

## Relative Bedeutung des Vorkeimens und der Sortenwahl als ertragssichernde Maßnahmen und zur Vorbeugung von Ertragseinbußen durch Befall mit *Phytophthora infestans* im ökologischen Kartoffelbau

Kurt Möller

**Problemstellung/Ziele:** Der Krautfäulebefall ist im ökologischen Kartoffelbau neben der N-Versorgung der zweite wichtige Wachstumsfaktor, der häufig das Knollenwachstum eines Kartoffelbestandes begrenzt. Es ist schon lange bekannt, dass sich die Sorten in ihrer Anfälligkeit gegenüber dem Erreger der Krautfäule deutlich unterscheiden. Neben diesen Unterschieden in der Anfälligkeit bestehen deutliche genetische Differenzen in der Knollenansatzzeit (REUST, 1983). Sorten mit einer frühen Knollenanlage beginnen früher mit der Ertragsbildung und sind deshalb effizienter in der Ertragsbildung in Jahren mit einer kurzen Wachstumsperiode (HARRIS, 1992). Dies bewirkt eine Verbesserung der Toleranz gegenüber Ertragseinbußen eines Bestandes. Neben der Sortenwahl gilt das Vorkeimen des Pflanzgutes im ökologischen Landbau als die zweite wichtige Maßnahme zur Vorbeugung krautfäulebedingter Ertragseinbußen. Das Vorkeimen bewirkt die Vorverlegung von Knollenanlage und Knollenwachstum, dies erhöht ebenfalls die Toleranz eines Bestandes. Bisher liegen keine Untersuchungen vor, welche Bedeutung diese Eigenschaften bzw. Maßnahmen im Vergleich zueinander unter praktischen Anbaubedingungen haben. Ebenfalls liegen bisher keine Untersuchungen vor, welche relative Bedeutung den beschriebenen vorbeugenden Maßnahmen unter unterschiedlichen Wachstumsbedingungen (N-Versorgung) zukommt.

**Methoden:** Die Untersuchungen wurden auf insgesamt 232 Praxisflächen des ökologischen Kartoffelbaus in Südbayern durchgeführt. Sie erfolgten über vier Jahre (1995 bis 1998) in einem Umkreis von ca. 100 km um die 40 km nördlich von München liegende Stadt Freising. Der Befall mit *P. infestans* wurde in wöchentlichen Bonituren festgehalten. Im Mai und im Juni wurde der Zeitpunkt des Auflaufens und der des Beginns der Knollenanlage bestimmt. Zusätzlich wurden neben einer Ertragserfassung am Ende der Vegetationsperiode drei Zeiternten zur Bestimmung der Biomassebildung, der N-Aufnahme und des Verlaufes der Knollenbildung durchgeführt. Die Standorte wurden je nach Vorfrucht und der Höhe einer zusätzlichen organischen Düngung in Standorte mit niedriger, mittlerer und hoher N-Versorgung eingeteilt. Um die Wirkung des Vorkeimens zu untersuchen, wurden sämtliche Bestände je nach der Pflanzgutvorbereitung in zwei Gruppen eingeteilt (vorgekeimt, nicht vorgekeimt). Um den Einfluss des sortenbedingten Zeitpunktes der Knollenanlage auf die Knollenbildung und den Ertrag zu untersuchen, wurden die Sorten in Sorten mit „mittelfrüher“ und „mittelspäter“ Knollenansatzzeit eingeteilt. Ähnlich wie bei der Knollenansatzzeit wurde zur Untersuchung der Auswirkungen von Unterschieden in der Anfälligkeit gegenüber Krautfäulebefall die jeweils verwendeten Sorten auf den Untersuchungsflächen nach ihrer Anfälligkeit gegenüber *P. infestans* in Anlehnung an eigene Untersuchungen (MÖLLER, 2000) und unter Berücksichtigung der Einstufung in der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes in drei Gruppen eingeteilt (wenig, mittel und sehr anfällig). Näheres zur Einteilung unter MÖLLER (2001). Die varianzanalytische Auswertung wurde mittels der GLM-Prozedur im Softwarepaket SPSS

durchgeführt. Der multiple Mittelwertsvergleich erfolgte nach Bonferonni mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p \leq 0,05$ .

