

Einfluss von Lichtspektrum und Beleuchtungsstärke auf die Vorkeimung festkochender Speisekartoffeln

Einleitung

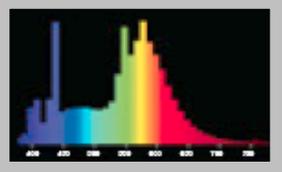
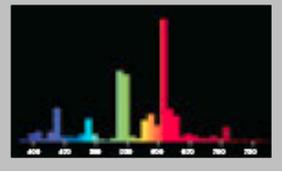
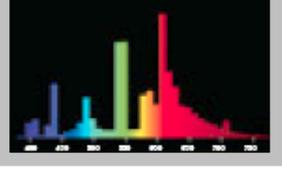
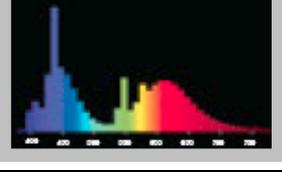
Die Vorkeimung von Kartoffeln hat sich in zahlreichen Versuchen unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus mit vergleichsweise früh absterbenden Kartoffelbeständen in Folge von Krautfäulebefall (*Phytophthora infestans*) oder mangelnder Nährstoffnachlieferung als erfolgreiche Anbaustrategie zur Ertragssteigerung bzw. Ertragssicherung erwiesen (u.a. Karalus & Rauber 1997, Paffrath 2007). Diese aus Versuchen bekannte Ertragswirkung wurde jedoch zum großen Teil mit Pflanzgut erzielt, welches unter optimalen Belichtungsverhältnissen vorgekeimt wurde. Das Hauptaugenmerk der hier geschilderten Untersuchungen liegt daher auf der Frage, ob dieser Ertragsvorteil durch eine suboptimale Belichtung, wie sie bei Messungen auf Leitbetrieben festgestellt wurde, reduziert wird. Die Vorkeimung „unter Glas“ bleibt dabei unberücksichtigt, da zur Vorkeimung geeignete Gewächshäuser in der Regel nur Gemüsebaubetrieben zur Verfügung stehen und die Investition in spezielle Vorkeimhäuser von Betrieben mit ausgedehnter Kartoffelanbaufläche erst nach mehrjährigen Anbauerfahrungen in Erwägung gezogen wird.



Abb. 1: Einfluss unterschiedlicher Beleuchtungsstärke auf die Keimlänge der Kartoffelsorten *Nicola* und *Belana* zur Pflanzung.

Die praxisübliche Beratungsempfehlung „Warmtonlampen“ basiert auf Untersuchungen von Wassink et al. (1950) und McGee et al. (1987), die den roten Wellenlängenbereich (~ 700 nm) als entscheidend für die Hemmung des Keimlängenwachstums identifizierten. Die von der Beratung empfohlenen „100 Watt je Tonne Pflanzgut“ können durch zahlreiche Einflüsse wie Raumbeschaffenheit und Position der Lampen zu sehr unterschiedlichen Beleuchtungsstärken an den einzelnen Knollen führen. Bei Messungen auf mehreren Leitbetrieben wurden teilweise Beleuchtungsstärken von weniger als 10 Lux in den unteren Vorkeimkisten ermittelt. Vergleichbare Werte führten bei Untersuchungen von Krug & Pätzold (1968) mit den Sorten *Olympia* (keimträge) und *Barima* (keimfreudig) im Vergleich zur Dunkellagerung bereits zu deutlich verkürzten Keimen. Ob solch niedrige Beleuchtungsstärken für eine rentable Vorkeimung ausreichen und ob neben der Keimentwicklung auch der Ertrag durch unterschiedliche Wellenlängenspektren signifikant beeinflusst wird, ist unbekannt.

