

Auswirkungen von Krautfäulebefall und N-Ernährung auf das Wachstumsverhalten von Kartoffeln

IM ÖKOLOGISCHEN KARTOFFELBAU GILT DIE KRAUT- UND KNOLLENFÄULE ALS WICHTIGSTE URSACHE FÜR DIE STARKEN ERTRAGSSCHWANKUNGEN IN DER PRAXIS - AUFGRUND DER ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN DER N-ERNÄHRUNG UND DEM VERLAUF DES KNOLLENWACHSTUMS SIND DIE URSACHEN FÜR DIE ERTRAGSSCHWANKUNGEN IN DER PRAXIS JEDOCH HÄUFIG SEHR VIEL KOMPLEXER

Dr. Kurt Möller, Lehrstuhl für Phytopathologie der TU München Weihenstephan; jetzt: Professur für Organischen Landbau der Justus Liebig-Universität Gießen; Karl-Glöckner- Str. 21c, 35394 Gießen;
Email: kurt.a.moeller@agrar.uni-giessen.de

Die Anbautechnik von Kartoffeln im ökologischen im Vergleich zum konventionellen Landbau unterscheidet sich im Wesentlichen durch zwei wichtige Faktoren: 1.) Durch die unzureichenden Mittel für eine effektive direkte Krautfäulebekämpfung sowie 2.) durch die sehr eingeschränkten Möglichkeiten einer gezielten Stickstoffdüngung. In der Praxis werden enorme Ertragsschwankungen bei der Produktion von Öko-Kartoffeln festgestellt, die in aller Regel mit einem mehr oder weniger starken Krautfäulebefall im Einzeljahr in Beziehung gebracht werden. Wie Erhebungen auf über 200 Einzelstandorten in vier Jahren (1995 bis 1998) auf 15 Praxisbetrieben in Südbayern sowie von ergänzenden Feldversuchen auf der Versuchsstation Klostersgut Scheyern zeigen, sind jedoch die Ursachen für die starken Ertragsschwankungen in der Praxis sehr viel komplexer als bisher angenommen.

Die N-Versorgung der Kartoffeln im Ökologischen Landbau

In den vegetationsbegleitenden Probenahmen konnte ermittelt werden, dass im Durchschnitt aller untersuchten Standorten die Kartoffeln bis Mitte Juli 97,5 kg N/ha aufgenommen hatten, sie liegen damit deutlich unter den konventionellen N-Sollwerten für optimale Erträge (150 bis 220 kg N/ha). Neben diesen niedrigen durchschnittlichen N-Aufnahmen wurden auf den untersuchten Öko-Standorten gleichzeitig enorme Unterschiede in den N-Aufnahmen zwischen 50 und 150 kg N/ha gemessen. Kartoffeln benötigen zur Produktion von 100 dt Knollen/ha etwa 30 bis 35 kg N/ha. Entsprechend den oben dar-

gestellten N-Aufnahmen schwankt das Ertragspotenzial in der Praxis des ökologischen Kartoffelbaus damit zwischen 150 und 450 dt/ha.

Die Auswirkungen der N-Versorgung auf die Ertragsbildung

Von grundlegender Bedeutung für das Verständnis des Knollenwachstums sind die Auswirkungen der N-Ernährung auf das Knollenwachstum und dessen Verlauf. Dabei ist grundsätzlich zwischen der Knollenwachstumsrate (täglicher Knollenzuwachs) und der Knollenwachstumsdauer (Zeitraum zwischen Knollenanlage und Ende des Knollengrößenwachstums) zu unterscheiden.

Allgemein bekannt ist, dass die N-Ernährung das Blattwachstum maßgeblich beeinflusst und dass die Knollenwachstumsraten wiederum in enger Beziehung zur Blattmasse stehen. Dies gilt bis zu einem Blattflächenindex von etwa 2,5 bis 3, also einem nahezu geschlossenen „Blätterdach“. Wird mehr Blattmasse gebildet (wie in aller Regel bei konventionell geführten Kartoffelbeständen), so führt das zu keiner weiteren Erhöhung des täglichen Knollenzuwachses. Im ökologischen Kartoffelbau bilden gut mit Stickstoff ernährte Bestände (N-Aufnahmen Mitte Juli in der Größenordnung von 110 bis 130 kg/ha) einen Blattflächenindex, der für maximal mögliche Knollenwachstumsraten ausreicht. Der Knollenzuwachs beträgt dann in der Hauptwachstumsphase unter optimalen Wachstumsbedingungen etwa 9 dt/ha und Tag. Dies gilt z.B. in der Regel für Kartoffeln die nach Klee gras stehen. Bei schwach mit N-versorgten Beständen (N-Aufnahmen zwischen 70 und 90 kg/ha) dagegen reicht die gebildete Blattmasse nicht aus, um maximale tägliche Ertragszuwächse zu erzielen. Hier betragen die Knollenwachstumsraten durchschnittlich knapp 7 dt/ha

und Tag. Solche Bedingungen liegen häufig bei Getreidevorfrucht selbst mit ergänzender Stallmistdüngung, nicht selten aber auch bei Erbsenvorfrucht vor.

