

Optimierung der Spritztechnik in Biokartoffeln

Neue Technik erfolgreicher gegen Krautfäule

Edward Irla und Thomas Anken, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon
 Heinz Krebs, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), CH-8046 Zürich-Reckenholz
 Jacob Rüegg, Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau (FAW), CH-8820 Wädenswil

Die Kartoffeln haben im Biolandbau eine sehr grosse Bedeutung. Ihr erfolgreicher Anbau erfordert eine den Standortbedingungen und der Produktionsrichtung angepasste Bestell-,

Pflege- und Pflanzenschutztechnik. Mit mechanischen Pflegemassnahmen werden die Ziele wie Dammaufbau, Bodenpflege und Unkrautregulierung erreicht. Der Schutz vor der

Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) hingegen setzt neben vorbeugenden Massnahmen eine richtige Bekämpfungsstrategie und eine optimale Applikationstechnik voraus. Letztere beinhaltet eine gleichmässige Verteilung und Anlagerung der vorbeugend wirkenden Kupfer-Kontaktfungizide. Das Ziel ist ein optimaler Schutzbelag auf beiden Blattseiten und am Stengel sowie eine gute Durchdringung des Bestandes.

In FAT-Untersuchungen 1997 bis 2000, unter Mitarbeit der FAL Zürich-Reckenholz, der FAW Wädenswil und nach Absprache mit dem FiBL Frick, wurden verschiedene Spritztechniken wie Flachstrahldüsen ohne/mit Luftunterstützung, Injektordüsen sowie eine Unterblattspritzeinrichtung mitentwickelt und versuchsmässig überprüft.



Abb. 1: Die Kartoffeln konnten mit rechtzeitigen, gezielten Spritzungen von Fahrgassen aus meist ausreichend vor der Krautfäule geschützt werden. Unten: Mit Unterblattspritzeinrichtung wurden die besten Resultate erzielt (Prototyp).

| Inhalt | Seite |
|---|-------|
| Problemstellung | 2 |
| Untersuchungsverlauf, Spritzgerätetechnik | 2 |
| Anbautechnische Massnahmen | 2 |
| Spritztechnikvergleich, Blattbedeckungsgrad | 3 |
| Biologische Wirkung, Ertrag, Lagerung | 6 |
| Schlussfolgerungen | 8 |
| Literatur | 8 |

Mit fünf gezielten Spritzungen konnten ein übermässiger Befall und die Ausbreitung der Krautfäule weitgehend verhindert werden. Die Wirkung der alternativen Spritzvarianten, insbesondere der Unterblattspritzung war bedeutend besser als die der Standardvariante. Eine Unterblattspritzeinrichtung, die auch bei 60 % Mittelmenge erfolgreich war, ist allerdings noch nicht im Standardprogramm vorhanden, sondern nur auf Bestellung erhältlich (Abb. 1).

Problemstellung

Die Kraut- und Knollenfäule, verursacht durch den Pilz *Phytophthora infestans*, kann beim frühen und starken Befall grosse Ertrags-, Qualitäts- und Lagerverluste verursachen. Besonders der Biokartoffelbau ist auf eine optimale Abstimmung der vorbeugenden und direkten Schutzmassnahmen angewiesen, weil gut wirksame systemische Fungizide fehlen. Der auf 4 kg Cu-Metall pro Hektar und Jahr beschränkte Kupfer-Fungizideinsatz ist nur bei einer gleichmässigen Anlagerung ausreichend vorbeugend wirksam. Kupfer als Schwermetall ist wegen Anreicherung und toxischer Wirkung im Boden ökologisch bedenklich. Deswegen sollen Kupferpräparate in der EU ab April 2002 nicht mehr zugelassen werden. Alternativen sind: Anbau resistenter Sorten wie Matilda, Naturella und Appel sowie Erforschen biotauglicher Fungizide. Letzteres hat aber nach bisherigen schweizerischen und europäischen Untersuchungen gezeigt, dass die Suche nach Ersatzmittel mehrere Jahre beansprucht. In der Zwischenzeit werden befristete Übergangslösungen für Ökolandbau und eine Verbesserung der Applikationstechnik angestrebt. Die Untersuchung mit verschiedenen, auch fungizidsparsamen Spritztechniken kann hier eine Abhilfe schaffen.

