

## **Einfluss von *Phytophthora infestans* auf den Kartoffelertrag in Abhängigkeit von der Nährstoffversorgung und optimierten Kupferapplikationen**

### **Effects of *Phytophthora infestans* on potato yield as influenced by nutrient status and optimized copper applications**

M. R. Finckh<sup>1</sup>, E. Schulte-Geldermann<sup>1</sup>, T. Musa<sup>2</sup>,  
H.-R. Forre<sup>2</sup> und C. Bruns<sup>1</sup>

**Keywords:** plant protection, *Phytophthora*, yield loss relationship, nutrient availability, disease forecasting, copper fungicides in organic farming

**Schlagwörter:** Pflanzenschutz, *Phytophthora*

#### **Abstract:**

*Late blight, caused by *Phytophthora infestans* is commonly thought to be the factor most limiting yield in organic potato production. However, because there is no fully effective fungicide available to control late blight, there are virtually no yield loss data available for organic farming conditions.*

*In large-scale experiments covering 2-6 ha from 2000-2002, late blight assessments were conducted throughout the season in small sections throughout the field. The same sections were harvested, resulting in between 400 and 700 data points per experiment and year. In a second set of experiments, from 2002-2004, the interactive effects of N-availability in the soil, climatic conditions and late blight were studied in the presence and absence of copper fungicides for the mid-early main-crop potato variety Nicola. Again, late blight and yield assessments were conducted within defined sections in the field resulting in about 100 data points per experiment. In 2005 and 2006, new copper products with minimal copper contents (157g Cu/ha and application) and optimised applications using the model Bio-PhytoPRE were integrated.*

*Depending on year and variety, between 0 and 40% of the variation in yield could be explained through late blight severity. Copper fungicides in most cases did slow down epidemics somewhat adding an average of 3 days to the growth duration. However, only 26% of the variation in yield could be attributed to disease reductions. A multi-variate model including disease reduction, growth duration and temperature sum, and soil mineral N contents for the years 2002-2004 (FINCKH et al., 2006) could explain 61% of the observed variation in yield. However, the model failed when N-supply was extremely high.*

*In 2005-2006, without the forecasting model, copper had no significant effect on disease in plots with low nutrient availability while minimised applications combined with the forecasting model resulted in more reliable disease reductions even under low nutrient conditions. A reduction of the current maximally allowed Copper inputs from 3 kg to 1.5 kg per ha and year should thus be considered. Overall yield gains through copper applications were only 10% on average. The economic usefulness of copper applications needs to be scrutinised before recommending its use. The implications of the results on the management of organic potatoes will be discussed.*

---

<sup>1</sup>FG Ökologischer Pflanzenschutz, FB Ökologische Agrarwissenschaften; Universität Kassel, 37213 Witzenhausen, Deutschland, [mfinckh@wiz.uni-kassel.de](mailto:mfinckh@wiz.uni-kassel.de)

<sup>2</sup>Agroscope Reckenholz-Tänikon, Zürich, Schweiz

### **Einleitung und Zielsetzung:**

Allgemein wird die Kraut- und Knollenfäule, durch *Phytophthora infestans* verursacht als der wichtigste ertragslimitierende Faktor im Ökologischen Kartoffelbau angesehen. Da mit Ausnahme von Kupferfungiziden keine wirksamen Fungizide zur Verfügung stehen und die knappen zugelassen Kupfermengen meist falsch eingesetzt werden, gibt es fast keine Daten über die aktuelle Ertrags-Verlust Beziehungen unter Öko-Anbaubedingungen.

Als Alternative zu gesunden Kontrollen können in gewissem Rahmen auch Daten von verschiedenen stark befallenen Parzellen dienen. Im Ökologischen Anbau könnten verschiedene Befallsstufen durch den Einsatz von Kupferfungiziden zwar erreicht werden, allerdings ist *P. infestans* durch ihr sehr variables Auftreten im Feld auch durch Fungizide nicht leicht so gezielt zu beeinflussen. Gleichzeitig ergibt sich aus der Variabilität der Krankheitsverteilung im Feld auch die Möglichkeit, diese zu nutzen, um unterschiedliche Befallsstärken auszuwerten.

Die derzeit zulässigen Kupfermengen sind immer noch deutlich höher als aus ökologischer Sicht sinnvoll. Soll Kupfer überhaupt weiter eingesetzt werden, müssen neue effektivere Mittel unter optimierten Bedingungen genutzt werden. Dies wurde mit dem Prognosemodell Bio-PhytoPRE getestet (MUSA-STEENBLOCK & FORRER 2005).