Wenn N-Aufnahmen von 110 bis 130 kg/ha ausreichen, um optimale Wachstumsraten zu erzielen, stellt sich die Frage, wieso die Empfeh-

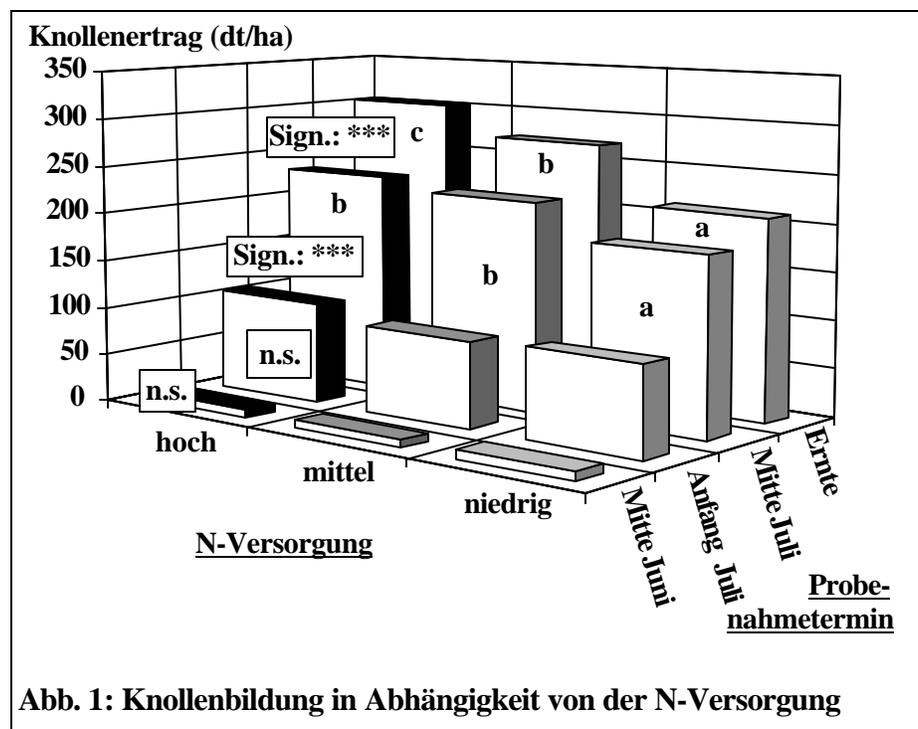


Abb. 1: Knollenbildung in Abhängigkeit von der N-Versorgung

lungen für die N-Versorgung (Boden-N + Dünger-N) im konventionellen Kartoffelbau mit 150 bis über 200 kg/ha deutlich höher ausfallen und damit ein Blattwachstum erzielt wird, das sich letztendlich „gegenseitig“ beschattet?

Hier kommt der zweite Effekt im Zusammenhang mit der N-Versorgung zum Tragen: Je höher die N-Ernährung, desto länger ist ein Kartoffelbestand in der Lage, die täglichen Knollenzuwächse aufrecht zu erhalten und desto später beginnt die Abreife. Wie stark dieser Effekt ist, zeigen die Ergebnisse in Abbildung 1: Die untersuchten Bestände mit niedriger N-Versorgung hatten in allen vier Untersuchungsjahren bereits Mitte Juli (!) die Knollenbildung nahezu abgeschlossen, nur bei vergleichsweise hoher N-Versorgung wurden nach Mitte Juli noch nennenswerte Ertragszuwächse festgestellt. Dies obwohl der Krautfäulebefall in allen vier Jahren Mitte Juli noch vergleichsweise schwach war und sich zwischen den Standorten unterschiedlicher N-Versorgung nicht signifikant unterschied. Für die Erträge zur Ernte waren damit insbesondere die Unterschiede in der Wachstumdauer nach Mitte Juli maßgeblich.

Wie ist dies zu erklären?