Tab. 1: Übersicht der Versuchsvarianten 2009

Lichtspektrum	Bezeichnung	Codierung Osram	Beleuchtungsstärken
	Kalttonlampe	640	200 vs. 10 Lux
	Warmtonlampe	830	200 vs. 10 Lux
	Warmtonlampe spezial	930	200 vs. 10 Lux
	Pflanzenlicht	77	200 vs. 10 Lux
	Kontrolle warm		Dunkellagerung im Vorkeimraum (VKR)
	Kontrolle kalt		Dunkellagerung im Kühlhaus (KH)

Hypothesen

1. Eine Beleuchtung mit Pflanzenlicht bzw. Warmtonlampen reduziert die Keimlänge im Vergleich zu Kalttonlampen signifikant.
2. Eine höhere Beleuchtungsstärke verringert die Keimlänge.
3. Die keimfreudige Sorte *Nicola* reagiert auf die unterschiedliche Beleuchtung stärker als die keimträge Sorte *Belana*.
4. Kürzere Keime brechen bei der Pflanzung weniger ab; ein höherer Knollenertrag wird erzielt.

Material & Methoden

Um diese Hypothesen zu überprüfen, wurden auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut der Universität Bonn in Hennef/Sieg (Höhe ü. NN 65 m, Temperatur 10,3 °C, Niederschlag 840 mm, Bodenart sL-uL, 60 Bodenpunkte auf den Versuchsfeldern) vier praxisübliche Typen von Leuchtstoffröhren mit jeweils zwei Beleuchtungsstärken im Vergleich zur Kontrolle (Dunkellagerung im Vorkeimraum VKR bzw. im Kühlhaus KH) an zwei Kartoffelsorten (*Nicola* - keimfreudig, *Belana* - keimträge) getestet (Übersicht der Versuchsvarianten s. Tab. 1). Die hohe Beleuchtungsstärke betrug in beiden Versuchsjahren 200 Lux, da weder in eigenen Vorversuchen noch in den Untersuchungen von Krug & Pätzold (1968) ein weiterer deutlicher Keimlängenrückgang bei höheren Beleuchtungsstärken festgestellt wurde. Die niedrige Beleuchtungsstärke wurde im zweiten Versuchsjahr 2009 von 20 auf 10 Lux reduziert, um einen eventuellen Ertragseffekt, bedingt durch längere und daher stärker abbruchgefährdete Keime deutlicher herausarbeiten zu können.

Versuchsdurchführung 2009

Vor Beginn der Vorkeimung wurden die Pflanzkartoffeln 48 h (13. bis 15. März 2009) bei 20 °C aufgewärmt. Die Vorkeimung erfolgte 2009 bei 10-12 °C über einen Zeitraum von sechs Wochen (16. März bis 25. April 2009). Zur Pflanzung wurden die vorgekeimten Kartoffeln einmal ausgekippt, um den eventuell unter Praxisbedingungen stärker auftretenden Keimabbruch beim Entleeren der Kisten in die Pflanzmaschine zu simulieren. Die Unkrautkontrolle erfolgte am 18. Mai mit dem Häufelgerät und am 10. Juni 2009 per Handhacke. Auf Kupfer wurde im zweiten Versuchsjahr verzichtet, um den Einfluss der Vorkeimung auf die Ertragsbildung stärker zu gewichten. Beide Sorten wurden am 27. August 2009 gerodet. Folgende Parameter wurden im Versuch analysiert: Keimlänge, Keimanzahl, Feldaufgang, Bestandesentwicklung (Anzahl Stängel/m², Blüten/m²), Krautfäulebefall, Ertrag und Ertragsparameter, Qualität.

Ergebnisse

Die Keime waren zum Zeitpunkt der Pflanzung bei jedem Lampentyp und hoher Beleuchtungsstärke kürzer als bei niedriger Beleuchtungsstärke (Abb. 2). Während bei der keimfreudigen Sorte *Nicola* die Reduzierung der Beleuchtungsstärke im Mittel zu einer Verdopplung der Keimlänge führte, waren die Unterschiede bei der Sorte *Belana* deutlich geringer. Die bei reduzierter Beleuchtung vermehrte Keimstreckung der Sorte *Nicola* wird insbesondere in der Kontrolle VKR „Dunkellagerung im Vorkeimraum“ deutlich.

