

## **Forschungsbericht**

Nr. 89

### **Kartoffeln im Organischen Landbau: Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary)**

Projektleitung: Prof. Dr. U. Köpke

Projektbearbeiter: Dr. D. Neuhoff  
Dr. H.-J. Klinkenberg

**Institut für Organischen Landbau**

**Herausgeber:** Lehr- und Forschungsschwerpunkt „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Endenicher Allee 15, 53115 Bonn  
Tel.: 0228 – 73 2297; Fax.: 0228 – 73 1776  
www.usl.uni-bonn.de

Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen  
Bonn, August 2002

ISSN 1610-2460

**Projektleitung:** Prof. Dr. U. Köpke

**Projektbearbeiter:** Dr. D. Neuhoff  
Dr. H.-J. Klinkenberg

Institut für Organischen Landbau  
Katzenburgweg 3, 53115 Bonn  
Tel.: 0228 - 73 5615, Fax: 0228 - 73 5617  
e-mail: iol@uni-bonn.de

**Zitiervorschlag:**

NEUHOFF, D., H.-J. KLINKENBERG UND U. KÖPKE (2002): Kartoffeln im Organischen Landbau: Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary). Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, 89, 76 Seiten.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Problemstellung/Wissensstand	1
1.2. Zielsetzung	8
<b>2. Material und Methoden</b>	<b>9</b>
2.1. Material	9
2.1.1. Kulturpflanzen	9
2.1.2. Pathogen	10
2.1.3. Verwendete Präparate	10
2.1.4. Nährmedien	13
2.1.5. Feldversuche	14
2.2. Methoden	21
2.2.1. Pflanzenanzucht im Gewächshaus	21
2.2.2. Pathogenhandhabung	21
2.2.2.1. Isolierung und Erhaltung	21
2.2.2.2. Inokulation	22
2.2.3. Ausbringung der Präparate	22
2.2.4. Bewertung der Präparatwirksamkeit	23
2.2.4.1. Gewächshaus	23
2.2.4.2. Freiland	24
2.2.5. Durchlichtmikroskopische Untersuchungen	24
2.2.6. Statistische Auswertung	25
<b>3. Ergebnisse</b>	<b>26</b>
3.1. Pathogenese von <i>Phytophthora infestans</i>	26
3.1.1. Kartoffeln	26
3.1.2. Tomaten	29
3.2. Einfluss der Präparate auf die Pathogenentwicklung im Gewächshaus	31
3.2.1. Befall an Kartoffeln und Tomaten	31
3.2.2. Erregersensitivität	33

3.3. Wirksamkeit der Präparate unter Feldbedingungen	34
3.3.1. Versuche 1999	34
3.3.2. Versuche 2000	39
3.3.3. Versuche 2001	42
<b>4. Diskussion</b>	<b>47</b>
<b>5. Zusammenfassung</b>	<b>63</b>
<b>6. Schlußfolgerungen für die Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis</b>	<b>65</b>
<b>7. Literaturübersicht</b>	<b>66</b>
<b>8. Anhang</b>	<b>74</b>
<b>9. Konsequenzen für evt. weitere Forschungsaktivitäten</b>	<b>74</b>
<b>10. Mitteilung über evt. schützenswerte Nutzungsrechte</b>	<b>74</b>
<b>11. Liste über Veröffentlichungen</b>	<b>74</b>
<b>12. Liste über Vorträge</b>	<b>75</b>
<b>13. Liste über Pressemitteilungen</b>	<b>75</b>
<b>14. Liste über Posterpräsentationen, Vorführungen und Demonstrationen</b>	<b>75</b>
<b>15. Kurzfassung</b>	<b>76</b>

## 1. Einleitung

### 1.1 Problemstellung / Wissensstand

Seit Mitte der neunziger Jahre hat sich der Ökologische Landbau in Westeuropa forciert entwickelt. Wurden im Jahr 1996 etwas mehr als 1,2 Mill. ha ökologisch bewirtschaftet (LAMPKIN 1996), stieg diese Fläche bis zum Jahr 2000 auf nahezu 3,5 Mill. ha an (LAMPKIN 2001). Einige Staaten wie z.B. Italien und Österreich sind in diesem Bereich führend. In Österreich wurden im Jahr 2000 bereits fast 8 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche nach den Richtlinien des Ökologischen Landbaus bewirtschaftet, in Deutschland waren es demgegenüber nur knapp 3 % (LAMPKIN 2001). Dem Markt für ökologische Produkte wird ein anhaltender Aufschwung prognostiziert (HAMM 1996).

Der ökologische Anbau von Kartoffeln hatte 1998 einen Anteil von 1,4 % an der Gesamtkartoffelanbaufläche in Deutschland, das entspricht etwa 4200 ha (RIPPIN 1999). In den Betrieben selbst werden durchschnittlich 4,5 % der Ackerfläche mit Kartoffeln bebaut. Damit hat der Kartoffelanbau in ökologisch wirtschaftenden Betrieben eine größere Bedeutung als in konventionell bewirtschafteten Betrieben (NEUBAUER 1997) und trägt entscheidend zum positiven Betriebsergebnis bei (LIEDMANN & KOLBE 1996).

*Phytophthora infestans*, der Erreger der Kraut- und Knollenfäule an Kartoffeln bzw. der Kraut- und Braunfäule an Tomaten, den Oomyceten zugehörig, ist ein wichtiger Vertreter dieser Pilzklasse. Die Klasse der Oomyceten hat eine Sonderstellung unter den phytopathogenen Pilzen. Ungefähr 35 % aller weltweit wirtschaftlich bedeutenden Pflanzenkrankheiten werden durch Erreger aus dieser Klasse verursacht (EDGINGTON et al. 1980). Für alle Oomyceten ist charakteristisch, dass sie eine kurze Inkubationsdauer haben. Nach erfolgter Infektion und unterlassenen Bekämpfungsmaßnahmen breitet sich das Pathogen oftmals epidemieartig aus, verbunden mit einem hohem wirtschaftlichen Schaden. Fry et al. (1993) berichteten, dass es um 1840 zur ersten globalen Wanderung von *P. infestans* gekommen ist. Bis zu diesem Zeitpunkt waren pilzliche Krankheiten von untergeordneter Bedeutung bzw. nicht bekannt. Daher setzte sich KREYSSIG (1828) in seinem Buch zum Kartoffelbau mit der Bereitung des Kartoffelackers und mit der Begleitung des Kartoffelbestandes während der Vegetationsperiode unter besonderer Berücksichtigung der Unkräuter auseinander. Nach FRY et al. (1993) gibt es zwei Möglichkeiten, wie die Kraut- und Knollenfäule nach Europa eingeschleppt worden ist:

- a) von Mexiko über die Vereinigten Staaten nach Kanada und von dort aus nach Europa
- b) direkt von Mexiko nach Europa

Von Europa aus erfolgte die Verbreitung mit den Handelswegen über die ganze Welt.

Die Kraut- und Knollenfäule breitete sich im Jahre 1845 innerhalb eines Sommers von Ende Juni in Belgien bis Mitte Oktober nach Irland aus. Zu einer zweiten großen Wanderung, bei der auch der A2 Paarungstyp weltweit verbreitet wurde, kam es um 1970. In Europa konnte der A2 Sexualtyp erst 1981 nachgewiesen werden. Die neuen Populationen wiesen eine höhere Fitness und Aggressivität auf und verdrängten den A1 Paarungstyp. Hieraus lassen sich die starken *P. infestans*-Epidemien in den 80er Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts erklären. Diese stellten ein großes Problem sowohl im integrierten als auch im ökologischen Kartoffelanbau dar.

Die Kraut- und Knollenfäule ist die bedeutenste Krankheit im ökologischen Kartoffelbau (PIORR et. al 1986, POMMER & MUNZERT 1988, DREYER 1992). Begünstigt durch feuchtwarme Witterung kann die Krankheit zu hohen Ertragsverlusten führen bzw. unter extremen Bedingungen die gesamte Ernte vernichten. In eigenen Untersuchungen wurden krautfäulebedingte Mindererträge unter ökologischen Anbaubedingungen bis zu 36% festgestellt (NEUHOFF 2000). Weiterhin kann die Lagerungsfähigkeit geernteter Knollen durch Braunfäulebefall stark beeinträchtigt werden (RADTKE & RIECKMANN 1990). Der Befall der Kartoffelbestände durch die Krautfäule (*P. infestans*) wird daher von Praxis und Beratung auch als Hauptproblem beim ökologischen Anbau von Kartoffeln benannt (KÖLSCH & STÖPPLER 1990).

Hieraus wird ersichtlich, dass dem Erreger *P. infestans* unbedingt entgegengewirkt werden muss, um einen qualitativ hochwertigen und quantitativ ausreichenden Kartoffelertrag zu sichern. Eine ausreichend wirksame Bekämpfung unter den Bedingungen des Organischen Landbaus war bisher auf Antrag mit kupferhaltigen Präparaten möglich. Kupferhaltige Präparate werden jedoch als ökotoxikologisch bedenklich angesehen, da sich das Schwermetall Kupfer im Boden anreichert und theoretisch zu Belastungen der Bodenfauna und -flora sowie der Kulturpflanzen führen kann. Da die Kartoffel im Ökologischen Landbau in eine vglw. weite Fruchtfolge eingebunden ist, hat das Anreicherungsproblem im Ackerbau nur eine untergeordnete Bedeutung. In der Dauerkultur Rebe, die im ökologischen Weinbau ebenfalls standardmäßig mit kupferhaltigen Präparaten behandelt wird, ist Phytotoxizität bereits aufgetreten (WITTASSEK 1987). Diesem Problem soll im ökologischen Kartoffelanbau dadurch vorgebeugt werden, dass kupferhaltige Präparate laut EU-Verordnung (2092/91) zum Ökologischen Landbau voraussichtlich im April 2002 verboten werden. Die Nutzung der traditionellen Kupferverbindungen stellt im übrigen eine gegenüber dem Konsumenten nur schwer vermittelbare Maßnahme dar, da es sich um ein anorganisch-chemisches Produkt handelt. Aus diesen Gründen ist insbesondere in den letzten Jahren die Suche nach Alternativen zur Kupferanwendung intensiviert worden.

Krautfäule kontrollierende Maßnahmen müssen zwei Kriterien erfüllen: Sie sollen nicht nur den Ertrag und damit das Einkommen erhöhen, sondern auch sichern. Dieses Ziel kann grundsätzlich sowohl mit indirekten als auch mit direkten Methoden erreicht werden. Die indirekten Strategien zielen darauf ab, bereits vor Beginn der Krautfäulepidemie einen möglichst hohen Ertrag zu sichern. Hierunter fallen Maßnahmen wie Standortwahl, Bestandesdichte, Vorkeimen, Sortenwahl bzw. Züchtung oder Induzierte Resistenz.

MEINCK & KOLBE (1999) stellten fest, dass die Auswahl des Kartoffelschlages im Hinblick auf Zeitpunkt und Ausmaß des Krautfäulebefalls von Bedeutung ist. Enge Tallagen und Senken sollten gemieden werden, der Reihenabstand sollte 75 cm nicht unterschreiten, damit der Bestand schnell abtrocknen kann. ZWANKHUIZEN et al. (1998) beobachteten darüber hinaus, dass dreiviertel der erwerbsmäßig angebauten Kartoffelfelder, die Frühbefall aufwiesen, mit in der Nähe liegenden, unsachgemäß entsorgten Resten der letzten Kartoffelernte (= nicht vermarktungsfähige Kartoffel mit Erdanhang) in Verbindung gebracht werden konnten. Eine geringere Bedeutung für den Kraut- und Knollenfäulebefall hatten dagegen infizierte Pflanzkartoffeln und befallene Pflanzen in Hausgärten. Phytosanitäre Maßnahmen im Winter und Frühjahr können nach Meinung der Autoren neben Bekämpfungsmaßnahmen sinnvoll sein.

KARALUS (1998) überprüfte den Einfluss der Bestandesdichte auf den Befall von Kartoffeln mit *P. infestans*. Der Autor stellte keinen signifikanten Einfluss von Bestandesdichten zwischen 38.000 Pflanzen / ha und 59.000 Pflanzen / ha auf den Krautfäulebefall unter ökologischen Anbaubedingungen fest. KARALUS (1998) und MEINCK & KOLBE (1999) wiesen weiterhin darauf hin, dass das Vorkeimen und möglichst zeitige Auspflanzen der Kartoffelknollen wichtige Maßnahmen darstellen, um dem Krautfäulebefall entgegenzuwirken.

Unterstützend kann sich auch die Sortenwahl auswirken. Die unterschiedlichen Sorten können nach MEINCK (1998) unter ökologischen Anbaubedingungen deutliche Unterschiede gegenüber Krautfäule zeigen. Untersuchungen von NEUHOFF (2000) zu Folge kommt dem Zeitpunkt des Knollenansatzes in diesem Zusammenhang eine besondere Rolle zu. Die Wahl von Sorten mit vglw. frühem Knollenansatz innerhalb einer Reifegruppe und hoher Krautfäuleresistenz ist unter ökologischen Anbaubedingungen eine wichtige ertragssichernde Maßnahme. Bei einem starken Epidemieausbruch ist das Potenzial der einzelnen teilresistenten Sorten aber schnell erschöpft. Aufgrund der polygenen Verankerung von horizontaler Resistenz gestaltet sich die Resistenzzüchtung außerordentlich schwierig (SCHÖBER 1986, PIETERSE et al. 1992). Erfolgversprechende Resistenzen sind häufig mit minderer Qualität des Ernteproduktes verknüpft.

Resistenzinduktion kann auch durch die Applikation von Naturstoffen erfolgen. So wurden beispielsweise Extrakte von *Reynoutria sachalinensis* ('Milsana', Fa. Compo) als Resistenzinduktoren beschrieben (HERGER et al. 1988; HERGER 1991; KONSTANTINIDOU-DOLTSINIS &

SCHMITT 1998). Im Gewächshaus sowie im Freiland erwies sich ein Extrakt aus *Rheum rhabarbarum* (Gemeiner Rhabarber) als wirksam gegen den Blattbefall durch *P. infestans* bei Kartoffeln (LATTEN 1994). STRÖMBERG (1995) stellte fest, dass die Läsionenbildung von *P. infestans* an induziert resistenten Kartoffeln vier Tage nach der Inokulation um maximal 50 - 60 % reduziert war. Die Resistenzinduktion ist somit durchaus ein ökonomisch interessanter Ansatz, der aber am Potenzial des Erregers wenig ändert.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die indirekten Maßnahmen zur Kontrolle von *P. infestans* einen Beitrag zur Ertragssicherung leisten können, dieser aber bei ungünstigen Witterungsbedingungen mit frühem und starkem Befall oft nicht ausreichend ist. Direkte Bekämpfungsmaßnahmen bieten dagegen die Möglichkeit, den Erreger während der Hauptwachstumsphase und damit der Periode mit dem höchsten Knollenzuwachs zu kontrollieren. Die Agenzien zur direkten Bekämpfung werden unmittelbar auf die Pflanzen aufgebracht. Mit dem Erstauftreten einzelner Epidemieherde der Krautfäule ist in der Regel Mitte bis Ende Juni zu rechnen. Bisher wurden Oomyceten im Organischen Landbau durch Applikation kupferhaltiger Mittel kontrolliert. Kupferoxychlorid ist im Vergleich zu modernen Fungiziden des Integrierten Pflanzenschutzes teilweise erst in wesentlich höheren Konzentrationen von 10 ppm zu 50 % gegen *P. infestans* wirksam (KLINKENBERG 2002). Dennoch waren kupferhaltige Präparate die mit Abstand wirksamste Kontrollmöglichkeit von Oomyceten im Organischen Landbau und bis zur Gegenwart in einigen AGÖL-Verbänden auf Antrag noch zugelassen. Nach der EU-Verordnung 2092/91 zum Ökologischen Landbau sind kupferhaltige Präparate nur noch bis April 2002 erlaubt.

Bisher gibt es keine effektiven und gleichzeitig ökologisch vertretbaren Alternativen zur direkten Krautfäulebekämpfung. Die derzeit zugelassenen Mittel haben nur eine geringe oder gar keine befallshemmende Wirkung bzw. wurden noch nicht wissenschaftlich auf ihre Wirksamkeit getestet (WELLER 1991, GRAF 1992, PFLEIDERER & MONKOS 1993, GRUBER & BURMANN 1994, KÜRZINGER 1994). Wichtige Ausgangssubstanzen für Pflanzenschutzpräparate auf Naturstoffbasis sind Pflanzenextrakte, Mikroorganismen und anorganische Stoffe wie bspw. Kaliseife.

BLAESER (1999) überprüfte die Wirkung von verschiedenen Naturstoffen auf ökonomisch relevante Oomyceten. Extrakte aus *Salvia officinalis* und *Potentilla erecta* zeigten in diesen Untersuchungen gegenüber den beiden Oomyceten *P. infestans* und *Plasmopara viticola* in den untersuchten Wirt - Pathogen - Modellen eine Wirkungsdauer von fünf Tagen. Die Wirksamkeit der Extrakte war jedoch abhängig vom Befallsdruck. Bei geringem Befallsdruck erreichten Extrakte aus *Salvia officinalis* Ende Juli einen Wirkungsgrad von 37 %, derjenige aus *Potentilla erecta* einen Wirkungsgrad von 49 % gegen *Phytophthora infestans* in Kartoffeln. Bei hohem Befallsdruck waren die Wirkungsgrade deutlich niedriger. Der Extrakt aus



*Potentilla erecta* hatte nur noch einen Wirkungsgrad von 10 %, derjenige aus *Salvia officinalis* von 5 %. Während die Salbeiextrakte vorwiegend die Freisetzung der Zoosporen sowie deren anschließende Beweglichkeit reduzierten, bewirkte der Extrakt aus *Potentilla erecta* eine Verringerung des Myzelwachstums *in vitro* (BLAESER & STEINER 1998). In Gewächshausversuchen ermittelten HERGER et al. (1988) einen 45 %igen Wirkungsgrad bei Anwendung eines ethanolischen Extraktes aus Sachalin-Staudenknöterich (*Reynoutria sachalinensis*) gegen *P. infestans* bei Tomaten.

Beim Screening nach wirksamen Extrakten müssen wichtige Grundregeln eingehalten werden. Extrakte, welche mit einer Temperatur von 90 °C extrahiert wurden, verloren ihre befallsreduzierende Wirkung gegenüber *P. infestans* an Tomaten (BLAESER 1999). Ein Problem für die Praxis ist, dass bei Naturstoffen das Pflanzenmaterial teilweise nur begrenzt und nicht ganzjährig verfügbar ist (BLAESER 1999), so dass der großflächige Einsatz von wirksamen Naturstoffen kaum möglich erscheint. Weiterhin kommen für die wirtschaftliche Verwendung nur Pflanzenarten in Frage, von denen bei ausreichender Biomasseproduktion nur vglw. geringe Mengen zur Herstellung eines Produktes benötigt werden.

Extrakten aus Braunalgen wird eine allgemeine pflanzenstärkende Wirkung nachgesagt (KÜLHEIM 1987, TEGETHOF 1987, KELLNER et al. 1991, WELLER 1991). Braunalgen der Art *Ascophyllum nodosum* werden überwiegend im Atlantik vor der bretonischen Küste geerntet. Im Jahr 2000 wurden dort 70.000 t Frischgewicht der Algen *Laminaria hyperborea*, *L. digitata* und *Ascophyllum nodosum* geerntet (KÖNIG & FREY 2000). KOLBE & BLAU (1998) wiesen in Gefäßversuchen nach, dass Blattapplikationen von Algenextrakten bei Kartoffeln zu einer Beschleunigung des Wachstums von vegetativen Pflanzenteilen (Verlängerung der Sprosse, Steigerung der Blattanzahl, Kraut- und Wurzelmasse) führten. BLUNDEN & WILDGOOSE (1977) maßen ebenfalls längere Stängel und REINHARD (1986) stellte eine zügigere Jugendentwicklung fest, während KÜRZINGER (1995) diese Ergebnisse nicht reproduzieren konnte. WELLER (1991) erzielte bei einer kombinierten Spritzung von Präparaten aus Braunalgen und Ackerschachtelhalm eine unbefriedigende Wirkung gegen Krautfäule in Kartoffeln. Zum gleichen Ergebnis kam KÜLHEIM (1987), der Extrakte aus Braunalgen und Ackerschachtelhalm gegen *P. infestans* bei Kartoffeln und Tomaten im Freiland einsetzte. WHAPHAM et al. (1993) konnten eine Zunahme des Chlorophyllgehaltes in Tomatenblättern nach einer Behandlung mit Braunalgenextrakt aus *Ascophyllum nodosum* beobachten. BLUNDEN et al. (1997) beobachteten ebenfalls einen Anstieg des Chlorophyllgehaltes nach Blattapplikation eines Braunalgenextraktes im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Die beschriebenen Effekte wurden an Tomaten, Bohnen, Weizen, Gerste und Mais festgestellt.

Versuchsergebnisse zum Einsatz von Mikroorganismen wurden von verschiedenen Autoren veröffentlicht. Sowohl bei KETTERER & WELTZIEN (1988), WELTZIEN (1989) als auch

TRÄNKNER (1990) wurde *P. infestans* an Kartoffeln erfolgreich mit Kompostextrakten, die mit definierten Mikroorganismen (siehe Kapitel 2.1.3) angereichert waren, kontrolliert. Die Untersuchungen von KETTERER (1990) waren besonders erfolgreich. Der Autor überprüfte 1987 in Hennef mit Mikroorganismen angereicherte Kompostextrakte gegen Krautfäule an Kartoffeln. Die Extrakte verringerten den Befall auf 17 % gegenüber 95 % in der unbehandelten Kontrolle. Am Standort Hersel stellte KETTERER (1990) eine dem Fungizid Ridomil MZ<sup>®</sup> vergleichbare Wirksamkeit fest. Der Knollenertrag nahm im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle von 206 dt / ha auf 434 dt / ha signifikant zu. PEREBYTIUK (2001) schreibt dem Bakterium *Pseudomonas fluorescens*, Isolat AP 33, Handelsname „Risoplan“, eine Wirkung gegen Krautfäule zu. FILIPPOV & KUZNETSOVA (1994) stellten demgegenüber fest, dass eine Risoplan-Applikation die Krautfäuleanfälligkeit von Kartoffeln während der Knollenbildungsphase deutlich ansteigen lässt.

In Schweden wurde die Kaliseife Bioweb DR 19 gegen Kraut- und Knollenfäule an Kartoffeln im Jahr 1997 eingesetzt. Die Anwendung der Kaliseife hatte eine Steigerung des Ertrages um 29 % im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle zur Folge. In der Vergleichsvariante „konventionelles Fungizid“ wurde der Ertrag im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle um 86 % erhöht. Die Kaliseife wurde insgesamt 14 x gespritzt, das konventionelle Vergleichsmittel 10 x (ÖKORING 1998). In ihren Untersuchungen konnten SCHLIEPHAKE & TRAUTZ (2001) diese Ergebnisse nicht bestätigen. In allen Versuchsjahren reduzierte die Kaliseife den Krautfäulebefall an Kartoffeln nur um maximal 3 %.

Wurde eine hohe Wirksamkeit gefunden, dann wird diese im integrierten Pflanzenschutz häufig durch Fungizidresistenz der Erreger überwunden. Fungizidresistenz ist jedoch fast ausschließlich für systemische Präparate beschrieben. Dieser Sachverhalt wird damit begründet, dass die spezifische Wirkungsweise der systemischen Fungizide für das hohe Resistenzrisiko verantwortlich ist (DEKKER 1985). Da die natürliche Mutationsrate im Bereich von  $10^{-4}$  bis  $10^{-8}$  liegt, ist die Wahrscheinlichkeit für ein Auftreten von Mutanten mit Resistenzeigenschaften bei systemischen Fungiziden relativ hoch. Bei den Agenzien, die im Ökologischen Landbau eingesetzt werden, handelt es sich ausschließlich um Substanzen, die an verschiedenen Wirkorten ansetzen. Daher sind bei Kontaktwirkung eines Präparates kaum Resistenzen zu erwarten. Die epidemiologische Bedeutung solch resistenter Pathogene hängt zudem noch von verschiedenen Faktoren wie Fitness der Stämme, Populationsdynamik des Pathogens und den Umweltbedingungen ab (DEKKER 1986; THOMAS 1993).

Das beste Präparat kann seine Wirksamkeit nicht entfalten, wenn die Ausbringungstechnik den Erfordernissen des Mittels nicht angepasst ist. Voraussetzung für eine hohe Wirksamkeit der ausgebrachten Präparate ist daher neben einer geeigneten Bekämpfungsstrategie eine optimale Applikationstechnik. IRLA et al. (2001) führten Spritzversuche gegen *P. infestans* an

Kartoffeln durch. Die Autoren konnten den Benetzungsgrad der Blätter von 4 % auf 37 % steigern, indem sie die Aufwandmenge von 400 l / ha auf 500 l / ha erhöhten und diese Maßnahme mit einer zusätzlichen Unterblattspritzung kombinierten. Eine technisch ausgereifte Unterblattspritzeinrichtung kann nach Meinung der Autoren die Mittelanlagerung in Reihenkulturen bei mäßigem Druck und geringer Abdrift wesentlich verbessern (etwa 50 % Mittelsparung).

Damit eine Spritzbehandlung trotz guter Applikationstechnik auch die erwarteten Effekte zeigt, kommt nach SCHUHMAN (1979) der Prognose über das Auftreten von Krankheiten entscheidende Bedeutung zu, weil es mit ihrer Hilfe möglich ist, den Erstbefall festzulegen und überflüssige vorbeugende Behandlungen einzusparen. Ohne den Einsatz eines Prognose-systems ist der Landwirt auch im Ökologischen Landbau gezwungen, die Terminierung der Krautfäulespritzungen anhand grober Anhaltspunkte (Bestandesschluß der Kartoffelreihen u.a.) vorzunehmen (ZELLNER 1998).

## 1.2 Zielsetzung

Ziel des Forschungsprojektes war es, ein für die Praxis taugliches Mittel zur Kontrolle der Krautfäule für den Ökologischen Landbau zu entwickeln. Auf Basis des Forschungsansatzes von BLAESER (1999), Institut für Pflanzenkrankheiten der Universität Bonn, der eine deutliche Wirkung von Salbei- und Tormentillextrakten in Labor- und Feldversuchen nachweisen konnte, sollte eine Überprüfung und Weiterentwicklung dieser Extrakte unter praktischen Anbaubedingungen erfolgen. Durch Variation der Formulierung sowie Optimierung der Applikationstechnik (Unterblattspritzung), die die Pathogenese von *P. infestans* berücksichtigt, sollte zudem der Wirkungsgrad der Extrakte gesteigert werden.

Neben der systematischen Überprüfung der Wirksamkeit von Salbei- und Tormentillextrakten gegen *Phytophthora infestans* sollten weitere, sich in Entwicklung befindliche Produkte auf ihre Eignung zur Krautfäulekontrolle überprüft werden. Die Präparate wurden einer Doppelprüfung unterzogen. Unter Gewächshausbedingungen sollte der Wirkungsgrad der Präparate an inokulierten Pflanzen quantifiziert werden. Ausgewählte ausreichend wirksame Agenzien wurden dann direkt im Anschluß unter Freilandbedingungen auf Praxisgerechtheit überprüft. Ergänzende Untersuchungen zur Resistenz dieses Erregers gegenüber Salbeiextrakten und anderen wirksamen Agenzien sollten durchgeführt werden, um deren Wirksamkeit zu erhöhen.

