem Erreger der dry – core- Krankheit der Kartoffel. Diplomarbeit der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen. Unter: [http://opus.bsz-bw.de/fhnu/frontdoor.php?source\\_opus=99&la=de](http://opus.bsz-bw.de/fhnu/frontdoor.php?source_opus=99&la=de).

MÖLLER, K., KOLBE, H. und BÖHM, H. (2003): Handbuch Ökologischer Kartoffelbau. Österreichischer Agrarverlag, 1. Auflage, Leopoldsdorf.

MUSA-STEENBLOCK, T. und FORRER, H.-R. (2005): Bio-Phyto PRE – ein Warn- und Prognosesystem für den ökologischen Kartoffelanbau in der Schweiz. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Kassel, 133-136.

NEUHOFF, D., KLINKENBERG, H.-J. und KÖPKE, U. (2003): Nutzung von Pflanzenextrakten zur Kontrolle der Krautfäule (*P. infestans*) im ökologischen Kartoffelbau. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien, 559-560.

PAFFRATH, A. (2007): Wirkung von Vorkeimung, organischer Stickstoffdüngung und einer Kupferbehandlung auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln im Ökologischen Landbau. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Stuttgart, Band 1, 349-352.

RADTKE, W., RIECKMANN, W. und BRENDLER, F. (2000): Krankheiten und Schädlinge der Kartoffel. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer.

WOHLLEBEN, S. und BARTELS, G. (2005): Regulierung der Krautfäule (*Phytophthora infestans*) mit reduzierten Kupfer-Aufwandmengen im Kartoffelanbau. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Kassel, 143-144.

ZELLNER, M., KEIL, S., BENKER, M., KLEINHENZ, B. und BANGEMANN, L. (2008): Überprüfung und Praxiseinführung des Prognosemodells Öko-Simphyt zur gezielten Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule. Unter: <http://www.orgprints.org/13182/>