Untersuchungsverlauf, Spritzgerätetechnik

- Die vier Feldversuche 1997 bis 2000 erfolgten in Tänikon: 540 m ü.M. mit Jahresniederschlägen von 1005 mm (1997), 1163 mm (1998), 1419 und 1128 mm (1999 und 2000).
- Kartoffelsorte Agria, 1998 auch Désirée (Injektordüsen-Vergleich), Reihenabstand 75 cm. Versuche 1997 und 2000 als «Blockanlage», 1998 und 1999 als «lateinisches Rechteck» mit vier Wiederholungen und 95 bis 120 m² Parzellen (Parzellenbreite = 4,5 m) sowie 22 m² ungespritzten Kontrollparzellen.
- Anbaufeldspritzgeräte: Hardi Twin Stream mit 12 m Arbeitsbreite, 800 l-Behälter, 114 l/min Pumpenleistung, von Traktorhydraulik angetriebenes Axialgebläse mit Luftsack entlang der Gestängebreite und elektrohydraulischer Winkelverstellung der Düsen-Luftspalt-Einheit (Verstellbereich um 18° nach vorne oder nach hinten). Die Luftgeschwindigkeit ist über die Gebläsedrehzahl mit Verstellpumpe und Öldruck stufenlos regulierbar (Abb. 2).
- Fischer Agrifix mit 12 m Arbeitsbreite, 600 l-Behälter, 105 l/min Pumpenleistung, hydraulischer Gestängeverstellung mit Teejet-Düsen XR, TT und der Unterblattspritzeinrichtung bestehend aus sechs Elementen Fischer und Birchmeier (Prototyp).
- Injektordüsen (Luftansaugdüsen) Agrotop mit 025-Dosierplättchen. Einzeldüse mit Mundstück «Albus blau», Doppelflachstrahldüse = zwei um 60° versetzte Düsenmundstücke «Albus

grün» (Abb. 3). Weitere Einzelheiten enthält Tabelle 1.

- Erhebungen: Arbeitstechnische Daten, Einsatzbedingungen (2000: Staudenwuchs, -fläche und Volumen), Mittelanlagerung/Bedeckungsgrad auf beiden Blattseiten und zwei Staudenpositionen mittels einer fluoreszierenden Markiersubstanz und PC-Bildanalyse-Methode. Bonitierung des *Phytophthora*-Befalls, Ertragerhebungen, Lagerung, Sortieren und Ermitteln der kranken Knollen.

Anbautechnische Massnahmen

Die anbautechnischen vorbeugenden Massnahmen sind im Biokartoffelbau besonders wichtig, weil eine allfällige *Phytophthora*-Primärinfektion mit Kupfermittel nicht gestoppt werden kann. Als Infektionsquellen gelten: Hausgärten, Anbau unter Folie, Abfallhaufen und Durchwuchs von kranken Knollen. Als Standort sind windoffene Felder möglichst weit von Seen, Flüssen und Weihern zu wählen. Der Anbau resistenter oder schwach anfälliger Sorten, Verwenden von gesundem vorgekeimtem Pflanzgut, mässige Düngung sowie eine fachgerechte Legebettbereitung und Lege- und Pflagegertechnik (grossvolumige, vor Pilzsporen schützende Dämme) sind zu bevorzugen. Möglichst frühe Pflanzung ab 8 °C Bodentemperatur und ein Reihenabstand von 75 cm sind für das Wachstum und ein rasches Abtrocknen des Bestandes vorteilhaft.



Abb. 2: Eine Luftunterstützung verbessert die Bestandesdurchdringung und reduziert die Abdrift.

Tab. 1: Versuchstechnische Angaben zur Bekämpfung der Krautfäule in Biokartoffeln

| Arbeitsverlauf | | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | |
|---|--------------------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----|
| Bodenart | | Schwach toniger Lehm | Schwach toniger Lehm | Sandiger Lehm | Sandiger Lehm | |
| Vorfrucht | | Kunstwiese | Winterweizen, Senf | Winterweizen | Winterweizen, Senf | |
| Pflanzdatum | | 9.4. | 25.4. | 27.4. | 27.4. | |
| Knollenabstand | | 27 cm | 29 cm | 24 cm | 29 cm | |
| Pflegetechnik | | Hacken/Häufeln (3 x) | Hacken/Häufeln (3 x) | Hacken/Häufeln (2 x) | Hacken/Häufeln (2x) | |
| Fungizid-Spritzung am | | 30.5./10.6./20.6./1.7./14.7./28.7. | 9.6./18.6./29.6./6.7./13.7. | 9.6./23.6./1.7./12.7./22.7. | 5.6./14.6./21.6./5.7./17.7. | |
| Fungizid | | Cuprofix [50 % Cu] | Kocide DF [40 % Cu] | Kocide DF [40 % Cu] | Kocide DF [40 % Cu] | |
| Kupfermenge (kg/ha) | | 2 x 0,4 + 4 x 0,8 | 2 x 0,4 + 3 x 0,8 | 2 x 0,4 + 3 x 0,8 | 2 x 0,4 + 3 x 0,8 ¹⁾ | |
| Versuch | Spritzvarianten (l/ha) ²⁾ | Flachstrahl Düsen | | Düsenstellung ³⁾ | Spritzdruck (bar) | |
| 1997 | A. 400 | Hardi 4110-16 | | } Standarddüsen | 7° | 6,9 |
| | B. 200 | Hardi 4110-14 + Luftunterstützung | | | 7° | 2,6 |
| 1998 | A. 400 | Hardi 4110-16 | | } Standarddüsen | 7° | 6,9 |
| | B. 400 | Hardi 4110-16 + Luftunterstützung | | | 7° | 6,9 |
| | C. 400 | Agrotop TD 025, lila, Injektor | | } Antidriftdüsen | 7° | 8,7 |
| | D. 400 | Agrotop TD 025, lila, Doppel-/Injektor | | | 30° | 8,7 |
| 1999 | A. bis D. | gleich wie 1998 | | Universaldüsen | ↕ | 4,0 |
| | E. 500 | Teejet XR 110 02, Unterblattspritzeinrichtung Fischer | | | | |
| 2000 | A. 500 | Teejet XR 110 04 VK, rot | | Universaldüsen | 40° | 5,1 |
| | B. 500 | Teejet TT 110 04 VP, rot | | Antidriftdüsen | 40° | 5,1 |
| | C. 500 | Teejet XR 110 02 VK, gelb, Unterblattspritzeinrichtung Fischer | | } Universaldüsen | 30° | 4,0 |
| | D. 500 | Teejet XR 110 02 VP, gelb, Unterblattspritzeinrichtung Birchmeier | | | 30° | 4,0 |
| Krautvernichtung bei: unbehandelt/behandelt | | 29.7./5.8. | 10.7./20.7. | 19.7./30.7. | 27.7./27.7. | |
| Ertragserhebungen Kartoffellagerung bis | | 28.8. 26.11.1997 | 19.8. 11.3.1999 | 19.8. 2.2.2000 | 28.8. 13.2.2001 | |