Es wurde erwartet, dass die Weiterentwicklung der bestehenden Forschungsansätze im Verbund mit weiteren Optimierungsstrategien (Unterblattspritzung) zur Etablierung eines wirksamen, nicht kupferhaltigen Präparates zur Kontrolle der Krautfäule im Ökologischen Landbau führt.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Material

#### 2.1.1 Kulturpflanzen

##### - Tomaten

Die Gewächshausversuche wurden mit der Sorte *Frembgens Rheinlands Ruhm* durchgeführt. Bei *Frembgens Rheinlands Ruhm* ist nach BUNDESSORTENAMT (1999) keine Resistenz bzw. Toleranz gegenüber *Phytophthora infestans* bekannt.

##### - Kartoffeln

Zur Durchführung der Gewächshausversuche wurden die Sorten *Linda* und *Nicola* ausgewählt. In den Freilanduntersuchungen wurden die Sorten *Nicola*, *Granola*, *Hansa* und *Simone* eingesetzt. Die ausgewählten Sorten und ihre Eigenschaften sind nachfolgend in Tab. 1 dargestellt.

**Tab. 1: Eigenschaften der in den Versuchen verwendeten Kartoffelsorten laut beschreibender Sortenliste (BUNDESSORTENAMT 2000, AGÖL 2001).**

Kartoffelsorte	Sorteneigenschaften			
	Krautfäuleanfälligkeit	Knollenfäuleanfälligkeit	Reifegruppe	Stärkegehalt
<i>Granola</i>	4	5	mittelfrüh	4
<i>Hansa</i>	6	5	mittelfrüh	4
<i>Nicola</i>	4	4	mittelfrüh	4
<i>Simone</i>	Keine Kennwerte vorhanden, da in Deutschland nicht anerkannt.			

1 = sehr gering; 5 = mittel; 9 = sehr stark

### 2.1.2 Pathogen

Die für die Sensitivitätsuntersuchungen benötigten Isolate des Erregers *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary entstammten der Sammlung des Institutes für Organischen Landbau der Universität Bonn. Die Isolate wurden hinsichtlich ihrer Wuchsgeschwindigkeit auf Nährmedium, ihrer Aggressivität und Pathogenität nach KLINKENBERG (2002) charakterisiert. Die besagten Merkmale der Isolate von *P. infestans* sind in Tab. 2 zusammengefaßt.

**Tab. 2: Eigenschaften der in den Gewächshausversuchen verwandten Isolate von *Phytophthora infestans* nach KLINKENBERG (2002).**

Isolatnummer	Wuchsstärke auf Nährmedium	Vitalität	Aggressivität
P 51	3	2,7	11
P 52	9	4,0	53
P 53	5	3,0	23
P 54	6	2,0	87
P 55	4	2,3	90
P 56	8	4,3	69

Wuchsstärke auf Nährmedium: 0 = sehr gering; 5 = mittel; 10 = sehr hoch

Vitalität: 0 = sehr gering; 3 = mittel; 5 = sehr hoch

Aggressivität: 0 = sehr gering; 50 = mittel; 100 = sehr hoch

### 2.1.3 Verwendete Präparate

In den Untersuchungen wurden zum einen verschiedene Mittel auf Basis von Pflanzenextrakten und Mikroorganismen und zum anderen Entwicklungs- bzw. Handelsprodukte verwendet. Die Auswahl der Mittel erfolgte teilweise auf Grundlage von Forschungsarbeiten, in denen bereits ein befallsmindernder Effekt auf *P. infestans* nachgewiesen werden konnte (bspw. Salbeiextrakte) bzw. die generelle fungistatische Wirkung eines Präparates, (bspw. *Pseudomonas fluorescens*) festgestellt wurde. Weiterhin wurden von der Industrie bereitgestellte Entwicklungs- und Handelsprodukte verwendet, die zum Teil bereits eine Wirkung gegen *Phytophthora infestans* in Vorversuchen gezeigt hatten. Insgesamt wurden zwölf verschiedene Mittel mit zum Teil unterschiedlicher Formulierung und Konzentration geprüft.

- **Salbei- und Tormentillextrakte**

Die Extrakte aus Salbeiblättern (*Salvia officinalis*) und *Tormentillwurzelstock* (*Potentilla erecta*) wurden nach BLAESER (1999) hergestellt. Hierzu wurden jeweils 10 g des getrockneten Pflanzenmaterials mit 100 ml 70 %igem Ethanol versetzt und auf einem Magnetrührer im Wasserbad bei 60 °C für zwei Stunden extrahiert. Anschließend wurde der gewonnene Rohextrakt filtriert und bis zur Verwendung bei 4 °C im Kühlschrank gelagert. Die so hergestellten Rohextrakte wiesen alle die gleiche Konzentration in Bezug auf die Trockenmasse auf (10 % TS) und wurden je nach Verwendung mit Wasser verdünnt. Eine zweiprozentige Spritzlösung setzte sich dementsprechend aus 10 kg Salbeitrockenmasse zusammen, die in 100 Liter 70% igem Ethanol gelöst zusammen mit 400 Liter Wasser je Hektar ausgebracht wurden. Im Laufe des Projektes wurden zum Teil aufgrund ausbleibender Wirksamkeit des von BLAESER (1999) verwendeten 2% igen Extraktes nachfolgend genannte Formulierungen und Konzentrationen der jeweiligen Extrakte geprüft. Die zum Teil variierenden Aufwandmengen sowie Zeitpunkt und Anzahl der Spritzungen sind in den Beschreibungen der jeweiligen Versuche unter Kapitel 2.1.5 „Feldversuche“ angegeben.

- a) Salbeiextrakt 2%
- b) Salbeiextrakt 3%
- c) Salbeiextrakt 4%
- d) Tormentillextrakt 2%
- e) Salbei- und Tormentillextrakt, jeweils 1% + 3,3% Kaliseife
- f) Salbei- und Tormentillextrakt, jeweils 1% + 140g ZnSO<sub>4</sub>

- **Kaliseife** (Bioweb DR 19), Firma Weber GmbH, Deutschland, 35% Kaliumoleat, Aufwandmenge Freiland: 6,6 l / ha bei 400 l Wasser.
- **Dimin Z**, Firma Dimina, Slowakische Republik, Heilpflanzenextrakte, Aufwandmenge Freiland: 2 l / ha bei 400 l Wasser.
- **Zitrusextrakt**, Entwicklungsprodukt, USA, Aufwandmenge Freiland: 0,6 l / ha bei 400 l Wasser. Das Mittel wurde sowohl prophylaktisch (ab Ende Mai) als auch kurativ (Beginn sichtbarer Symptome) eingesetzt.
- **Braunalgenextrakt**, Entwicklungsprodukt, Deutschland, Aufwandmenge im Gewächshaus: 0,9 %ig tropfnass; Aufwandmenge im Freiland: 4,5 l / ha bei 500 l Wasser. Das Mittel ist aufgrund einer zugesetzten anorganischen Komponente im ökologischen Landbau **nicht** zugelassen.

- **Braunalgenextrakt mit Kupferzusatz**, (50 g Cu / l), Entwicklungsprodukt, Deutschland Aufwandmenge im Gewächshaus: 0,6 %ig tropfnass; Aufwandmenge im Freiland: 3 l / ha (entsprechend 150 g Cu / ha) bei 500 l Wasser. Das Mittel ist aufgrund einer zugesetzten anorganischen Komponente im ökologischen Landbau **nicht** zugelassen.
- **Kompostextrakt mit Mikroorganismen angereichert**, Kompostextrakt verändert nach KETTERER (1990), Mischung aus folgenden Mikroorganismen zu gleichen Anteilen (Bezugsgröße: Volumen der Nährlösung):
  - *Trichoderma harzianum*, Stamm des Institutes für Pflanzenkrankheiten der Universität Bonn, angezogen in Kartoffelextrakt-Bouillon
  - *Mortierella alpina*, Stamm 696.70 CBS Baarn, angezogen in Kartoffelextrakt-Bouillon
  - *Penicillium miniolaetium*, Stamm 442.89 CBS Baarn, angezogen in Malz-Extrakt-Bouillon
  - *Bacillus subtilis*, Stamm des Institutes für Pflanzenkrankheiten der Universität Bonn, angezogen in Trypton-Soja-Bouillon
  - *Pseudomonas fluorescens*, Stamm des Institutes für Pflanzenkrankheiten der Universität Bonn, angezogen in Nährbouillon
  - *Candida guilliermondii* var. *Guilliermondii*, Stamm CBS 2025 CBS Baarn, angezogen in Universalmedium für Hefen

Die in Flüssigkultur angezogenen Mikroorganismen wurden eine Woche bei Raumtemperatur auf einem Schüttler kultiviert. Kurz vor ihrer Verwendung als Spritzlösung wurden die mikroorganismenhaltigen Nährlösungen zu gleichen Anteilen zusammengeführt und mit einem Ultra-Thurax homogenisiert und somit spritzdüsengängig zerkleinert. Zu diesem Gemisch wurde ein gleicher Anteil extrahierter Rindermistkompostextrakt gegeben, der vorher durch ein Bodensieb mit 0,15 mm Maschenweite filtriert wurde (1 kg Kompost wurde mit 5 l Wasser extrahiert und zu den Mikroorganismen im Verhältnis 1:1 gegeben). In einem letzten Schritt wurde die Mischung aus Mikroorganismen und Kompostextrakt im Verhältnis 1:9 mit Wasser verdünnt und in dieser Form auf die Pflanzen appliziert. Applikation im Gewächshaus: tropfnass, mit und ohne Zusatzverdünnung; Applikation im Freiland: Aufwandmenge: 500 l / ha.

- **Immunocytovit** (Resistenzinduktor), Handelsprodukt aus Weißrussland, Applikation im Gewächshaus: angießen der Pflanzen mit Lösung sieben Tage vor der Inokulation.
- **Risoplan**, Bakteriensuspension auf Basis von *Pseudomonas fluorescens* AP 33 aus Weißrussland, angezogen in Nährbouillon, verdünnt zur Fertigsuspension mit  $10^6$  Bakterien / ml, Zugabe von 1 g Kaliumhydrogenphosphat je Liter Fertigsuspension; Applikation im Gewächshaus: tropfnass; Applikation im Freiland: 500 l Fertigsuspension.



- **Questuran** (Spurennährstoffdünger Kupferhydroxid 50 mit 50 % Reinkupfer), Applikation im Freiland: 3 Spritzapplikationen mit jeweils 2 kg Fertigprodukt / ha in 500 l Wasser.
- **Vitolavin**, Fertigprodukt auf Basis von *Actinomyces lavendulae*, Applikation im Gewächshaus: 0,06 %ig, tropfnass; Applikation im Freiland: 500 l Lösung 0,06 %ig.

### Haft- und Netzmittel

Gewächshaus:

Es wurde das Haft- und Netzmittel Nu-Film 17 in einer Konzentration von 0,1 % zu den Varianten Risoplan, Salbei / Tormentillextrakt und Vitolavin gegeben.

Freiland:

Im Versuchsjahr 1999 wurde allen Varianten mit Ausnahme von Kupferhydroxid das Haftmittel CereNat E 30 (1 %ig) zugegeben. Im Versuchsjahr 2000 erfolgte der Einsatz des Haftmittels NU-Film 17 in einer Konzentration von 0,1 % bei allen Varianten mit Ausnahme der Zitrusextrakte und von Kupferhydroxid. Im Versuchsjahr 2001 erhielten die Salbei- und Tormentillextrakte eine Zugabe von 0,05 % Bioweb DR 19.

#### 2.1.4 Nährmedien

Der Erreger *Phytophthora infestans* wurde auf Gemüsesaftagar angezogen.

##### Gemüsesaftagar (V8-Agar):

200 ml Gemüsesaft (Krings, Lüdinghausen)  
 3 g Calciumcarbonat  
 16 g Agar-Agar  
 800 ml Aqua dest.

Der mit Mikroorganismen angereicherte Kompostextrakt nach KETTERER (1990) wurde den angegebenen Empfehlungen entsprechend in nachfolgenden Flüssigkulturen angezogen.

Malz-Extrakt-Bouillon:

17 g Malzextrakt  
1000 ml Aqua dest.

Nährbouillon:

5 g Pepton aus Fleisch  
3 g Fleischextrakt  
1000 ml Aqua dest.

Kartoffelextrakt-Bouillon:

4 g Kartoffelstärke  
20 g Dextrose  
1000 ml Aqua dest.

Trypton-Soja-Bouillon:

17 g Caseinpepton, pankreatisch verdaut  
3 g Sojamehlpepton, papainisch verdaut  
5 g Natriumchlorid  
2,5 g Dikaliumhydrogenphosphat  
2,5 g Glucose  
1000 ml Aqua dest.

Universalmedium für Hefen:

3 g Hefeextrakt  
3 g Malzextrakt  
5 g Pepton  
10 g Glucose  
1000 ml Aqua dest.

Die nach dem angegebenen Rezept hergestellten Nährmedien wurden für 20 min. bei 121 °C und 1,5 bar im Autoklaven sterilisiert.

### 2.1.5 Feldversuche

Während der Versuchsjahre 1999 bis 2001 wurden insgesamt 9 Feldversuche auf zwei Standorten durchgeführt. Am Standort Wiesengut wurde 1999 und 2000 an einem ausgesuchten Mittelspektrum überprüft, ob Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Sorte und Behandlung bestanden. Aufgrund des niedrigen Infektionsdrucks im ersten Versuchsjahr wurde ab dem Jahr 2000 die gegenüber Krautfäule als anfällig bekannte Sorte *Hansa* angebaut. In einem weiteren Versuch (1999 bis 2001) wurde ein erweitertes Mittelspektrum an einer Sorte überprüft. Weiterhin wurde untersucht, ob eine Unterblattspritzung der Präparate eine zusätzliche Wirkung entfaltet (Applikationsversuch 1999). Am Standort Niederkrüchten wurde ein ausgewähltes Mittelspektrum an einer Sorte (*Nicola*) über 3 Jahre überprüft.

#### **Standort Wiesengut / Hennef**

Der Versuchsbetrieb für Organischen Landbau 'Wiesengut' der Universität Bonn liegt in der Siegaue bei Hennef. Mit 762 mm Niederschlag im Jahr und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 9,5 °C (davon 260 - 270 Tage > 5°C) handelt es sich um einen klimatisch günstigen

Standort. Die Witterungsbedingungen waren während der Versuchsjahre 1999 bis 2001 sehr unterschiedlich. Die Versuchsjahre 1999 und 2001 waren durch einen vglw. trockenen Frühsommer (Juni und Juli) gekennzeichnet, während im Versuchsjahr 2000 aufgrund starker Niederschläge im Monat Juli ein hoher Infektionsdruck vorlag (Tab. 3).

**Tab. 3: Niederschläge und Temperatur während der Vegetationsperioden 1999 bis 2001 am Standort Hennef.**

	Monat	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Summe
<b>1999</b>	(mm)	75	62	77	57	87	56	414
	(°C)	10.1	15.3	16.6	20.4	16.8	17.1	
<b>2000</b>	(mm)	44	34	64	205	103	122	572
	(°C)	10.8	15.9	17.4	15.0	18.3	15.3	
<b>2001</b>	(mm)	86.8	23.1	104.7	47.9	44.1	141.6	448
	(°C)	8.4	15.4	15.4	19.2	19.6	12.7	

Bei den Feldversuchsflächen handelt es sich um mit Kiesschichten durchsetzte allochtone braune Auenböden unterschiedlicher Mächtigkeit aus holozänen Hochflutlehm. Eine umfassende Beschreibung und Bewertung des Versuchsstandortes Wiesengut findet sich bei HAAS (1995).

Mit Ausnahme des ‚Mittelversuchs 2000‘ wurden alle Versuche auf diesem Standort im Rahmen der betriebsüblichen Fruchtfolge nach Rotklee gras angebaut. Der Anbau der Kartoffeln erfolgte betriebsüblich und ist bei NEUHOFF (2000) näher beschrieben. Es wurde vorgekeimtes Z-Pflanzgut (35 - 50 mm) aus ökologischem Anbau verwendet. In den Jahren 1999 und 2001 wurden die Bestände auf Basis der klimatischen Wasserbilanz ab einer nutzbaren Feldkapazität von 50 % berechnet. In Hennef wurden folgende Versuche durchgeführt:

#### Sortenversuch Wiesengut 1999

zweifaktoriell

Faktor 1: Sorte

Faktorstufen: 1.1 Granola

1.2 Nicola

1.3 Simone

Faktor 2:      Behandlung

Faktorstufen: 2.1 Salbeiextrakt 2%

2.2 Salbei- und Tormentillextraktmischung, jeweils 1%

2.3 Kupferhydroxid

2.4 Kontrolle (unbehandelt)

Aufwandmenge: 400 l/ha, Einzelparzellengröße: 3\*15= 45 m<sup>2</sup>, lat. Rechteck, 4 Wiederholungen

5 (Kupferhydroxid 3) Spritzungen (16.6., 1.7., 8.7., 16.7., 26.7.1999)

### Mittelversuch Wiesengut 1999

einfaktoriell, Sorte Granola

Faktor:        Behandlung

Faktorstufen: 1.1 Salbeiextrakt 2%

1.2 Salbei- und Tormentillextraktmischung, jeweils 1%

1.3 Salbei- und Tormentillextraktmischung, jeweils 1% + 1% Bioweb DR 19

1.4 Tormentillextrakt 2%

1.5 Kaliseife (Bioweb DR 19)

1.6 Kupferhydroxid

1.7 Kontrolle (unbehandelt)

Aufwandmenge: 400 l/ha, Einzelparzellengröße 8\*6 = 48 m<sup>2</sup>, Blockanlage, 4 Wiederholungen

5 (Kupferhydroxid 3) Spritzungen (16.6., 1.7., 8.7., 16.7., 26.7.1999)

### Applikationsversuch Wiesengut 1999

einfaktoriell, Sorte Granola

Faktor:        Behandlung

Faktorstufen: 1.1 Salbeiextrakt 2% (Blattoberseite)

1.2 Salbeiextrakt 2% (Blattoberseite + Blattunterseite)

1.3 Kupferhydroxid (Blattoberseite)

1.4 Kupferhydroxid (Blattoberseite + Blattunterseite)

1.5 Kontrolle (unbehandelt)

Aufwandmenge: 400 l/ha, Einzelparzellengröße 8\*6 = 48 m<sup>2</sup>, Blockanlage, 4 Wiederholungen

5 (Kupferhydroxid 3) Spritzungen (16.6., 1.7., 8.7., 16.7., 26.7.1999)

Sortenversuch Wiesengut 2000

zweifaktoriell

Faktor 1: Sorte

Faktorstufen: 1.1 Hansa

1.2 Simone

Faktor 2: Behandlung

Faktorstufen: 1.1 Salbeiextrakt 2%

1.2 Salbei- und Tormentillextraktmischung, jeweils 1%

1.3 Zitrusextrakt früh

1.4 Zitrusextrakt spät

1.5 Kupferhydroxid

1.6 Kontrolle (unbehandelt)

Aufwandmenge: Behandlungen 1,2: 800 l /ha, Behandlungen 3, 4, 5: 400 l /ha, Einzelparzellengröße  $3*15 = 45 \text{ m}^2$ , lat. Rechteck, 4 Wiederholungen

Kupferhydroxid: 3 Spritzungen (14.6., 29.6., 18.7.2000)

Zitrusextrakt früh: 6 Spritzungen (6.6., 14.6., 23.6., 29.6., 7.7., 18.7.2000)

Zitrusextrakt spät: 3 Spritzungen (29.6., 7.7., 18.7.2000)

Alle anderen Mittel: 3 Spritzungen (14.6., 29.6., 7.7.2000)

Mittelversuch Wiesengut 2000

einfaktoriell, Sorte Nicola

Faktor: Behandlung

Faktorstufen: 1.1 Salbeiextrakt 2%

1.2 Salbeiextrakt 3%

1.3 Salbei- und Tormentillextraktmischung, jeweils 1% + 1% Bioweb DR 19

1.4 Tormentillextrakt 2%

1.5 Dimin Z

1.6 Zitrusextrakt früh

1.7 Kupferhydroxid (Blattoberseite)

1.8 Kupferhydroxid (Blattoberseite + Blattunterseite)

1.9 Kontrolle (unbehandelt)

Aufwandmenge: Behandlungen 1,2,3,4: 800 l /ha, Behandlungen 5,6,7,8: 400 l /ha, Einzelparzellengröße  $3*15 = 45 \text{ m}^2$ , Blockanlage, 4 Wiederholungen,

Kupferhydroxid: 3 Spritzungen (14.6., 29.6., 18.7.2000)

Behandlung 6: 6 Spritzungen (6.6., 14.6., 23.6., 29.6., 7.7., 18.7.2000)

Behandlungen 1-5: 4 Spritzungen (14.6., 29.6., 7.7., 18.7.2000)

Mittelversuch Wiesengut 2001

einfaktoriell, Sorte Nicola

Faktor:	Behandlung
	1.1 Risoplan
	1.2 Kupferhydroxid
	1.3 Vitolavin
	1.4 Salbeiextrakt 4%
	1.5 Braunalgenextrakt
	1.5 Braunalgenextrakt mit Kupfer
	1.6 Kompostextrakt mit Mikroorganismen angereichert
	1.7 Kontrolle (unbehandelt)

Aufwandmenge: 500 l / ha, Einzelparzellengröße 6\*9 = 54 m<sup>2</sup>, Blockanlage, 4 Wiederholungen

Kupferhydroxid:	3 Spritzungen (19.6., 11.7., 25.7.2001)
Behandlung 1:	8 Spritzungen (6.6., 12.6., 19.6., 26.7., 4.7., 11.7., 18.7., 25.7.2001)
Behandlungen 3,4,7:	7 Spritzungen (6.6., 12.6., 19.6., 26.6., 4.7., 11.7., 18.7., 25.7.2001)
Behandlungen 5, 6:	10 Spritzungen (12.6., 19.6., 26.6., 4.7., 11.7., 18.7., 25.7., 1.8., 8.8., 15.8.2001)

**Standort Niederkrüchten (Niederrhein)**

Der Betrieb Bolten in Niederkrüchten nimmt an dem Projekt ‚Ökologische Leitbetriebe Nordrhein - Westfalen‘ teil, welches vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW gefördert wird. Der Standort liegt 60 m ü. NN und ist durch sandig-lehmige Braunerden mittlerer Bodenpunktzahl (52-54) gekennzeichnet. Der Betrieb wirtschaftet viehlos mit variablen Fruchtfolgen und einem hohen Anteil an Feldgemüse. In allen 3 Versuchsjahren wurden die Kartoffeln nach Zuckrerbsen und anschließender Zwischenfrucht angebaut. Es wurde vorgekeimtes Z- Pflanzgut (35-50mm) verwendet. Die Pflege der Bestände erfolgte betriebsüblich. Pflanzenschutzmaßnahmen wurden keine durchgeführt. Ab Beginn des Knollenansatzes wurde beregnet. Die Witterungsverhältnisse in den Versuchsjahren 1999 - 2001 sind in Tab. 4 dargestellt.

**Tab. 4: Niederschläge und Temperatur während der Vegetationsperioden 1999 bis 2001 am Standort Niederkrüchten.**

	Monat	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Summe
<b>1999</b>	(mm)	59.7	81.2	60.6	134.6	84.0	67.0	487
	(°C)	10.8	15.6	16.8	20.9	18.4	18.1	
<b>2000</b>	(mm)	54.8	82.3	55.7	118.8	43.6	77.4	433
	(°C)	11.5	16.1	18	16.1	18.9	16.3	
<b>2001</b>	(mm)	90.0	28.5	56.2	56.8	57.9	136.4	426
	(°C)	8.8	16.1	16.5	20.1	20.2	13.4	

In Niederkrüchten wurden folgende Versuche durchgeführt:

#### Versuch Niederkrüchten 1999

einfaktoriell, Sorte Nicola

Faktor: Behandlung

1.1 Salbei- und Tormentillextraktmischung, jeweils 1%

1.2 Kaliseife (Bioweb)

1.3 Salbeiextrakt 2%

1.4 Kupferhydroxid

1.5 Kontrolle (unbehandelt)

Aufwandmenge: 500 l / ha, Rückenspritze, Einzelparzellengröße 8\*6 = 48 m<sup>2</sup>, Blockanlage, 4 Wiederholungen

4 Spritzungen (22.6., 2.7., 9.7., 16.7.1999)

#### Versuch Niederkrüchten 2000

einfaktoriell, Sorte Nicola

Faktor: Behandlung

1.1 Salbeiextrakt 2%

1.2 Salbei- und Tormentillextraktmischung, jeweils 1%

1.3 Zitrusextrakt

1.4 Kupferhydroxid

1.5 Kontrolle (unbehandelt)

Aufwandmenge: 500 l / ha, Rückenspritze Einzelparzellengröße 8\*6 = 48 m<sup>2</sup>, Blockanlage, 4 Wiederholungen,

Kupferhydroxid: 3 Spritzungen (9.6., 23.6., 30.6.2000)

Behandlung 3: 6 Spritzungen (31.5., 9.6., 16.6., 23.6., 30.6., 6.7.2000)

Behandlung 1, 2: 5 Spritzungen (9.6., 16.6., 23.6., 30.6., 6.7.2000)

### Versuch Niederkrüchten 2001

einfaktoriell, Sorte Nicola

Faktor: Behandlung

1.1 Kupferhydroxid,

1.2 Braunalgenextrakt ohne Kupfer,

1.3 Risoplan,

1.4 Braunalgenextrakt mit Kupfer,

1.5 Kontrolle (unbehandelt)

Aufwandmenge: 500 l / ha, Rückenspritze Einzelparzellengröße 8\*6 = 48 m<sup>2</sup>, Blockanlage, 4 Wiederholungen

Kupferhydroxid: 3 Spritzungen (20.6., 12.7., 26.7.2001)

Behandlungen 2, 4: 7 Spritzungen (12.6., 20.6., 27.6., 4.7., 12.7., 18.7., 26.7.2001)

Behandlung 3: 8 Spritzungen (5.6., 12.6., 20.6., 27.6., 4.7., 12.7., 18.7., 26.7.2001)



## 2.2 Methoden

### 2.2.1 Pflanzenanzucht im Gewächshaus

Die Tomaten und Kartoffeln wurden im Gewächshaus bei einer Temperatur von  $22 \pm 5$  °C und einer relativen Luftfeuchte von 60 bis 80 % angezogen. Um bei bedecktem Wetter die Lichtversorgung von 7000 lux zu gewährleisten und die Tageslänge auf 16 Stunden zu erhöhen, wurde mit Natriumdampflampen (Typ Philips SGR 140) zusätzlich beleuchtet.

Die Tomaten wurden zunächst in Einheitserde (Typ P) ausgesät und nach Ausbildung der Keimblätter pikiert. Die Tomatenpflanzen wurden in Kunststofftöpfen der Größe 7x7x8 cm mit Einheitserde (Typ T) kultiviert und über eine in die Gewächshaustische integrierte Tischbewässerung mit Wasser versorgt. Die Kartoffelpflanzen wurden aus Augenstecklingen angezogen und in Felderde, die mit Einheitserde (Typ T) abgedeckt war, kultiviert. Mit einer 0,2 %igen „Flory 2 spezial“-Nährlösung (Fa. Euflor, München) wurden die Tomaten- und Kartoffelpflanzen einmal wöchentlich gedüngt.