Kartoffeln nehmen den im Boden verfügbaren Stickstoff vornehmlich vor der Knollenbildung auf, er dient zunächst der Blattbildung. Nach Beginn der Knollenanlage kann die N-Aufnahme aus dem Boden nur eine kurze Zeit mit dem N-Bedarf für die Knollenbildung „mithalten“. Daher müssen die Kartoffelpflanzen mit fortlaufender Vegetationsperiode in zunehmenden Maße Stickstoff aus den Blättern in die Knollen umlagern, um das Knollenwachstum aufrecht erhalten zu können (siehe Abb. 2). Je mehr Stickstoff in den Blättern „zwischenlagert“ ist, desto länger kann ein Kartoffelbestand bzw. die einzelne Kartoffelpflanze das

Knollenwachstum durch Umlagerung von Stickstoff von den Blättern in die Knollen aufrecht erhalten. Wenn etwa zwei Drittel des aufgenommenen Stickstoffs in die Knollen umverlagert ist, kommt das Knollengrößenwachstum zum Erliegen. Die Pflanzen bilden keine

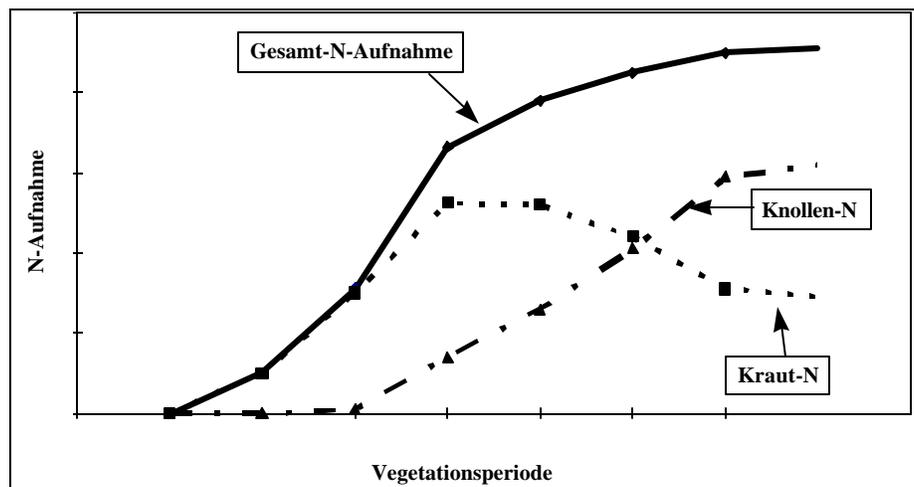


Abb. 2: N-Aufnahme und N-Verteilung innerhalb einer Kartoffelpflanze im Verlauf der Vegetationsperiode

neuen Blätter mehr, der Bestand beginnt mit der Abreife und lagert noch einige Tage Stärke in die Knollen ein, bevor er vollständig abstirbt.

Die oben beschriebene sehr starke Krautbildung in konventionell geführten Kartoffelbeständen dient daher nicht nur zur optimalen Nutzung der eingestrahelten Sonnenenergie, sie hat zugleich die Funktion eines „StickstoffzwischenSpeichers“, der eine Verlängerung der Knollenbildungsdauer ermöglicht und den Beginn der Abreife der Kartoffeln entsprechend verzögert.

Modellhafte Darstellung der Auswirkungen der N-Versorgung auf die Knollenbildung

Eine schematische Darstellung der beschriebenen grundlegenden Effekte der Stickstoffversorgung auf die Knollenbildung ist in Abb. 3 dargestellt.

Ertragsphysiologisch unterscheidet sich ein ökologisch relativ gut mit Stickstoff versorgter Bestand von einem konventionellen Bestand im Wesentlichen durch eine verkürzte (potenzielle) Knollenbildungsdauer. Ist die N-Versorgung selbst für „Öko-Bedingungen“ niedrig, tritt neben einer weiteren Verkürzung der (potenziellen) Knollenbildungsdauer eine Reduzierung des täglichen Knollenzuwachses ein.