Anbaufeldspritzen: Hardi Twin Stream 1997 bis 1999 (A bis D)
Fischer Agrifix 1999 (E) und 2000 A bis D

¹⁾ Bei C- und D-Varianten auch mit um 40 % reduzierter Kupfermenge (kg/ha) 2 x 0,24 + 3 x 0,48

²⁾ Fahrgeschwindigkeit 5 km/h

³⁾ Düsen- bzw. Spritzstrahlrichtung in Grad zur Vertikalen



Abb. 3: Einzel- und Doppelflachstrahl-Injektordüsen zeichnen sich durch relativ grobe, abdriftarme Tropfen und breiten Druckbereich aus (Agrotop von U. Wyss, Bützberg).

Darüber hinaus sind regelmässige Bestandeskontrollen und das Vernichten der Erstbefallsherde erforderlich. Letztere sind an kantonale Pflanzenschutzdienste und Nachbarbetriebe zu melden, damit eine Fungizid-Erstbehandlung vor dem Epidemiebeginn erfolgen kann.

Spritztechnikvergleich, Blattbedeckungsgrad

Im Vordergrund der direkten Massnahmen stehen ein optimaler Spritzzeitpunkt, ein gleichmässiger Spritzbelag auf

beiden Blattseiten und Stengel sowie eine gute Durchdringung des Bestandes. Die Schutzdauer der Kontaktfungizide beträgt sieben bis zehn Tage. Danach soll der Schutzbelag jeweils vor der Pilzinfektion erneuert werden. Es wird eine flexible Spritzfolge angestrebt, die Sortenanfälligkeit, Krautwuchs, Infektionsdruck, Niederschlagsmenge, Wettervorhersage, Befahrbarkeit der Felder und die auf 4 kg/ha beschränkte Kupfermenge berücksichtigt. Die erste Behandlung soll erst beim Feststellen von Primärherden in der Region erfolgen.

Die fünf bzw. sechs (1997) Spritzungen pro Vegetation erfolgten mehrheitlich bei günstigen Wetterbedingungen: Windgeschwindigkeit 0 bis 2 m/s, Lufttemperatur 17 bis 22 °C (3 x bis 24 °C) und Luftfeuchtigkeit 42 bis 83 % sowie abgetrocknetem Krautbestand. Um eine bessere Durchdringung und Mittelanlage in dichten Beständen zu erreichen, wurden meist eine Wassermenge von 400 und 500 l/ha und ein Druck von 4 bis knapp 9 bar bei einer Fahrgeschwindigkeit