### 2.2.2 Pathogenhandhabung

#### 2.2.2.1 Isolierung und Erhaltung

Während der Vegetationsperiode wurden an verschiedenen Standorten mit Krautfäule befallene Kartoffelpflanzenteile gesammelt. Die Beprobung der Standorte fand je nach Witterung ein- bis zweimal wöchentlich statt. Die befallenen Pflanzenproben wurden zunächst in einer Feuchtekammer inkubiert, um die Sporulation des Pathogens anzuregen. Eine gute Sporulation war eine wichtige Voraussetzung für den Isolationserfolg.

Zur Isolierung des Pathogens wurden Kartoffeln in 75 %igem Ethanol 5 Minuten oberflächensterilisiert. Diese Kartoffeln wurden mit einem sterilen Messer in 9 mm dicke Kartoffelscheiben geschnitten. In einer Petrischale wurde anschließend ein befallenes Kartoffelblatt (Sporulation nach oben zeigend) mit einer Kartoffelscheibe bedeckt und bei 18 °C ca. drei Tage im Klimaschrank inkubiert. Das durchgewachsene Mycel wurde auf Gemüsesaftagar übertragen und weiter kultiviert. Zur Erhaltung des Erregers *Phytophthora infestans* war ein regelmäßiges Überimpfen auf frischen Gemüsesaftagar notwendig.

### 2.2.2.2 Inokulation

Zur Inokulumgewinnung wurde das Mycel von frisch bewachsenen Gemüsesaftagarplatten mit Hilfe eines Laborspatels oberflächlich abgenommen und in einen Erlenmeyerkolben mit demineralisiertem Wasser überführt. Nach dem Lösen der Sporangien vom Mycel durch Umrühren wurden die Sporangien durch eine Lage Verbandsmull filtriert. Das Filtrat wurde vier Stunden im Kühlschrank bei 4 °C inkubiert. Mittels einer Zählkammer nach Fuchs-Rosenthal wurde die Sporenkonzentration auf  $8 \times 10^4$  Zoosporen / ml eingestellt. Nachdem die Zoosporen infolge des Kältereizes geschlüpft waren, inokulierte man die Zoosporensuspension mit Hilfe eines herkömmlichen Sprüherers auf die Blattunterseite der entsprechenden Pflanzen bis diese tropfnaß waren. Die Tomaten- und Kartoffelpflanzen wurden nach der Inokulation für 24 h bei einer rel. Luftfeuchte von 100 % und etwa 20°C in eine Inkubationskammer gestellt.

### 2.2.3 Ausbringung der Präparate

Zur Durchführung der Screeningtests im Labor bzw. Gewächshaus an Pflanzen wurden die Präparate als wässrige Lösung in praxisüblichen Konzentrationen angesetzt. Die Lösungen wurden mit Hilfe eines feinen Sprüherers auf die Blattober- und unterseite appliziert. Es wurde darauf geachtet, dass der Belag gleichmäßig aufgebracht und die Blätter derart benetzt wurden, dass die Lösung nicht ablaufen konnte.

Vor der Applikation im Freiland wurde zunächst über die Grundfläche der Versuchspartzele die notwendige Präparatmenge errechnet. Die Fertigpräparate wurden in der vom Hersteller empfohlenen praxisüblichen Aufwandmenge appliziert. Die angesetzten Lösungen wurden am Standort Niederkrüchten unmittelbar mit Hilfe einer Rückenspritze ausgebracht. Durch eine gekröpfte Düse war auch eine partielle Unterblattspritzung möglich. In Hennef wurden die Präparate mit einer im Eigenbau umgeänderten Jacoby-Feldspritze ausgebracht. Diese Konstruktion ermöglichte es die auszubringenden Agenzien zu etwa 2/3 auf die Blattoberseite und zu etwa 1/3 auf die Blattunterseite auszubringen. Die Pflanzenschutzspritze war mit herkömmlichen Flachstrahldüsen ohne Luftdruckunterstützung ausgestattet. Mit Hilfe von Blatthebern, die vor den Reifen montiert waren, wurde vermieden, dass das Kraut zu Boden gedrückt und damit mechanisch beschädigt wurde. Abb. 1 zeigt die eingesetzte Pflanzenschutzspritze.



**Abb. 1: Pflanzenschutzspritze zum Einsatz in Versuchen mit gleichzeitiger Oberblatt- (O) und Unterblattspritzung (U) und Kartoffelkrautteilern (T) (Einsatzort Wiesengut / Hennef).**

## 2.2.4 Bewertung der Präparatwirksamkeit

### 2.2.4.1 Gewächshaus

Die Tomaten- und Kartoffelpflanzen wurden bis zu einer Größe von ungefähr 15 cm vorgezogen, bevor der Versuch mit 4 Wiederholungen durchgeführt werden konnte.

Der durch verschiedene Isolate von *Phytophthora infestans* hervorgerufene Befall wurde in einem Gewächshausversuch an Tomaten- und Kartoffelpflanzen visuell bonitiert.

60 Stunden nach der Inokulation wurde der Befall an der kompletten Pflanze als Durchschnittswert ermittelt und als Prozentangabe festgehalten. Anschließend wurden die Tomaten- und Kartoffelpflanzen für weitere 12 Stunden in die Inkubationskammer gestellt und nach weiteren 12 Stunden wiederum ausgewertet. So konnte der optimale Boniturtermin ermittelt werden.

Die Wirksamkeit der Präparate wurde nach ABBOTT (1925) bestimmt. Hierzu wurde zunächst der Befall in der unbehandelten Kontrolle auf 100 % Befall hochgerechnet, wobei ein Umrechnungsfaktor zu ermitteln war. Alle anderen Messwerte wurden anschließend mit diesem Faktor multipliziert.

#### 2.2.4.2 Freiland

In den Freilandversuchen, wurde der Befall mit Kraut- und Knollenfäule an Kartoffeln bewertet. Der Gesamtbefall der jeweiligen Versuchsparzelle wurde in Prozent befallener Blattfläche festgehalten. Bei *Phytophthora infestans* wurden auftretende Stängelsymptome dieses Erregers ihrer Bedeutung entsprechend höher bewertet, da der Trieb oberhalb der Befallsstelle am Stängel kurze Zeit später abtrocknet und damit abstirbt.

#### 2.2.5 Durchlichtmikroskopische Untersuchungen

Die durchlichtmikroskopischen Untersuchungen wurden nach KLINKENBERG (2002) an einem Mikroskop der Firma Leitz, Typ DMRB, durchgeführt.

Zum einen wurden die Sporangien, Zoosporen und encystierte Zoosporen von *Phytophthora infestans* auf Objektträgern mit Vertiefungen mikroskopiert. Die besagten Erregerstadien wurden durch Zugabe von Bengalrosa zur Suspension eingefärbt und konnten ohne weitere Präparation mikroskopiert werden. Zum anderen mussten Totalpräparate von befallenen Kartoffelblättern hergestellt werden. Hierzu wurden zunächst mit Hilfe eines Korkbohrers Blattstücke mit 6 mm Durchmesser ausgestanzt. Es war sinnvoll, die erneute Sporulation der Erreger abzuwarten, um gezielt befallene Blattsegmente auswählen zu können. Parallel dazu wurde eine gesättigte Chloralhydratlösung mit 250 g Chloralhydrat auf 100 ml Aqua dest. angesetzt. Die ausgestanzten Blattscheibchen wurden zum Fixieren und Entfärben in die Chloralhydratlösung überführt. Die Einwirkzeit betrug für Kartoffelblätter 24 Stunden bei 60 °C im Wasserbad. Kam es zu einer stärkeren Färbung des Chloralhydrates mit Chlorophyll, so musste dies ausgetauscht werden.

Angefärbt wurden die Blattstückchen nach einer bei BRUZESSE und HASSAN (1983) beschriebenen Methode, die stark abgewandelt werden musste. Hierzu wurde zunächst eine 0,5 % Anilinblau-Lactophenollösung nach GERLACH (1984) hergestellt. Das Lactophenol enthielt in 40 ml Aqua dest. gelöst 80 g Glycerin, 40 g Milchsäure und 80 g Phenol. Anschließend musste die Lösung gut geschüttelt werden. 100 ml Lactophenol wurden in einem zweiten Schritt 0,5 g Anilinblau zugesetzt. Diese Lösung musste vor Gebrauch ebenfalls gut gerührt werden.

Auf Kartoffelblattstückchen musste die Anilinblau-Lactophenollösung 12 Stunden bei Raumtemperatur einwirken. Anschließend wurden die Blattstückchen dreimal in 96 % Ethanol gewaschen, um die Farblösung oberflächlich abzuspülen. Anschließend wurden die Blattstückchen erneut in eine gesättigte Chloralhydratlösung überführt, um überschüssigen Farbstoff aus dem Blatt auszuwaschen. Als optimal erwiesen sich 24 – 48 Stunden bei 60 °C im Wasserbad. Das Austauschen der Chloralhydratlösung erwies sich auch hier als sinnvoll. Der optimale Zeitpunkt musste am Objekt selber mikroskopisch bestimmt werden.

Anschließend konnten die Blattscheibchen in einer frischen Chloralhydratlösung bei Raumtemperatur aufbewahrt oder eingebettet werden. Hierzu wurden die Blattscheibchen zunächst in Glycerinwasser (Verhältnis 1:1) gewaschen und auf Trockenpapier für Objektträger der Firma Schleicher & Schüll getrocknet. Das Einbettungsharz Entellan<sup>®</sup> wurde in die Mitte eines sauberen Objektträgers gegeben. Das ausgewählte Blattstückchen wurde möglichst luftblasenfrei aufgelegt und mit Entellan<sup>®</sup> abgedeckt, bevor alles mit einem Deckgläschen, ebenfalls nach Möglichkeit luftblasenfrei, versiegelt werden konnte. Nach einer Trockenzeit von sechs Stunden konnte mikroskopiert werden.

Als wesentlich weniger arbeitsaufwendig erwies sich jedoch die direkte mikroskopische Auswertung der Blattstückchen unter dem Mikroskop. Um das Auskristallisieren der gesättigten Chloralhydratlösung unter der energiereichen Lichteinwirkung des Mikroskops zu verhindern, wurde das Chloralhydrat auf dem Objektträger mit Aqua dest. verdünnt.

#### 2.2.6 Statistische Auswertung

Folgende Parameter wurden im Gewächshaus- bzw. Feldversuch erhoben:

- % befallene Blattfläche, Befallsverlauf
- Rohertrag
- Trockenmassegehalt der Knollen

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm SAS durchgeführt. Die Messwerte wurden nach Überprüfung der Normalverteilung varianzanalytisch verrechnet. Die Mittelwerte wurden mit dem Tukey-Test (Irrtumswahrscheinlichkeit:  $\alpha = 0,05$ ) verglichen. Signifikante Unterschiede werden durch verschiedene Buchstaben in den Tabellen kenntlich gemacht.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Pathogenese von *Phytophthora infestans*

Der Erreger *Phytophthora infestans* verursacht an der Kartoffel die Kraut- und Knollenfäule und an der Tomate die Kraut- und Braunfäule. Die Tomate stellt zwar eine geeignete Versuchspflanze dar, ist aber von der ökonomischen Seite her betrachtet weniger bedeutend. Daher wird nachfolgend die vollständige Pathogenese nur für die Wirtspflanze Kartoffel beschrieben (KLINKENBERG 2002).

##### 3.1.1 Kartoffel

Grundlage jeder Infektion sind die Sporangien (Abb. 2a). Die Sporangien können mit dem Wind über weite Strecken verbreitet werden. Treffen sie auf einen geeigneten Wirt, setzen sie nach einem Kältereiz bei Anwesenheit von Wasser die Zoosporen frei. Die leeren Sporangienhüllen bleiben übrig. Haben die Zoosporen eine geeignete Infektionsstelle auf ihrem Wirt gefunden, encystieren sie, d.h. sie werfen ihre Geißeln ab. Die so entstandenen encystierten Zoosporen sind nun in der Lage einen Keimschlauch auszubilden und die Pflanze zu infizieren. Bleibt der Kältereiz aus, dann setzen die Sporangien keine Zoosporen frei, sondern keimen direkt aus (Abb. 2b). Über die Bedeutung der direkten Sporangienkeimung für die Ausbreitung des Pathogens ist nur wenig bekannt.

War die Infektion erfolgreich, zeigt der Erreger *P. infestans* neben dem Knollenbefall, oberirdisch nach drei Tagen Inkubation zwei Symptomausprägungen. Dies sind zum einen der Blattbefall (Abb. 3a) und zum anderen der Stängelbefall, der den kompletten Trieb vertrocknen lässt, ohne dass die Blätter oberhalb der Befallsstelle befallen sein müssen (Abb. 3c).

Beim Blattbefall verursacht der Erreger zunächst fahlgrüne Nekrosen, die mit zunehmender Ausbreitung des Pathogens größer werden. Hierbei stirbt das bereits länger befallene Gewebe ab und wird braun (Abb. 3a). Im fahlgrünen Bereich ist der Pilz aktiv und sporuliert dort auf der Blattunterseite (Abb. 3b). Zu einer Infektion kommt es meistens in den Bereichen, in denen nach einer taureichen Nacht oder nach einem Regenguss noch längerfristig Wassertropfen anhaften können. Der Stängelbefall (Abb. 3c) tritt zunächst als grünbraune Nekrose an der Stängeloberfläche auf. Innerhalb kürzester Zeit durchwächst der Erreger entsprechendes Stängelsegment. Ein solches Stängelsegment kann bereits ganz befallen sein, ohne dass der Trieb oberhalb dieser Befallsstelle Anzeichen von Welkeerscheinungen zeigt. Daher ist der Stängelbefall in einem geschlossenen Kartoffelbestand unter Umständen nur schwer zu erkennen.

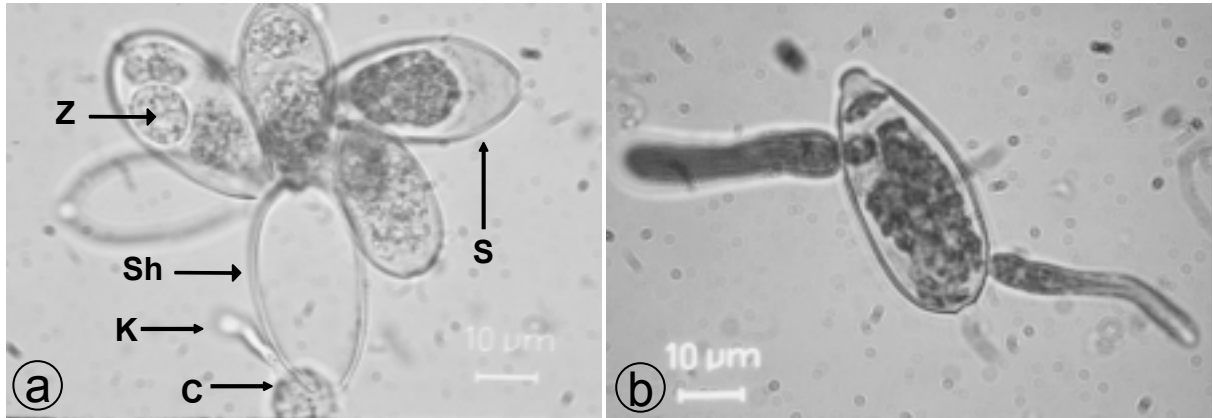
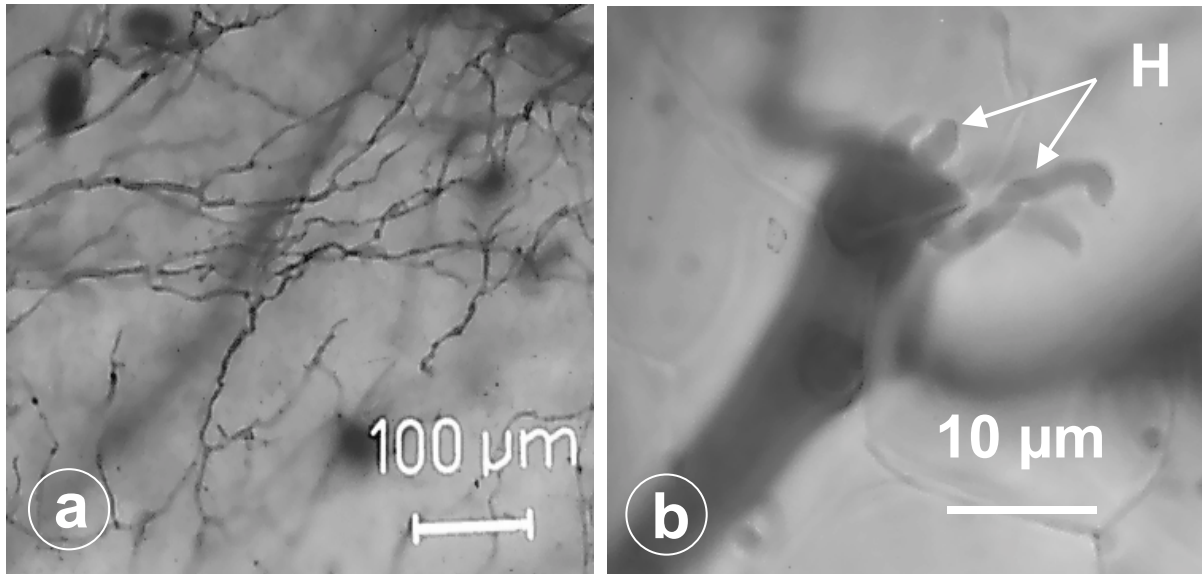


Abb. 2: Sporangien von *Phytophthora infestans*: (a) mit und ohne Zoosporenfreisetzung: S = Sporangium, Sh = Sporangienhülle, Z = Zoospore, C = encystierte Zoospore und K = Keimschlauch; (b) direkt ausgekeimtes Sporangium von *Phytophthora infestans*.



Abb. 3: Krautfäulebefall durch *Phytophthora infestans* an Kartoffeln: (a) Nekrosen auf der Oberseite eines Blattes; (b) Sporulation auf der Blattunterseite im fahlgrünen Bereich der Blattnekrose; (c) braun-schwarze Nekrosen nach Stängelbefall.

Das Pathogen breitet sich ohne Kontrollmaßnahmen sehr rasch in allen Blattschichten aus (Abb. 4a). Natürliche Barrieren im Blatt, wie z.B. Leitbündel, stellen für *P. infestans* kein Hindernis dar. Der Erreger dringt mit seinen Haustorien in einzelne Zellen ein und entzieht diesen die Nährstoffe (Abb. 4b). Die Infektion breitet sich in Blättern aller Altersstufen gleich schnell aus. Zur Sporulation am Ende von einem Generationszyklus des Erregers nach ca. drei Tagen, sind 100 % relative Luftfeuchtigkeit und Dunkelheit notwendig.



**Abb. 4: Myzel von *Phytophthora infestans* in einem unbehandelten Kartoffelblatt: (a) geradlinig ausgebildete Hyphen im Schwammparenchym; (b) Haustorien des Erregers (H) in einer Blatzelle.**

Bei unterlassenen Bekämpfungsmaßnahmen tritt die Krautfäule zunächst nur an einzelnen Kartoffelpflanzen auf. Bei günstiger Witterung befällt sie von diesen Zentren aus benachbarte Pflanzen, wodurch die in Abb. 5 dargestellten kreisrunden Befallsherde entstehen. In diesem Stadium ist die Epidemie kaum noch zu stoppen.

Die Erstinfektion, die durch *P. infestans* hervorgerufen wird, ist wie bereits beschrieben, eine fahlgrün verfärbte Nekrose, die sowohl am Blatt als auch am Stängel auftreten kann. Grünliche Verfärbungen sind in einem Kartoffelbestand infolge unterschiedlichster biotischer und abiotischer Einwirkungen häufig vorzufinden und von einer Infektion mit *P. infestans* nur schwierig zu unterscheiden.





**Abb. 5: Kreisrunde Befallsherde in Kartoffeln im Freiland als Folge einer Krautfäule-epidemie nach unterlassenen Bekämpfungsmaßnahmen.**

### 3.1.2 Tomate

Der Befall an Tomaten äußert sich in ähnlichen Symptomausprägungen wie bei Kartoffeln. Mit *Phytophthora infestans* befallene Tomatenblätter zeigen im Anfangsstadium relativ kleine fahlgrüne Verfärbungen. In diesem Bereich des Blattes ist der Erreger zunächst aktiv, breitet sich ziemlich rasch aus und sporuliert auf der Blattunterseite. Dabei wandert der Erreger weiter in die die Nekrose umgebenden Blattbereiche. Die ursprüngliche Befallsstelle stirbt ab, wodurch die Nekrose nun braun erscheint (Abb. 6).

An Tomatenpflanzen verursacht *P. infestans* sowohl Blatt- als auch Stängelbefall. Der Stängelbefall innerhalb des Blattes tritt rel. früh in der Vegetationsperiode auf, der am Pflanzenstängel erst gegen Ende der Vegetationsperiode. Bei Tomaten werden auch die Früchte befallen (Abb. 7a), da diese sich im Gegensatz zu Kartoffelknollen nicht von einer schützenden Erdschicht umgeben sind. Befallene Früchte sind nicht mehr vermarktbar. Eine Tomatenanlage im Freiland beinhaltet eine wesentlich geringere Pflanzdichte als ein Kartoffelfeld (Abb. 7b).



Abb. 6: Symptome des Krautfäulebefalls durch *Phytophthora infestans* auf der Oberseite eines Tomatenblattes.



Abb. 7: Krautfäulebefall durch *Phytophthora infestans* an Tomaten: (a) Nekrosen an den reifen Früchten; (b) starker Befall im unteren Pflanzendrittel in einer Versuchsanlage.

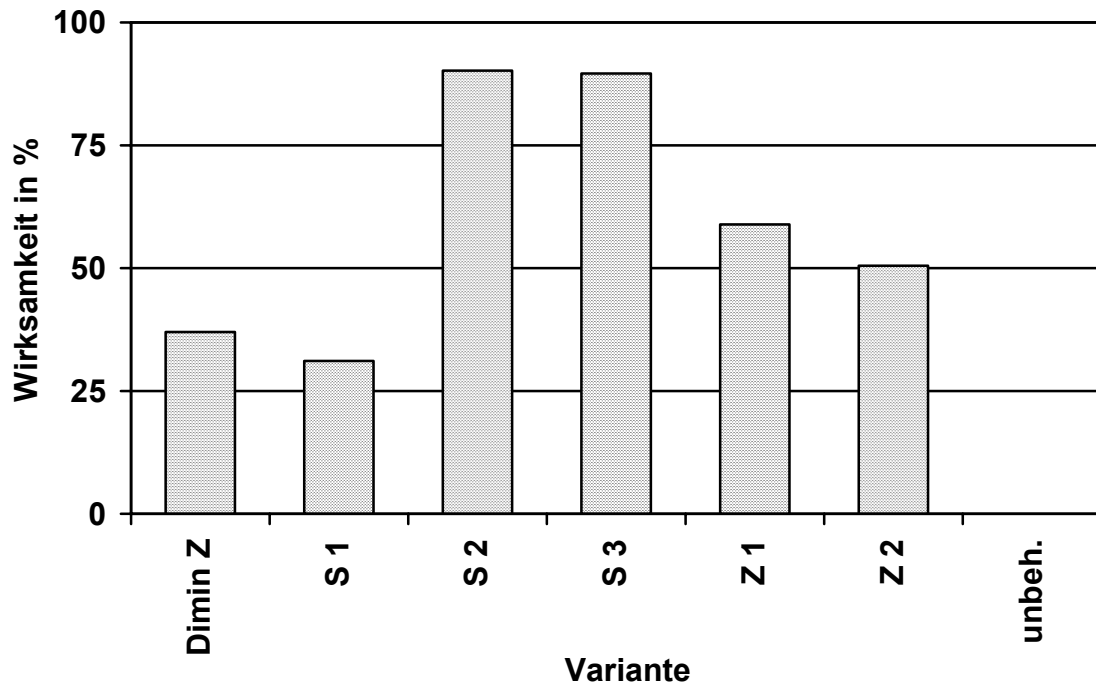
Desweiteren sind Tomaten i.d.R. durch Erziehungsmaßnahmen vertikal ausgerichtet, so dass eine Tomatenkultur nach einem Regenguss oder Tau der Nacht schneller abtrocknen kann als ein horizontal ausgerichteter dicht schließender Kartoffelbestand. Bei Tomaten geht die Infektion immer von Einzelpflanzen aus und beginnt meistens in Bodennähe, da sich dort die Feuchtigkeit länger halten kann. Das Entfernen der basalen Blätter kann eine Infektion verzögern. Während ein Kartoffelbestand nach einer starken Epidemie innerhalb kürzester Zeit vollständig zusammenbricht, kann eine Tomatenkultur während einer zwischenzeitlichen Trockenperiode im Sommer noch einen deutlichen ertragswirksamen Neuzuwachs zeigen.

### 3.2 Einfluss der Präparate auf die Pathogenentwicklung im Gewächshaus

#### 3.2.1 Befall an Kartoffeln und Tomaten

Gewächshausversuch 2000

In Abb. 8 ist die Wirksamkeit verschiedener Agenzien auf dem Befall mit *Phytophthora infestans* an Kartoffeln im Gewächshaus dargestellt.



**Abb. 8:** Wirksamkeit verschiedener Agenzien auf den Befall mit *P. infestans* an Kartoffelpflanzen im Gewächshaus (2000), S1 = Salbei 1%, S2 = Salbei 2%, S3 = S2 + ZnSO<sub>4</sub>, Z1 = Zitrusextrakt früh, Z2 = Zitrusextrakt spät; Sorte *Nicola*.