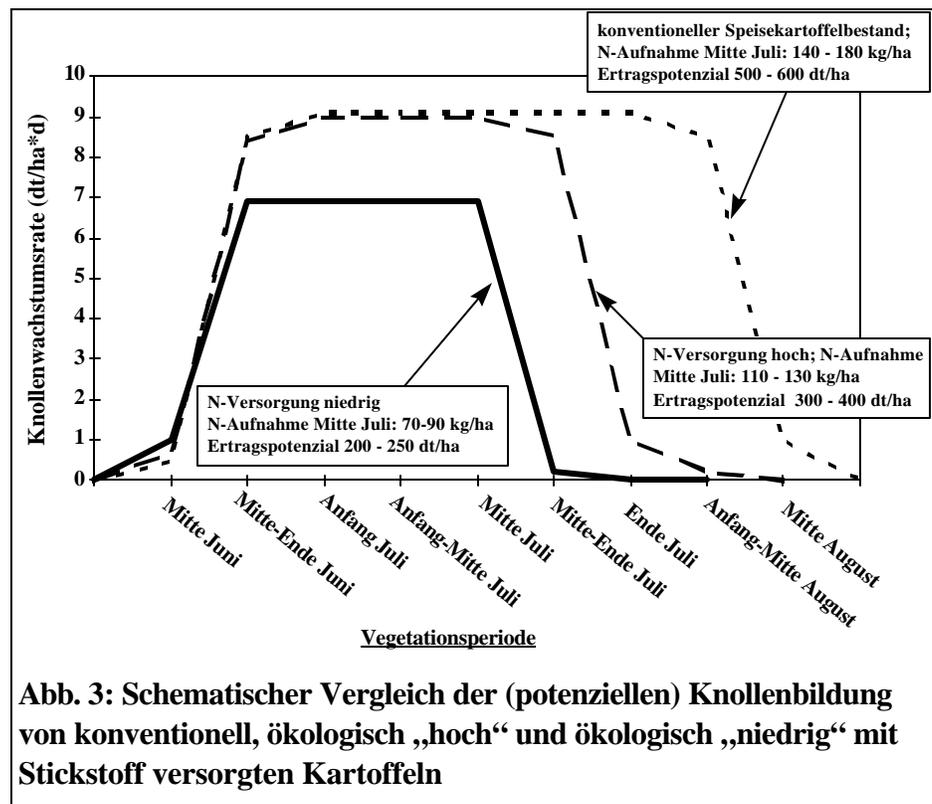


Abb. 3: Schematischer Vergleich der (potenziellen) Knollenbildung von konventionell, ökologisch „hoch“ und ökologisch „niedrig“ mit Stickstoff versorgten Kartoffeln

Aus den Ergebnissen und Wirkungen lassen sich zwei wichtige „Regeln“ ableiten:

- 1) Die N-Versorgung eines Kartoffelbestandes steuert maßgeblich sowohl die Knollenwachstumsraten als auch die Knollenwachstumsdauer.
- 2) Je höher das pflanzenbaulich angelegte Ertragspotenzial, desto mehr Zeit benötigt ein Bestand, dieses Potenzial auch in Ertrag umzusetzen - und in der Konsequenz: desto höher ist auch die Gefahr, dass z.B. Krankheitsbefall die Ausbildung des angelegten Ertragspotenzials „verhindert“! Die immense

ertragsbestimmende Bedeutung der N-Versorgung für die Dauer der (potenziellen) Knollenbildung wird häufig übersehen!

Was sagen die Trockenmassegehalte in den Knollen aus?

Dass das Ende des Knollenwachstums auf den Standorten mit niedriger N-Versorgung tatsächlich mit Abreifeerscheinungen im Zusammenhang steht, ist an den Trockenmassegehalten der Knollen zu erkennen. Denn generell steigen bei Kartoffeln die Trockenmassegehalte nach der Knollenanlage kontinuierlich an, ein deutlicher Anstieg ist auch noch in den ersten (ca. 10) Tagen nach Beendigung des Knollengrößenwachstums festzustellen. Daraus folgt eine weitere wichtige „Regel“: Je besser ein Kartoffelbestand ausreifen konnte, bevor das Kraut durch Krautfäulebefall abgestorben ist, desto höher sind die Stärke- bzw. Trockenmassegehalte¹ in den Knollen. Daher deuten sehr hohe Stärkegehalte stets darauf hin, dass das Knollenwachstum eines Kartoffelbestandes nicht nennenswert durch Krautfäule beeinträchtigt wurde.

Aus den in Abb. 4 dargelegten Ergebnissen aus den Praxisbetrieben kann z.B. entnommen werden, dass bei niedriger N-Versorgung die sehr hohen TM-Gehalte eindeutig auf entsprechende Abreifeerscheinungen bereits Mitte Juli hindeuten.