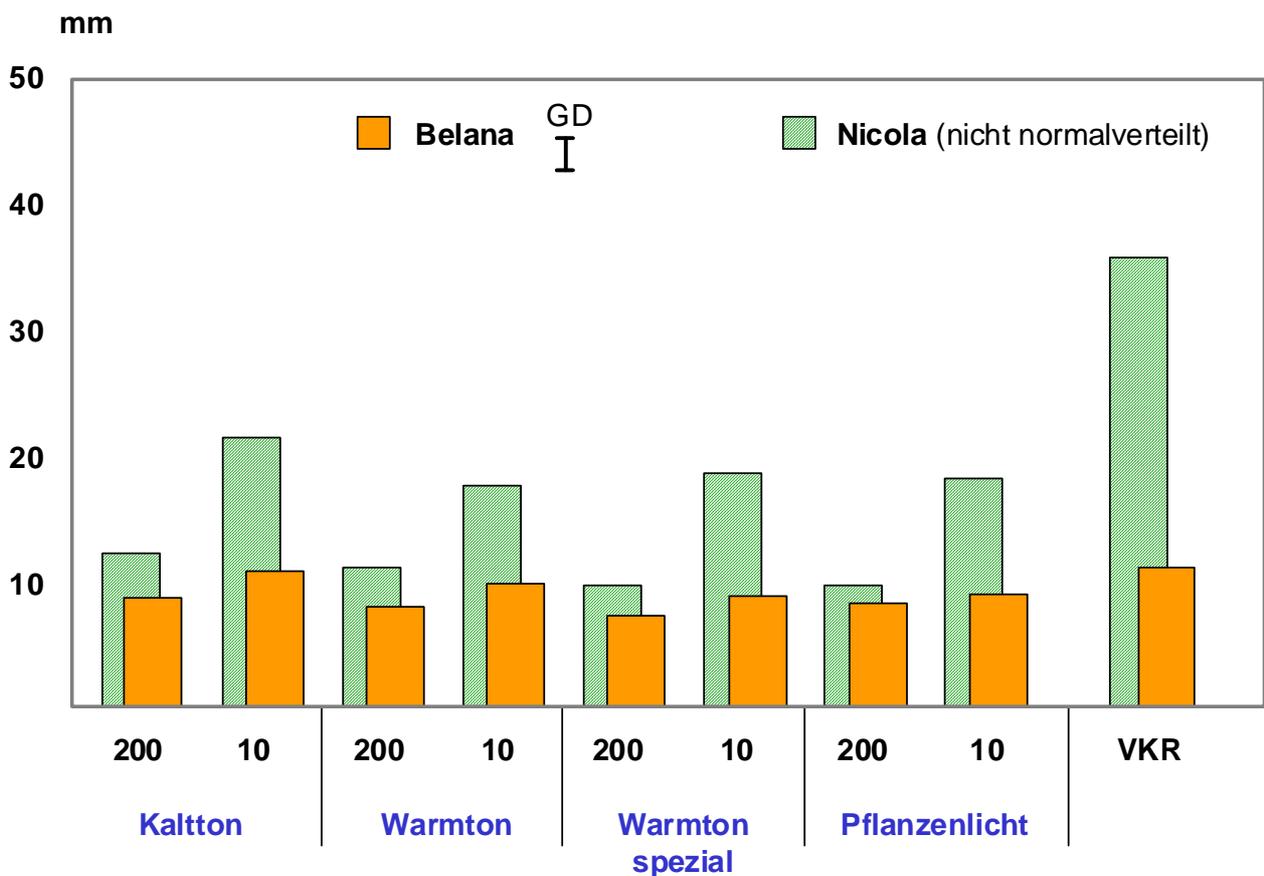


Abb. 2: Einfluss von Lichtspektrum und Beleuchtungsstärke auf die Keimlänge der Kartoffelsorten *Nicola* und *Belana* zur Pflanzung am 26. April 2009 GD $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Wie von der Beratung empfohlen, führte die Beleuchtung mit „Warmtonlampen“ bzw. mit „Pflanzenlicht“ zu kürzeren Keimen im Vergleich zur Beleuchtung mit „Kalttonlampen“ (Abb. 2) und bestätigte damit auch die Ergebnisse aus der Literatur (Wassink et al. 1950 und McGee et al. 1987). Der Einfluss der Lampen auf die Keimlänge war jedoch deutlich geringer als die Wirkung der unterschiedlichen Beleuchtungsstärke.

LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN**Tab. 2: Einfluss von Lichtspektrum und Beleuchtungsstärke auf die Anzahl Keime je Knolle (K/Kn) und die Anzahl Stängel/m² (St/m²) der Kartoffelsorten *Nicola* und *Belana* auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef. GD $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).**

Lampe	Lux	Kaltton		Warmton		Warmton spezial		Pflanzenlicht		Kontrolle		GD
		hoch	niedrig	hoch	niedrig	hoch	niedrig	hoch	niedrig	VKR	KH	
Belana	K/Kn	3,4	4,3	4,3	4,5	4,1	4,5	4,8	3,7	3,7		1,4
	St/m ²	11,3	12,0	11,4	12,4	12,5	11,8	11,6	12,5	10,4	14,3	5,4
Nicola	K/Kn	3,8	3,6	3,2	3,6	4,1	4,1	3,2	3,6	3,4		1,7
	St/m ²	12,0	11,7	12,8	11,9	11,7	14,1	11,8	12,0	12,9	11,4	3,3

Anzahl Keime je Knolle am 24. April 2009 sowie die Anzahl Stängel/m² am 22. Juni 2009