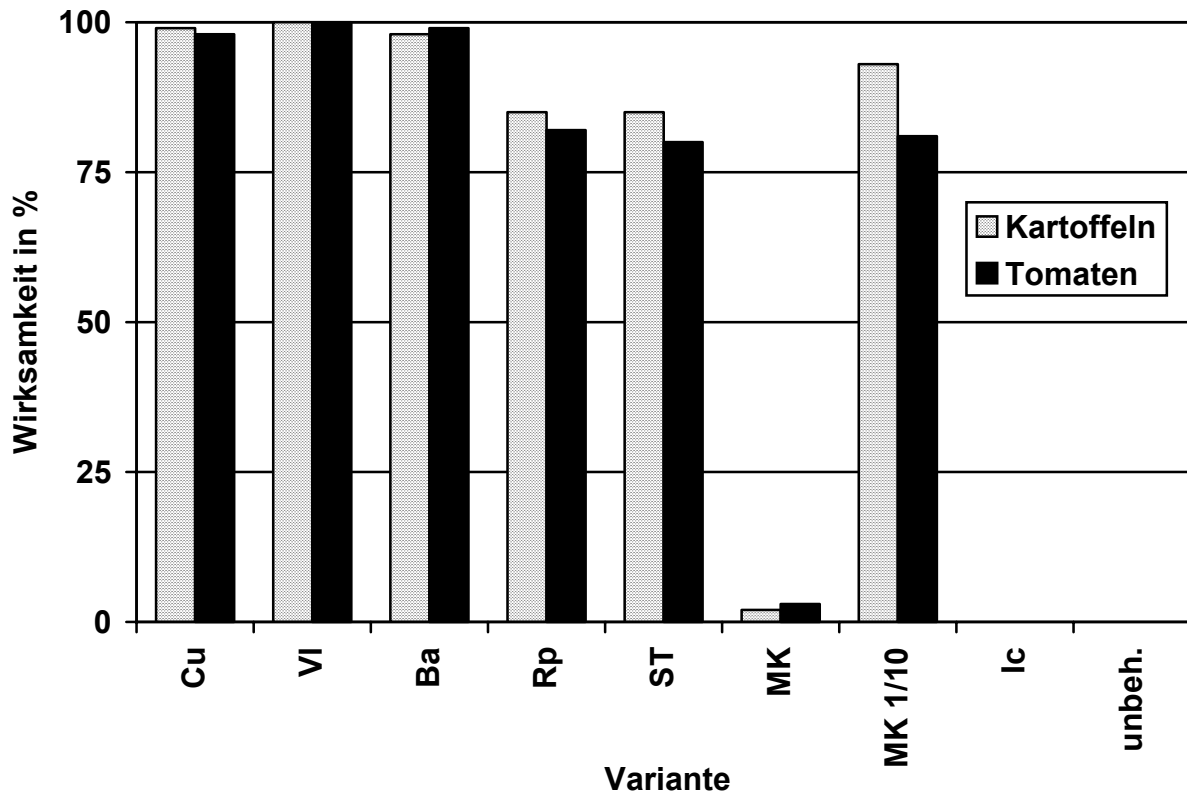
Die Agenzien Dimin Z und 1 %ige Salbeiextrakt erzielten mit knapp 30 % eine vglw. geringe Wirksamkeit. Die Wirksamkeit der Zitrusextrakte war mit 50 - 60% etwas höher. Deutlich zu erkennen ist, dass eine Verdopplung der Salbeikonzentrationen auf 2 % mit und ohne Zugabe weiterer Agenzien (Varianten S2 bis S3) zu einer markanten Erhöhung der Wirksamkeit auf über 80 % führte. Die Wirkung eines 2 %igen Salbeiextraktes verdeutlicht Abb. 9. Während viele Kartoffelblätter in der unbehandelten Kontrolle deutliche Befallserscheinungen zeigten, waren diejenigen nach Salbeibehandlung annähernd befallsfrei.



**Abb. 9: Krautbefall an Kartoffeln im Gewächshaus, in der unbehandelten Kontrolle (links) und nach 2 %iger Salbeiextraktbehandlung (rechts).**

Gewächshausversuch 2001

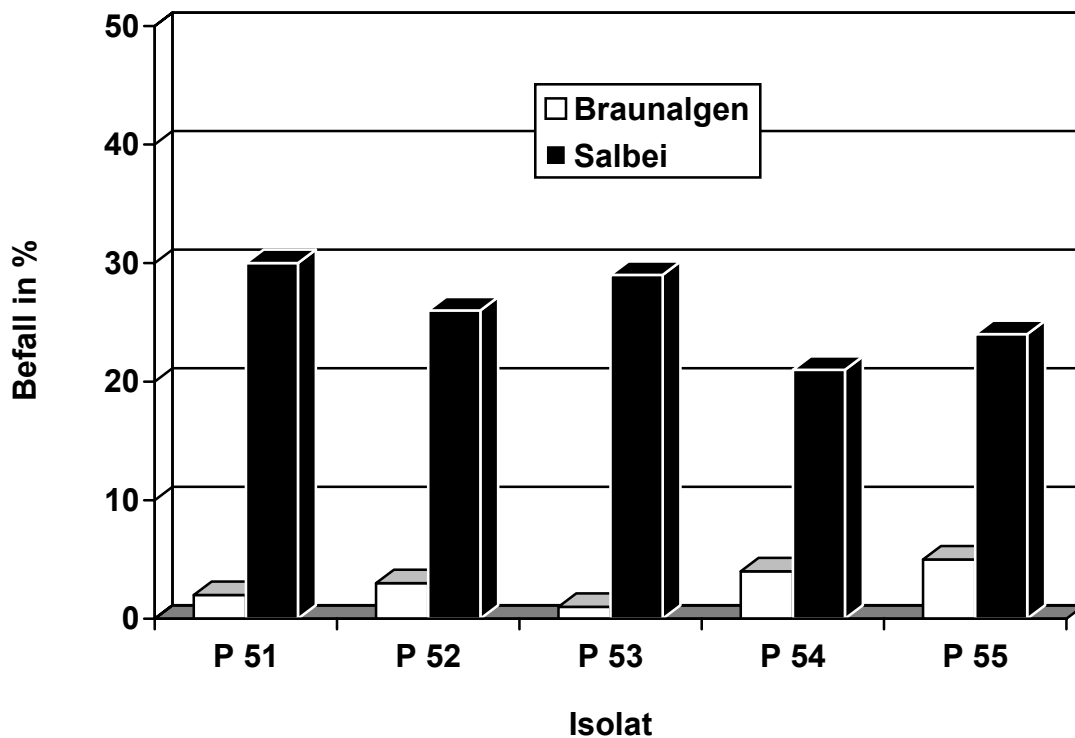
Die bereits bekannten wirksamen Agenzien Kupfer und Salbei bzw. Tormentill zeigten auch in diesem Versuch eine hohe Wirksamkeit von über 80 % an beiden Kulturpflanzen. Eine ähnlich starke Befallsreduktion konnte nach Applikation von Vitolavin, dem Braunalgenextrakt, Risoplan und der Verdünnung des mit Mikroorganismen angereicherten Kompostextraktes erzielt werden. Die höhere Konzentration des mit Mikroorganismen angereicherten Kompostextraktes und der Resistenzinduktor 'Immunocytovit' waren nicht wirksam (Abb. 10).



**Abb. 10:** Wirksamkeit verschiedener Agenzien auf den Befall mit *P. infestans* an Kartoffel- und Tomatenpflanzen im Gewächshaus, Cu = Kupfer, VI = Vitolavin, Ba = Braunalgen, Rp = Risoplan, ST = Salbei / Tormentill, MK = mit Mikroorganismen angereicherter Kompostextrakt, Ic = Immunocytovit.

### 3.2.2 Erregersensitivität

Mit dem in Abb. 11 dargestellten Versuch sollte exemplarisch überprüft werden, ob die in den beiden Gewächshausversuchen ermittelten Wirksamkeiten auch auf andere Isolate von *P. infestans* zutreffen. Diese Erregersensitivität wurde gegenüber einem 2 %igen Salbeiextrakt und gegenüber einem 0,9 %igen Braunalgenextrakt ohne Kupfer überprüft. In einem Versuch an Tomaten konnte der Braunalgenextrakt den Befall bei allen Erregerisolaten um über 90 % senken. Nach Applikation des Salbeiextraktes war die Wirksamkeit nicht so hoch. Der Extrakt konnte den Befall nur zwischen 65 % und 75 % senken. Es konnte festgestellt werden, dass sich die Wirkunterschiede nur in einem eng umgrenzten Spektrum befanden.



**Abb. 11: Krautfäulebefall an Tomaten nach Behandlung mit Salbei- bzw. Braunalgenextrakten und anschließender Inokulation mit verschiedenen Isolaten von *Phytophthora infestans* (Befall in der unbehandelten Kontrolle bei allen Isolaten = 100 %).**

### 3.3 Wirksamkeit der Präparate unter praktischen Anbaubedingungen

#### 3.3.1 Versuche 1999

##### Sortenversuch 1999

Das Versuchsjahr 1999 war am Standort Wiesengut durch einen niedrigen Befallsdruck mit *Phytophthora infestans* gekennzeichnet. Erste visuelle Symptome wurden erst zu Beginn der zweiten Julidekade festgestellt. Aufgrund der geringen Niederschlagssumme im Monat Juli blieb der Blattbefall durch *P. infestans* mit unter 15 % zu Beginn des Monats August auf einem unbedeutenden Niveau. Die Behandlung mit Salbei bzw. Salbei- und Tormentilleextrakten hatte keinen Einfluss auf den Befallsverlauf. Die mit Kupferhydroxid behandelten Varianten wiesen mit maximal 5 % einen deutlich geringeren Blattbefall auf, als alle anderen Varianten (Abb. 12).

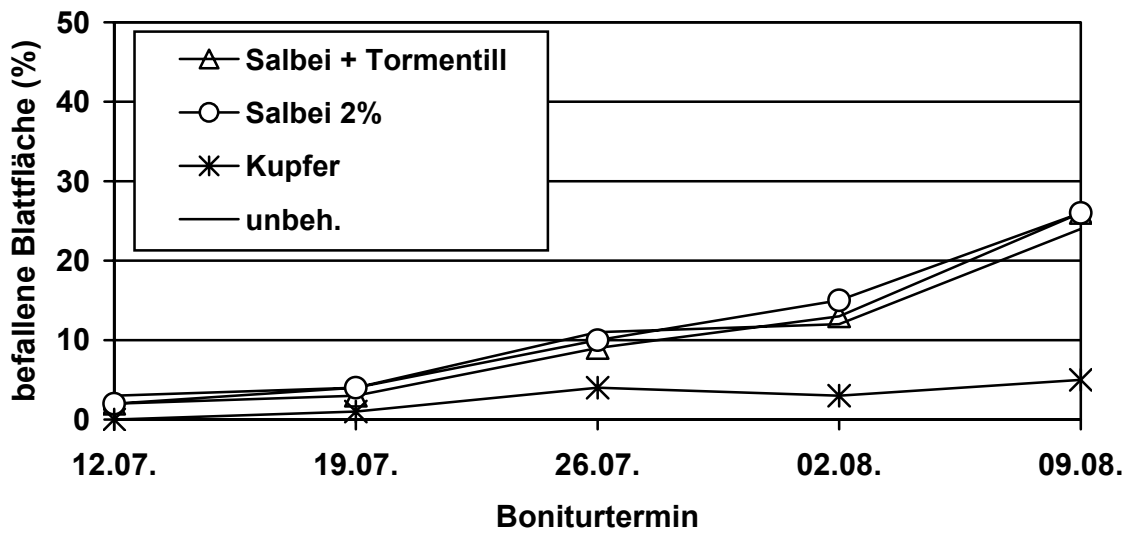


Abb. 12: Einfluss verschiedener Präparate auf den Befallsverlauf mit *Phytophthora infestans* an Kartoffeln, Sortenversuch Wiesengut 1999.

Der Befallsverlauf der Sorten unterschied sich signifikant. Während die Sorte *Granola* zu Beginn der dritten Julidekade einen Blattbefall von etwa 3 % aufwies, war dieser bei der Sorte *Nicola* mit etwa 12 % deutlich höher.

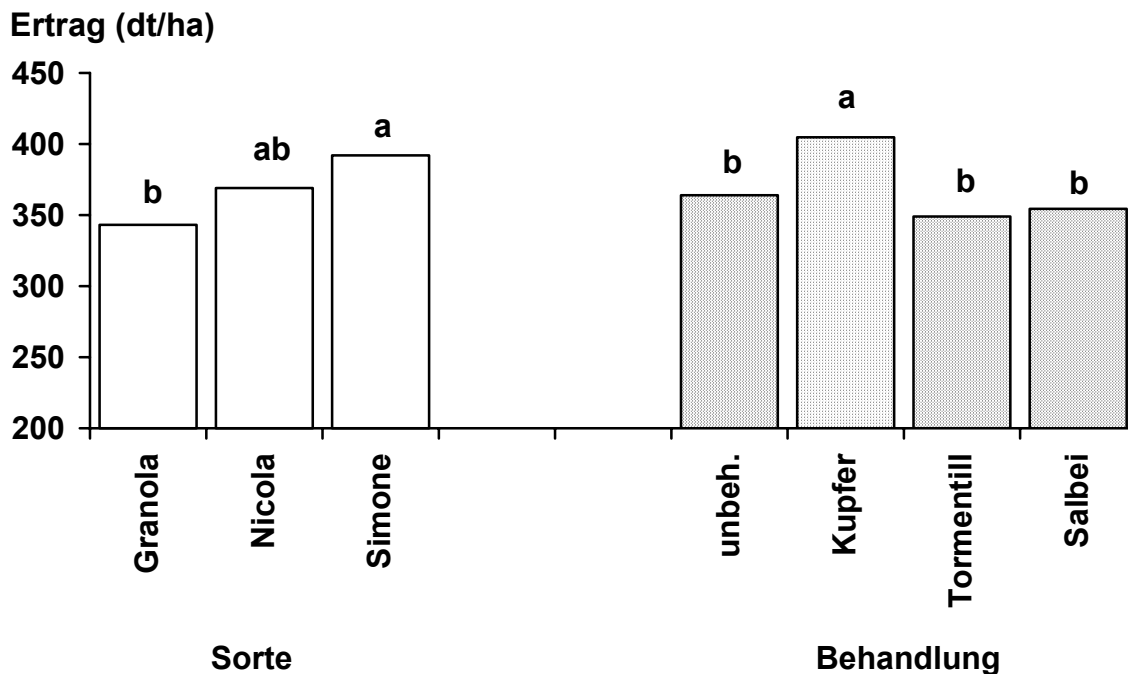


Abb. 13: Einfluss verschiedener Präparate und der Sorte auf den Rohertrag von Kartoffeln, Sortenversuch Wiesengut 1999, Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant, Tukey- Test,  $\alpha = 0,05$ .

Insgesamt war das Befallsniveau mit *P. infestans* niedrig. Die Sorte *Simone* wies zu allen Boniturterminen höhere Befallsgrade als *Granola* und niedrigere als *Nicola* auf. Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Sorte und Behandlung wurden nicht festgestellt.

Das Ertragsniveau lag in diesem Versuch mit etwa  $350 \text{ dt} * \text{ha}^{-1}$  vergleichsweise hoch. Keines der eingesetzten nichtkupferhaltigen Mittel hatte einen Einfluss auf den Rohertrag (Abb. 13). Durch Anwendung von Kupferhydroxid wurde der Rohertrag im Vergleich zur Kontrolle um  $40 \text{ dt} * \text{ha}^{-1}$  signifikant gesteigert. Die Sorte *Simone* wies einen um  $49 \text{ dt} * \text{ha}^{-1}$  signifikant höheren Ertrag als die Sorte *Granola* auf.

Abb. 14 zeigt im Überblick die Auswirkungen der Faktoren Sorte und Behandlung am Standort Hennef.



**Abb. 14: Überblick über den Sortenversuch 1999 in Hennef.**

#### Mittelversuch Wiesengut 1999

Auch in diesem Versuch lag witterungsbedingt ein niedriger Infektionsdruck vor. Keines der untersuchten nicht kupferhaltigen Präparate hatte einen Einfluss auf den Blattbefall mit *P. infestans* (Tab. 5). Der Rohertrag wurde von keinem der untersuchten Mittel, einschließlich Kupferhydroxid, beeinflusst.

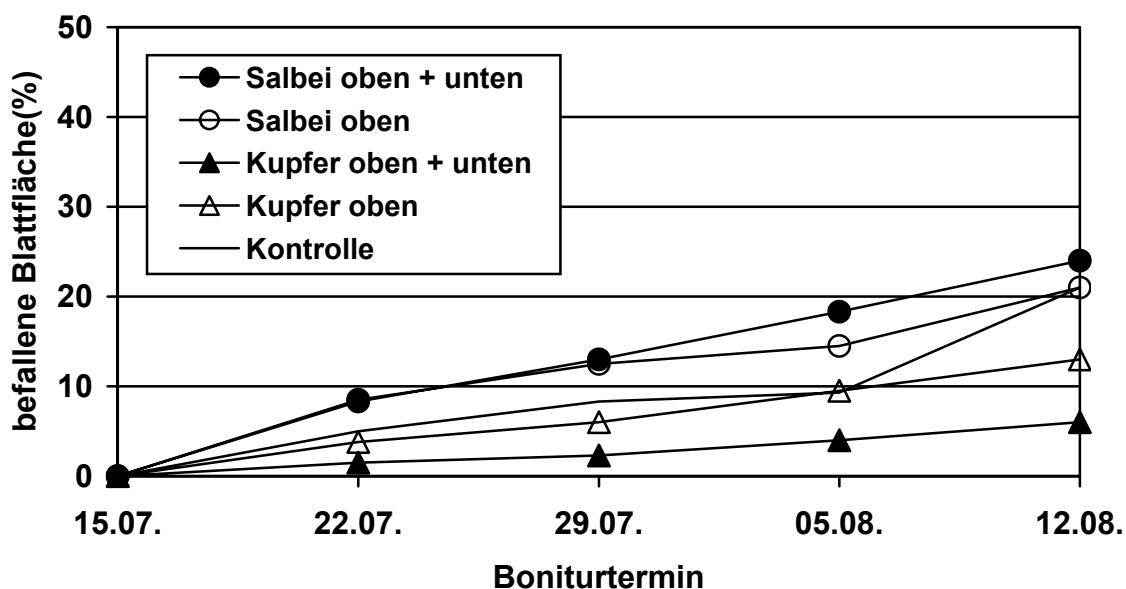


**Tab. 5:** Einfluss verschiedener Präparate auf den Blattbefall mit *Phytophthora infestans* und den Rohertrag von Kartoffeln, Sorte *Granola*, Mittelversuch Wiesengut 1999, die Unterschiede sind nicht signifikant.

Präparate	% befallene Blattfläche					Rohertrag dt * ha <sup>-1</sup>
	10.7.	22.7.	29.7.	3.8.	11.8.	
Salbei 2%	0	5	8	11	19	290,5
Salbei+Tormentill 2%	0	5	12	14	23	279,4
Tormentill 2%	0	6	11	13	20	284,0
Kaliseife	0	5	13	14	24	259,1
Kupferhydroxid	0	4	8	11	16	266,3
Kontrolle	0	5	10	13	26	269,5

#### Applikationsversuch Wiesengut 1999

Die mit einer Jacoby-Spritze durchgeführte Unterblattspritzung mit Kupferhydroxid hatte eine tendenzielle Reduzierung des Blattbefalls mit *Phytophthora infestans* bei insgesamt niedrigem Befallsniveau zur Folge (Abb. 15).



**Abb. 15:** Einfluss verschiedener Präparate und der Applikationstechnik auf die Befallsentwicklung mit *Phytophthora infestans* an Kartoffeln, Sorte *Granola*, Applikationsversuch Wiesengut 1999.

Die Spritzungen mit einem Salbei - Tormentillextraktgemisch hatten unabhängig von der Applikationstechnik keinen Einfluss auf den Blattbefall mit *P. infestans*.

Die Spritzung mit Kupferhydroxid führte zu einer nicht signifikanten Erhöhung des Rohertrages um 29,5 dt \* ha<sup>-1</sup> (Normalspritzung) bzw. 38,4 dt \* ha<sup>-1</sup> (Unterblattspritzung). Dem gegenüber unterschied sich der Ertrag der anderen beiden Varianten nicht von der unbehandelten Kontrolle (Tab. 6).

**Tab. 6: Einfluss verschiedener Präparate und der Applikationstechnik auf den Rohertrag von Kartoffeln, Sorte Granola, Applikationsversuch Wiesengut 1999, die Unterschiede sind nicht signifikant.**

Präparate Applikation	Salbei (2%)		Kupferhydroxid		unbehandelt
	oben	oben + unten	oben	oben + unten	
Rohertrag (dt * ha <sup>-1</sup> )	229,3	230,9	255,8	264,6	226,2

#### Versuch Niederkrüchten 1999

Am Standort Niederkrüchten war das Versuchsjahr 1999 durch einen starken und frühen Krautfäuledruck geprägt. Aufgrund eines Unwetters mit etwa 100 mm Niederschlag zu Beginn des Monats Juli nahm der Blattbefall mit *P. infestans* innerhalb von weniger als 10 Tagen mit Ausnahme der mit Kupferhydroxid behandelten Varianten (69% befallene Blattfläche) auf über 90% befallene Blattfläche zu. Das mittlere Ertragsniveau war aufgrund der Krautfäuleepidemie mit etwa 215 dt \* ha<sup>-1</sup> niedrig (Tab. 7). Keine der Behandlungen führte im Vergleich zur Kontrolle zu signifikanten Ertragsunterschieden.

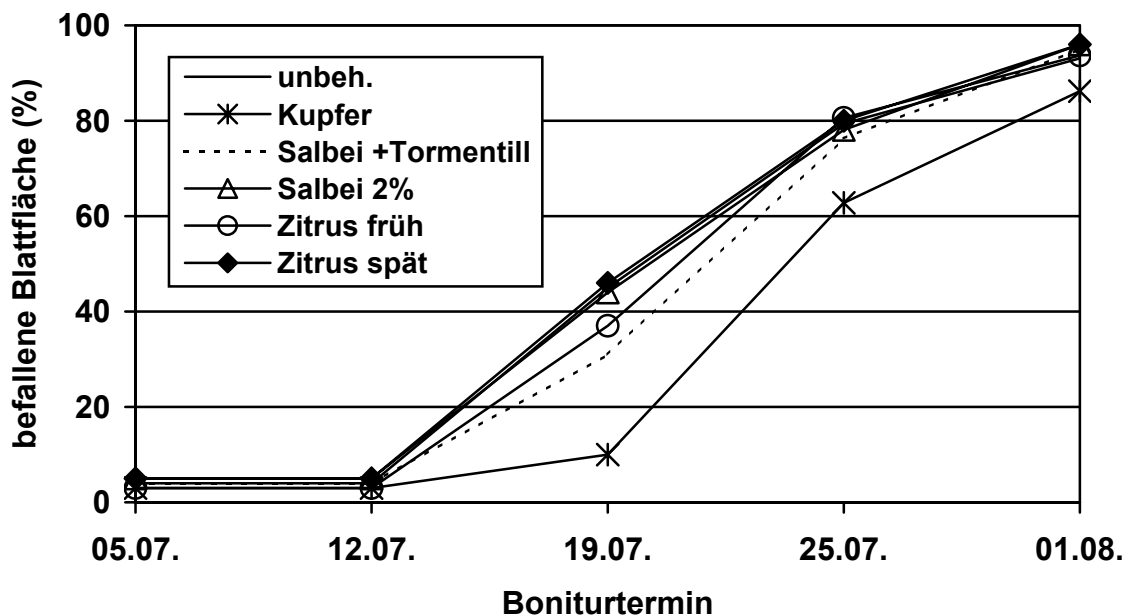
**Tab. 7: Einfluss verschiedener Präparate auf den Blattbefall mit *Phytophthora infestans*, den Rohertrag und den Trockenmassegehalt der Knollen von Kartoffeln, Niederkrüchten 1999, die Unterschiede sind nicht signifikant.**

Präparate	% befallene Blattfläche		Rohertrag dt * ha <sup>-1</sup>	TM-Knollen %
	2.7.	14.7.		
Salbei 2%	3	91	222	17,9
Salbei+Tormentill 2%	3	89	213	18,0
Kaliseife	3	93	215	17,6
Kupferhydroxid	3	69	231	18,4
Unbehandelt	3	88	211	17,6

## 3.3.2 Versuche 2000

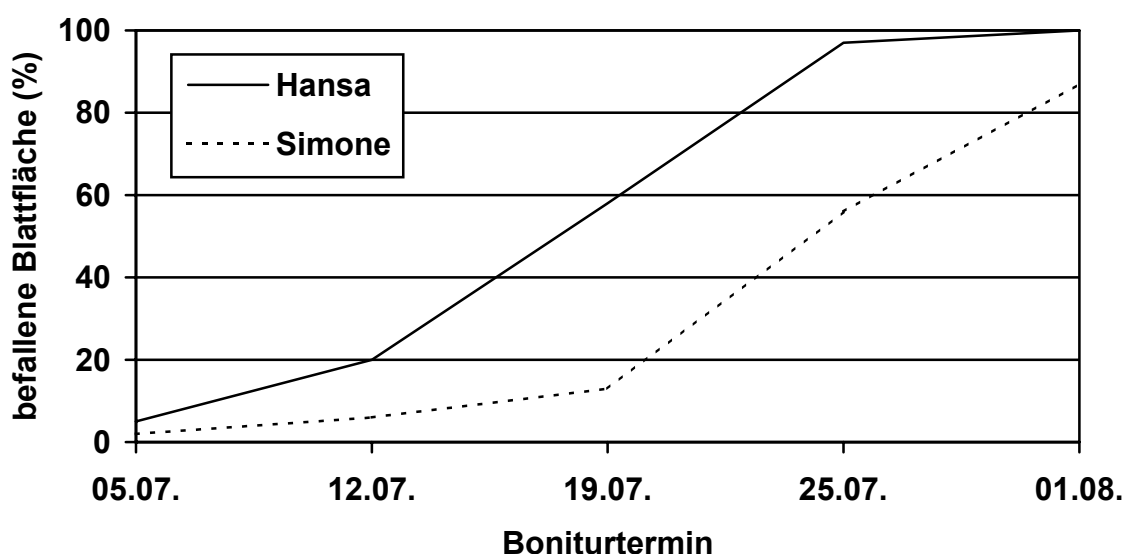
Sortenversuch Wiesengut 2000

Das Versuchsjahr 2000 am Standort Wiesengut war durch hohe Niederschläge ab Beginn der zweiten Julidekade gekennzeichnet. Der Blattbefall mit *Phytophthora infestans* war bis Mitte Juli niedriger als 5 %. Danach stieg er im Mittel aller Varianten innerhalb von zwei Wochen auf über 90 % befallene Blattfläche an. Keines der untersuchten nicht kupferhaltigen Mittel wies eine signifikante befallsreduzierende Wirkung auf. Durch Applikation von Kupferhydroxid wurde der Blattbefall mit *Phytophthora infestans* demgegenüber in der dritten Juliwoche signifikant reduziert. Gegen Ende Juli hatten alle Varianten das gleiche Befallsniveau von etwa 90 % (Abb. 16).



**Abb. 16:** Einfluss verschiedener Präparate auf die Befallsentwicklung mit *P. infestans* an Kartoffeln, Sortenversuch Wiesengut 2000.

In Abb. 17 ist der Einfluss der Sorte auf den Krautfäulebefall dargestellt. Die als anfällig gegen Krautfäule bekannte Sorte *Hansa* hatte einen signifikant höheren Krautbefall mit *P. infestans* als die Sorte *Simone*.



**Abb. 17:** Einfluss der Sorte auf die Befallsentwicklung mit *P. infestans* an Kartoffeln, Sortenversuch Wiesengut 2000.

Keines der verwendeten Präparate mit Ausnahme von Kupferhydroxid hatte einen Einfluss auf den Rohertrag. Die Anwendung von Kupferhydroxid bewirkte eine im Vergleich zur Kontrolle tendenzielle Zunahme des Rohertrages von  $44 \text{ dt} * \text{ha}^{-1}$ . Die Sorte *Simone* wies einen um  $16 \text{ dt} * \text{ha}^{-1}$  höheren Rohertrag als die Sorte *Hansa* auf (Tab. 8).

**Tab. 8:** Einfluss von Behandlung und Sorte auf den Kartoffelrohertrag, Sortenversuch Wiesengut 2000, Ze f = Zitrusextrakt früh, Ze s = Zitrusextrakt spät, ST = Salbei + Tormentill, die Unterschiede sind nicht signifikant.