Da mit steigender Stickstoffversorgung der Beginn der Abreife eines Bestandes (=Ende des Knollengrößenwachstums) zeitlich entsprechend verschoben wird, wird auch der Anstieg der Trockenmassegehalte in den Knollen durch Erhöhung der N-Versorgung zunehmend verzögert. Auch dieser

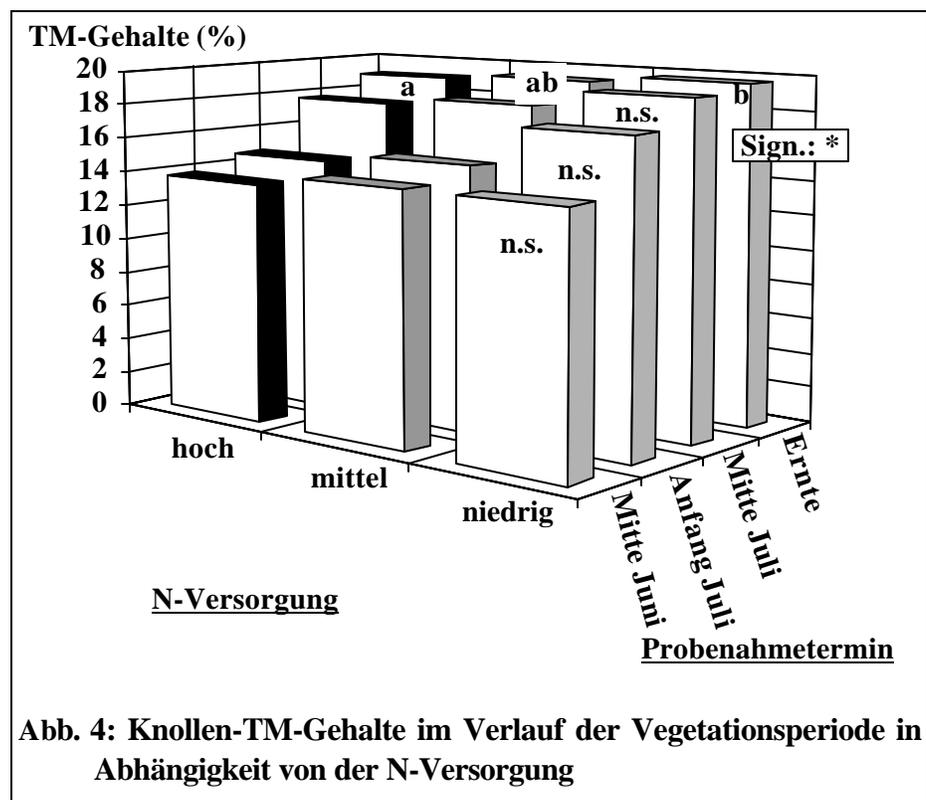


Abb. 4: Knollen-TM-Gehalte im Verlauf der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der N-Versorgung

¹ Wobei die Stärkegehalte erntereifer Knollen auch von einer Vielzahl anderer Wachstumsfaktoren bestimmt werden, neben der genetischen Veranlagung der jeweiligen Sorte spielen u.a. noch die Kalium- und die Wasserversorgung eine wichtige Rolle.

Effekt zeigt sich beim Vergleich zwischen den Standorten niedriger, mittlerer und hoher N-Versorgung in Abb. 4.

Relative Bedeutung des Krautfäulebefalls und der N-Versorgung als Ursache der Ertragschwankungen

Krautfäulebefall beeinträchtigt das Knollenwachstum durch Zerstörung von Blattfläche. Aus Ergebnissen eigener Versuche sowie von Kollegen ist jedoch bekannt, dass ein Kartoffelbestand bis zu einer (Teil-)Zerstörung von 50-60 % der Blätter kaum im Wachstum beeinträchtigt wird. Erst bei noch höherem Befall kommt es zu einer sehr raschen Minderung der Wachstumsleistung und bei einer Krautzerstörung von 70 bis 80 % kommt das Knollenwachstum zum Erliegen. Welche relative Bedeutung der Krautfäulebefälle in Relation zu den anderen Wachstumsfaktoren zukommt, kann mit Hilfe einer multiplen Regressionsanalyse untersucht werden. Bei den hier vorgestellten Ergebnissen wurden neben Standortfaktoren (z.B. Ackerzahlen) verschiedene Parameter berücksichtigt, die im Laufe der Vegetationsperiode erhoben wurden (z.B. wöchentlich der Krankheitsbefall, die Gesamtwachstumsdauer vom Auflaufen bis zum Absterben der Bestände, zweiwöchentlich die Biomassebildung und die N-Aufnahme, im Mai und im Juni im 10-tägigen Abstand die Nitrat-N-Gehalte im Boden, etc.). Aus den in Tab. 1 dargestellten Ergebnissen geht anhand der sog. Beta-Koeffizienten (= statistisches Maß für die relative Bedeutung der berücksichtigten einzelnen Wachstumsfaktoren) hervor, dass der N-Versorgung eine sehr viel stärkere Bedeutung für die Erklärung der festgestellten Ertragsschwankungen in der Praxis zukommt als der Gesamtwachstumsdauer der Bestände (und damit indirekt dem Krautfäulebefall). Aus dem ermittelten Bestimmtheitsmaß kann zudem geschlossen werden, dass N-Versorgung und Krautfäulebefall gemeinsam 73 % der ermittelten Ertragsschwankungen erklären.

