

## 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.

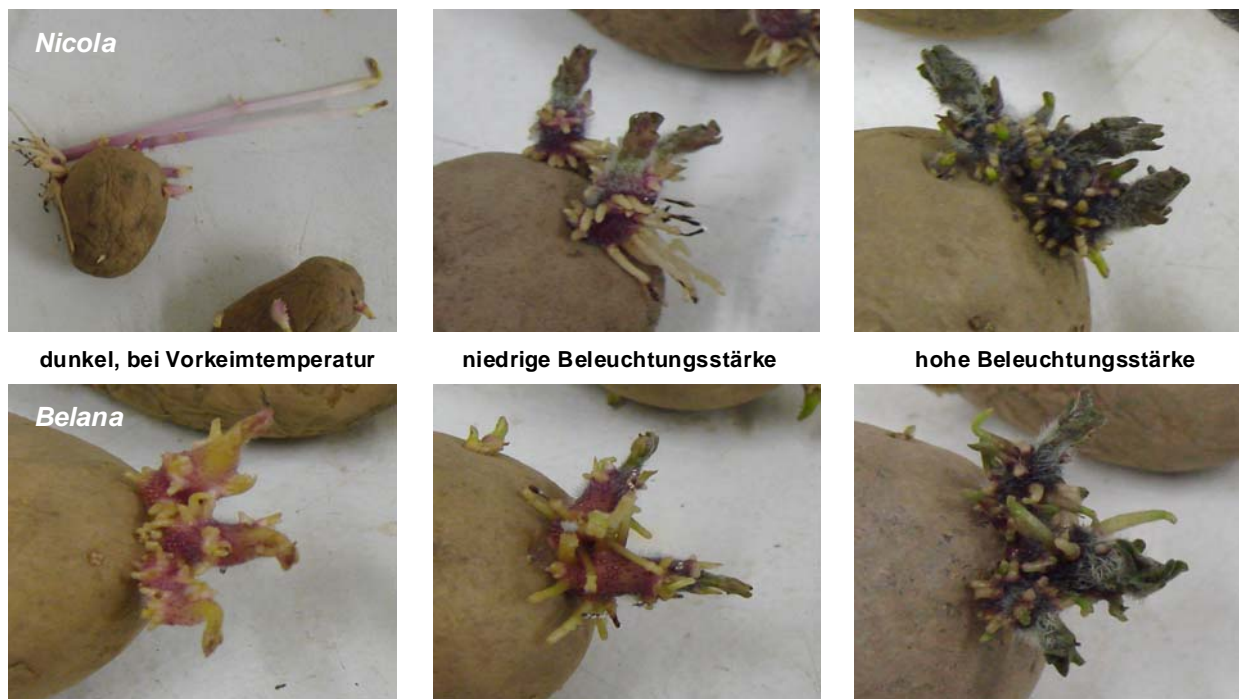
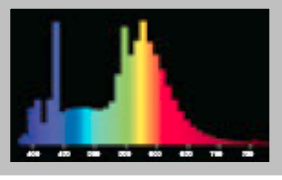
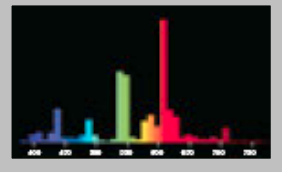
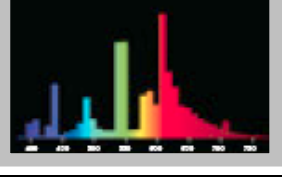
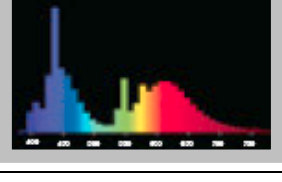


Abb. 1: Einfluss unterschiedlicher Beleuchtungsstärke auf die Keimlänge der Kartoffelsorten *Nicola* und *Belana* zur Pflanzung.

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. 5 Lux                          |
|  | Warmtonlampe            | 830             | 200 vs. 5 Lux                          |
|  | Warmtonlampe<br>spezial | 930             | 200 vs. 5 Lux                          |
|  | Pflanzenlicht           | 77              | 200 vs. 5 Lux                          |
|   | Kontrolle warm          |                 | Dunkellagerung im<br>Vorkeimraum (VKR) |
|   | Kontrolle kalt          |                 | Dunkellagerung im<br>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**