	Präparate						Sorte	
	Salbei	Ze f	Ze s	ST	Kupfer	unbeh.	Simone	Hansa
<b>Rohertrag (<math>\text{dt} * \text{ha}^{-1}</math>)</b>	353	342	343	356	382	338	360	344

#### Mittelversuch Wiesengut 2000

Aufgrund der ausbleibenden Wirksamkeit der Salbeixtrakte im ersten Versuchsjahr, wurden im Jahr 2000 die Konzentrationen auf bis zu 3 % und die Aufwandmenge auf  $800 \text{ l} * \text{ha}^{-1}$  erhöht. Zusätzlich wurden weitere Mittel einer Prüfung unterzogen (Tab. 9). Während der Blattbefall mit *Phytophthora infestans* bis zum 18.07.2000 mit unter 10 % der befallenen

Blattfläche vglw. gering war, nahm er anschließend innerhalb von einer Woche in allen Varianten mit Ausnahme von Kupferhydroxid auf etwa 50 - 70 % befallene Blattfläche zu. Gegen Ende des Monats Juli war mit Ausnahme der Kupferhydroxid-Variante der Blattapparat zu über 80 % abgestorben. Obwohl die Behandlung mit Kupferhydroxid zu einer deutlichen Befallsverzögerung führte, wurde kein ertragsteigernder Effekt festgestellt. Keines der verwendeten nicht kupferhaltigen Mittel zeigte eine Auswirkung auf den Rohertrag. Ein Einfluss des Faktors Behandlung auf den Trockenmassegehalt der Knollen wurde nicht festgestellt, wengleich die mit Kupfer behandelten Varianten einen um etwa 0,9 % höheren Trockenmassegehalt aufwiesen als die Kontrollvarianten.

**Tab. 9: Einfluss verschiedener Präparate auf den Blattbefall mit *P. infestans*, den Rohertrag und den Trockenmassegehalt der Knollen von Kartoffeln, Sorte Nicola, Mittelversuch Wiesengut 2000, die Unterschiede sind nicht signifikant.**

Präparate	% befallene Blattfläche				Rohertrag dt * ha <sup>-1</sup>	TM- Knollen %
	14.7.	18.7.	25.7.	31.7.		
Salbei 2%	4	6	69	84	267,1	20,7
Salbei 3%	2,5	7	69	81	261,6	20,4
Salbei+Tormentill 2%	2,5	6	56	84	274,6	20,1
Tormentill 2%	4,3	8	68	90	304,1	20,4
Dimin Z	3,5	6	66	85	280,2	20,5
Kupferhydroxid	3,8	7	64	83	270,2	21,3
Kontrolle	2,5	4	19	25	274,7	20,4

#### Versuch Niederkrüchten 2000

Am Standort Niederkrüchten wurde neben den bereits mehrfach geprüften Salbei-Varianten zusätzlich ein Zitrusextrakt geprüft. In Tab. 10 sind die wichtigsten Ergebnisse des Versuches dargestellt. In allen Varianten mit Ausnahme von Kupferhydroxid nahm die mit *Phytophthora infestans* befallene Blattfläche von Anfang Juli (etwa 5 %) bis zum 14. Juli auf etwa 50 - 60 % befallene Blattfläche zu. Eine Woche später war der Blattapparat in allen Varianten mit Ausnahme von Kupferhydroxid zu über 90 % abgestorben.

Dem Befallsverlauf analog wies keines der untersuchten Mittel mit Ausnahme von Kupferhydroxid einen ertragssichernden Effekt auf. Die dreimalige Behandlung mit Kupferhydroxid hatte eine nicht signifikante Erhöhung des Rohertrages um 13,8 % zur Folge. Analog zum

Analog zum Mittelversuch Wiesengut 2000 wiesen die mit Kupferhydroxid behandelten Varianten einen tendenziell höheren Trockenmassegehalt in den Knollen auf, während alle anderen Varianten einen etwa gleich hohen Gehalt aufwiesen.

**Tab. 10: Einfluss verschiedener Präparate auf den Blattbefall mit *Phytophthora infestans*, den Rohertrag und den Trockenmassegehalt der Knollen, Mittelversuch Niederkrüchten 2000.**

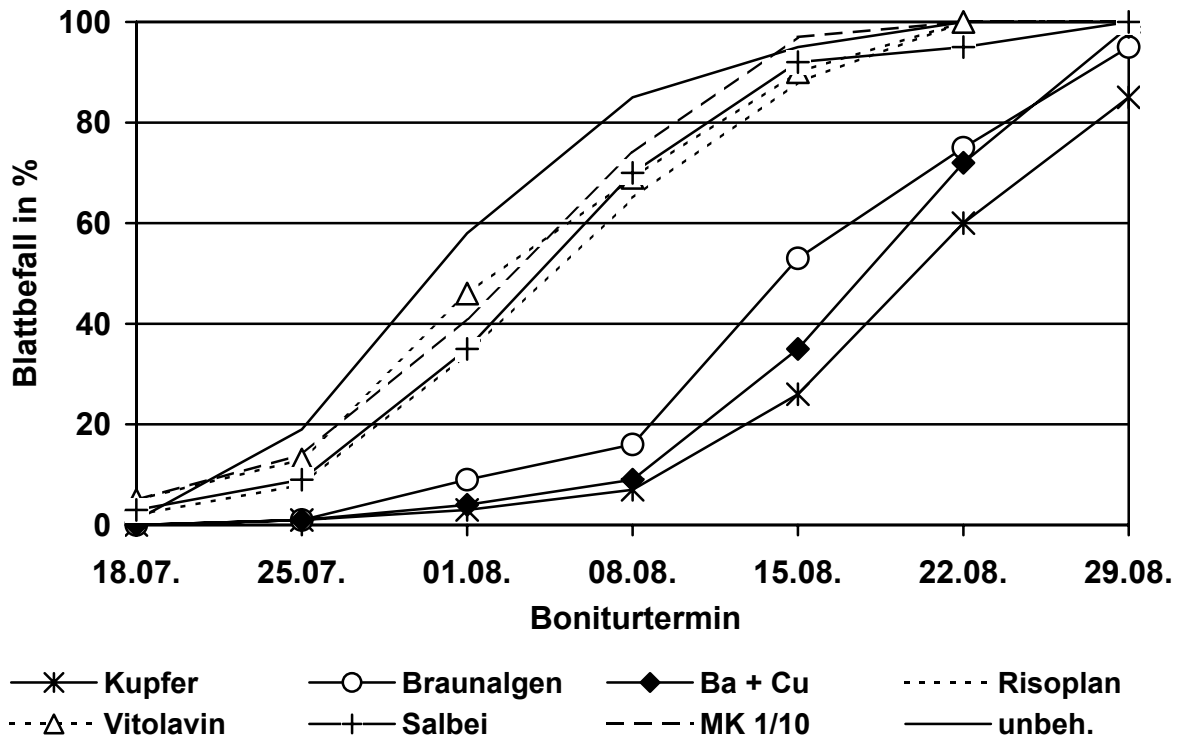
Präparate	% befallene Blattfläche			Rohertrag dt * ha <sup>-1</sup>	TM- Knollen %
	5.7.	14.7.	20.7.		
Salbei 2%	6a	58a	92a	348,2	19,0
Salbei+Tormentill 2%	4ab	54a	91a	355,0	19,0
Zitrusextrakt	5ab	55a	91a	353,6	19,1
Kupferhydroxid	2b	7b	21b	395,3	19,7
Kontrolle	5ab	65a	95a	347,1	19,1

### 3.3.3 Versuche 2001

#### Mittelversuch Wiesengut 2001

In Hennef wurden sechs Agenzien im Vergleich zu dreimaliger Kupferapplikation bzw. unbehandelter Kontrolle auf ihre Wirksamkeit hin überprüft (Abb. 18). Die eingesetzten Agenzien können in zwei größere Gruppen hinsichtlich ihrer befallsreduzierenden Wirkung unterteilt werden. Die beiden verwendeten, im ökologischen Landbau allerdings nicht zugelassenen Braunalgenextrakte mit und ohne Kupfer, wiesen eine der Variante Kupferhydroxid ähnliche Befallsentwicklung auf. In dieser Gruppe stieg der Befall von Ende Juli bis Anfang August auf ca. 10 %. In den folgenden beiden Wochen kam es zu einem deutlichen Befallsanstieg auf ein Niveau von ungefähr 70 %. Ende August war mit einem Befallsgrad von 90 % fast der gesamte Blattapparat vernichtet. Die anderen Agenzien konnten den Befall im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle nur geringfügig vermindern. In diesen Varianten war ein nennenswerter Befall deutlich früher festzustellen, ein Sachverhalt, der sich in einer höheren Steigung der Befallskurven widerspiegelte. In diesen Varianten kam es Mitte Juli zu den ersten deutlichen Befallssymptomen. Ende Juli konnte bereits ein Befallsanstieg auf über 40 % beobachtet werden, der im Verlauf der folgenden Woche auf etwa 70 % anstieg. Mitte August war der

Bestand dann mit 90 % Befall fast gänzlich zusammengebrochen, bevor eine Woche später der Blattapparat vollständig abgestorben war.



**Abb. 18:** Einfluss verschiedener Präparate auf den Befallsverlauf mit *Phytophthora infestans* an Kartoffeln, Mittelversuch Wiesengut 2001, Ba + Cu = Braunalgenextrakt mit Kupferanteil, MK = mit Mikroorganismen angereicherter Kompostextrakt.

Analog zu den visuell bonitierten Befallsverläufen entwickelten sich auch die Roherträge. Auf Abb. 19 ist zu erkennen, dass das Ertragniveau aller Varianten mit Ausnahme der zur bereits erwähnten Gruppe 1 gehörenden nicht zugelassenen Braunalgenextrakte mit und ohne Kupferzusatz sowie Kupferhydroxid auf gleichem Niveau wie die Kontrolle lag. Der höchste Rohertrag wurde mit etwa  $440 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$  in der Variante Braunalge erzielt. Der Mehrertrag von etwa  $60 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$  im Vergleich zur Kontrolle war statistisch signifikant. Dem gegenüber war der Mehrertrag der Varianten Braunalge mit Kupfer und Kupferhydroxid in Vergleich zur Kontrolle nicht signifikant.

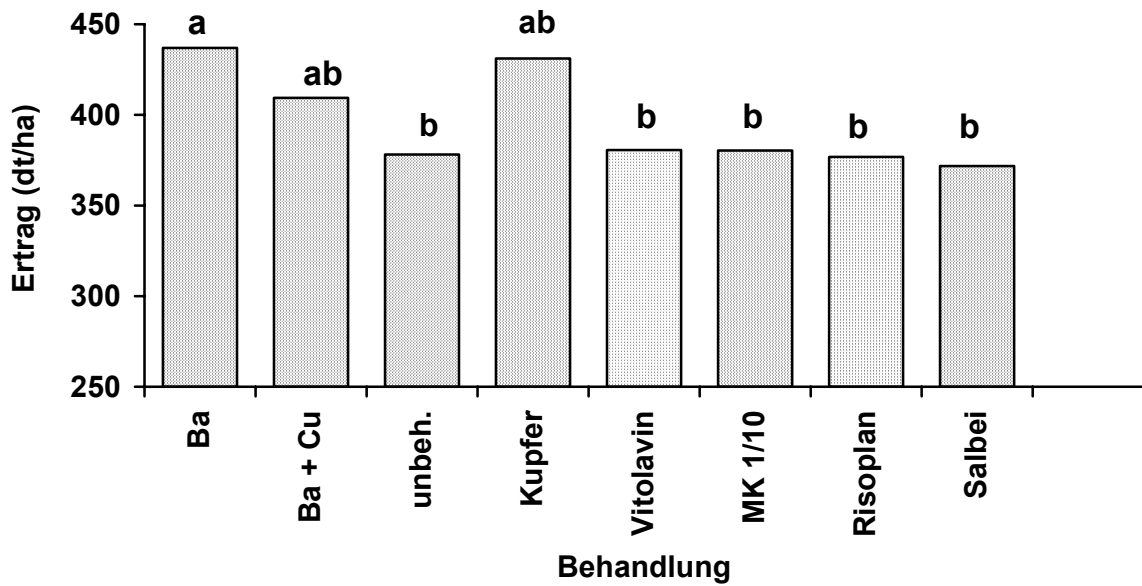


Abb. 19: Einfluss verschiedener Präparate auf den Rohertrag von Kartoffeln, Mittelversuch Wiesengut 2001, Ba = Braunalgenextrakt, Ba + Cu = Braunalgenextrakt + Kupferzusatz, MK = mit Mikroorganismen angereicherter Kompostextrakt.

#### Versuch Niederkrüchten 2001

In Niederkrüchten wurde ein deutlich höherer Infektionsdruck beobachtet (Abb. 20).

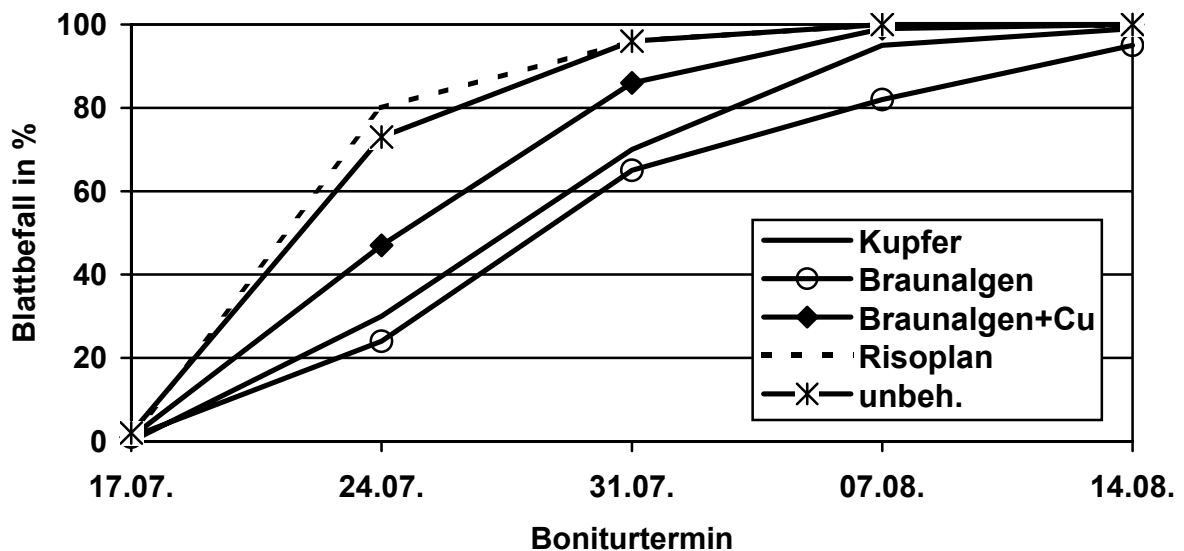


Abb. 20: Einfluss verschiedener Präparate auf den Befallsverlauf mit *Phytophthora infestans* an Kartoffeln, Niederkrüchten 2001.



In der unbehandelten Kontrolle und in der Variante mit Risoplan kam es in der dritten Juliwoche zu einem deutlichen Befallsanstieg auf etwa 70 %, der sich innerhalb der nächsten Woche auf annähernd 100 % erhöhte. Eine etwas geringere Steigung zeigte der nicht zugelassene Braunalgenextrakt mit Kupferzusatz. Hier stieg der Befall innerhalb der dritten Juliwoche zunächst auf ca. 50 % an, bevor er sich bis Ende Juli weiter auf knapp 90 % erhöhte.

Die mit Kupferhydroxid behandelten Parzellen wiesen einen ähnlichen Befallsverlauf auf wie die mit nicht zugelassenem Braunalgenextrakt behandelte Variante. Der Befall stieg innerhalb der dritten Juliwoche auf annähernd 30 % an. Innerhalb der folgenden Woche erhöhte sich der Befall auf etwa 70 %. In der ersten Augustwoche zeigte sich dann ein leicht differenziertes Bild. Während der Befall in der mit Braunalgenextrakt behandelten Variante auf 80 % anstieg, erhöhte sich der Befall in der Kupfervariante auf über 90 % Befall. Mitte August war der Blattapparat aller Varianten vollständig abgestorben.

Analog zum Mittelversuch Wiesengut 2001 wies einzig die Variante Braunalgenextrakt einen signifikant höheren Rohertrag von etwa 54 dt \* ha<sup>-1</sup> auf als die Kontrolle. Der durch Kupferinsatz erzielte Mehrertrag von etwa 36 dt \* ha<sup>-1</sup> war im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle nicht signifikant. Sowohl der Braunalgenextrakt mit Kupfer als auch das Bakterienpräparat Risoplan hatten keinen Einfluss auf den Rohertrag (Tab. 11).

**Tab. 11: Einfluss verschiedener Präparate auf den Rohertrag von Kartoffeln, Sorte Nicola, Niederkrüchten 2001, Werte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant, Tukey- Test,  $\alpha = 0,05$ , Ba + Cu = Braunalgenextrakt + Kupferanteil.**

Variante	Braunalge	Ba +Cu	Risoplan	Kupfer	Kontrolle
Rohrertrag (dt*ha <sup>-1</sup> )	440a	386bc	372c	422ab	386bc

## Tomatenversuch Wiesengut 2001

Am Standort Wiesengut in Hennef wurde der Befall mit *Phytophthora infestans* in einem Tomatensortenversuch bonitiert. Verglichen wurde die unbehandelte Kontrolle mit einer wöchentlichen Braunalgenextraktapplikation ohne Kupferzusatz. Die einzelnen Sorten zeigten ein unterschiedliches Resistenzniveau gegenüber dem Erreger der Krautfäule. Am 17.08.2001 waren die Blätter der meisten Sorten zu über 30 % mit *P. infestans* befallen. Durch die wöchentliche Applikation des nicht zugelassenen Braunalgenextraktes wurde der Blattbefall bei allen Sorten auf unter 5 % reduziert. Die durchgeführte Braunalgenextraktapplikation konnte den Befall in allen Sorten auf unter 5 % Befall reduzieren (Abb. 21).

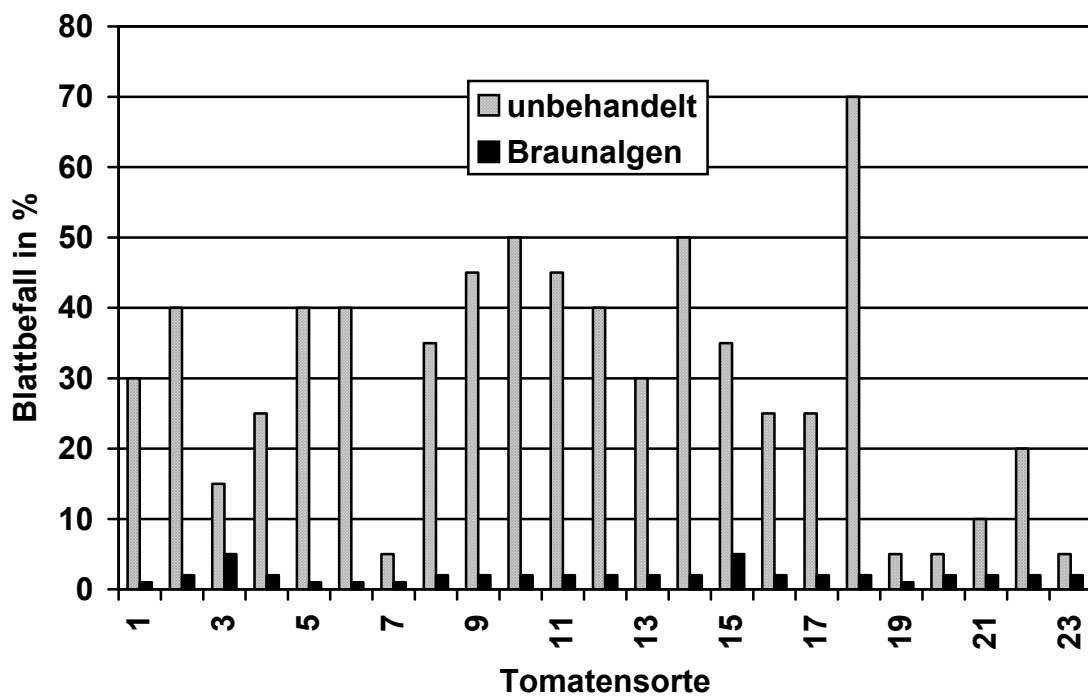


Abb. 21: Blattbefall verschiedener Tomatensorten mit *P. infestans* nach Applikation von Braunalgenextrakten, Wiesengut 2001.

## 4. Diskussion

### Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau

Nach NEUERBURG & PADEL (1992) geht es beim Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau nicht darum, ein synthetisches Mittel gegen ein biologisches auszutauschen. Ziel sollte sein, die Pflanzengesundheit zu fördern und nicht die Pflanzenkrankheiten zu bekämpfen. Die Richtlinie Nr. 2.7.1 des Anbauverbandes Bioland schließt sich dieser Auffassung an: „Ziel des organisch-biologischen Landbaus ist es, Pflanzen unter solchen Bedingungen zu erzeugen, dass ein Befall durch Schädlinge und Krankheiten keine oder nur geringe wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Entsprechende Maßnahmen hierzu sind ausgewogene Fruchtfolge, geeignete Sortenwahl, standort- und zeitgerechte Bodenbearbeitung, mengenmäßig und qualitativ angepasste Düngung, Gründüngung usw.“ (BIOLAND 1997).

Diese idealisierten Ansprüche an den Pflanzenschutz gehen von einem „normalen“ Wirt-Pathogen-System aus, d.h. der Erreger ist nicht in der Lage die Kulturpflanze komplett zu vernichten und die Epidemieentwicklung zieht sich über einen längeren Zeitraum hin. Das Wirt-Pathogen-System Kartoffel bzw. Tomate und *Phytophthora infestans* muss hiervon differenziert betrachtet werden. Nach FRY & MIZUBUTI (1998) gehört *P. infestans* zu den Erregern mit dem höchsten Vernichtungspotenzial unter den phytopathogenen Krankheiten. Der Erreger ist in der Lage einen Kartoffelbestand innerhalb weniger Tage zu vernichten, was im 19. Jahrhundert zu schweren Hungersnöten führte. Das hohe Befallspotenzial von *P. infestans* wurde in den eigenen Versuchen insbesondere im Versuchsjahr 1999 am Standort Niederkrüchten beobachtet. In diesem Versuch hatte ein einzelnes Niederschlagsereignis von etwa 100 mm zu Beginn des Monats Juli einen hohen, auch durch Kupfereinsatz nicht mehr kontrollierbaren Befallsdruck zur Folge. Daher wird man auf direkte Pflanzenschutzmaßnahmen gegen Kraut- und Knollenfäule, bzw. Kraut- und Braunfäule nicht verzichten können. Die bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt mit wenigen Ausnahmen vglw. erfolgreich im Organischen Landbau eingesetzten kupferhaltigen Präparate sollen nach der EU-Verordnung 2092/91 zum Ökologischen Landbau wegen der bekannten Problematik im April 2002 verboten werden. Grundsätzlich sind drei Alternativszenarien zum bisherigen Kupfereinsatz möglich: 1. Deutlich reduzierte Kupfermengen in einer Übergangszeit, nach Möglichkeit auch in Kombination mit anderen Maßnahmen und parallel dazu verstärkte Forschungsaktivitäten, 2. Kupfereinsatz über vorbeugende pflanzenbauliche Maßnahmen reduzieren und 3. Auffinden von Ersatzpräparaten mit ähnlicher Wirksamkeit. Die dritte Strategie muss gegenüber der ersten als bessere Lösung angesehen werden, die nach Möglichkeit durch Punkt 2 ergänzt werden sollte. Vorbeugende pflanzenbauliche Maßnahmen werden nach der Diskussion der eigenen Ergebnisse zu einem späteren Zeitpunkt dargestellt.

## Verwendung und Probleme nichtkupferhaltiger Mittel zur Kontrolle von *P. infestans*

Als Ersatzpräparate zur direkten Kontrolle der Krautfäule kommen drei verschiedene Gruppen in Frage, von denen einige Vertreter in der hier vorgelegten Arbeit geprüft wurden:

- Anorganische Substanzen, die aus Naturstoffen gewonnen wurden, bspw. Kaliseife
- Mikroorganismen bzw. Mikroorganismenmischungen, bspw. *Pseudomonas fluorescens*
- Pflanzenextrakte, bspw. ethanolischer Salbeiextrakt

### Kaliseife

Als Vertreter der anorganischen Substanzen wurde die Kaliseife Bioweb DR 19 (35 % Kaliumoleat) überprüft. Das Handelsprodukt wurde 1999 auf den Versuchsstandorten Hennef und Niederkrüchten eingesetzt. An beiden Standorten wurde mit der Anwendung von Kaliseife weder der Befall reduziert noch der Ertrag erhöht. Diese Befunde wurden auch von SCHLIEPHAKE & TRAUTZ (2001) bestätigt. In ihren Untersuchungen reduzierte Bioweb DR 19 den Krautfäulebefall an Kartoffeln im vierjährigen Mittel der Jahre 1998 bis 2001 von 78 % in der unbehandelten Kontrolle auf 75 %. Der Ertrag wurde durch Behandlung mit Kaliseife nicht beeinflusst. Aus diesen Gründen wird Kaliseife als kein probates Mittel zur Bekämpfung der Krautfäule angesehen.

### Mikroorganismen

Beim Einsatz von wirksamen Mikroorganismen und Kompostextrakten handelt es sich verschiedenen Quellen zufolge um einen vielversprechenden Ansatz. In eigenen Versuchen wurde versucht, die bei KETTERER (1990) mit Erfolg eingesetzte Mikroorganismenmischung zu reproduzieren und zu standardisieren. Hierzu wurden die beschriebenen bekannten Mikroorganismen in Nährlösung angezogen und einem Kompostextrakt zugemischt. Im einjährigen Feldversuch erwies sich die Mischung zur Bekämpfung der Krautfäule als unwirksam, während unter standardisierten Bedingungen im Gewächshaus ein befallsreduzierender Effekt festgestellt wurde. KETTERER (1990) hatte demgegenüber Mikroorganismen im Feldversuch erfolgreich getestet. Der Autor überprüfte am Standort Wiesengut Pferdemitkompostextrakte, die mit Mikroorganismen angereichert wurden, gegen den Erreger *P. infestans* an Kartoffeln. Die Extrakte verringerten den Befall auf 17 % im Vergleich zu 95 % in der unbehandelten Kontrolle. Am Standort Hersel erreichte KETTERER (1990) eine dem Fungizid Ridomil MZ<sup>®</sup> gleiche Wirksamkeit. Der Ertrag wurde durch die Spritzung von Kompostextrakten von 206 auf 434 dt \* ha<sup>-1</sup> signifikant erhöht.

Die Nutzung von Kompostextrakten, die mit Mikroorganismen angereichert wurden, ist grundsätzlich von Interesse, sofern ausreichende Wirkungsgrade mit entsprechender Reproduzierbarkeit erzielt werden. Es ist aber methodisch äußerst schwierig, eine vglw. standardisierte Mischung zu erstellen und deren Lebensfähigkeit im Freiland sicher zu stellen. Neben der vermutlich vorhandenen Sensitivität gegenüber UV-Licht dürfte in Interaktion mit den Witterungsbedingungen auch die Konkurrenz in der Phyllospäre eine wichtige Rolle zur Erklärung der festgestellten Befunde sein. Weiterhin bildeten die in der Nährlösung angezogenen Pilze Myzelstrukturen aus, die nicht spritzengängig waren und mit einem Ultra-Turax zunächst zerkleinert werden mussten. Bei KETTERER (1990) wird von dieser Problematik nicht berichtet, so dass in Frage gestellt werden muss, ob sich besagte Mikroorganismen im Kompostextrakt überhaupt entwickeln konnten. Desweiteren enthielt der angereicherte Kompostextrakt des Autors einen nicht bestimmbar Mikroorganismus, ohne dessen Anwesenheit der Extrakt seine Wirkung möglicherweise nicht entfalten kann, so dass die Versuchsergebnisse ohne einen enormen zusätzlichen Forschungsaufwand vermutlich nicht reproduzierbar sein werden.