**Ergebnisse/Diskussion:** Nach den in Tab. 1 dargestellten Ergebnissen bewirkte das Vorkeimen des Pflanzgutes eine signifikante Verlängerung der Wachstumsdauer um knapp fünf Tage und eine Verlängerung der Knollenbildungsdauer um vier Tage. Vorgekeimte Bestände liefen sieben bis zehn Tage früher auf als nicht vorgekeimte, starben jedoch als Folge einer etwas früher erfolgenden Abreife bzw. einer schnelleren Ausbreitung der Krautfäule im Bestand etwas früher ab als nicht vorgekeimte. Die Unterschiede in der Anfälligkeit gegenüber Befall mit *P. infestans* führten dagegen weder zu einer unterschiedlich langen Wachstumsdauer noch zu einer Veränderung der Knollenbildungsdauer. Sorten mit einer geringeren Anfälligkeit begannen mit der Knollenbildung im Durchschnitt knapp eine Woche später als im Durchschnitt der Sorten mit einer hohen Anfälligkeit gegenüber *P. infestans*. Zugleich verzögerte sich das Absterben der gering anfälligen Sorten um ca. eine Woche (Ergebnisse nicht dargestellt). Der Knollenansatzzeitpunkt der Sorten veränderte nicht die insgesamt zur Verfügung stehende Wachstumsdauer, die Knollenbildungsdauer unterschied sich jedoch signifikant. Mittelfrüh ansetzende Sorten hatten eine um ca. vier Tage längere potenzielle Knollenbildungsdauer als mittelspät ansetzende.

Tab. 1: Wachstumsdauer und Knollenbildungsdauer in Abhängigkeit von der Pflanzgutvorbereitung, Krautfäuleanfälligkeit sowie Knollenansatzzeit der Sorten

	Wachstumsdauer	Knollenbildungsdauer
<b>Vorkeimen:</b>		
ja	68,6 a	47,3 a
nein	73,1 b	50,9 b
<b>Anfälligkeit:</b>		
gering	70,5	47,7
mittel	69,1	47,7
hoch	69,8	48,4
<b>Knollenansatzzeit:</b>		
mittelfrüh	70,9	50,3 a
mittelspät	69,6	46,5 b

Im Hinblick auf die Ertragsbildung bewirkte das Vorkeimen des Pflanzgutes eine Vorverlegung der Knollenbildung (Tab. 2). Dabei sind jedoch starke Unterschiede in Abhängigkeit der N-Versorgung der Bestände zu beachten: Auf den Standorten mit niedriger N-Versorgung hatten sich Mitte Juli im Durchschnitt der vier Untersuchungsjahre die gemessenen absoluten Erträge der beiden Gruppen vorgekeimt und nicht vorgekeimt bereits weitgehend angeglichen. Im weiteren Vegetationsverlauf nach Mitte Juli wurden sowohl bei vorgekeimten als auch bei nicht vorgekeimten Beständen nur noch vergleichsweise geringe Ertragszuwächse gemessen. Die Pflanzgutvorbereitung hatte auf diesen Standorten auf die Gesamterträge am Ende der Vegetationsperiode keinen Einfluss (Tab. 2). Aus der nicht dargestellten Analyse der Ergebnisse in den Einzeljahren geht hervor, dass bei niedriger N-Versorgung die vorgekeimten Bestände nur im Trockenjahr 1995 signifikant höhere Knollenerträge aufwiesen. Auf den Standorten mit hoher N-Versorgung waren die Kartoffelbestände in der Lage, den Anfang und Mitte Juli vorliegenden Wachstumsvorsprung bis zum Ende der Vegetationsperiode aufrecht zu erhalten. Die Enderträge unterschieden sich bei hoher N-Versorgung zwischen vorgekeimten und nicht vorgekeimten Beständen sehr hoch signifikant voneinander. Die Knollenzuwächse in den vorgekeimten und den nicht vorgekeimten Beständen

Tab. 2: Knollenbildung in Abhängigkeit von N-Versorgung und Pflanzgutvorbereitung

N-Versorgung und Pflanzgutvorbereitung	Mitte Juni	Anfang Juli	Mitte Juli	Ernte
<b>niedrig:</b>				
vorgekeimt	17,8	112,1	196,0	220,0
nicht vorgekeimt	6,8	89,6	182,7	211,7
<b>hoch:</b>				
vorgekeimt	10,4	155,5 b	273,0 b	350,3 b
nicht vorgekeimt	7,6	94,9 a	221,7 a	292,0 a

waren im letzten Wachstumsabschnitt vergleichbar (Tab. 2). Diese höheren Erträge waren in jedem Untersuchungsjahr feststellbar.