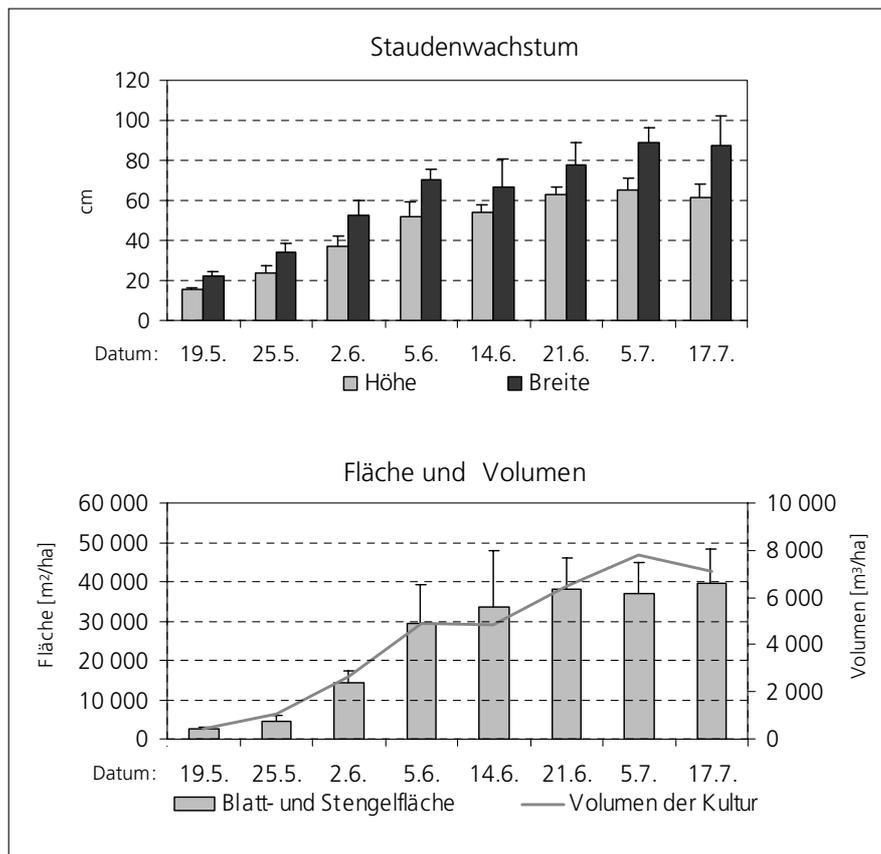


Abb. 4: Staudenwachstum vom 19. Mai bis 17. Juli 2000 sowie Messergebnisse der Blatt- und Stengelfläche bzw. des Kulturvolumens. In folgenden Räumen l = Streubreite der Messwerte.

keit von 5 km/h gewählt, sowie die Düsen schräg um 7°, 30° bzw. 40° zur Vertikalen gestellt (Tab. 1).

Grundsätzlich sollen jeweils die Wasser- und Mittelmengen/ha der aktuellen Staudenfläche bzw. dem -volumen angepasst werden. Mit dem Krautwachstum nehmen die Blatt- und Stengelflächen und damit der Bedarf an Kontaktfungizidmenge je Hektare zu (Abb. 4). Beispielsweise im Jahre 2000 nahm die «Totalfläche» von rund 2500 m² am 19. Mai bis auf 40 000 m²/ha am 17. Juli zu. Ein an Kultur- und Wachstumsstadium angepasstes Spritzen zielt darauf ab, die für eine biologische Wirkung erforderliche Wirkstoffdosierung zu optimieren. Für die Schätzung der Blatt- und Stengelfläche im Praxisbetrieb sollten einfach zu handhabende Parameter wie Pflanzenhöhe, -volumen oder Entwicklungsstadium erarbeitet werden.

Der **Blattbedeckungsgrad** ist ein wichtiger Messparameter für die Erfassung und Beurteilung der Spritzqualität. Die 1998 und 2000 bei jeweils zwei Spritzungen ermittelten Werte sind in Abbil-

dung 5 ersichtlich. Bei der Spritzmenge von 400 l/ha wurde 1998 auf den Blattoberseiten bei allen Spritzvarianten ein ausreichender Bedeckungsgrad von 15 bis 40 % ermittelt. Die Blattunterseiten hingegen wiesen nur Werte von 0,1 bis 3,6 % auf. Bei der Spritzmenge von 500 l/ha sind im Jahre 2000 bedeutend bessere Ergebnisse erzielt worden. Die Bedeckungsgrade auf den Blattoberseiten betragen 23 bis 60 % und auf den Blattunterseiten 16 bis 37 %. Die höheren Messwerte sind hauptsächlich auf eine verbesserte Spritztechnik insbesondere der Unterblattspritzung zurückzuführen. Weitere Einzelheiten werden bei den einzelnen Spritztechniken erläutert.

Luftunterstützung. Die Hardi-Standarddüsen mit 35 bis 40 cm Abstand über dem Kartoffelbestand ergaben ohne/mit Luftunterstützung etwa gleiche Bedeckungswerte. Die positive Wirkung der Luftunterstützung kam nur bei der 90 cm-Pflanzenhöhe in einer besseren Benetzung der Blattunterseiten und einer merklichen Abdriftreduktion zum Ausdruck. Die hohen Stauden werden offensichtlich mit dem nach vorne gerichteten

Luftstrahl mehr als die niedrigen bewegt. Die Luftaustrittsgeschwindigkeit von 20 bis 28 m/s wird nach 30 cm Entfernung durch den Luftwiderstand auf 8 bis 10 m/s reduziert (Gebläsedrehzahl 2620 U/min).

Injektor-Antidriftdüsen. Die Agrotop Doppelflachstrahldüsen mit einem um 30° nach vorne und nach hinten gerichteten Flachstrahl zeichneten sich durch einen höheren Bedeckungsgrad in den oberen Staudenhälften aus. Bei 50 bis 60 cm Abstand zum Bestand und rund 9 bar Druck waren die Durchdringung und Anlagerung in den unteren Staudenhälften auf den Blattoberseiten ziemlich gut. Die unteren Blattseiten hingegen wiesen nur Werte von 0,2 bis 1,7 % auf. Die Einzelinjektordüsen mit nur um 7° nach vorne gerichtetem Flachstrahl lagerten die relativ grossen Bläschentropfen bei Désirée recht gut an. Nur bei der Staudenhöhe von 70 cm wurden tiefere Werte als mit den Doppeldüsen ermittelt.

Injektordüsen sind vielseitig in Ackerkulturen in einem Druckbereich von 4 bis 12 bar einsetzbar. Mit einem relativ grossen Tropfendurchmesser von 0,3 bis 0,5 mm tragen sie zu einer starken Verminderung der Abdrift bei. Die Injektordüsen, insbesondere die Doppeldüsen, benötigen mehr Platz am Spritzgestänge als die üblichen Düsen.