Desweiteren wurde das von PEREBYTIUK (2001) empfohlene Produkt ‚Risoplan, überprüft, dem KUZNETSOVA & FILIPPOV (1995) ebenfalls eine gute Wirksamkeit gegen Krautfäule zuschreiben. Auch deren Ergebnisse konnten nicht reproduziert werden. Neben den bereits genannten grundsätzlichen Problemen bei der Etablierung von Mikroorganismen im Freiland, ist im Falle der verwendeten Pseudomonaden auch davon auszugehen, dass diese dem aggressiven spezialisierten Krankheitserreger bei der Blattbesiedlung grundsätzlich unterlegen waren.

Der Einsatz mikrobieller Pflanzenschutzmittel bietet nach PHILIPP (1988) nicht nur Chancen sondern birgt auch deutliche Risiken. In seiner Abhandlung stellt der Autor Argumente zu beiden Teilaspekten gegenüber. Demzufolge handelt es sich bei den Mikroorganismen um natürlich vorkommende Lebewesen, mit denen der Mensch seit jeher ständig in Kontakt kommt. Viele Antagonisten wirken nischenspezifisch, selektiv und über nicht-toxische Mechanismen wie Konkurrenz oder Hyperparasitismus. Solche Mikroorganismen haben aber nach Meinung des Autors gravierende Nachteile. Kurzzeitig werden gewisse Bereiche eines Ökosystems mit diesen Mikroorganismen stark angereichert. Die Gattung *Penicillium*, die auch in der Mikroorganismenmischung von KETTERER (1990) enthalten ist, bringt PHILIPP (1988) sogar untrennbar mit gesundheitsgefährdenden Mycotoxinen in Verbindung. Weil das Ökosystem Kulturpflanzenbestand mit nicht näher geprüften potenziell bedenklichen Mikroorganismen angereichert wurde, ist durchaus mit einem deutlichen allergenen Potenzial dieser Mikroorganismen, besonders bei einem geschwächten Immunsystem zu rechnen. Diesem Dilemma kann man nur begegnen, indem man eine gründliche und nicht gerade billige Zulassung jedes einzelnen Antagonistenisolates durchführt.

Weiterhin weisen Mikroorganismen das Problem auf, dass eine eingehende Prüfung hinsichtlich ihrer Anwenderfreundlichkeit notwendig ist. Kompostextrakte mit undefinierbarem Gehalt und Anzahl an Mikroorganismen können dieses Kriterium nicht erfüllen. Pflanzenextrakte bieten demgegenüber eine interessante Alternative, da sie in der Regel standardisiert vorliegen und im Gegensatz zu Mikroorganismen keine Eigendynamik entwickeln können, sondern nach einer gewissen Zeit abgebaut werden.

### Salbei- und Tormentillextrakte

In den eigenen Untersuchungen, wurden ethanolische Salbei- und Tormentillextrakte nach BLAESER (1999) über drei Vegetationsperioden geprüft. Der Schwerpunkt der Untersuchungen war auf die Nutzung von Salbei gerichtet, da dieser großflächig angebaut und somit kostengünstiger produziert werden kann. Es wurden Konzentrationen von 2 - 4 % bei einer Aufwandmenge von zum Teil bis zu  $800 \text{ l} * \text{ha}^{-1}$  verwendet. In keinem der durchgeführten Versuche wurde eine Wirksamkeit der Extrakte nachgewiesen, obwohl im Gewächshausversuch ein deutlicher Befallsreduzierender Effekt festgestellt wurde. Weder bei vglw. geringem (Wiesengut 1999) noch bei hohem Befallsdruck (Wiesengut 2000) bewirkten die Extrakte aus Salbei bzw. Tormentill eine Befallsminderung. Selbst wenn bei alleiniger Betrachtung des Versuchsjahres 1999 vermutet werden könnte, dass die Aufwandmengen mit  $400 \text{ l} * \text{ha}^{-1}$  zu niedrig waren, so erklärt dies weder, warum keine Wirksamkeit gefunden wurde, noch warum im Jahr 2000 bei einer Steigerung der Aufwandmenge auf  $800 \text{ l} * \text{ha}^{-1}$  und der Konzentration auf 3 % ebenfalls kein Effekt erzielt wurde.

Demgegenüber zeigten bei BLAESER (1999) Extrakte aus *Salvia officinalis* und *Potentilla erecta* gegenüber den beiden Oomyceten *Phytophthora infestans* und *Plasmopara viticola* in den untersuchten Wirt-Pathogen – Modellen eine Wirkungsdauer von fünf Tagen. Dabei wurde unter normalen Infektionsbedingungen im Wirt-Pathogen-System Kartoffeln und *Phytophthora infestans* ein Wirkungsgrad von annähernd 50 % erreicht; bei hohem Infektionsdruck fiel der Wert allerdings auf unter 10 % zurück. Untersuchungen zur Wirkungsart der Pflanzenextrakte aus *Salvia officinalis* und *Potentilla erecta* zeigten allerdings, dass die Extrakte in den verwendeten Wirt-Pathogen-Modellen nur protektiv wirkten, was bei der Applikation im Freiland berücksichtigt werden muss.

Über die Ursachen der fehlenden Reproduzierbarkeit gibt es bislang keine gesicherten Erklärungen. Nach BENNER (1993) stellt die Entwicklung naturstoffbasierter Pflanzenschutzmittel ein großes Problem dar, da sowohl die biologische Aktivität als auch die Stabilität von Naturstoffen im Freiland oft geringer sind als im Gewächshaus. Potenziell wirksame Naturstoffe müssen zunächst ausgewählt werden und im Gewächshaus unter kontrollierten Bedingungen vorgeprüft werden. Eine im Gewächshaus festgestellte Wirksamkeit korreliert aber oft nicht

mit einer solchen im Freiland, wie die eigenen Untersuchungen zeigten. Für diesen Sachverhalt sind verschiedene Gründe denkbar. Eine mögliche Ursache für die unzureichende Wirkungsdauer könnte entweder die Photolabilität der Wirksubstanzen sein, wie dies für die Naturstoffe Strobilurin A und Phenylpyrrol beschrieben wurde (KNÜPPEL et al. 1992, CLOUGH & GODFREY 1998), andererseits könnte aber auch der Abbau der Substanzen durch Phylloosphärenorganismen ein möglicher Grund für die unzureichende Wirkung sein. Neben den unter Freilandbedingungen zu erwartenden Interaktionen zwischen den Agenzien und der Umwelt spielt zur Erklärung der eigenen Ergebnisse zu Salbei vermutlich auch die zur Erzielung eines Effektes nötige Aufwandmenge und deren Verteilung auf beiden Blattseiten eine Rolle. Während die Gewächshauspflanzen sowohl von der Blattober- als auch Blattunterseite tropfnass besprüht wurden, war dies im Freiland trotz Aufwandmengen von bis zu  $800 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$  nicht der Fall. BLAESER (1999) setzte in seinen Freilanduntersuchungen eigenen Berechnungen zu Folge Aufwandmengen von etwa  $1200 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$  ein.

Bei den Naturstoffen handelt es sich in der Regel um protektive Agenzien mit Kontaktwirkung. Der Bekämpfungserfolg einer Behandlung hängt daher in besonderer Weise von der Art des Wirkstoffbelags ab (STEDEN 1992). Für eine unzureichende Wirkung kann neben der Art des Wirkstoffbelags auch die Gleichmäßigkeit der Belagsstruktur auf der Pflanzenoberfläche verantwortlich sein (STEDEN 1992; PRASAD & CADOGAN 1992). In Untersuchungen von HERGER (1991) führte die Zugabe von Netzmitteln zu einer Verbesserung der Spritzeigenschaften und der Wirksamkeit von Pflanzenextrakten. In den eigenen Untersuchungen wurde der Einsatz von Netz- und Haftmitteln standardmäßig ohne erkennbaren Erfolg durchgeführt.

Weiterhin kann die bekannte und erwartete Wirksamkeit eines Präparates durch Wirkstoffresistenz eines Erregers deutlich vermindert werden. STAUB (1991) traf eine grundsätzliche Unterscheidung für Fungizide, die auch auf biologische Agenzien übertragen werden kann. Der Autor unterschied grundsätzlich zwei Arten von Fungizidresistenz. Unter ‚Freilandresistenz‘ verstand der Autor das Auftreten von fungizidresistenten Stämmen, die ursächlich mit einer abnehmenden Fungizidleistung in Verbindung gebracht werden konnten, wenn das Fungizid den Herstellerempfehlungen entsprechend ausgebracht wurde. Dem gegenüber stand die ‚Laborresistenz‘, die nur in speziellen Laborsituationen auftrat. Ein typisches Beispiel waren Pathogenstämme mit nachlassender Sensitivität *in vitro*. Dennoch war die Wirksamkeit der Fungizide im Freiland nicht vermindert, weil solche Isolate nicht genügend fit waren, um unter natürlichen Bedingungen zu überleben bzw. mit anderen Freilandisolaten zu konkurrieren.

Für die Praxis kann nur die ‚Freilandresistenz‘ von Bedeutung sein, da sie als einzige Probleme bereiten kann. Bei den Agenzien, die dem Ökologischen Landbau zur Kontrolle von Schaderregern dienen, kann man grundsätzlich davon ausgehen, dass diese nur eine Kontaktwirkung entfalten können. Aus dem integrierten Pflanzenschutz weiß man, dass Kontaktwirk-

stoffe ihre Wirkung an verschiedenen Orten gleichzeitig entfalten. Damit ist das mögliche Resistenzrisiko des Schaderregers deutlich vermindert bzw. kaum gegeben. Die eigenen Untersuchungen haben diesen Sachverhalt bestätigt. Bei allen überprüften Isolaten von *P. infestans* wurde keine Resistenzausprägung des Erregers nach einer Salbei- oder Braunalgenextraktapplikation festgestellt. Die Unterschiede im Pflanzenbefall lagen lediglich im Bereich von zehn Prozentpunkten.

Nach SPIELMANN et al. (1991) kann zudem vermutet werden, dass vielerorts ein neuer, wesentlich aggressiverer Populationstyp auftritt, der die angestammten Populationen bereits verdrängt hat oder gerade verdrängt. Über die dabei ablaufenden Prozesse ist bislang nichts bekannt. FLIER et al. (1998) stellten in den Niederlanden fest, dass in Bezug auf die Kartoffelknolleninfektion das aggressivste Isolat der alten Populationen der durchschnittlichen Aggressivität der neuen Isolate entspricht. Dieser Sachverhalt ist vermutlich auf das Einschleppen des A2 Paarungstyps nach Europa und der damit verbundenen Möglichkeit einer genetischen Rekombination zurückzuführen. Dennoch konnten DAGGETT et al. (1995) in ihren Untersuchungen zeigen, dass es zwischen 1976 und 1990 keinen Trend zu einer sich sexuell fortpflanzenden Population von *P. infestans* gab.

Zusammenfassend läßt sich schlussfolgern, daß die Nutzung von Salbeiextrakten zur spezifischen Kontrolle der derzeit relevanten Populationen von *P. infestans* aufgrund mangelnder Wirksamkeit im Freiland nicht empfohlen werden kann.

### **Braunalgenextrakte**

Die Anwendung der im ökologischen Landbau nicht zugelassenen Braunalgenextrakte ohne Kupferzusatz hatte in beiden Versuchen eine deutliche Verzögerung der Befallsentwicklung von *P. infestans* zur Folge. Mit dem verminderten Krautfäulebefall der Blätter ging eine signifikante Zunahme des Rohertrages um etwa 14 % einher. In beiden Versuchen war die Wirksamkeit der Braunalgenextrakte geringfügig höher als bei Kupferhydroxidbehandlung. In den eigenen Untersuchungen wurde ein Braunalgenextrakt ohne Kupfer und ein solcher mit anteiliger geringer Kupferkomponente appliziert. Der Braunalgenextrakt ohne Kupferkomponente erwies sich als deutlich wirksamer. Dieser Sachverhalt kann darin begründet sein, dass der Extrakt ohne Kupferkomponente mit  $4,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$  ausgebracht wurde, während die Aufwandmenge für das Präparat mit Kupfer nur  $3,0 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$  betrug. Die sowohl im Gewächshaus als auch im Freiland nachgewiesenen Effekte der Braunalgenextrakte ohne Kupferzusatz wurden bei vglw. niedrigem Befallsdruck erzielt. Entscheidend für ein marktfähiges Produkt ist aber dessen Zuverlässigkeit auch bei hohem und frühem Befallsdruck. Daher sind weitere Untersuchungen unter hohen Infektionsbedingungen zur Absicherung der bisherigen Befunde erforderlich. Auch BÖHM (2001) stellte in seinen Untersuchungen mit dem gleichen nicht zuge-



lassenen Braunalgenextrakt eine deutliche Befallsminde- rung und eine signifikante Zunahme des Rotertrages fest. Inwieweit sich diese Befunde mit der nicht zulässigen anorganischen Komponente des Braunalgenextraktes erklären lassen bedarf weiterer Untersuchungen, da Braunalgenextrakten verschiedentlich ertragssteigernde Effekte aufgrund morphologischer und physiologischer Veränderungen der Pflanzen zugeschrieben werden. KOLBE & BLAU (1998) konnten in Gefäßversuchen nachweisen, dass Blattapplikationen von Algenextrakten bei Kartoffeln zu einer Beschleunigung des Wachstums von vegetativen Pflanzenteilen (Verlängerung der Sprosse, Steigerung der Blattanzahl, Kraut- und Wurzelmenge) führten. BLUNDEN & WILDGOOSE (1977) maßen ebenfalls längere Stängel und REINHARD (1986) nahm eine zügigere Jugendentwicklung wahr, während KÜRZINGER (1995) keines dieser Ergebnisse reproduzieren konnte. WHAPHAM et al. (1993) stellten eine Zunahme des Chlorophyllgehaltes in Tomatenblättern nach einer Behandlung mit Extrakten aus *Ascophyllum nodosum* fest. BLUNDEN et al. (1997) konnten nach Blattapplikation eines Braunalgenextraktes ebenfalls einen Anstieg des Chlorophyllgehaltes im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle beobachten. Die Autoren fanden diesen Sachverhalt an Tomaten, Bohnen, Weizen, Gerste und Mais. Nicht nur die Beobachtungen von BLUNDEN et al. (1997) sondern auch die eigenen Untersuchungen lassen eine breite Wirksamkeit in verschiedenen Kulturen bzw. Wirt-Pathogen-Systemen vermuten. So konnte der Braunalgenextrakt in Hennef auch den Befall an Freilandtomaten im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (60 % Befall) auf 5 % reduzieren.

In den eigenen Untersuchungen wurde im Gewächshaus bei der Applikation des Braunalgenextraktes eine leichte Phytotoxizität festgestellt, die im Freiland bei gleicher Konzentration nicht mehr beobachtet wurde. Es hat den Anschein, dass Phytotoxizität zum einen konzentrationsabhängig und zum anderen abhängig von der Empfindlichkeit der Pflanzen ist, die im Gewächshaus zweifelsfrei höher ist. Hieraus wird deutlich, dass die Entscheidung aufgrund eines Gewächshauscreenings äußerst umsichtig getroffen werden muss. Nach BLAESER (1999) ist auftretende Phytotox im Gewächshaustest ein entscheidendes Kriterium bei der Vorauswahl geeigneter Naturstoffe. Zusätzlich zur Wirksamkeit geprüfter Substanzen lassen Untersuchungen an der Pflanze auch Aussagen über die Phytotoxizität der Stoffe zu. Insbesondere dieser Aspekt stellt ein wichtiges Kriterium für die Entwicklung neuer Wirkstoffe dar (UESUGI 1998). Zwar führte die Applikation von Pflanzenextrakten aus Wiesenbärenklau (*Heracleum sphondylium*) bei allen untersuchten Schadpilzen zu einer stark eingeschränkten Entwicklung, gleichzeitig zeigten sich aber auf den behandelten Pflanzen deutliche phytotoxische Nebenwirkungen (BLAESER 1999). Der Autor empfiehlt dementsprechend, dass solche Effekte direkt beim Screening detektiert werden sollten.

Zur weiteren Erforschung der Braunalgenextrakte sind zumindest zwei verschiedene Ansätze erforderlich. Zum einen muss, wie bereits erwähnt, die Wirksamkeit bei unterschiedlichen Standortbedingungen überprüft werden, zum anderen ist es notwendig, den Wirkmechanis-

mus im Labor genauer zu untersuchen, um ertragssteigernde Effekte, die auf einer Stimulierung des Wachstums beruhen von einer direkten befallsmindernden Wirkung zu trennen. Zu diesem Zwecke sind *in-vitro* Untersuchungen (Myzelwachstumstest etc.) ebenso erforderlich, wie die Bonitur möglicher wachstumssteigernder Effekte im Feld (Staudenhöhe, Chlorophyllgehalt der Blätter). Auf Grundlage dieser Untersuchungen sind dann weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Wirksamkeit der Braunalgenextrakte zu entwickeln. Angesichts der zugefügten nicht zulässigen anorganischen Komponente in den untersuchten Braunalgenextrakten ist deren Einsatz im ökologischen Landbau allerdings nicht möglich.

Im Rahmen einer ökologisch nachhaltigen Wirtschaftsweise muss darüberhinaus diskutiert werden, in welchem Umfang der Rohstoff 'Alge' zur Verfügung steht. Braunalgen der Art *Ascophyllum nodosum* werden einer breiten Nutzung unterzogen und im großen Stil geerntet. Im Atlantik vor der bretonischen Küste wurden im Jahr 2000 etwa 70.000 t Frischmasse der Algen *Laminaria hyperborea*, *L. digitata*, *Ascophyllum nodosum* geerntet (KÖNIG & FREY 2000). Dem Problem einer möglichen Übernutzung widmeten sich bereits LAZO & CHAPMAN (1996). Die Autoren führten Untersuchungen zum Einfluss der Ernte von Braunalgen (*Ascophyllum nodosum*) auf deren Populationsdynamik durch und stellten fest, dass weder Erntezeitpunkt noch Ernteintensität einen signifikanten Einfluss auf das Algenwachstum haben. Die Ernte regt generell das Algenwachstum an und eine verstärkte Erntetätigkeit im Sommer fördert die Fortpflanzung der Alge. Die Rohstoffgrundlage des Braunalgenextraktes ist nach Erkenntnissen der Autoren auch zukünftig bei einer sinnvollen und nach wissenschaftlichen Erkenntnissen durchgeführten Ernte, in ausreichendem Umfang verfügbar.

### **Resistenzinduktoren**

Im Versuchsjahr 2001 wurde im Gewächshausversuch der Resistenzinduktor Immunocytovit auf seine Wirksamkeit gegenüber *Phytophthora infestans* an Kartoffeln und Tomaten überprüft. Auch die Zitrusextrakte, denen u.a. eine resistenzinduzierende Wirkung seitens des Herstellers zugeschrieben wird, wiesen unter Feldbedingungen keine Wirkung gegen *P. infestans* auf. Obwohl der Resistenzinduktor rechtzeitig appliziert wurde, konnte keine Befallsminderung an den Pflanzen beobachtet werden. Demgegenüber kann nach ORTEGA et al. (1998) Induzierte Resistenz zur Minderung phytopathogener Erreger, insbesondere von fungizidinsensitiven Populationen eingesetzt werden. KLINKENBERG et al. (1998) wiesen jedoch darauf hin, dass Induzierte Resistenz kein ausreichender Ersatz für direkte Kontrollmaßnahmen sein kann, da ihre Wirksamkeit nicht sehr hoch ist. Es ist daher wenig aussichtsreich die Abwehrmechanismen der Pflanzen mit Hilfe von Resistenzinduktoren derart stärken zu können, dass sie in der Lage sind einen aggressiven Erreger wie *P. infestans* spürbar abzuwehren.

## **Kupferhydroxid**

Das als Standard eingesetzte Kupferhydroxid hatte in allen Versuchen eine befallsmindernde und ertragssichernde Wirkung zur Folge. Im Mittel aller Versuche lag der durch Kupferhydroxideinsatz erzielte Mehrertrag im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle bei etwa 9%. Bei hohen Niederschlägen, wie bspw. im Versuchsjahr 1999 am Standort Niederkrüchten konnte der Kupfereinsatz den Krautfäulebefall allerdings nur geringfügig vermindern. Dieser Sachverhalt zeigt, dass auch Kupferhydroxid als Kontaktmittel bei entsprechend ungünstiger Witterung nicht ausreichend wirksam sein kann. Die fehlende Ertragswirksamkeit der Kupferhydroxidspritzungen in den Mittelversuchen 1999 und 2000 erklärt sich vermutlich mit der Heterogenität der Versuchsflächen. Aufgrund des hohen Flächenbedarfs standen für diese beiden Versuche keine ausreichend homogenen Flächen zur Verfügung, ein Umstand der sich auch in den hohen Grenzdifferenzen der Roherträge widerspiegelte. Im Rahmen der Zielsetzungen des Projektes, das vorwiegend auf die Detektion von Effekten am Blattapparat ausgerichtet war, erschien diese Vorgehensweise opportun.

Die im Vergleich zu systemischen Mitteln vglw. geringe ertragssteigernde Wirkung des Kupferhydroxids erklärt sich zum Teil auch mit der Aufwandmengenbeschränkung für Reinstkupfer von 3 kg je ha und Jahr (AGÖL 1998), die in niederschlagsreichen Sommern aufgrund der Abwaschung des Wirkstoffs nicht ausreichend ist.

Sowohl beim Minimierungsansatz für Kupfer als auch für nichtkupferhaltige Kontrollansätze spielt die Verteilung der Wirkstoffe auf den Blättern eine bedeutende Rolle.

## **Applikationstechnik**

Aus der dargestellten Epidemiologie von *P. infestans* wird deutlich, dass eine möglichst flächendeckende Benetzung der Blattunterseiten von entscheidender Bedeutung für den Kontrollerfolg mit wirksamen Agenzien ist. Die Ergebnisse des Applikationsversuchs 'Hennef 1999' zeigten am Beispiel der bekanntermaßen wirksamen Kupferapplikation, dass eine zusätzliche Unterblattspritzung bei Ausbringung der gleichen Produktmenge den Befall um 50 % reduzieren kann. Beim nicht wirksamen Salbeiextrakt waren die Ergebnisse hingegen indifferent. Weil das Versuchsjahr 1999 nur einen geringen Infektionsdruck zeigte, kann über die Auswirkungen einer Unterblattspritzung bei starkem Befallsdruck wenig ausgesagt werden. Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass sich wirksames Kontrollagenz und Applikationstechnik ergänzen.

Auch die Literatur weist auf die Notwendigkeit einer geeigneten Applikationstechnik hin. IRLA et al. (2000) überprüften in den Jahren 1997 bis 1999 verschiedene Spritzdüsentypen mit und ohne Luftdruckunterstützung neben einem Unterblattspritzsystem. Als optimal erwiesen sich Wasseraufwandmengen von 400 - 500 l Wasser \* ha<sup>-1</sup> und ein Spritzdruck von 7 bis 10

bar bei einer Fahrgeschwindigkeit von  $4 - 5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Die Autoren resümierten, dass Luftdruckunterstützung, Injektordüsen und Unterblattspritzung dazu beitragen, die Verteilung zu verbessern und die Abdrift zu verringern. Auch WACHOWIAK & KIERZEK (1999) testeten verschiedene Düsen und Applikationssysteme. Die Autoren wiesen nach, dass Injektordüsen den Bedeckungsgrad von Blattober- und Blattunterseite deutlich verbessern. LEONARD et al. (2000) verglichen eine luftdruckunterstützte Spritzapplikation mit einer herkömmlichen Spritze bei der Applikation der Kontaktfungizide Mancozeb und Fluazinam. Luftdruckunterstützung ließ den Spritzbelag tiefer in das Blattwerk eindringen und erhöhte den Anteil der Spritzbrühe, die auf der Blattunterseite angelagert wurde. Eine Reduktion der Wassermenge von  $250$  auf  $125 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$  konnte den Unterschied noch verstärken. Nachteilig war, dass auch eine größere Flüssigkeitsmenge auf den Ackerboden gelangte.

Die Kontaktfungizide Mancozeb und Fluazinam haben zwar ein wesentlich höheres Wirkniveau als Naturstoffe, sind diesen aber von der Wirkart her ähnlich, womit ein Vergleich möglich ist. Es wird deutlich, dass jedes wirksame Mittel nur mit einer optimal angepassten Applikationstechnik den gewünschten Kontrollerfolg bringen kann.

### **Prognosemodelle**

Sind effektive Kontrollmaßnahmen des Erregers *P. infestans* vorhanden, dann bieten Prognosemodelle eine interessante Möglichkeit, deren Wirksamkeit zu optimieren. Heutige Prognosemodelle sind zwar gegenwärtig auf den integrierten Landbau zugeschnitten, beinhalten aber mehrere eigenständige Programme. ROSSBERG et al. (2001) erläuterten das in Deutschland gängige und seit Jahren weiterentwickelte Prognosesystem SIMPHYT. Nach Aussage der Autoren besteht dieses Prognosesystem aus drei Einzelmodellen, SIMPHYT1, SIMPHYT2 und SIMPHYT3. Das Teilmodell SIMPHYT1 simuliert das Erstauftreten des Pilzes in der Region. SIMPHYT2 simuliert die Epidemieentwicklung unter Berücksichtigung der eingesetzten Fungizidgruppen nach dem Erstauftreten bis zur Ernte. SIMPHYT3 berechnet ausschließlich witterungsabhängige Werte, zum einen den aktuellen Infektionsdruck und zum anderen den „Phytophthora-Effizienz-Wert“ für jeden Tag im betrachteten Zeitraum. Dieses Modell liefert Empfehlungen zu den Behandlungsintervallen nach dem Erstauftreten.

Programmteil 1, der die Erstinfektion simulieren soll, ist auch zum Gebrauch im Ökologischen Landbau gut geeignet, da er die Erstapplikation terminiert. Bei Programmteil 2 ist der sinnvolle Einsatz schwieriger, da er die folgenden Applikationen errechnet, ohne das geringere Wirkniveau der Agenzien, die im Ökologischen Landbau eingesetzt werden können, zu berücksichtigen. Hier wäre zu überprüfen, ob Kontaktfungizide im Programm ersatzweise für diese Präparate Verwendung finden könnten. Programmteil 3, der seit kurzem neu in das Ge-

samtprogramm aufgenommen wurde, dient der Terminierung von Trockentagen bzw. Trockenperioden, in denen Kontrollmaßnahmen jeglicher Art eingespart werden können.