Zwischen den Sorten "Agria", "Nicola", "Linda", "Aula", "Désirée" und "Sonstige" wurden keine signifikanten Ertragsunterschiede gemessen (Ergebnisse nicht dargestellt). Die Sorten mit mittelfrühem Knollenansatz weisen einen signifikanten

Tab. 3: Knollenbildung in Abhängigkeit von N-Versorgung und Knollenansatzzeit (dt/ha)

N-Versorgung und Knollenansatzzeit	Mitte Juni	Anfang Juli	Mitte Juli	Ernte
<b>niedrig:</b>				
mittelfrüh	12,9 b	102,7	201,2	203,0
mittelspät	6,1 a	82,6	165,2	215,8
<b>hoch:</b>				
mittelfrüh	12,4 b	132,9 b	265,6 b	310,2
mittelspät	5,0 a	84,5 a	202,7 a	298,4

Wachstumsvorsprung gegenüber Sorten mit mittelspättem Knollenansatz auf. Hierbei bestehen jedoch deutliche Unterschiede in Abhängigkeit der N-Versorgung: Bei niedriger N-Versorgung sind die Unterschiede nur Mitte Juni signifikant, im weiteren Wachstumsverlauf allenfalls tendenziell, am Ende der Vegetationsperiode wurden keine Ertragsunterschiede gemessen. Bei hoher N-Versorgung dagegen wurden bei allen Zwischenernten signifikant höhere Erträge bei den mittelfrüh ansetzenden Beständen gemessen. Erst im letzten Wachstumsabschnitt waren die mittelspät ansetzenden Bestände im vierjährigen Durchschnitt in der Lage, den Ertragsrückstand aufzuholen. Aus der Analyse der nicht dargestellten Ergebnisse in den Einzeljahren geht hervor, dass bei niedriger N-Versorgung mittelspät ansetzende gleich hohe bzw. teilweise tendenziell höhere Erträge als die mittelfrüh ansetzenden erreichten, selbst in Jahren mit hohem Krautfäuleddruck. Bei hoher N-Versorgung dagegen wurden im "Krautfäulejahr" 1997 signifikant höhere Erträge bei den mittelfrüh ansetzenden Sorten erzielt als bei den mittelspät ansetzenden. In den übrigen drei Untersuchungsjahren mit geringerem Krautfäuleddruck waren bei hoher N-Versorgung die Erträge mittelfrüher und mittelspäter Bestände vergleichbar hoch.

Nach den in Tab. 4 dargestellten Ergebnissen zeichnen sich die sehr anfälligen Sorten im Durchschnitt durch eine deutlich frühere Knollenbildung aus als die wenig anfälligen. Bei durchschnittlichen Knollenwachstumsraten von 7,5 dt/ha\*d entspricht der mittlere Wachstumsvorsprung der sehr anfälligen Sorten dem Wachstum von fünf bis sechs Tagen. Dies entspricht dem Zeitraum, den wenig anfällige Sorten bei hohem Krautfäuleddruck dem Epidemiedruck länger standhielten. Am Ende der Vegetationsperiode wurden im vierjährigen Durchschnitt nur bei niedriger N-Versorgung bei den wenig anfälligen Sorten höhere Erträge als bei den sehr anfälligen festgestellt. Aus der Analyse der nicht dargestellten Ergebnisse in den Einzeljahren geht hervor, dass die wenig anfälligen Sorten ausgerechnet im Jahr 1997 mit dem stärksten Krautfäuleddruck – trotz durchschnittlich besserer N-Versorgung – nicht in der Lage waren, im Mittel höhere Erträge zu erzielen als die sehr anfälligen. Unter den wenig anfälligen Sorten kombinieren nur vereinzelte

Tab. 4: Knollenbildung in Abhängigkeit von N-Versorgung und Krautfäuleanfälligkeit (dt/ha)

N-Versorgung und Anfälligkeit	Mitte Juni	Anfang Juli	Mitte Juli	Ernte
<b>Niedrige N-Versg.:</b>				
Wenig anfällig	8,0	113,3	195,2	249,5
Sehr anfällig	10,7	96,4	206,6	216,4
<b>Hohe N-Versg.:</b>				
Wenig anfällig	1,6 a	73,7 a	197,3 a	310,7
Sehr anfällig	12,1 b	134,7 b	246,7 b	302,9

Sorten eine relativ geringe Anfälligkeit mit einer vergleichsweise frühen Knollenbildung (z.B. Santé, Escort).