Die **Universaldüsen** Teejet XR mit um 40° nach vorne gerichtetem Flachstrahl lagerten in beiden Staudenpositionen und auf beiden Blattseiten wesentlich mehr Brühe an als die TT-Pralldüsen. Letztere weisen als Antidriftdüsen relativ grobe Tropfen auf, die sich eher auf den Blattoberseiten absetzen. Die TT-02, -03 und -04-Grössen sind aber durchaus auch für Fungizide verwendbar und tragen merklich zur Abdriftminderung bei.

Die **Unterblattspritzeinrichtung** Fischer wurde weiterentwickelt und zusammen mit drei Elementen von Birchmeier eingesetzt (Prototyp, Abb. 6 und 7). Dabei konnten die Stauden von oben schräg und von unten bespritzt werden. Die ersten drei Einsätze bereiteten praktisch keine Probleme. Nach dem Bestandschluss hingegen war die Führung der Doppeldüsen 30 cm über den Furchen durch querliegende Stauden erschwert. Wegen zu weicher Düsenräger wurden die Düsen mit den zu grossen Schutzelementen oft angehoben, was die Spritzqualität beeinträchtigte (Birchmeier). Die

oberen Staudenpositionen wiesen dadurch die höchsten Bedeckungsgrade (Abb. 5, O2 = 57/37 % gegenüber U2 = 42/13 %) auf. Gesamthaft betrachtet

ergaben die Unterblattspritzten die besten Anlagerungswerte auf den Blattunterseiten. Die um 45° nach vorne/hinten versetzten Düsen bei Birchmeier hatten

gegenüber der rechtwinkligen Düsenstellung (Fischer) meist bessere Ergebnisse zur Folge.

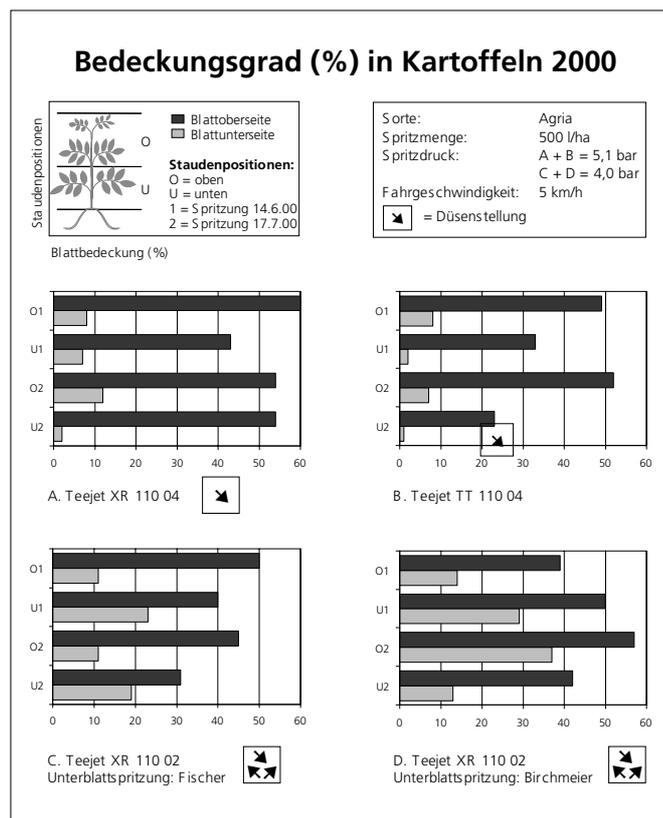
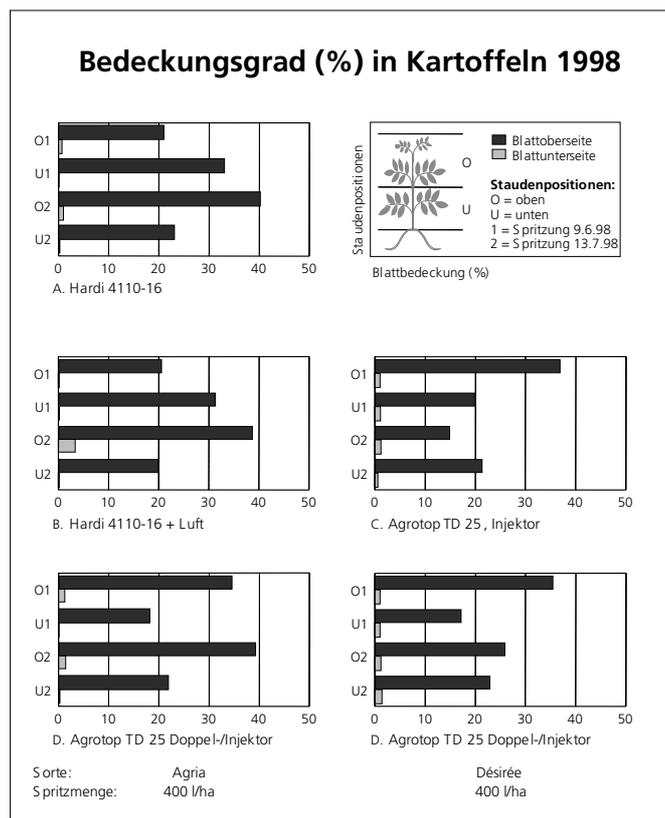