Nach zahlreichen Ergebnissen aus der Literatur (u.a. Allen et al. 1978, Haverkort & van de Waart 1993) wird mit zunehmendem physiologischen Alter die Apikaldominanz gefördert, d.h. die Anzahl Keime je Knolle sowie Stängel oder Knollen je Quadratmeter wird durch zunehmende Lagertemperaturen reduziert. Dieser Effekt wurde in den eigenen Untersuchungen tendenziell bei der Sorte *Belana* durch eine höhere Anzahl Stängel je Quadratmeter in der kühl gelagerten Variante bestätigt (Tab. 2). Bei der Sorte *Nicola* hingegen war die Anzahl Stängel je Quadratmeter in der nicht vorgekeimten, kühl gelagerten Variante tendenziell am niedrigsten, was sich auch in der Anzahl Knollen je Pflanzknolle widerspiegelten (s. Tab. 4). Unterschiede zwischen den verschiedenen Belichtungen wurden nicht festgestellt.

Tab. 3: Einfluss von Lichtspektrum und Beleuchtungsstärke auf die Bestandesentwicklung der Kartoffelsorten *Nicola* und *Belana* auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef. GD $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Lampe	Lux	Kaltton		Warmton		Warmton spezial		Pflanzenlicht		Kontrolle		GD
		hoch	niedrig	hoch	niedrig	hoch	niedrig	hoch	niedrig	VKR	KH	
Belana	FA (%)	76,7	64,2	82,5	78,3	80,0	72,5	79,2	77,5	55,8	2,5	19,8
	Bl/m ²	2,7	3,3	2,4	2,6	3,0	2,6	2,4	3,1	2,5	0,0	2,5
Nicola	FA (%)	83,3	88,3	92,5	90,0	90,0	87,5	86,7	86,7	89,2	8,3	18,0
	Bl/m ²	1,7	2,4	17,1	2,4	2,4	1,1	2,9	2,2	3,1	0,0	3,2

Bonitur Feldaufgang (FA) am 18. Mai 2009, Anzahl Blüten (Bl/m²) am 22. Juni 2009

Die Bestandesentwicklung war bei beiden Sorten in den nicht vorgekeimten Varianten (Kontrolle KH) deutlich verzögert (Tab. 3). Die keimfreudige Sorte *Nicola* hatte einen tendenziell schnellern Feldaufgang, zum Zeitpunkt der Blüte war jedoch kein Unterschied mehr zwischen beiden Sorten festzustellen. Ein Einfluss der unterschiedlichen Belichtung auf die Bestandesentwicklung wurde 2009 zu keinem Boniturtermin nachgewiesen.