### **Indirekte Maßnahmen:**

#### **Einflussfaktoren auf den Befall mit *P. infestans***

Im Ökologischen Landbau kommt der gezielten Nutzung von vorbeugenden Maßnahmen im Pflanzenschutz eine entscheidene Rolle zu. Nachfolgend werden die wichtigsten Einflussfaktoren diskutiert, mit denen Ertragsverlusten durch Krautfäulebefall im ökologischen Kartoffelbau vorgebeugt werden kann. Insbesondere zu nennen sind in diesem Zusammenhang:

- Sortenwahl
- Nutzung von gesundem vorgekeimten Pflanzgut
- räumliche Trennung von Früh- und Spätkartoffeln
- Pflanzung in Hauptwindrichtung
- Tal- und Kessellagen meiden
- Primärherde vernichten
- Beseitigung von Mietenabfällen

#### **Sortenwahl**

Eine wichtige Maßnahme zur Sicherung von Ertrag und Qualität stellt verschiedenen Untersuchungen zufolge (MEINCK 1999, NEUHOFF 2000) die richtige Sortenwahl dar. Obwohl das entscheidende Kriterium für die Marktfähigkeit einer Sorte deren Geschmacks- und Kocheigenschaften sind, spielen aus Sicht des Anbauers auch weitere Kriterien, u.a. die Anfälligkeit gegenüber Krautfäule, eine wichtige Rolle.

Die Bewertung dieser Kenngröße ist nicht ganz unproblematisch. Einerseits sind die Anfälligkeitsunterschiede nicht sehr stark ausgeprägt, andererseits wird die Anfälligkeit für den Befall mit *P. infestans* in Sortenversuchen ermittelt, in denen eine standardisierte Phytophthora-Bekämpfung mit chemisch-synthetischen Fungiziden durchgeführt wird (MEINCK 1999). Dass durch diese Behandlung die Phytophthora-Resistenzeigenschaften der Sorten nicht mehr unbeeinträchtigt zu beurteilen sind, liegt auf der Hand. Schon BÄTZ (1990) wies darauf hin, dass die Feststellung der Krautfäuleanfälligkeit in der Feldprüfung den Verzicht auf Fungizide erfordert. Obwohl aus den besagten Gründen eine generelle Übertragbarkeit der in der Bundessortenliste genannten Resistenzeigenschaften auf die Verhältnisse des Ökologischen Landbaus nicht möglich ist, bietet diese dennoch eine Orientierungshilfe bei der Sortenwahl.

Eigenen Untersuchungen zufolge (NEUHOFF 2000) spielt neben der generellen Resistenz gegenüber Krautfäule auch der Zeitpunkt des Knollenansatzes eine wichtige Rolle. Sorten innerhalb eines Reifespektrums, die vergleichsweise früh Knollen ansetzen, sind für die Anbauverhältnisse des Ökologischen Landbaus von Vorteil. In eigenen Versuchen wies die früh Knollen ansetzende Sorte *Nicola* in Jahren mit vglw. frühen Krautfäulebefall einen deutlich höheren Ertrag als die vglw. spät Knollen ansetzende Sorte *Granola* auf, obwohl diese weniger befallen war. Die als anfällig für Krautfäule eingestufte Sorte *Hansa* wies im Sortenversuch 2000 eine deutlich höheren Befall als die tolerante Sorte *Simone* auf. Der Sachverhalt, daß die Sorte *Simone* trotz deutlich höherer Resistenz gegenüber *P. infestans* nur etwa 16 dt \* ha<sup>-1</sup> Mehrertrag im Vergleich zur deutlich anfälligeren Sorte *Hansa* erzielte, belegt anschaulich die Bedeutung des Zeitpunktes des Knollenansatzes. Viele der als krautfäuleresistent geführten Sorten zeichnen sich durch einen vglw. späten Knollenansatz aus (*Granola*, *Simone*), der im Falle einer frühen und starken Epidemie unter ökologischen Anbaubedingungen allerdings zu einer Kompensation der Erträge im Vergleich zu früh ansetzenden anfälligeren Sorten führen kann. Die Sorte *Simone*, eine neue Züchtung der Saatzucht Pohl, Warringholz, wurde vom verantwortlichen Züchter bereits unter Einbezug der eingangs geforderten nicht chemischen Bekämpfung der Krautfäule während der Selektion entwickelt. Generell bietet Resistenzzüchtung eine interessante, noch nicht hinreichend genutzte Möglichkeit, die Krautfäule im Ökologischen Landbau zu kontrollieren. Gelingt es, schmackhafte Sorten mit hohen Resistenzeigenschaften zu züchten, sind diese für den Ökologischen Landbau von hohem Interesse.

### **Vorkeimung**

Als wesentliche Maßnahme zur Nutzung der klimatisch bedingten krautfäulefreien Zeit zugunsten der Ertragsbildung wird für den ökologischen Speisekartoffelanbau wiederholt das Verfrühen des Anbaus zu Vegetationsbeginn genannt (KÖLSCH & STÖPPLER 1990; DREYER 1992; GANS et al. 1994, KARALUS 1995). Eine ideale Maßnahme zur Erfüllung dieser Forderungen ist das Vorkeimen der Kartoffelknollen, um diesen einen Wachstumsvorsprung von etwa 10 Tagen zu geben. Ausgenutzt werden kann der Zeitraum bis Anfang / Mitte Juli, weil die Krautfäule erfahrungsgemäß dann erstmalig auftritt (MEINCK 1999). Dem Vorkeimen der Kartoffelknollen sind zeitlich gewisse Grenzen gesetzt. Bei zu frühem Vorkeimen treiben die Triebe zu weit aus und behindern eine ordnungsgemäße Ablage im Freiland. Ebenso neigen stark vorgekeimte Kartoffelknollen zum Vergeilen. Durch optimales Abstimmen von Knollenbelichtung und Temperatursteuerung während der Vorkeimung ist es möglich leistungsfähiges Pflanzgut für den Anbau bereit zu stellen. An den Standorten Hennef und Niederkrüchten wird diese Maßnahme seit Jahren erfolgreich praktiziert und ist im Laufe der Zeit optimiert worden. Das Vorkeimen des Pflanzgutes ist daher unter den Anbaubedingungen des

Ökologischen Landbaus sehr zu empfehlen. Darüberhinaus ist es im Rahmen eines den Anforderungen des Ökologischen Landbaus entsprechenden Pflanzenschutzmanagements durchaus diskussionswürdig, die Zulassung von direkten Bekämpfungsmaßnahmen der Krautfäule, wie von einigen Verbänden gefordert, an die bekanntermaßen ertragswirksame Vorkeimung des Pflanzgutes zu binden.

Weiterhin muss das Pflanzenalter zum Zeitpunkt der Infektion als möglicher Einflussfaktor auf die Krautfäuleprädisposition berücksichtigt werden. Verschiedene Autoren beschreiben eine variierende Anfälligkeit der Pflanzen bzw. Blätter zu unterschiedlichen Vegetationsstadien. So beobachtete BIRNBAUM (1962) bei später ausgepflanzten Kartoffeln eine langsamere Befallsentwicklung als bei früher gepflanzten und schlußfolgerte daraus, dass mit zunehmendem Alter die Anfälligkeit für *P. infestans* steigt. BURGHUSEN (1962) und KARALUS (1995) stellten teilweise einen stärkeren Befall bei vorgekeimten, also physiologisch älteren Pflanzen fest. GRAINGER (1956) und HODGSON (1961) ermittelten eine höhere Anfälligkeit sehr junger bzw. sehr alter Blätter. Ebenfalls beschrieb van OIJEN (1991) ältere Blätter als anfälliger. GANS et al. (1994) beobachteten eine unterschiedliche Wirkung des Pflanzenalters auf die Krautfäuleanfälligkeit bei verschiedenen Sorten.

### **Exposition und Reihenabstand**

Der Landwirt hat grundsätzlich die Möglichkeit den Kartoffelschlag auszuwählen und den Reihenabstand zu bestimmen. Die Praxis setzt ihm aber enge Grenzen. Bei der Standortwahl ist der Landwirt gezwungen im Rahmen der Fruchtfolge von einzelnen Schlägen zu rotieren. Auch die Wahl der Pflanzrichtung ist durch die Schlaggeometrie vielfach bereits vorgegeben. Das Pflanzen der Knollen in Hauptwindrichtung kann möglicherweise das Abtrocknen des Bestandes beschleunigen und damit die Infektionsbedingungen verschlechtern, ist aber auch an die bereits genannten Vorgaben gebunden. Der Praktiker hat lediglich die Möglichkeit extreme Parzellen wie z.B. nasse Senken vom Kartoffelanbau auszuschließen. Die Wahl des Reihenabstands ist über die Technik gegeben. Im geschlossenen Bestand findet *P. infestans* optimale Bedingungen für seine Entwicklung (hohe Luftfeuchtigkeit, Temperaturen kaum über 23 °C, niedrige Windgeschwindigkeiten) (JOHANNES 1953, HERRMANN & PLAKOLM 1991) die durch einen engen Reihenabstand verbunden mit einer hohen Pflanzdichte / ha begünstigt werden. Ein weiter Reihenabstand müsste dementsprechend die Infektionsgefahr vermindern, weil der Bestand schneller abtrocknen kann. Dies ist dann aber möglicherweise wieder mit Ertragsverlusten verbunden. KARALUS (1998) untersuchte diese Problematik. Der Autor überprüfte in zweijährigen Feldversuchen den Einfluss von Bestandesdichten zwischen 38.000 und 59.000 Pflanzen \* ha<sup>-1</sup> auf den Krankheitsbefall in Kartoffeln. Er konnte keinen signifikanten Einfluss der Bestandesdichte auf die Krautbiomasse feststellen. Desweiteren traten zwischen den Bestandesdichten keine signifikanten Unterschiede im Befall durch *P.*

*infestans* auf. Aus den Untersuchungen von KARALUS (1998) wird deutlich, dass diese Problematik von eher untergeordneter Bedeutung zu sein scheint.

### **Erstinfektionsquellen**

Erstinfektionsquellen können befallene Erntereste in Hausgärten oder in größeren wilden Abkippungen sein, ebenfalls kommen befallene Einzelpflanzen in einem Kartoffelschlag, insbesondere Frühkartoffeln, in Frage. Zur Vermeidung von hohem Infektionsdruck ist es daher geboten, eine räumliche Trennung von frühen Sorten, die in der Regel als erste von Krautfäule befallen werden, und späten Sorten vorzunehmen. Größere Ansammlungen von Pflanzen- und Knollenresten lassen sich leicht entfernen, bei den Ernteresten in Hausgärten gestaltet sich dies schwierig. Ebenso problematisch ist das Entfernen einzelner befallener Kartoffelpflanzen in einem großen Kartoffelschlag, zumal diese erst entdeckt werden müssen, wobei viel Laub niedergetreten werden kann, was wiederum ein guter Nährboden für neue Infektionen ist. ZWANKHUIZEN (1998) hat in den Niederlanden die Problematik von Ernteresten beschrieben. Er wies auf deren besondere Bedeutung für die Erstinfektion im Frühjahr hin. Nicht nur die Erntereste müssen unbedingt entfernt werden, sondern man kann bereits im vorgelagerten Bereich ansetzen. Eine wichtige vorbeugende Maßnahme zur Vermeidung von Erstinfektionen ist die Einlagerung von gesundem Pflanzgut für das kommende Frühjahr. Dabei müssen latente Infektionen unbedingt vermieden werden. Böden mit einem sehr hohen Sandanteil bspw. begünstigen den Knollenbefall mit *Phytophthora infestans* bei starken Niederschlägen im Spätsommer wegen der geringeren Filterwirkung dieser Böden. Fallen gegen Ende der Vegetationsperiode nur geringe Niederschlagsmengen, ist mit einer Infektion der Knollen nicht zu rechnen. Die Filterwirkung der Böden ist in diesem Fall ausreichend.

### **Krautschlagen**

Häufig wird empfohlen, das Kraut bei Befall mit *P. infestans* mechanisch zu beseitigen, um das Risiko einer Infektion der Knollen durch Braunfäule zu verringern (BOCHOW et al. 1970; CROXALL & SMITH 1976; NEUBAUER 1997). Allerdings wird durch Krautschlagen das Knollenwachstum abrupt beendet. Ertragsverluste, aber auch Beeinträchtigungen in der Qualität der geernteten Ware können Folge dieser Maßnahme sein. BENKER & HOPPE (2001) stellten fest, dass ein Krautverlust vor dem Erreichen der natürlichen Abreife gravierende Auswirkungen auf Ertrag und Qualität haben kann. Je früher der Krautverlust durch Krautschlagen erfolgt, desto stärker reduziert sich der Ertrag. Die Ertragsminderung begründet sich in der Ausbildung kleinerer Knollen. Weiterhin kann eine Krautminderung zu einer starken Reduzierung des Trockensubstanzgehaltes und damit korreliert zur Abnahme des Stärkegehaltes führen. Erfahrungen aus der Praxis und aus Feldversuchen zeigten zudem, dass der Knollen-



fäule oft nur eine untergeordnete Bedeutung im Ökologischen Landbau zukommt (KARALUS 1995). Dies liegt darin begründet, dass die Infektionsgefahr während der Knollenernte besonders hoch ist, wenn infiziertes Blattgewebe mit noch nicht wundverheilten Knollenschalen in Berührung kommt. Liegt zwischen dem Zeitpunkt des vollständigen Krautabsterbens und der Ernte ein Intervall von größer als 3 Wochen, ist die Gefahr der Knolleninfektion als gering einzustufen. Krautschlagen zur Krautfäuleeindämmung sollte nur als allerletztes Mittel angewandt werden, da im Sommer oftmals Trockenperioden auftreten, in denen die Epidemie zum Erliegen kommt und in denen die Kartoffeln durchaus noch ertragswirksam Photosynthese betreiben können.

### **Nährstoffversorgung**

Bei MEINCK (1999) schwankten die durchschnittlichen Marktwareerträge zwischen 150 und 330 dt \* ha<sup>-1</sup>. Eine um 30 bis 50 % verminderte Ertragserwartung im ökologischen Anbau beschreiben u.a. auch TREUE (1991), PAGEL & HANFF (1997) sowie DEBRUCK & RICHTER (1998). Als Hauptgründe hierfür werden zum einen die unzureichenden Möglichkeiten der Schaderregerbekämpfung, vor allem der Krautfäulebekämpfung genannt, zum anderen wird die geringere Nährstoffversorgung der Böden als Grundlage der Ertragsbildung verantwortlich gemacht (MÖLLER et al. 1996, 1997 und DEBRUCK & RICHTER 1997, 1998). Besondere Bedeutung kommt hierbei der N-Versorgung zu. KOLBE (1990) und BISCHOFF (1994) fanden eine positive Korrelation zwischen steigender N-Düngung und Ertrag. Dieser Zusammenhang wird umso deutlicher, je geringer das allgemeine N-Versorgungsniveau liegt. In gut geführten ökologisch wirtschaftenden Betrieben, wie etwa den beiden Versuchsbetrieben der vorliegenden Untersuchung, dürfte bei entsprechender Fruchtfolgegestaltung, günstigem Bodengefüge und organischer Düngung die hinreichende N-Versorgung der Kartoffeln gewährleistet sein (SCHULZ 2000). Bei nahezu optimaler N-Versorgung können die auftretenden Ertragsschwankungen dann vorwiegend mit der jährlich von Zeitpunkt und Intensität her unterschiedlich auftretenden Krautfäule begründet werden.

MÖLLER (2001) kommt demgegenüber zu dem verallgemeinernden Schluss, dass in Kartoffelbeständen des Ökologischen Landbaus die Stickstoffversorgung der entscheidende ertragslimitierende Faktor sei. Die in seiner Dissertation veröffentlichten Daten wurden aber methodisch fragwürdig erzielt und interpretiert. Aus der Arbeit geht nicht hervor, welche Sorten auf wie vielen Standorten mit welcher Anzahl Wiederholungen angebaut wurden. Auch ist nicht angegeben, ob auf allen Standorten die gleichen Sorten verwendet wurden, obwohl dies für die Interpretation der Ergebnisse zur Ertragsbildung entscheidend ist. Der Autor gibt nicht an, welche Fruchtfolgen die von ihm untersuchten Praxisbetriebe hatten und warum er die von ihm vorgenommene Einteilung der Betriebe in verschiedene N-Versorgungsstufen nicht nachträglich über die faktisch gemessene N-Versorgung korrigiert hat. Die für die Argumentation

von MÖLLER (2001) entscheidende Standortdifferenzierung in Form von drei N-Versorgungsstufen führt zu der widersprüchlichen Unterscheidung in hochversorgte Betriebe, die Ende Mai  $\text{NO}_3$ -Gehalte im Boden zwischen 47,2 und 259  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , und sogenannten niedrig versorgten Standorten, die Gehalte von 36,4 bis 119  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  aufwiesen (MÖLLER 2001). Andere mögliche ertragslimitierende Faktoren wie Kalium- oder Wassermangel werden nicht berücksichtigt. Stickstoffmangel entsprechend der Hypothese von MÖLLER (2001) kann Ursache für Mindererträge sein. Die Ergebnisse dieser regionalen Untersuchung können aber aus den genannten Gründen nicht verallgemeinert werden.

## 5. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene Präparate auf Basis von Naturstoffen auf ihre Wirksamkeit zur Kontrolle von *Phytophthora infestans* in Kartoffeln untersucht. Zu diesem Zwecke wurden verschiedene Präparate zunächst im Gewächshaus auf ihre Wirksamkeit vorgeprüft. Anschließend wurden im Gewächshaus erfolgreich getestete Mittel im faktoriellen Feldversuch einer weiteren Prüfung unterzogen. Der Befallsverlauf mit *P. infestans* sowie die Knollenerträge wurden erhoben und varianzanalytisch ausgewertet. Um die Wirksamkeit der schwerpunktmäßig untersuchten Salbei- bzw. Braunalgenextrakte charakterisieren zu können, wurde ein Resistenztest mit verschiedenen Isolaten von *P. infestans* durchgeführt.

Nachfolgende Erkenntnisse wurden gewonnen:

1. Die Salbei-, Zitrus- und Braunalgenextrakte, sowie Risoplan, Vitolavin und das verdünnte Kompostextrakt mit Mikroorganismen wiesen im Gewächshaus eine hohe Wirkung gegenüber *P. infestans* an Kartoffeln bzw. Tomaten auf.
2. Bei allen geprüften Mitteln mit Ausnahme der im ökologischen Landbau nicht zugelassenen Braunalgenextrakte konnte dieser Effekt im Freiland an Kartoffeln bzw. Tomaten unter Praxisbedingungen nicht reproduziert werden.
3. Eine im Gewächshausversuch festgestellte hohe Wirksamkeit eines Mittels gegen *P. infestans* muss nicht mit der Wirksamkeit im Freiland unter Praxisbedingungen korrelieren.
4. a) Der Kartoffelrohertrag nahm durch Anwendung des nicht zugelassenen Braunalgenextraktes ohne Kupferzusatz im Mittel beider Feldversuche signifikant um 14 % zu.  
b) Die Braunalgenextrakte, sowohl mit als auch ohne Kupfer, zeigten im einjährigen Versuch eine deutliche Wirkung gegen *P. infestans* an Kartoffeln. Beim Braunalgenextrakt ohne Kupfer konnte eine kupferähnliche Wirksamkeit gegenüber der Krautfäule beobachtet werden.
5. Der Braunalgenextrakt ohne Kupferzusatz konnte den Blattbefall an Freilandtomaten ebenfalls deutlich reduzieren. Der Wirkungsgrad lag Mitte August bei über 90 %.
6. Die bei KETTERER (1990) beschriebene Mikroorganismenmischung wurde mit gegenwärtig verfügbaren Isolaten und erhöhtem Mikroorganismengehalt reproduziert. Die einem systemischen Fungizid ähnliche Wirksamkeit mit einer 100 %igen Ertragserhöhung gegenüber der unbehandelten Kontrolle konnte nicht nachvollzogen werden. Eine Befallsminderung gegenüber der unbehandelten Kontrolle wurde nicht festgestellt.

7. Die Konzentration des im Freiland eingesetzten Salbeiextraktes nach BLAESER (1999) wurde über die Versuchsjahre hinweg auf 4 % gesteigert. Trotz mehrjähriger Anwendung und niedrigem Befallsdruck im Versuchsjahr 2001 konnte in keinem von insgesamt 6 Feldversuchen eine signifikante Befallsreduktion beobachtet werden.
8. Sowohl gegenüber einem 2 %igen Salbeiextrakt als auch gegenüber einem 0,9 %igen Braunalgenextrakt konnte keine Resistenzbildung des Erregers *P. infestans* beobachtet werden. Die Sensitivitätsunterschiede lagen innerhalb der biologischen Streuung des Erregers.
9. Die Anwendung von Salbeiextrakten war anwendungstechnisch problematisch. Nach jeder Spritzapplikation waren die Spritzdüsenfilter verklebt und mussten gereinigt werden.
10. Die Kartoffeln in Hennef und Niederkrüchten wurden pflanzenbaulich auf hohem Niveau angebaut. Es konnte bestätigt werden, dass die Krautfäule und nicht die Nährstoffversorgung der wichtigste ertragslimitierende Faktor im fachlich fortgeschrittenen organischen Kartoffelanbau ist.

## 6. Schlußfolgerungen für die Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis

Kupferhaltige Präparate sind gegenwärtig die einzige bewährte und zugelassene Kontrollmöglichkeit gegen Oomyceten und insbesondere gegen *Phytophthora infestans* im ökologischen Kartoffelbau. Um von der Praxis akzeptiert zu werden, sollte ein Alternativprodukt mindestens eine Wirksamkeit aufweisen, die der Kupferapplikation ähnlich ist bzw. dessen Anwendung ökonomisch vertretbar ist. Wünschenswert wäre weiterhin eine Vorformulierung in Form eines wasserlöslichen Fertigproduktes.

Der in der Untersuchung eingesetzte, allerdings im ökologischen Landbau nicht zugelassene Braunalgenextrakt, wies einen dem Kupferhydroxid ähnlichen Wirkungsgrad auf. Einschränkung ist darauf hinzuweisen, dass die einjährigen Ergebnisse von 2 Standorten bei vglw. niedrigem Befallsdruck erzielt wurden. Eine weitere Prüfung des Mittels unter Standortbedingungen mit frühem und hohem Befallsdruck ist daher notwendig, um zu sicheren Aussagen zu gelangen.

Weiterhin gilt es, Optimierungspotentiale, die in einer verbesserten Applikationstechnik und Terminierung bestehen durch entsprechend angelegte Versuche auszuschöpfen.

Die Unterblattspritzung in Hennef wurde mit herkömmlichen Düsen durchgeführt. Bei der direkten Kontrolle des Erregers *P. infestans* kommt es jedoch auf eine gleichmäßige Benetzung der Blattober- und insbesondere der Blattunterseite an, da alle Agenzien nur eine Kontaktwirkung entfalten können. Eine konventionelle Pflanzenschutzspritze mit Spritzdüsen, die nur die Blattoberflächen benetzen, ist daher nicht ausreichend. Nach Möglichkeit ist eine moderne Pflanzenschutzspritze mit Luftdruckunterstützung zu wählen.

Aus den beiden bereits genannten Punkten wird deutlich, dass eine effektive Kontrolle des Erregers *P. infestans* von verschiedenen Faktoren abhängt. Sowohl die Applikationstechnik als auch die praktische Anwendung des Behandlungsmittels im Betrieb sollten daher von Anfang an angemessen berücksichtigt werden, um mangelnde Akzeptanz in der Praxis zu vermeiden.

An beiden Standorten konnte gezeigt werden, dass eine hinreichende Düngung und Unkrautkontrolle unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus möglich ist. Durch diese Maßnahmen wird die Basis für einen potenziell hohen Kartoffelertrag gelegt. Der Landwirt sollte auf eine optimale Führung des Kartoffelbestandes achten, da unter solchen Bedingungen der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln eine entsprechend höhere Ertragsicherung ermöglicht.

## 7. Literaturverzeichnis

- ABBOTT, W.S. (1925): A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol.; **18**, 265-267.
- AGÖL, (1998): Rahmenrichtlinien zum Ökologischen Landbau. Arbeitsgemeinschaft Organischer Landbau, Darmstadt, Stiftung Ökologischer Landbau (Hrsg.).
- AGÖL (Hrsg.), (2001): Ökologischer Kartoffelbau. <http://www.agoel.de/saatgut>. Seite 159
- BÄTZ, W. (1990): Wertung der Krankheitsanfälligkeit in der Sortenprüfung. Potato Research; **33**, 407-408.
- BENKER, M & H.H. HOPPE (2001): Wirken sich Krautminderungsverfahren auf die Qualität von Kartoffeln aus? Kartoffelbau; **52** (7), 292-297.
- BENNER, J.P. (1993): Pesticidal compounds from higher plants. Pesticid Science. 39, 95-102.
- BIOLAND, Hrsg. (1997): Bioland-Richtlinien für Pflanzenbau, Tierhaltung und Verarbeitung. Fassung vom 29. April 1997; Bioland Verband für organisch-biologischen Landbau, Göppingen.
- BIRNBAUM, D. (1962): Untersuchungen über den Stickstoffhaushalt von Kartoffelblättern und seine Beziehungen zum Phytophthora-Befall. Biologisches Zentralblatt; **81**, 355-370.
- BISCHOFF, J. (1994): Untersuchungen zur bedarfsgerechten Stickstoffdüngung von Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) unter besonderer Berücksichtigung von Qualität sowie Nitratrückständen im Boden und in den Kartoffelknollen. - Dissertation, Universität Halle-Wittenberg.
- BLAESER, P. (1999): Isolierung und Charakterisierung von Pflanzeninhaltsstoffen mit fungizider Wirkung. - Dissertation, Universität Bonn.
- BLAESER, P. & STEINER, U. (1998): Antifungal activity of plant extracts against potato late blight (*Phytophthora infestans*). 12<sup>th</sup> International Reinhardtsbrunn Symposium, In: Modern fungicides and Antifungal Compounds II (Lyr, H., Russel, P.E., Dehne, H.-W., & Sisler, H. D.,).
- BLUNDEN, G. & P.B. WILDGOOSE (1977): The effects of aqueous seaweed extract and kinetin on potato yields. Journal of the Science of Food and Agriculture; **28**, 121-125.
- BLUNDEN, G.; JENKINS, T. & Y.W. LIU (1997): Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. Journal of Applied Phycology; **8**, 535-543.
- BOCHOW, H., KRÖCHERT, R. & W. TARNOW (1970): Hinweise auf einige das Auftreten und die Bekämpfung der Kartoffelbraunfäule (*Phytophthora infestans*) betreffende Zusammenhänge. – Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst; **24**, 225-229.
- BÖHM, H. (2001): Möglichkeiten der Regulierung von *Phytophthora infestans* an Kartoffeln im Ökologischen Landbau. In: Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau; Verlag Dr. Köster, Berlin, 377-380.
- BRUZESSE, E. & S. HASSAN (1983): A whole leaf clearing and staining technique for host specificity studies of rust fungi. Plant Pathology; **32**, 335-338.
- BUNDESSORTENAMT (Hrsg.) (1999): Beschreibende Sortenliste Fruchtgemüse Blattgemüse 1999. Landbuch-Verlag, Hannover.