Abb. 5: Bedeckungsgrad an Blättern in den zwei Staudenpositionen bei zwei Spritzterminen und Jahren.
 Staudenhöhe: 1998: Agria 1 = 50 cm, 2 = 90 cm
 Désirée 1 = 40 cm, 2 = 70 cm
 2000: 1 = 55 cm
 2 = 80 cm



Abb. 6: Die gefederten Düsensträger sind am Spritzgestänge senkrecht und waagrecht verstellbar (Fischer, Prototyp 2).
 Rechts: Der trichterförmige Düsenschutz befriedigte, wird aber weiter verbessert.



Abb. 7: Die relativ weichen Kunststoff-Rohrleitungs-Träger sind verstellbar und fixierbar (Birchmeier, Prototyp 1). Unten: Die gut platzierten Doppeldüsen erfordern einen kompakten Schutz und stabileren Träger.



Biologische Wirkung, Erträge

Die biologische Wirksamkeit ist das wichtigste Kriterium für eine Verfahrensbeurteilung. Obwohl die Witterung für eine Phytophthora-Infektion und -Ausbreitung günstig war, blieb der Bestand der mittelanfälligen Agria-Sorte bis anfangs Juli 1997, 1999 und 2000 praktisch ohne

Befall (Abb. 8). Um die Wirkungseffizienz der unterschiedlichen Applikationstechnik unter erhöhtem Krankheitsdruck zu ermitteln, wurden die unbehandelten Kontrollparzellen am 11.7.1997, 2.7.1999, bzw. 3.7.2000 künstlich infiziert. 1998 trat hingegen ein natürlicher Pilzbefall auf. Die Ergebnisse der Bonitierungen sind aus Tabelle 2 und Abbildung 9 ersichtlich.

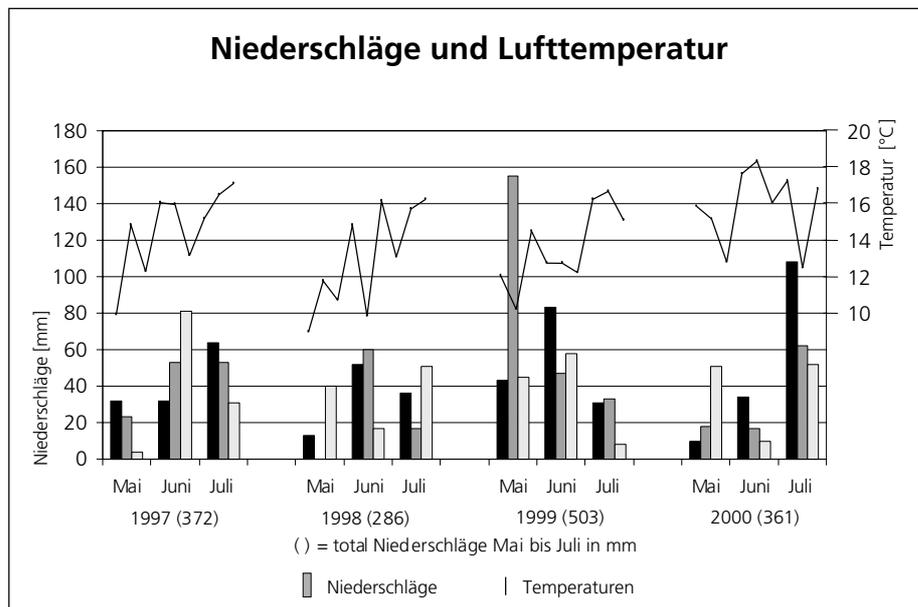


Abb. 8: Niederschläge und Lufttemperatur in den Dekaden der drei Monate und vier Versuchsjahre. Niederschläge je Dekade = Summe der Niederschläge von 1. bis 10., 11. bis 20. Mai usw. Lufttemperatur je Dekade = Durchschnitt der Tagesablesungen um 01, 07, 13 und 19 Uhr, vom 1. bis 10. Mai usw.