In den vorgestellten Versuchen sollten 1) Die Ertrags-Verlust Beziehungen sollten unter Ökobedingungen unter Ausnutzung der natürlichen Variabilität im Feld bestimmt werden (2000-2002). 2) In weiteren Versuchen 2002-2004 wurde der Einfluss der Nährstoffversorgung und Klimaverhältnisse mit einbezogen. 3) Unter Einbezug der Erkenntnisse über die Nährstoffversorgung und Pflanzenentwicklung wurden 2005-2006 Kupferminimierungsstrategien basierend auf neuen Formulierungen und auf dem Prognosemodell Bio-PhytoPRE (MUSA-STEENBLOCK & FORRER 2005) geprüft.

### **Methoden:**

In den Jahren 2000 bis 2002 wurden in großräumigen Experimenten mit jeweils zwei Kartoffelsorten auf Flächen zwischen 2 und 6 ha die Befallsstärken alle 3-4 Tage in 3m oder 6m Reihenabschnitten erhoben. Pro Sorte und Jahr wurden 200 bis 350 Einzelabschnitte bonitiert und separat beerntet.

In einer zweiten Reihe von Experimenten von 2002 bis 2004 wurden die Interaktionen zwischen N-Verfügbarkeit, klimatischen Bedingungen und der Krautfäule auf der Sorte Nicola genauer untersucht. Eine breitere Fächerung der Befallsstärken wurde durch Einsatz von Kupferfungiziden erzeugt.

In 2005 und 2006 wurden neue experimentelle Kupferfungizide mit reduziertem Kupfergehalt kombiniert mit dem Vorhersagemodell für den biologischen Kartoffelanbau der ART Reckenholz-Tänikon Bio-PhytoPRE (MUSA-STEENBLOCK & FORRER 2005) verglichen mit Kalenderspritzungen (max. 7 x 157g Reinkupfer pro ha) in die Versuche integriert.

Die Daten wurden varianzanalytisch mit SAS und SPSS verrechnet und für 2002-2004 mit einem multivariaten Modell basierend auf Wachstumsdauer, Stickstoffverfügbarkeit, Temperatursumme und Krankheitsreduktion (FINCKH et al. 2006) ausgewertet.

### Ergebnisse und Diskussion:

In den Jahren 2000 und 2001 aber nicht 2002 und nur in drei von sieben Fällen 2004 konnte ein signifikanter Einfluss des Gesamtbefalls (als Fläche unter der Kurve ausgedrückt) auf den Gesamtertrag nachgewiesen werden (Tab. 1). Das Jahr 2002 war durch ein sehr kühles und nasses Frühjahr gekennzeichnet, das die Stickstoffmineralisation im Mai stark behinderte und damit zu extrem niedrigen Erträgen unabhängig vom Befall führte. In 2004 trat der Befall erst sehr spät ab dem 15. Juli an den drei Standorten auf und nur bei der extrem hohen Nährstoffversorgung nach ungeerntetem Kohl im Vorjahr und am Standort 2, wo aufgedüngt worden war, war der Befall ertragsrelevant.

In den Experimenten 2002-2004 konnte durch Kupfereinsatz die Wachstumsperiode zwischen 0 und 11 Tage (Durchschnitt=3) verlängert werden. Nur 26% der Ertragsvariation konnte durch den Befall erklärt werden während 61% durch ein multivariates Modell (FINCKH et al. 2006) erklärt werden konnten. Interessanterweise war das Modell aber nicht mehr gültig, wenn die Bodenstickstoffwerte für den Ökoanbau extrem hoch lagen. Dies war in einem Versuch, der nach nicht geerntetem Kohl angelegt war der Fall.

Tab. 1. Einfluss des Befalls mit *Phytophthora infestans* (gemessen als Fläche unter der Befallskurve) auf den Gesamtertrag verschiedener Kartoffelsorten (FINCKH et al. 2006, BOUWSEN-BEUERMANN 2005).

Sorte	Jahr	Ertrag (t/ha) <sup>a</sup>	Datenbasis (n) <sup>b</sup>	m <sup>c</sup>	R <sup>2</sup> <sup>d</sup>	Anmerkungen
Secura	2000	31	200	-0,06	0,20	
Simone	2000	33	200	-0,19	0,23	Rel. später Knollenansatz
Linda	2001	30	350	-0,06	0,24	
Agria	2001	36	350	-0,09	0,19	
Linda	2002	16	350	-	NS	Extrem kaltes nasses Jahr
Agria	2002	20	350	-	NS	
Nicola	2004	30	16	-	NS	Standort 1, VF Kohl
Nicola	2004	37	32	-0,01	0,33	Standort 1, VF Kohl ungeerntet
Nicola	2004	26	16	-0,01	0,30	Standort 2, Feld 1 VF WW
Nicola	2004	29	23	-0,01	0,48	Standort 2, Feld 2 VF WW
Nicola	2004	35	112	-	NS	Standort 3 VF KG
Nicola	2004	31	112	-	NS	Standort 3 VF WW
Nicola	2004	23	96	-	NS	Standort 3 VF Hafer

<sup>a</sup> Gesamtertrag vor Größensortierung.

<sup>b</sup> Anzahl der einzeln bonitierten und beernteten Teilparzellen.