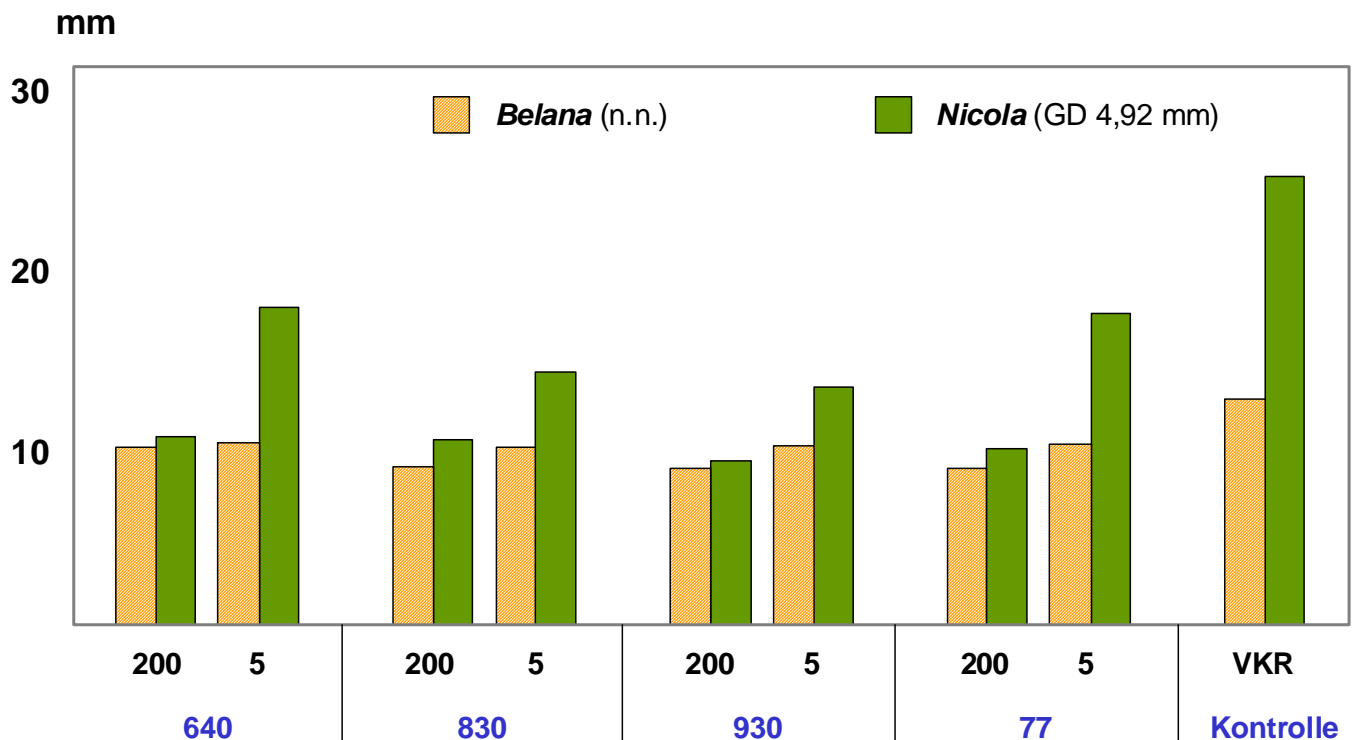
Um diese Hypothesen zu überprüfen, wurden auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut der Universität Bonn in Hennef/Sieg (Höhe ü. NN 65 m, Temperatur 10,3 °C, Niederschlag 840 mm, Bodenart sL-uL, 60 Bodenpunkte) vier praxisübliche Typen von Leuchtstoffröhren mit jeweils zwei Beleuchtungsstärken im Vergleich zur 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 2010 auf 5 Lux reduziert, um einen eventuellen Ertragseffekt, bedingt durch längere und daher stärker abbruchgefährdete Keime deutlicher herausarbeiten zu können.

## **Versuchsdurchführung 2010**

Vor Beginn der Vorkeimung wurden die Pflanzkartoffeln 48 h (2. bis 4. März 2010) bei 20°C aufgewärmt. Die Vorkeimung erfolgte 2010 bei 8-12°C über einen Zeitraum von etwa sechs Wochen (4. März bis 15. April 2010). 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 3. Mai, 11. Mai, 20. Mai, 25. Mai, 16. Juni mit einem Häufelgerät mit Gänsefußscharen und am 5. Mai mit dem Striegel. Auf Kupfer wurde verzichtet, um den Einfluss der Vorkeimung auf die Ertragsbildung stärker zu gewichten. Zur Kontrolle des Kartoffelkäfers wurde mit Neem am 5.7. behandelt. Beide Sorten wurden am 7. September 2010 gerodet. Folgende Parameter wurden im Versuch analysiert: Keimlänge, Keimanzahl, Feldaufgang, Bestandesentwicklung (Anzahl Stängel/m<sup>2</sup>), 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 fast 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.** n.n. - nicht normalverteilt, Daten bei der Sorte *Nicola* waren erst nach Transformation mit dem natürlichen Logarithmus normalverteilt, GD  $\alpha = 0,05$  (Tukey-Test).

Wie von der Beratung empfohlen, führte die Beleuchtung mit „Warmtonlampen“ 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). Im Unterschied zu den beiden Vorjahren war die Keimlänge in den Varianten mit Pflanzenlicht nicht kürzer als beim Einsatz von Kalttonlampen. Der Einfluss der Lampen auf die Keimlänge war deutlich geringer als die Wirkung der unterschiedlichen Beleuchtungsstärke.