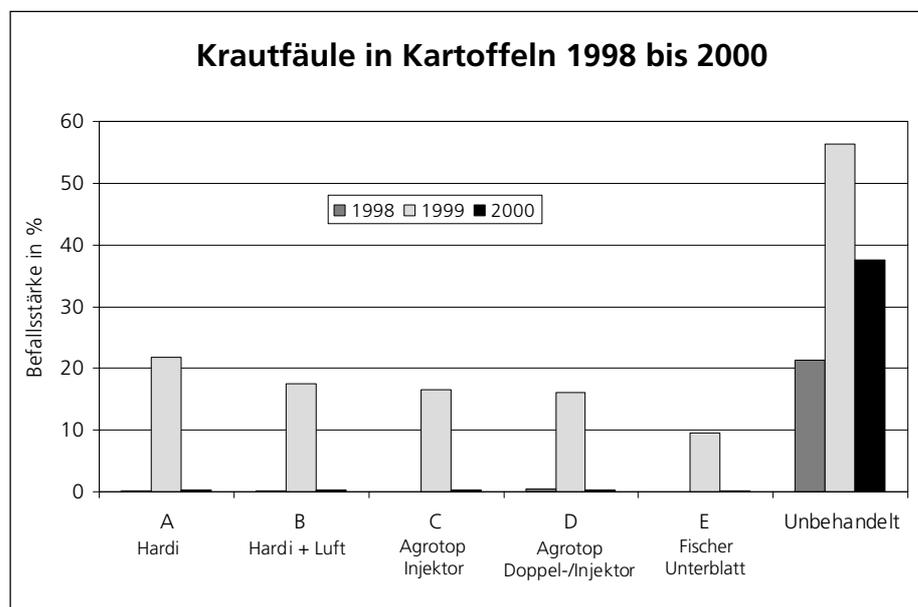


Abb. 9: Phytophthora-Blattbefall bei Agria in drei Jahren je nach Fungizidspritzvariante. Die Spritzvarianten und Kupfermengen im Jahre 2000 sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tab. 2: Phytophthora-Blattbefall bei Agria je nach Fungizidspitzvariante 1997 bis 2000

| Spritzvarianten | Blattbefall | | | | | | | |
|---|--------------|---------|--------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|
| | % | p=0,05* | % | p=0,05* | % | p=0,05* | % | p=0,05* |
| A. Hardi | 1,7 | b | 0,2 | b | 21,8 | b | 0,3 | b |
| B. Hardi + Luft | 4,8 | c | 0,1 | b | 17,5 | bc | 0,3 | b |
| C. Agrotop Injektor | — | — | — | — | 16,5 | bc | 0,3 | b |
| D. Agrotop Doppelflachstrahl-/ Injektor | — | — | 0,04 | b | 16,1 | bc | 0,3 | b |
| E. Fischer Unterblattspritzeinrichtung | — | — | — | — | 9,6 | c | 0,1 | b |
| U. Unbehandelt | 19,6 | a | 21,4 | a | 56,3 | a | 37,5 | a |
| Bonitur: Un-/behandelt | 28.7./5.8.97 | | 8.7./17.7.98 | | 16.7./27.7.99 | | 26.7./26.7.00 | |

Blattbefall 1998 bei der Sorte Désirée %, C = 0,02, D = 0,01 und U = 3,3

Spritzvarianten 2000: A = Teejet-Düsen, XR 04 und B = TT 04 (3,2)
 C = XR 02 Fischer-Unterblattspritzen (1,9)
 D = XR 02 Birchmeier-Unterblattspritzen (1,9)
 E = XR 02 Fischer-Unterblattspritzen (3,2)
 () = Kupfermenge: kg/ha

*) Gesicherte Unterschiede zwischen Varianten mit ungleichen Buchstaben bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %.

nichtung hatte eine Ertragsminderung von 17 bis 32 % bei Speisekartoffeln und um 15 bis 24 % beim Gesamtertrag zur Folge.

Lagerung. Für ein Ermitteln von Knollenfäulnisbefall am Erntegut waren die Kartoffelproben drei bis sieben Monate gelagert (Tab. 1). Nach zweiwöchiger Einlagerung bei 15 bis 18 °C zur Wundenverkorkung und einer eher fäulnisfördernden Lagerung bei 8 bis 12 °C sind bei behandelten und unbehandelten Varianten praktisch keine kranken Knollen festgestellt worden. Grosse Dämme mit 5 cm und dickerer Bodenschicht über den Knollen wirken sich offensichtlich als ausreichender Filterschutz gegen eine Sporenfäule aus. Bei der mechanischen Krautvernichtung sind Krautschläger mit Krautablage in den Furchen erforderlich.

Tab. 3: Kartoffelerträge mit / ohne Fungizidspritzungen 1997 bis 2000
 Krautbeseitigung bei «Unbehandelt» um 7 (1997), 10 (1998) bzw. 11 Tage (1999) vorverschoben

| Versuchsvarianten | Speisekartoffeln (Ø 42-70 mm) dt/ha | | | | Gesamtertrag dt/ha | | | |
|---------------------------|-------------------------------------|--------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|
| | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
| Gespritzt | 471 | 349 | 272 | 402 | 497 | 411 | 350 | 457 |
| Unbehandelt | 389 | 237 | 202 | 318 | 418 | 312 | 272 | 389 |
| Ertragsminderung in dt/%* | 82/17 | 112/32 | 70/26 | 84/21 | 79/16 | 99/24 | 78/22 | 68/15 |

*) Gesicherte Unterschiede mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %.

Im **Versuch 1997** schnitt die Spritzvariante (A. 400l/ha) mit 1,7 % Befall besser ab als die Variante mit 200 l/ha und Luftunterstützung (= 4,8 %). Letztere erwies sich für Kontaktfungizide, wie auch in ausländischen Versuchen als zu gering. **1998** konnte mit fünf Spritzungen und ähnlichem Krankheitsdruck eine sehr gute Wirkung mit allen Versuchsvarianten erzielt werden. Im Jahre **1999** mit extremen Niederschlägen im Mai und Juni sowie sehr starkem Befall der Kontrollparzellen kam die Gefährlichkeit der Phytophthora-Epidemie deutlich zum Vorschein. Obwohl das kranke Kraut in den Kontrollparzellen am 19. Juli vernichtet wurde, konnte die Ausbreitung der Krankheit mit fünf Spritzungen nicht mehr verhindert werden. Bei hohem Infektionsdruck war die Wirkung der alternativen Spritzvarianten, insbesondere der Unterblatt-Variante «E» signifikant besser als die Standardvariante «A».