Tab. 1: Haupteinflüsse auf die Variation der Knollenerträge zu Vegetationsende

Einflussvariablen	Beta-Koeffizient	(Bestimmtheitsmaß) r^2
Konstante		
$\ln(\text{Gesamt-N-Gehalt}_{\text{Kraut}} \text{ Mitte Juni})$	1,10	0,55
Gesamt-Wachstumsdauer	0,42	0,67
$\text{Gesamt-N-Gehalt}_{\text{Kraut}} \text{ Anfang Juli}$	-0,32	0,73

Insgesamt betrachtet belegen die Ergebnisse, dass den Unterschieden im Befallsverlauf von *Phytophthora* zwar eine gewisse Bedeutung für die festgestellten Ertragsdifferenzen zukommt, viel bedeutender als Ursache für die Ertragsschwankungen in der Praxis sind jedoch die starken Differenzen in der N-Versorgung der Bestände. Dies hängt mit der starken N-bedingten Verkürzung der (potenziellen)

Knollenbildungsdauer und der entsprechend sehr viel früheren N-bedingten Abreife vieler Bestände zusammen. Daher ist bei niedriger N-Versorgung das Knollenwachstum im ökologischen Landbau in der Regel abgeschlossen ist, bevor Krautfäulebefall in einem nennenswerten Ausmaß auftritt. Krautfäulebefall wirkt in aller Regel dort ertragsbegrenzend, wenn ein früher Befall in Beständen mit relativ hoher N-Versorgung zu einer vollständigen Krautzerstörung noch vor Ende Juli/Anfang August führt.

Konsequenzen für die Praxis

Die Kenntnis der Ertragsphysiologie und des Wachstumsverhaltens der Kartoffeln unter den Praxisbedingungen des ökologischen Kartoffelbaus ist die Voraussetzung, um die vorhandenen Optimierungsmöglichkeiten zu erkennen und zu nutzen. Aus den Ergebnissen der Erhebungen kann gefolgert werden, dass auf vielen Ökostandorten (vermutlich etwa 50 %) die Erhöhung der N-Versorgung eine Grundvoraussetzung zur Verbesserung der Ertragssituation darstellt. Zugleich muss jedoch berücksichtigt werden, dass je höher das pflanzenbaulich angelegte Ertragspotenzial eines Bestandes ist, desto größer ist die „Gefahr“, dass aufgrund von Krautfäulebefall der pflanzenbaulich über die Düngung angelegte Ertrag nicht erzielt wird. Daraus folgt eine wichtige Anbauregel: Mit zunehmender N-Versorgung steigt die Bedeutung vorbeugender Maßnahmen (z.B. Vorkeimen, Auswahl von Sorten mit frühem Knollenansatz) bzw. direkter Maßnahmen (z.B. Kupferspritzungen) gegen Krautfäulebefall.

In der Praxis werden nach eigenen Erfahrungen und nach Ergebnissen einer eigenen Umfrage jedoch vorbeugende Maßnahmen viel häufiger von den Landwirten getroffen, die ihre Kartoffeln eher schlecht mit Stickstoff versorgen und wo aufgrund der niedrigen N-Versorgung die geringsten ertragssichernden Effekte dieser Maßnahmen zu erwarten sind.

Werden innerhalb eines Betriebes Kartoffeln auf verschiedenen Standorten angebaut, so sollten vorgekeimte Partien bzw. die Sorten früherer Knollenansatzzeit auf die Standorte gesetzt werden, die aufgrund von Vorfrucht, Düngung und sonstigen Standortfaktoren die höhere N-Versorgung erwarten lassen. Oder umgekehrt vorgekeimte Partien bzw. Sorten mit frühen Knollenansatz sollten/können stärker gedüngt werden, als nicht vorgekeimte Partien bzw. Sorten mit spätem Knollenansatz.

Viel komplizierter verhält es sich mit dem Einsatz von gegenüber Krautfäulebefall widerstandsfähigeren Sorten: Diese Sorten setzen meistens ihre Knollen relativ spät an, so dass in Jahren mit sehr starkem Krautfäulebefall der positive Ertragseffekt der hohen Widerstandsfähigkeit vom negativen Ertragseffekt des späten Knollenansatzes in aller Regel „wettgemacht“ wird.