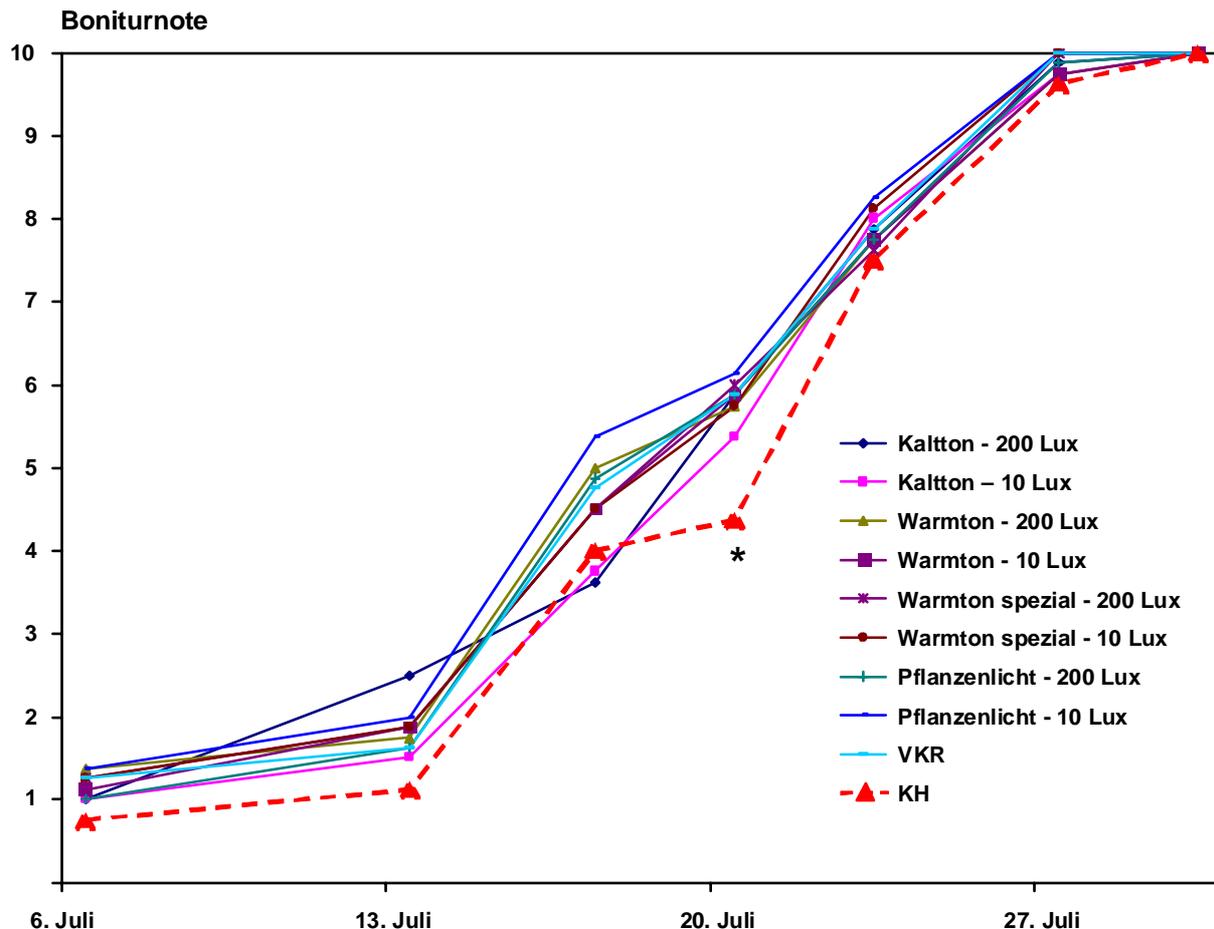


Abb. 3: Einfluss von Lichtspektrum und Beleuchtungsstärke auf den Verlauf der Krautfäuleinfektion (Boniturnote 10 = abgestorben) der Kartoffelsorte *Nicola* im Versuchsjahr 2009. * = signifikanter Unterschied, bei $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Die nicht vorgekeimte Variante KH war bei der Sorte *Nicola* zum vierten Boniturtermin signifikant am niedrigsten mit Krautfäule infiziert. In dieser Variante wurde bis auf eine Ausnahme über den gesamten Zeitraum der Krautfäuleinfektion der tendenziell niedrigste Befall festgestellt (Abb. 3). Die Unterschiede in den Befallsbonituren waren jedoch über alle Varianten gering. Bei der Sorte *Belana* (Ergebnisse nicht dargestellt) war kein Einfluss der unterschiedlichen Lagerbedingungen auf den Krautfäulebefall zu erkennen.

Ziel der hier dargestellten Versuche war vor allem die Klärung der Frage, ob längere und damit leichter abbrechende Keime durch suboptimale Belichtung zu niedrigeren Knollenerträgen führen. Die erwarteten Ertragsunterschiede durch vermehrten Abbruch der Keime in Varianten mit längeren Keimen wurden bislang nur in geringem Umfang festgestellt. Eine tendenzielle Ertragsminderung wurde im zweiten Versuchsjahr 2009 in den auf 10 Lux reduzierten, niedrigen Beleuchtungsstärken bei der Sorte *Nicola* beobachtet (s. Pfeile in Abb. 4). Statistisch nachweisbar war jedoch in den ersten beiden Versuchsjahren weder der Einfluss der unterschiedlichen Beleuchtungsstärke noch eine Wirkung unterschiedlicher Lampentypen auf den Knollenertrag. Signifikante Ertragsunterschiede wurden nur zwischen den belichteten Varianten und den beiden Kontrollvarianten festgestellt. Dabei wurden die aus der Literatur bekannten Ertragsvorteile der Vorkeimung in beiden Jahren bestätigt.