Im Jahre **2000** mit relativ starkem Befall der Kontrollparzellen von 37,5 % waren alle Spritzvarianten recht gut wirksam (0,1 bzw. 0,3 %). Tendenzmässig fiel das Unterblattspritzen «E» am besten aus. Ferner ist bemerkenswert, dass das Unterblattspritzen C und D mit 40 % reduzierter Kupfermenge gleich gute Wirkung erzielte wie die Standardspritzung (Tab. 3). Die erlaubte Kupfermenge von 4 kg/ha wurde nur 1997 ausgeschöpft, 1998 bis 2000 hingegen um 20 % oder sogar um 52 % beim Unterblattspritzen unterschritten.

Erträge. Die Ergebnisse der drei bis vier Wochen nach der Krautvernichtung erfolgten Ertragserhebungen sind in Tabelle 3 enthalten. Diese zeigen die negativen Auswirkungen des Phytophthora-Befalls und dadurch einer vorzeitigen Krautvernichtung. Eine um sieben bis elf Tage vorverschobene Krautver-

Schlussfolgerungen

Eine erfolgreiche Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule erfordert eine fachgerechte Abstimmung der vorbeugenden und direkten Massnahmen. Der Biokartoffelbau stellt besonders hohe Anforderungen an die den Standortbedingungen anzupassende Anbau-, Pflege- und Spritztechnik. Mit fünf rechtzeitigen Spritzungen der Kupfer-Kontaktfungizide konnten die mittelanfälligen Sorten Agria und Désirée ausreichend geschützt werden.

Eine erfolgreiche Spritztechnik und Mittelanelagerung in Kartoffeln erfordern:
 – Brühmenge von 400 bis 500 l/ha, Kulturfläche bzw. -volumen angepasst,
 – Richtige Düsen mit 30 bis 45° schräger Flachstrahlstellung, Universal- und Antidriftdüsen,

- Düsenabstand 30 bis 40 cm ab Bestand bei 110° Strahlwinkel,
- Fahrgeschwindigkeit von 4 bis 5 km/h, Fahrgassen,
- Betriebsdruck von 4 bis 10 bar, der Düsenart und -grösse angepasst,
- Die Injektor- und Pralldüsen zeichnen sich durch einen breiten Einsatz- und Druckbereich, relativ grossen Tropfendurchmesser und eine starke Abdriftverminderung aus.
- Die Spritztechnik mit Luftunterstützung verbessert etwas die Bestandesdurchdringung und Anlagerung und reduziert die Windabdrift. Die hohe Schlagkraft und Flächenleistung können durch geringe Wassermengen/ha und höhere Fahrgeschwindigkeiten in übrigen Ackerkulturen realisiert werden.
- Eine technisch ausgereifte Unterblattspritzeinrichtung kann die Mittelanlagerung in Reihenkulturen bei mässigem Druck und geringer Abdrift wesentlich verbessern (etwa 50 % Mitteleinsparung). Dabei ist ein Frontan-

bau-Spritzgestänge mit den Unterblattspritzelementen, das vom Heckanbau-Spritzgerät mit Brühe versorgt wird, denkbar. Im Hinblick auf einen überbetrieblichen Einsatz auch in Buschbohnen, Feldgemüsebau usw. müssen diese verstellbar und an die Reihenabstände von zum Beispiel 50 und 75 cm anpassbar sein.

Ausblick

Die bisherigen Untersuchungen zeigen, dass die Forderungen im Feldbau nach einer Abdriftreduktion, durch die Antidriftdüsenteknik und Luftunterstützungssysteme weitgehend erfüllt sind. Gegenwärtig und inskünftig ist zu erwarten, dass die technischen Entwicklungen schwerpunktmässig eine Verbesserung der Mittelanlagerung auf den Kulturpflanzen berücksichtigen. Durch eine optimale Applikationstechnik sind erhebliche Mitteleinsparungen möglich.

Literatur

Bassin S. und Forrer H.R., 2001. Suche nach Kupferalternativen gegen die Krautfäule der Kartoffel. *Agrarforschung* 3, 124–129.

Irla E., Anken T. et al., 2000. Spritztechnik gegen Krautfäule in Kartoffeln. *FAT-Bericht* 548, 1–7.

Meinck S. und Kolbe H., 1999. Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule im ökologischen Kartoffelbau. *Kartoffelbau* 5, 172–175.

Ripke F.O., 1997. Düsenteknik: Belagsmessungen bei Pflanzenschutzmassnahmen. *Kartoffelbau* 5, 168–172.

Ruckstuhl M. und Krebs H., 1997. Wenn die Kraut- und Knollenfäule droht. *Die Grüne* 12, 22–25.