- BUNDESSORTENAMT (Hrsg.) (2000): Beschreibende Sortenliste Kartoffeln 2000. Landbuch-Verlag, Hannover.
- BURGHAUSEN, R. (1962): Der Einfluss des Vorkeimens von Saatkartoffeln auf Keimwachstum, Entwicklungsrhythmus und Krankheitsbefall. *European potato journal*; **5**, 50-56.
- CLOUGH, M.J. & C.R.A. GODFREY (1998): The strobilurin Fungicides. In: *Fungicidal Activity* (HUDSON, D. & J. MIYAMOTO). Chemical and biological approaches to plant protection. 87-108.
- CROXALL, H.E. & L.P. SMITH (1976): The epidemiology of potato blight in the east Midlands 1923-74. - *Annals of applied Biology*; **82**, 451-466.
- DAGGETT, S.S.; KNIGHTON, J.E. and C.D. THERRIEN (1995): Polyploidy among isolates of *Phytophthora infestans* from eastern germany. *J. Phytopathology*; **143**, 419-422.
- DEBRUCK, J. & S. RICHTER (1997): Die Kartoffel im ökologischen Landbau. - *Mitteilungen der Lehr- und Versuchsanstalt des Landes Sachsen-Anhalt für Acker- und Pflanzenbau, Bernburg*.
- DEBRUCK, J. & S. RICHTER (1998): Bio hat noch viele Probleme. - *Bauernzeitung*; **13**, 54-55.
- DEKKER, (1985): The development of resistance to fungicides. *Progress in Pesticide Biochem. Toxicology*; **4**, 165-218.
- DEKKER, (1986): Preventing and managing fungicide resistance. In: *Pesticide resistance: Strategies and tactics for management*. National Academy Press, Washington, D.C., 347-354.
- DREYER, W. (1992): Kartoffelbau. - In: NEUERBURG, W. & S. PADEL: *Organisch-biologischer Landbau in der Praxis*. - BLV Verlagsgesellschaft, München; 153-160.
- EDGINGTON L.V.; MARTIN, R.A.; BRUIN, G.C. & I.M. PARSONS (1980): Systemic fungicides: A perspective after 10 years. *Plant Disease*; **64**, 19-23.
- FILIPPOV, A.V. & M.A. KUZNETSOVA (1994): Different influence of some biofungicides on dynamics of potato plant susceptibility to *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Mikologiya i Fitopatologiya*; **28** (4), 64-69.
- FLIER, W.G.; TURKENSTEEN, L.J. and A. MULDER (1998): Variation in tuber pathogenicity of *Phytophthora infestans* in the Netherlands. *Potato Research*; **41**, 345-354.
- FRY, W.E.; GOODWIN, S.B.; DYER, A.T.; MATUSZAK, J.M.; DRENTH, A.; TOOLEY, P.W.; SUJKOWSKI, L.S.; KOH, Y.J.; COHEN, B.A.; SPIELMAN, L.J.; DEAHL, K.L.; INGLIS, D.A. & K.P. SANDLAN (1993): Historical and Recent Migrations of *Phytophthora infestans*: Chronology, Pathways, and Implications. *Plant Disease*; **77** (7), 653-661.
- FRY, W.E. & E.S. MIZUBUTI (1998): Potato late blight. In: JONES, D.G.: *The epidemiology of plant diseases*. Kluwer Academic Publishers; Dordrecht, Boston, London.
- GANS, P.T.; PEARSON, N. & L.L. OWEN (1994): The effects of plant age and bordeaux mixture on the susceptibility of potato cultivars to late blight. - *National Institut of Agricultural Botany, Cambridge*.
- GERLACH, D. (1984): *Botanische Mikrotechnik*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

- GRAF, B. (1992): Sortenversuche und Pflegemaßnahmen in Kartoffeln - Krautfäuleregulierung. Schweizerische Stiftung zur Förderung des biologischen Landbaus, Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Oberwil; 20-22.
- GRAINGER, J. (1956): Host nutrition and attack by fungal parasites. *Journal Phytopathology*; **46**, 445-456.
- GRUBER, H. & B. BURMANN (1994): Versuchsergebnisse 1992/93 Ökofeld Gülzow. - Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow; 59-60.
- HAAS, G. (1995): Auswahl von Feldversuchsflächen auf heterogenem Auenboden: Bestandskartierung- Uniformitätsernten- Luftbildaufnahmen- Exaktvermessung. Schriftenreihe des Instituts für Organischen Landbau, Band 1, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- HAMM, U. (1996): Perspektiven für die zukünftige Entwicklung der ökologischen Agrarstruktur in Deutschland, Österreich und der Schweiz. *Ökologie und Landbau*; **3**, 6-9.
- HERGER, G., KLINGAUF, F., MANGOLD, D., POMMER, E.H. & M. SCHERER (1988): Die Wirkung von Auszügen aus dem Sachalin-Staudenknöterich, *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai, gegen Pilzkrankheiten, insbesondere Echte Mehltau-Pilze. *Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst*; **40**, 56-60.
- HERGER, G. (1991): Die Wirkung von Auszügen aus dem Staudenknöterich *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai gegen Pilzkrankheiten, insbesondere Echte Mehltaupilze. Dissertation, Universität Darmstadt.
- HERRMANN, G. & G. PLAKOLM (1991): *Ökologischer Landbau - Grundwissen für die Praxis*. Österreichischer Agrarverlag, Wien.
- HODGSON, W.A. (1961): Laboratory testing of the potato for partial resistance to *Phytophthora infestans*. *American Potato Journal*; **38**, 259-264.
- IRLA, E., ANKEN, T., KREBS, H. & J. RÜEGG (2001): Optimierung der Spritztechnik in Biokartoffeln – Neue Technik erfolgreicher gegen Krautfäule. *FAT-Berichte Nr. 561 / 2001*, 1-8.
- IRLA, E., ANKEN, T. & H. KREBS (2000): Application technique for phytophthora control in organic potato cultivation. In: IFOAM 2000: the world grows organic. *Proceedings 13<sup>th</sup> International IFOAM Scientific Conference, Basel, Switzerland, 28 to 31 August, 2000*. Edited by Alföldi, T., Lockeretz, W. & U. Niggli; vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.
- JOHANNES, H. (1953): Beitrag zur Epidemiologie der *Phytophthora infestans*. I. Einführung und mikroklimatische Untersuchungen. *Zeitung Pflanzenkrankheiten Pflanzenpathologie Pflanzenschutz*; **60**, 289-307.
- KARALUS, W. (1995): Einfluss der Pflanzgutvorbereitung auf den Krankheitsbefall und Ertragsaufbau bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) im Ökologischen Landbau. Dissertation Universität Gießen.
- KARALUS, W. (1998): Einfluss der Bestandesdichte auf den Krankheitsbefall bei Kartoffeln im Ökologischen Landbau. *Gesunde Pflanzen*; **50** (4), 97-100.



- KELLNER, A.; MANNER, C.; GRÜNDLINGER, C.; PREIMESBERGER, K. & W. PIRKLHUBER (1991): Düngung und Pflanzenschutz im biologischen Landbau. – Ökowitz-Informationsservice für Bauern und Konsumenten, Sonderheft 1, Wartberg.
- KETTERER, N. & H.C. WELTZIEN (1988): Wirkung von Kompost- und Mikroorganismen-Extrakten auf den Befall der Kartoffel durch *Phytophthora infestans*. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt; **245**, 346.
- KETTERER, N. (1990): Untersuchungen zur Wirkung von Kompost-Extrakten auf den Blattbefall der Kartoffel und Tomate durch *Phytophthora infestans* sowie auf den Befall der Weinrebe durch *Plasmopara viticola*, *Pseudopeziza tracheiphila* und *Uncinula necator*. Dissertation, Universität Bonn.
- KLINKENBERG, H.J.; STIERL, R. & H.W. DEHNE (1998): Investigations on fungicide resistance in oomycetes. Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent; **63/3b**, 1009-1015.
- KLINKENBERG, H.J. (2002): Phytopathologische Charakterisierung von Oomyceten mit unterschiedlicher Feldresistenz gegenüber Fungiziden. Dissertation, Universität Bonn.
- KNÜPPEL, P.C., LANTZSCH, R. & D. WOLLWEBER (1992): Synthesis of fungicidal phenylpyrroles. - Synthesis and chemistry of agrochemicals III. ACS-Symp. **504**, 405-413.
- KOLBE, H. (1990): Vergleichende Untersuchungen über die Wirkung physiologisch angepaßter Düngungsmaßnahmen insbesondere der Blattausgleichsdüngung auf Ertrag und qualitätsbestimmende Inhaltsstoffe bei Kartoffeln verschiedener Sorten angezogen unter differenzierten ökologischen Bedingungen in Göttingen (Bundesrepublik Deutschland) und Brasov (Rumänien). - Dissertation Universität Göttingen.
- KOLBE, H. & B. BLAU (1998): Wirkung von Pflanzenstärkungsmitteln auf Keimung, Entwicklung, Ertrag und Qualität verschiedener Kulturarten. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig.
- KÖLSCH, E. & H. STÖPPLER (1990): Kartoffeln im ökologischen Landbau. – KTBL-Arbeitspapier 147, Darmstadt.
- KÖNIG, C. & H.D. FREY (2000): Referat über die wirtschaftliche Nutzung von Makroalgen. <http://www.uni-tuebingen.de/abot/GP00/algen.htm>.
- KONSTANTINIDOU-DOLTSINIS, S. & A. SCHMITT (1998): Impact of treatment with plant extracts from *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai on intensity of powdery mildew severity and yield in cucumber under high disease pressure. Crop Protection; **17** (8), 649-656.
- KREYSSIG, W.A. (1828): Der Kartoffelbau im Großen. Verlag Gebrüder Bornträger, Königsberg.
- KÜLHEIM, H (1987): Untersuchungen zur Wirksamkeit von Pflanzenstärkungsmitteln gegen Krankheiten und Schädlinge an einigen landwirtschaftlichen Kulturen. - Dissertation Universität Hohenheim.
- KUZNETSOVA, M.A. & A.V. FILIPPOV (1995): Rizoplan and Phytophthorose of potato. Zashchita Rastenii (Moskva); **8**, 19-20.
- KÜRZINGER, W. (1994): Einsatz von Pflanzenstärkungsmitteln in Kartoffeln. - Vortrag, Tagung des Pflanzenschutzes, LVAP Güterfelde; 26-31.
- KÜRZINGER, W. (1995): Einsatz von Pflanzenstärkungsmitteln. Kartoffelbau; **46**, 418-420.

- LAMPKIN, N. (1996): Ökologischer Landbau in Westeuropa. *Ökologie & Landbau*; **1**, 25-26.
- LAMPKIN, N. (2001): Ökologischer Landbau in Europa. *Ökologie & Landbau*; **119**, 2.
- LATTEN, J. (1994): Biologische Bekämpfung phytopathogener Pilze mit Hilfe von Pflanzenextrakten. Dissertation, Universität Gießen.
- LAZO, L. & A.R.O. CHAPMAN (1996): Effects of harvesting on *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. (Fucales, Phaeophyta): a demographic approach. *Journal of Applied Phycology*; **8**, 87-103.
- LEONARD, R., RICE, B., DOWLEY, L.J. & S. WARD (2000): The effect of air assistance on spray deposition and biological effect in the control of *Phytophthora infestans* in potatoes. In: Pesticide application, University of Surrey, Guildford, UK, 17-18 January 2000, edited by Cross, C.V., Gilbert, A.J., Glass, C.R., Taylor, W.A., Walklate, P.J. & N.M. Western; *Aspects of Applied Biology*, **57**, 243-249.
- LIEDMANN, S. & H. KOLBE (1996): Knollen auch im ökologischen Landbau kontrolliert lagern. *Bauernzeitung*; **35**, 48-49.
- MEINCK, S. (1998): Keine Chance der Phytophthora. *Bio-land*; **3/98**, 14.
- MEINCK, S. (1999): Speisekartoffelanbau im Ökologischen Landbau - Optimierung des Anbauverfahrens durch Sortenwahl und Phytophthora-Prophylaxe. Dissertation, Universität Kassel.
- MEINCK, S. & H. KOLBE (1999): Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule im ökologischen Kartoffelanbau. *Kartoffelbau*; **50** (5), 172-175.
- MÖLLER, K., REENTS, H.J. & H. HABERMEYER (1996): Ökologischer Kartoffelanbau in Bayern - Ergebnisse einer Umfrage. *Kartoffelbau*; **47**, 348-351.
- MÖLLER, K., HABERMEYER, H. & H.J. REENTS (1997): Stickstoffdynamik und -versorgung der Kartoffeln in ökologisch bewirtschafteten Betrieben in Südbayern. - In: KÖPKE, U. und J.A. EISELE: Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung im Ökologischen Landbau, Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 375-381.
- MÖLLER, K. (2001): Einfluss und Wechselwirkung von Krautfäulebefall (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) und Stickstoffernährung auf Knollenwachstum und Ertrag von Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) im ökologischen Landbau. Dissertation, Technische Universität München, Shaker Verlag GmbH, Aachen.
- NEUBAUER, W. (1997): Die Kartoffel im ökologischen Landbau. - In: SCHUMANN, P. & E. PÖTKE: Speisefrischkartoffeln - Qualität erzeugen, erfassen, lagern, vermarkten. Verlag Alfred Strothe, Holm; 52-54.
- NEUERBURG, W. & S. PADEL (1992): Organisch-biologischer Landbau in der Praxis. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München.
- NEUHOFF, D. (2000): Speisekartoffelerzeugung im Organischen Landbau-Einfluss von Sorte und Rottemistdüngung auf Ertragsbildung und Knolleninhaltsstoffe. Dissertation Universität Bonn, Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Band 15, Verlag Dr. Köster, Berlin
- ÖKORING (1998): Versuchs- und Beratungsring Ökologischer Landbau Niedersachsen e.V.; schriftliche Mitteilung v. 03.03.1998.

- ORTEGA, F.; STEINER, U. & H.W. DEHNE (1998): Induced resistance: a tool for fungicide resistance management. *Pestic. Sci.*; **53**, 193-196.
- PAGEL, R. & H. HANFF (1997): Einfluss differenzierter Grundbodenbearbeitung und organischer Düngung sowie der Vorkeimung auf Ertragsleistung und Wirtschaftlichkeit im ökologischen Kartoffelanbau auf einem Sandstandort. - In: KÖPKE, U. und J.A. EISELE: Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung im Ökologischen Landbau, Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 335-340.
- PEREBYTIUK (2001): Mündliche Mitteilung vom 20.03.2001.
- PFLEIDERER, H. & A. MONKOS (1993): Ergebnisse der produktionstechnischen Versuche in Baden-Württemberg 1991 und 1992. *Informationen für die Pflanzenproduktion*; **11**, 25-35.
- PIETERSE, C.M.J.; DE WITT, P.J.G.M.; & F.P.M. GOVERS (1992): Molecular aspects of the Potato - *Phytophthora infestans* interaction. *Netherland Journal of Plant Pathology*; **98**, 85-92.
- PIORR, H.P., HINDORF, H. & H.C. WELTZIEN (1986): Weitere Ergebnisse aus phytomedizinischen Erhebungen der Krankheiten Schädlinge und Nützlinge (1983-1986) auf zwei Betrieben der Rheinniederung mit biologisch-dynamischer bzw. konventioneller Bewirtschaftung. *Forschung und Beratung, Reihe C*; Heft **44**, 122-139.
- PHILIPP, W.D. (1988): *Biologische Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- POMMER, G. & M. MUNZERT (1988): Ergebnisse mehrjähriger Sortenversuche mit Kartoffeln auf alternativ bewirtschafteten Praxisbetrieben in Bayern. *Lebendige Erde*; **2**, 109-113.
- PRASAD, D. & CADOGAN, B.L. (1992): Influence of droplet size and density on phytotoxicity of tree herbicides. *Ween Technology*. **6**, 415-423.
- RADTKE, W. & W. RIECKMANN (1990): *Krankheiten und Schädlinge der Kartoffel*. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer.
- REINHARD, K.O. (1986): Einfluss des Algenpräparates („Algan“) auf Ertrag und einige wertgebende Inhaltsstoffe von Kartoffeln der Sorte Bintje und Grata. Diplomarbeit, Universität Göttingen.
- RIPPIN, M. (1999): *Strukturdaten zum Ökologischen Landbau*. Hrsg. T. Hambüchen, Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH, Bonn, 68 Seiten.
- ROSSBERG, D., GUTSCHE, V. & B. KLEINHENZ (2001): Prognose von *Phytophthora infestans* mit den SIMPHYT Modellen. *Gesunde Pflanzen*; **53** (2), 37-43.
- SCHLIEPHAKE, U. & D. TRAUTZ (2001): Einsatz verschiedener Mittel zur Phytophthoraprophylaxe in Kartoffeln. *Mitteilungen Gesellschaft Pflanzenbauwissenschaften*; **13**, 84-85, Verlag Freisinger Künstlerpresse W. Bode, Freising.
- SCHÖBER, B. (1986): Über die Resistenz von Kartoffelsorten gegenüber pilzlichen Krankheitserregern. *Kartoffelbau*; **37**, 280-281.
- SCHULZ, D.G. (2000): *Ertrag und Qualität von Kartoffeln im Organischen Landbau: Abhängigkeit von Düngerart und Düngermenge*. Dissertation Universität Bonn, Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Band 14, Verlag Dr. Köster, Berlin.

- SCHUMANN, G. (1979): Zukunftsaussichten des integrierten Pflanzenschutzes. Umschau; **79** (10), 303-311.
- SPIELMAN, L.J.; DRENTH, A.; DAVIDSE, L.C.; SUJKOWSKI, W.G.; TOOLEY, P.W. and W.E. FRY (1991): A second world-wide migration and population displacement of *Phytophthora infestans*? Plant Pathology; **40**, 422-430.
- STAUB, T. (1991): Fungicide resistance: practical experience with antiresistance strategies and the role of integrated use. Ann. Rev. Phytopathol.; **29**, 421-442.
- STEDEN, C. (1992): Untersuchungen zum Einfluss der Tropfengröße auf die Belagsbildung und die biologische Wirksamkeit gegen *Oidium tuckeri* Berk. an Reben. Geisenheimer Berichte, Band 11.
- STRÖMBERG, A. (1995): Systemically Induced Resistance in Potato Cultivars with Different Degree of Resistance to Late Blight caused by *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. J. Phytopathology; **143**, 27-31.
- TEGETHOF, U. (1987): Untersuchungen über den Einfluss von im biologisch-dynamischen Landbau eingesetzten Pflegemitteln auf Morphologie und Physiologie einiger Gemüsearten. Dissertation, Universität Bonn.
- THOMAS, A. (1993): Abschätzung des Resistenzrisikos von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary gegenüber Dimethomorph. Dissertation Universität Gießen, Wissenschaftlicher Fachverlag, Niederkleen.
- TRÄNKNER, A. (1990): Kompostextrakte contra Schadpilze. Garten organisch; **4**, 13-15.
- TREUE, K. (1991): Kartoffeln im Bio-Anbau: Ab 200 dt/ha wird's interessant. top agrar; **11**, 80-85.
- UESUGI, Y. (1998): Fungicide classes: Chemistry, uses and mode of action. Fungicidal activity (Huston, D. & Miyamoto, J.). Wiley. Chichester. 23-56.
- VAN OIJEN, M. (1991): Leaf area dynamics of potato cultivars infected by *Phytophthora infestans*. Netherland Journal of Plant Pathology; **97**, 345-354.
- WACHOWIAK, M & R. KIERZEK (1999): Application of injector nozzles in plant protection. Progress in plant protection; **39** (2), 598-602.
- WHAPHAM, C.A.; BLUNDEN, G.; JENKINS, T. & S.D. HANKINS (1993): Significance of betaines in the increased chlorophyll content of plants treated with seaweed extract. Journal of Applied Phycology; **5**, 231-234.
- WELLER, M. (1991): Versuche zur Eindämmung von *Phytophthora infestans* in Kartoffelbeständen. bio-land; **1**, 6.
- WELTZIEN, H.C. (1989): Some effects of composted organic materials on plant health. Agriculture, Ecosystems and Enviroment; **27**; 439-446.
- WITTASSEK, R. (1987): Untersuchungen zur Verteilung des Kupfers in Boden, Vegetation und Bodenfauna eines Weinbergökosystems. Dissertation, Universität Bonn.
- ZELLNER, M. (1998): Untersuchungen über die Treffsicherheit von Prognosemodellen zur termingerechten Bekämpfung von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary an Kartoffeln in Bayern. Dissertation, Universität München; Hieronymus Buchreproduktions GmbH, München.

- ZWANKHUIZEN, M.J. (1998): Potato late blight epidemics and population structure of *Phytophthora infestans*. Proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor op gezag van de rector magnificus van de Landbouwwuniversiteit Wageningen; Dissertation, Universität Wageningen.
- ZWANKHUIZEN, M.J.; GOVERS, F. & J.C. ZADOKS (1998): Development of Potato Late Blight Epidemics: Disease Foci, Disease Gradients, and Infection Sources. *Phytopathology*; **88**, 754-763.

**8. Anhang**

- nicht vorhanden -

**9. Konsequenzen für evt. weitere Forschungsaktivitäten**

In den bisherigen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass eine effektive Kontrolle von *Phytophthora infestans* mit allerdings nicht zugelassenen Braunalgenextrakten grundsätzlich möglich ist. Bislang handelt es sich nur um einjährige Versuchsergebnisse. Das Versuchsjahr 2001 war witterungsmäßig ein extremes Jahr mit einem regional äußerst geringen Befall von *Phytophthora infestans*. Mehrjährige Untersuchungen sind nötig, um die Ergebnisse unter verschiedenen Witterungsbedingungen bestätigen zu können. Eine Ausweitung der Versuchstandorte ist dazu nötig.

Darüber hinaus müssen noch Applikationsmenge und -technik optimiert werden, um die Wirksamkeit der Braunalgenextrakte zu erhöhen. Zusätzliche Laboruntersuchungen zu deren Wirkungsweise können hierbei hilfreich sein.

**10. Mitteilung über evt. schützenswerte Nutzungsrechte**

- keine -

**11. Liste über Veröffentlichungen**

NEUHOFF, D. (1999): Krautfäulebekämpfung an Kartoffeln. Ökologischer Land- und Gartenbau in NRW. Versuchsbericht 1999, 122-123.

NEUHOFF, D.; KLINKENBERG, H.J. & U. KÖPKE (2002): New approaches in late blight control in Organic Farming. Second International Conference on the Alternative Control Methods against Plant Pests and Diseases; Lille, March 4<sup>th</sup> – 7<sup>th</sup> 2002, 197 –204.

NEUHOFF, D. & H. BÖHM (2001): Ohne Kupfer gegen Kraut- und Knollenfäule? Ökologie & Landbau **119**, 3 / 2001, 37 - 38.

**12. Liste über Vorträge**

NEUHOFF, D. (2002): Neue Ergebnisse zur Krautfäulekontrolle. Arbeitstagung zum ökologischen Kartoffelbau. 17.1.2002, LKR, Auweiler.

NEUHOFF, D. (2002): New approaches in late blight control in Organic Farming. Second International Conference on the Alternative Control Methods against Plant Pests and Diseases; Lille, March 4<sup>th</sup> – 7<sup>th</sup> 2002.

### **13. Liste über Pressemitteilungen**

- keine -

### **14. Liste über Posterpräsentationen, Vorführungen und Demonstrationen**

- Posterpräsentationen:

NEUHOFF, D.; KLINKENBERG, H.J. & U. KÖPKE (2002): Kontrolle der Krautfäule (*Phytophthora infestans*) im ökologischen Kartoffelbau. Ständige Ausstellung des Institutes für Organischen Landbau auf dem Versuchsbetrieb 'Wiesengut'.

- Workshops:

NEUHOFF, D. & H. BÖHM (2001): Workshop zum Thema „Regulierung der Kraut- und Knollenfäule im Ökologischen Landbau: Aktuelle Ansätze in der Forschung – Perspektiven und Probleme“, 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Freising-Weißenstephan, März 2001.

## 15. Kurzfassung

In den Jahren 1999 bis 2001 wurden 2 Gewächshaus- und 9 Feldversuche auf 2 Standorten (Hennef, Niederkrüchten) durchgeführt. In den Untersuchungen wurden verschiedene Präparate auf ihre Wirksamkeit gegen Krautfäule (*Phytophthora infestans*) im ökologischen Kartoffelbau überprüft. Zur Anwendung kamen Extrakte aus Salbei, Tormentillstock, Zitrusfrüchten und Braunalgen, verschiedene Mikroorganismen (u.a. *Pseudomonas fluorescens*) sowie Kaliseife. Die Wirkung der Präparate wurde im Vergleich zu einer dreimaligen Kupferhydroxidspritzungen à  $1 \text{ kg Cu} \cdot \text{ha}^{-1}$  und einer unbehandelten Kontrolle getestet. Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag in der Prüfung von Salbei, da dieser in Untersuchungen an der Universität Bonn eine deutliche Wirkung gegen *P. infestans* in Labor und Feld gezeigt hatte und großflächig und vglw. kostengünstig angebaut werden kann. Es wurden Salbeikonzentrationen von 2 - 4 % bei einer Aufwandmenge von bis zu  $800 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$  verwendet. In den Gewächshausversuchen mit künstlich inokulierten Kartoffel- und Tomatenpflanzen (80.000 Zoosporen je ml, 48 h Inkubation im Feuchteschrank) wiesen die Salbei- und Braunalgenextrakte einen Wirkungsgrad von über 80% gegenüber *P. infestans* auf. Die Zitrusextrakte und die verschiedenen Mikroorganismen wiesen Wirkungsgrade zwischen 50 und 100 % auf. Unter Freilandbedingungen konnte die Wirksamkeit der meisten Präparate nicht reproduziert werden. In keinem der durchgeführten Versuche wurde eine Wirksamkeit der Salbeiextrakte nachgewiesen, obwohl im Gewächshaus ein deutlicher befallsreduzierender Effekt festgestellt wurde. Weder bei vglw. geringem Befallsdruck noch bei hohem bewirkten die Extrakte aus Salbei eine Befallsminderung. Mit Ausnahme der aufgrund einer zugesetzten anorganischen Komponente im ökologischen Landbau nicht zugelassenen Braunalgenextrakte zeigte keines der verwendeten Präparate eine befallsmindernde bzw. ertragssteigernde Wirkung im Feldversuch. Eine Ursache für die mangelnde Wirkung der meisten Präparate im Freiland könnte in der Photolabilität der Wirksubstanzen bzw. am Abbau der Substanzen durch Phyllosphärenorganismen liegen. Durch wöchentliche Applikation von  $4,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$  Braunalgenextrakten ab Reihenschluß wurde an zwei Standorten eine deutliche befallsreduzierende Wirkung festgestellt. Diese war mit einer signifikanten Zunahme des Rohertrages um 14% auf etwa  $440 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$  verbunden. Zur weiteren Erforschung der Braunalgenextrakte ist es notwendig, den Wirkmechanismus im Labor genauer zu untersuchen, um ertragssteigernde Effekte, die evtl. auf einer Stimulierung des Wachstums beruhen, von einer möglicherweise direkten befallsmindernden Wirkung der anorganischen Komponente zu trennen. Zu diesem Zwecke sind *in-vitro* Untersuchungen (Myzelwachstumstest etc.) ebenso erforderlich, wie die Bonitur möglicher wachstumssteigernder Effekte im Feld (Staudenhöhe, Chlorophyllgehalt der Blätter). Auf Grundlage dieser Untersuchungen sind dann weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Wirksamkeit der Braunalgenextrakte zu entwickeln.



## Danksagung

Unserer besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. H.-W. Dehne, Herrn PD Dr. E.-C. Oerke, Frau PD Dr. U. Steiner-Stenzel und Herrn Dr. P. Blaeser, Institut für Pflanzenkrankheiten der Universität Bonn für ihre fachkundige Unterstützung des vorliegenden Projektes insbesondere bei der Durchführung der Gewächshausversuche mit Salbeiextrakten.

Wir danken Herrn Johannes Siebigteroth für seine selbstständige und innovative Unterstützung bei der Durchführung der Feldversuche.