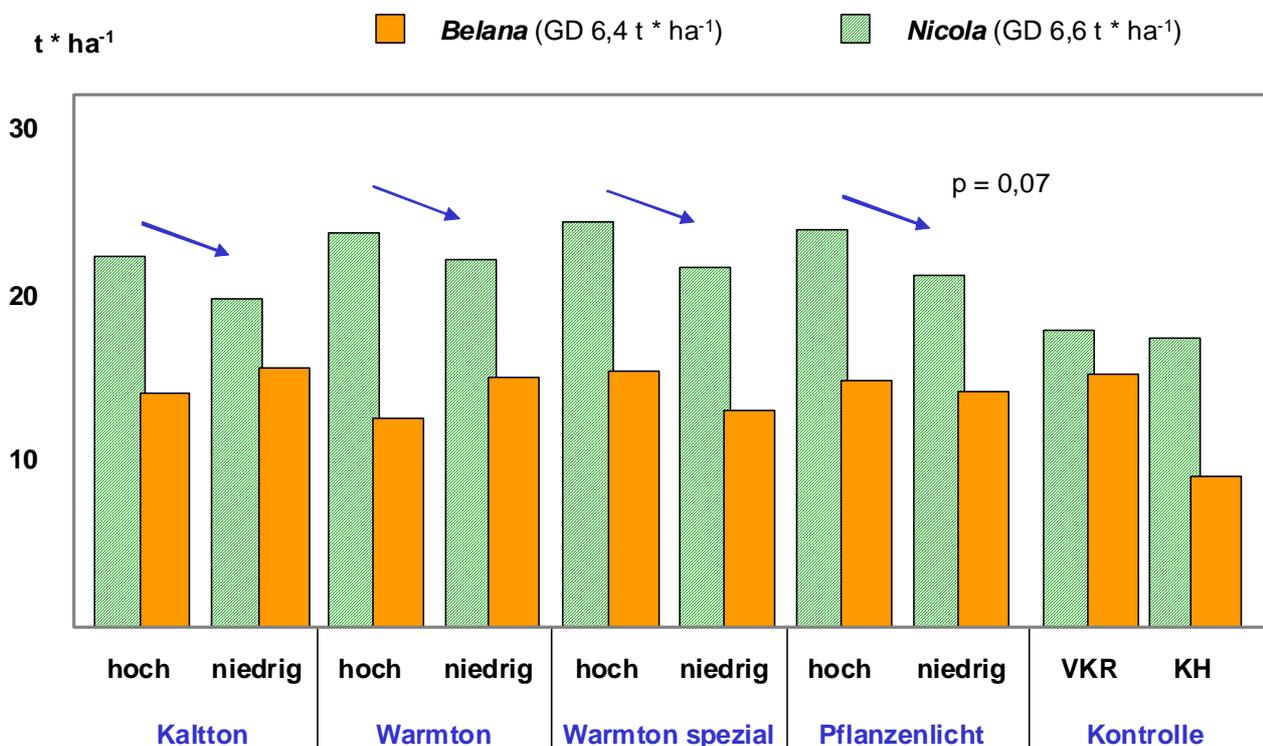


Abb. 4: Einfluss von Lichtspektrum und Beleuchtungsstärke auf den Knollenertrag der Kartoffelsorten *Nicola* (> 30 mm) und *Belana* (> 35 mm), Ernte am 27. August 2009. GD $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Ertragsbestimmend war in der nicht vorgekeimten, kühl gelagerten Varianten (KH) das Einzelknollengewicht, welches aufgrund der verzögerten Entwicklung z.T. signifikant reduziert war. Bei der Sorte *Nicola* war ebenfalls der Ertrag in der zweiten Kontrollvariante (VKR) „Dunkellagerung im Vorkeimraum“, in der ungünstige Vor-

keimbedingungen simuliert werden sollten, niedriger im Vergleich zu den Varianten mit Beleuchtung. Ein Einfluss der Vorkeimung auf die Knollenqualität (u.a. Rhizoctonia, Schorf, Drahtwurmbefall und Stärkegehalt) wurde bislang nicht festgestellt.

Tab. 4: Einfluss von Lichtspektrum und Beleuchtungsstärke auf die Ertragsparameter (K/Pk - Knollen je Pflanzknolle und EKG - Einzelknollengewicht) der Kartoffelsorten *Nicola* und *Belana*, Ernte am 27. August 2009. GD $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Lampe	Lux	Kaltton		Warmton		Warmton spezial		Pflanzenlicht		Kontrolle		GD
		hoch	niedrig	hoch	niedrig	hoch	niedrig	hoch	niedrig	VKR	KH	
Belana	K/Pk	10,3	9,7	10,7	10,3	11,0	10,5	10,8	9,9	9,7	10,2	1,8
	EKG	53,3	50,8	53,4	52,9	52,9	51,4	53,3	52,8	46,4	42,6	10,0
Nicola	K/Pk	9,0	9,5	9,1	9,8	9,5	8,9	9,3	9,2	8,7	7,3	1,7
	EKG	47,2	49,8	46,6	48,7	49,7	45,0	47,8	49,2	53,9	34,3	12,4