<sup>c</sup> Steigung der Regressionsgerade.

<sup>d</sup> Bestimmtheitsmaß der Regressionen. Nur wenn signifikant mit  $P < 0,01$  angegeben, sonst: NS = nicht signifikant.

Die Befallsreduktion durch Kupfereinsatz war abhängig vom Ernährungsstatus der Kartoffeln und interagierte wahrscheinlich mit dem Mikroklima im Bestand. So wurde 2004 nach Vorfrucht Hafer kein Reihenschluss erreicht, während nach Klee gras oder Winterweizen mit Vorfrucht Klee gras ein deutlich dichter Bestand resultierte. Entsprechend war der Befall (Fläche unter der Kurve) nach Hafer um ca. ein Drittel geringer. Die Befallsreduktion durch Kupfereinsatz war nach Winterweizen und Klee gras 20-25% und nach Sommerhafer nur 7%.

In 2005 und 2006 reduzierte der optimierte Einsatz von Kupfer nach Bio-PhytoPRE den Befall um 58% bzw. zw. 22 und 41% gegenüber der unbehandelten Kontrolle. Im Mittel über alle Versuche steigerte der Einsatz von Kupfer den Ertrag jedoch um nur ca. 10%. Eine Reduktion der Kupferaufwandmenge 2006 von fünfmaliger Anwendung

à 400g Cuprozin auf je 200g führte zu 22% Befallsreduktion anstatt 26% bei je 7% besseren Erträgen. Bei gleichen Behandlungsintervallen erreichte ein neues Kupferpräparat der Firma Spieß-Urania mit insgesamt 785g Reinkupfer eine Befallsreduktion von 41% und einen Ertragszuwachs von 11%. Diese Ergebnisse zeigen deutliche Kupfer-Einsparpotenziale auf.

Eine Kosten-Nutzenanalyse des Kupfereinsatzes wurde für das Jahr 2004 an insgesamt fünf Standorten, an denen neben Kupfereinsatz auch unterschiedliche Vorrüchte bei verschiedenen Sorten (Agria, Nicola und Marabel) erprobt wurden durchgeführt. Der Arbeitsaufwand, Maschinenkosten und Mittelkosten und Verkaufserlöse wurden jeweils berücksichtigt (FINCKH et al., unveröffentlichte Daten). In vier von 11 Vergleichen führte der Kupfereinsatz zu Mehreinnahmen von 169, 211, 244 bzw. 1721 € pro ha. Die Mehreinnahmen von 1721 € wurden in dem oben bereits erwähnten Feld, wo im Vorjahr der Kohl nicht geerntet werden konnte, erzielt. Hier wurden zur Hauptwachstumszeit ein  $N_{\min}$  Gehalt von 250kg/ha gemessen, eine Ausnahme für den Ökoanbau. In den anderen sieben Fällen führte der Einsatz von Kupfer zu nur geringen oder gar keinen Mehrerträgen und damit zu Mindereinnahmen zwischen 31 und 780 €/ha (Mittelwert 433).

### **Schlussfolgerungen:**

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Ertrags-Verlust Beziehungen nicht von konventionellen Anbaubedingungen auf typische Ökologische Bedingungen übertragen werden können. Die generelle Aussage, dass der wichtigste ertragslimitierende Faktor im Ökologischen Anbau die Kraut- und Knollenfäule ist, ist nicht allgemeingültig.

Der mengenmäßig und zeitlich optimierte Einsatz von Kupfer verbessert die Ertragssituation nicht gravierend, entscheidend ist das Nährstoffangebot. Insgesamt wird so zwar Kupfer eingespart, aber die ökonomische Relevanz des Kupfereinsatzes ist fraglich.

Schlagspezifische Prognosemodelle sollten *Sortenwahl*, N-Angebot/N-Aufnahme, Knollenentwicklung, Klimasituation, genaue Beobachtung der Befallsituation und die Wirkungsdauer von Kupfermitteln verstärkt zur Bemessung des Kupfereinsatzes einbeziehen. Insgesamt sollte eine deutliche Einschränkung des Kupfereinsatzes auf max. 1.5 kg Kupfer diskutiert werden.

### **Literatur:**

Bouws-Beuermann H. (2005): Effects of strip intercropping on late blight severity, yields of potatoes (*Solanum tuberosum* Lindl.) and on population structure of *Phytophthora infestans*. Dissertation Universität Kassel. Cuvillier Verlag, Göttingen.

Finckh M. R., Schulte Geldermann E., Bruns C. (2006): Challenges to organic potato farming: Disease and nutrient management. *Potato Research* 49:27-42.

Musa-Steenblock T., Forrer H.-R. (2005): Bio-PhytoPRE - a decision support system for late blight control in organic potato production in Switzerland. In: Heß J., Rahmann G. (Hrsg.): Ende der Nische. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 1.-4.3.2005, Kassel. Kassel, S. 133-136, <http://www.orgprints.org/3211>.