Eine Erhöhung der N-Versorgung lässt sich in der Praxis am sichersten durch die Veränderung der Vorfrucht erzielen, indem man Kartoffeln direkt nach Klee gras folgen lässt. Ferner ist der Anbau von

Kartoffeln nach Erbsen und einer leguminosenbetonten Zwischenfrucht (z.B. Sommerwicke mit etwas Ölfenchel) erfolgversprechend. Eine weitere relativ sichere Möglichkeit zur Verbesserung der N-Versorgung besteht im Einsatz moderater Mengen an Gülle. Stallmist eignet sich dagegen eher zur Verbesserung der Kaliumversorgung von Kartoffeln. Anders als der Stickstoff liegt Kalium im Stallmist vorwiegend in mineralischer Form vor, so dass mit 50 bis 60 % die relative Ausnutzung des Kaliums im Stallmist höher als die des Stickstoffs (ca 20 %) ist. Da unter den Nährelementen die Stickstoffversorgung das Wachstum im ökologischen Landbau weitgehend steuert und sich die zusätzliche Kaliumversorgung in aller Regel kaum auf das Knollenwachstum auswirkt, führt die bezogen auf das N-Angebot überproportional verbesserte K-Versorgung bei Stallmistdüngung zu einer Zunahme der Kaliumgehalte in den Blättern und in den Knollen und dient somit der Qualitätssicherung (Schwarzfleckigkeit, etc.) insbesondere auf Standorten, die Kaliummangel erwarten lassen.

Kupfer im ökologischen Kartoffelbau – ein Diskussionsanstoß

Als Folge von regional sehr begrenzten ungewöhnlich frühen und zugleich extrem starken Befall mit Krautfäule in den letzten Jahren (z.B. 1998 in Teilen von Niedersachsen, 1999 in Teilen Süddeutschlands) wurde die Verwendung von Kupfer (Cu) durch die Verbände wieder zugelassen. Die Zulassung von Cu ist eine rein politische Entscheidung, die unter wirtschaftlichen und verbandspolitischen Erwägungen (u.a. Verhinderung von Austritten) getroffen wurde. Aus wissenschaftlicher Sicht ist die heute übliche Verwendungspraxis nicht nachhaltig, da häufig sehr viel mehr Cu zugeführt als über die Ernteprodukte (jährlich 30 bis 100 g Cu/ha) wieder abgefahren wird, so dass es zu einer Anreicherung im Boden kommt. Geht man von einem durchschnittlichen Entzug von 70 g Cu/ha aus und wird zugleich außer Betracht gelassen, dass ein erheblicher Teil davon über den Stallmist wieder auf die Fläche zurückgeführt wird, so dürften die 3 kg Rein-Cu/ha, die derzeit jährlich erlaubt sind, nur alle 40 bis 50 Jahre auf eine Fläche ausgebracht werden, um langfristig keine Anreicherung im Boden zu induzieren.

Aus allen diesen Gründen sollte die Mindestforderung bestehen, dass Kupfer - wenn überhaupt - sehr gezielt nur dort eingesetzt wird, wo ein deutlicher Mehrertrag zu erwarten ist. In dem Zusammenhang ist aus meiner Sicht besonders bedenklich, dass der Einsatz von Kupfer in der Praxis häufig nicht besonders zielgerichtet ist. Grundvoraussetzung für einen zielgerichteten Pflanzenschutz ist die sichere Erkennung der spezifischen Krankheitssymptome. Bereits hier bestehen in Praxis und teilweise auch in der Beratung erhebliche Unsicherheiten. So werden die Symptome anderer Krankheiten sehr häufig mit Krautfäule verwechselt, selbst sortentypische Stängelverfärbungen (!) werden vereinzelt für Krautfäulebefall gehalten und dienen als Begründung für einen Kupfereinsatz. Sehr häufig wird zudem Kupfer zu

einem Zeitpunkt eingesetzt, bei dem die Bestände bereits in die Abreife übergegangen sind (bzw. kurz davor stehen) und daher keine nennenswerte Ertragseffekte mehr zu erwarten sind.