Aus den Ergebnissen kann ganz allgemein geschlossen werden, dass unter den genannten vorbeugenden Maßnahmen das Vorkeimen des Pflanzgutes die stärkste Wirkung auf die Wachstumsdauer der Kartoffelbestände hat. Der mit dem Vorkeimen einhergehende Ertragseffekt ist jedoch sehr stark von den spezifischen Wachstumsbedingungen abhängig. Das Vorkeimen bewirkt signifikante Ertragseffekte bei Sommer-trockenheit, das frühere Wachstum und die schnellere Beschattung des Bodens führt zu einer effizienteren Nutzung der Winter- und Frühjahrsniederschläge. Bei ausreichender Wasserversorgung führt das Vorkeimen in der Regel nur auf Standorten mit einer für Öko-Bedingungen hohen N-Versorgung zu höheren Erträgen. Dies kann dadurch erklärt werden, dass je höher das Ertragspotenzial eines Standortes ist, desto stärker sind die Kartoffeln auf eine lange Wachstumsdauer angewiesen, um den über die Düngung angelegten Ertrag tatsächlich zu erreichen. Im Hinblick auf die Sortenwahl werden die Knollenerträge unter den Praxisbedingungen im ökologischen Kartoffelbau sehr viel stärker von den speziellen Wachstumsbedingungen vor Ort als durch die Sortenwahl selber bzw. durch spezielle Sortenmerkmale bestimmt. Die pauschale Aussage, dass Sorten mit bestimmten Sorteneigenschaften (z.B. früher Knollenansatz) für den Anbau im ökologischen Landbau generell geeigneter seien als andere, ist zu hinterfragen. Die höheren Erträge der mittelspät ansetzenden Sorten auf Standorten mit niedriger N-Versorgung deuten darauf hin, dass mittelspät ansetzende Sorten offenbar besser mit Nährstoffstress zurecht kommen als früh ansetzende. Vergleichbare Effekte werden von EVANS (1993) für andere Kulturpflanzen beschrieben. Früh ansetzende Sorten steigern die Ertragstoleranz insbesondere auf Standorten mit hoher N-Versorgung. Die Mehrzahl der gegenüber Krautfäulebefall als wenig anfällig geltenden Sorten besitzt keine höhere Ertragstoleranz als die sehr anfälligen Vergleichssorten. Dies zeigen eindeutig die Ergebnisse aus dem Krautfäulejahr 1997. Es hängt damit zusammen, dass diese Sorten in ihrer großen Mehrzahl hohe Widerstandsfähigkeit mit einem späten Beginn der Knollenbildung vereinen, so dass sich beide Effekte offenbar weitgehend aufheben. Im Sortiment liegen jedoch einzelne Sorten vorwiegend aus dem Ausland vor, die eine hohe Widerstandsfähigkeit mit einer früheren Knollenanlage vereinen. Die Aussage, dass die Mehrzahl der gegenüber Krautfäulebefall als wenig anfällig geltenden Sorten keine höhere Ertragstoleranz besitzt, steht im Widerspruch zu eigenen früheren Aussagen und zu Aussagen von anderen Autoren. Aus der eingehenden Analyse der Daten und der Tatsache, dass weniger anfällige Sorten nur in Jahren mit geringem Krautfäuledruck im Durchschnitt den sehr anfälligen Sorten ertraglich überlegen waren und in Jahren mit extrem starkem Krautfäulebefall kein Ertragsunterschied zu den sehr anfälligen Vergleichssorten feststellbar war, stellt sich die Frage, welche kausale Ursache die höheren Erträge der wenig anfälligen Sorten in Jahren mit geringem Krautfäuledruck haben: die höhere Krankheitsresistenz oder die bessere Fähigkeit mit den begrenzten Ressourcen auszukommen. Die Tatsache, dass die weniger anfälligen Sorten nur bei niedriger N-Versorgung den sehr anfälligen Sorten ertraglich überlegen waren, obwohl ertragsphysiologisch eigentlich die Standorte mit hoher N-Versorgung auf den vegetationsverlängernden Effekt stärker angewiesen sind und daher mit höheren Erträgen hätten reagieren müssen, deutet darauf hin, dass die beschriebenen Ertragseffekte möglicherweise auf anderen kausalen Ursachen beruhen als auf der Krankheitsresistenz.

**Literaturangaben:**Eine Zusammenstellung der hier verwendeten Literatur ist enthalten bei: 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. FAM-Bericht, Bd. 51, Shaker-Verlag. Zugl.: München, Technische Universität, Dissertation.

Bibliographische Angaben zu diesem Dokument:

Möller, Kurt (2003) - Relative Bedeutung des Vorkeimens und der Sortenwahl als ertragssichernde Maßnahmen und zur Vorbeugung von Ertragseinbußen durch Befall mit *Phytophthora infestans* im ökologischen Kartoffelbau [Importance of the pre-germination and variety to ensure yield and reduce yield losses through phytophthora infestans in organic potatoe production]. Beitrag präsentiert bei der Konferenz: 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien, 24.-26. Februar 2003; Veröffentlicht in Freyer, Bernd, (Hrsg.) Ökologischer Landbau der Zukunft, Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Seite(n) 125-128. Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Ökologischen Landbau

Das Dokument ist im Internet unter <http://orgprints.org/00000999/> erreichbar