Zusammenfassung

- Das Längenwachstum der Keime wurde bei beiden Sorten durch Pflanzenlicht und Warmtonlampen stärker gehemmt als durch Kalttonlampen, ein Sachverhalt der die Empfehlungen der Beratung bestätigt.
- Bei höherer Beleuchtungsstärke waren die Keime beider Sorten zum Zeitpunkt der Pflanzung kürzer als bei niedriger Beleuchtungsstärke. Die keimfreudige Sorte *Nicola* reagierte auf die reduzierte Beleuchtung wie erwartet deutlich stärker als *Belana*.
- Der Knollenertrag wurde durch die unterschiedliche Beleuchtung während der Vorkeimung nicht signifikant beeinflusst, wodurch die höheren Kosten für Pflanzenlicht oder Warmtonlampen im Vergleich zu den preisgünstigsten Kalttonlampen in Frage gestellt werden müssen. Bei der Sorte *Nicola* wurde im Versuchsjahr 2009, mit frühem Auftreten der Krautfäule, ein tendenziell niedriger Ertrag bei einer Beleuchtungsstärke von 10 Lux im Vergleich zu den Varianten mit höherer Beleuchtungsstärke festgestellt. Dieses Ergebnis ist ein Hinweis darauf, dass der potentiell höhere Abbruch langer Keime bei ungünstigen Witterungsbedingungen ertragswirksam werden kann.

- Bei der Sorte *Nicola* war der Ertrag in der Kontrollvariante „Dunkellagerung im Vorkeimraum“ im Vergleich zu den Varianten mit Beleuchtung reduziert. Ungünstige Vorkeimbedingungen (dunkel und warm), wie sie in dieser Variante simuliert wurden, sollten bei keimfreudigen Sorten wie *Nicola* unbedingt vermieden werden.
- In der Kontrollvariante ohne Vorkeimung (Lagerung im Kühlraum) war bei beiden Sorten der Knollenertrag niedriger als in den vorgekeimten Varianten und bestätigte damit abermals den bereits aus zahlreichen Untersuchungen bekannten, sowie von Praktikern bestätigten Ertragsvorteil der Vorkeimung unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus.

Ausblick

Die Versuche werden im dritten Versuchsjahr fortgeführt, wobei eine weitere Reduzierung der niedrigen Beleuchtungsstärke auf 5 Lux erfolgt, um einen eventuellen Ertragseffekt, bedingt durch längere und daher stärker abbruchgefährdete Keime noch deutlicher herausarbeiten zu können. Neben dem Einfluss der Beleuchtung wird ab 2010 zusätzlich die Wirkung von Temperatur und Vorkeimdauer auf Keim- und Ertragsentwicklung untersucht.

Literatur

- Allen, E.J., Bean, J.N. & Griffith, R.L. (1978): Effects of low temperature on sprout growth of several varieties. *Potato Res.*, 21: 249-255
- Karalus, W. & R. Rauber (1997): Effect of presprouting on yield of maincrop potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in organic farming. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 179, 241-249
- Krug, H. & C. Pätzold (1968): Einfluß der Klimabedingungen während des Vorkeimens von Kartoffelpflanzgut auf das Keimwachstum und die Pflanzenentwicklung nach Hand- und Maschinenablage (Modellversuche). *AID-Heft* 150, 5- 29
- McGee, E., Jarvis, M. C. & H. J. Duncan (1987): Effects of spectral distribution on suppression of sprout growth by light. Abstracts of the 10th Triennial Conference of the EAPR, pp. 333-334.
- Paffrath, A (2007) Wirkung von Vorkeimung, organischer Stickstoffdüngung und einer Kupferbehandlung auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln im Ökologischen Landbau. 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, Stuttgart, Deutschland, 20.-23.03.2007
- Wassink, E., Krijthe, N. & C. van der Scheer (1950): On the effect of light of various spectral regions on the sprouting of potato tubers. *Proceedings, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, C53, 1228-1239
- Haverkort, A. J., van de Waart, M. and K. B. A. Bodlaender (1990): Effect of pre-planting temperature and light treatments of seed tubers on potato yield and tuber size distribution. *Potato Research* 33, 77-88