Meiner Meinung nach sollte - wenn Kupfer schon erlaubt wird - der Einsatz noch stärker beschränkt werden als dies heute üblich ist und sich nach einer hohen Effizienz richten:

1) Es sollte eine zeitliche Beschränkung eingeführt werden, die den Einsatz von Kupfer bis spätestens zum 15. Juli erlaubt. Denn die meisten Öko-Bestände schließen zwischen Mitte Juli und Ende Juli/Anfang August das Knollengrößenwachstum ernährungsbedingt ab, während der dann anschließenden Abreifephase lagern sie „nur“ noch Stärke in die Knollen ein. Wird zusätzlich noch bedacht, dass nach der letzten Cu-Behandlung in aller Regel die Bestände mindestens noch zwei Wochen „durchhalten“, ist jede Cu-Behandlung ab etwa dem 5. Juli auf ihre Sinnhaftigkeit zu hinterfragen und sollte nur bei sehr starker Krautbildung (= hohe N-Versorgung) erfolgen. Behandlungen nach dem 15. Juli dürften selbst bei hoher N-Versorgung im Wesentlichen der Gewissensberuhigung des Anwenders und nur in absoluten Ausnahmefällen der Ertragsbildung dienen. Sie dienen auch nicht zur Vorbeugung gegen Braunfäulebefall, denn für Knolleninfektionen ist maßgeblich, ob Befall am Kraut überhaupt vorhanden ist, das Ausmaß des Krautbefalles ist zweitrangig. Kupferbehandlungen sind nicht dazu geeignet, den Krautbefall vollständig zu unterdrücken, sie führen lediglich zu einer Verzögerung der Epidemie und verlängern dadurch den Zeitraum, in dem Knolleninfektionen möglich sind und können daher eher zu einer Zunahme als zu einer Abnahme des Braunfäulebefalles führen.

Eine zeitliche Begrenzung würde darüber hinaus auch dazu führen, dass vorbeugende Maßnahmen wie das arbeitsaufwändige Vorkeimen wirtschaftlich nicht vollkommen uninteressant werden.

2) Die erlaubten Kupfermengen im Kartoffelbau sollten auf etwa 1 kg Rein-Kupfer je ha und Jahr reduziert werden. Die Verwendung höherer Mengen sollte - wenn überhaupt - nur als wirkliche (!) Ausnahmegenehmigungen gestattet werden (z.B. bei einem ungewöhnlich frühen Erstbefall noch vor Mitte Juni). Nach neueren Ergebnissen wird mit etwa 300 bis 350 g Rein-Kupfer je Behandlung eine ausreichende Wirkung gegen Krautfäulebefall erreicht. Wird bedacht, dass ein Schutz gegen Krautfäule vor allem im Zeitraum nach Befallsbeginn (i.d.R. zwischen Mitte Juni und Ende Juni) bis Anfang bis Mitte Juli in Jahren mit hohem Befallsdruck zur Ertragssicherung notwendig ist, so können mit zwei bis drei Spritzungen (und damit mit etwa 1 kg Rein-Cu/ha und Jahr) die wesentlichen ertragssichernden Wirkungen erzielt werden.

Meiner Meinung nach können nur die Kombination dieser Maßnahmen die Verwendungspraxis von Kupfer so verändern, dass dessen praktischer Einsatz zielgerichteter wird. In der Kupferdiskussion sollte auch beachtet werden, dass - wenn in Versuchen auf einem Standort mit überdurchschnittlichen

Ertragspotenzial mit Kupferbehandlungen eine Erhöhung der Erträge um 20% festgestellt wird - die prozentualen Mehrerträge auf Standorten mit niedrigerem Ertragspotenzial mitnichten 20% (auf einem insgesamt niedrigeren Niveau) betragen würden, wie dies häufig unterstellt wird. Die Tatsache, dass die N-Ernährung nicht nur das Ertragspotenzial auf einem Standort maßgeblich bestimmt, sondern zugleich auch die Dauer der Knollenbildung beeinflusst, bewirkt, dass die prozentuale Ertragswirksamkeit von Kupferbehandlungen mit abnehmender N-Versorgung in der Regel kontinuierlich abnimmt.

Ein umfangreiches **Literaturverzeichnis** findet man in meiner Dissertation „Einfluss und Wechselwirkung von Krautfäulebefall (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary) und Stickstoffernährung auf Knollenwachstum und Ertrag von Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) im ökologischen Landbau“, erschienen im Shaker-Verlag (ISBN 3-8265-9037-6).

Diese Arbeit ist unter Betreuung von Dr. Hans-Jürgen Reents, Dr. Johann Habermeyer und Prof. Dr. Volker Zinkernagel und unter der tatkräftigen Kooperation vieler Landwirte und von Max Kainz, Leiter der Versuchsstation Kloostergut Scheyern entstanden. Mein Dank gebührt ihnen allen sowie dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die großzügige finanzielle Unterstützung!

Bibliographische Angaben zu diesem Dokument:

Moeller, Kurt (2002): Auswirkungen von Krautfäulebefall und N-Ernährung auf das Wachstumsverhalten von Kartoffeln [Effect of *Phytophthora* and N-nutrition on the growth of potatoes]. [preprint]

Das Dokument ist im Internet abrufbar unter www.orgprints.org/00001046/