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

| Lampe         | Kaltton           |      | Warmton |      | Warmton<br>spezial |      | Pflanzenlicht |            | Kontrolle |      | GD          |     |
|---------------|-------------------|------|---------|------|--------------------|------|---------------|------------|-----------|------|-------------|-----|
|               | Lux               |      |         |      |                    |      |               |            | VKR       | KH   |             |     |
| <b>Belana</b> | K/Kn              | 4,7  | 6,1     | 5,0  | 4,6                | 5,3  | 5,0           | 5,1        | 4,7       | 4,9  | 1,6         |     |
|               | St/m <sup>2</sup> | 12,0 | 11,3    | 12,5 | 13,7               | 13,0 | 12,7          | 13,8       | 12,7      | 12,2 | <b>15,0</b> | 3,2 |
| <b>Nicola</b> | K/Kn              | 5,5  | 5,5     | 5,3  | 4,6                | 4,9  | 4,3           | 5,1        | 4,2       | 4,3  | n.n.        |     |
|               | St/m <sup>2</sup> | 9,8  | 10,2    | 12,2 | 11,8               | 10,3 | 8,3           | <b>9,2</b> | 9,8       | 10,2 | <b>12,2</b> | 3,2 |

Anzahl Keime je Knolle am 15. April sowie die Anzahl Stängel/m<sup>2</sup> am 18. Juni 2010

n.n. - nicht normalverteilt

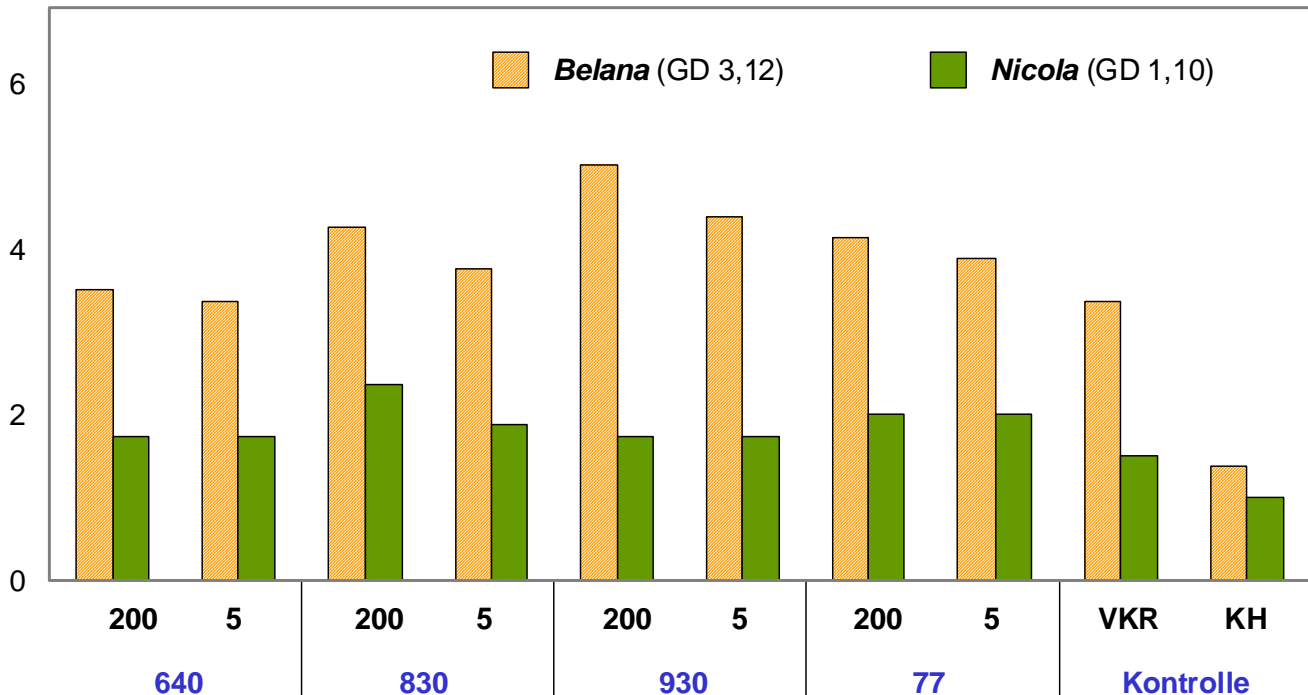
Nach zahlreichen Ergebnissen aus der Literatur (u.a. Allen et al. 1978, Haverkort & van de Waart 1993) wird mit zunehmendem physiologischen Alter die Apikaldominanz gefördert, d.h. die Anzahl Keime je Knolle sowie Stängel oder Knollen je Quadratmeter wird durch zunehmende Lagertemperaturen reduziert. Dieser Effekt wurde in den eigenen Untersuchungen bei der Sorte *Belana* durch eine höhere Anzahl Stängel je Quadratmeter in der kühl gelagerten, nicht vorgekeimten Variante bestätigt (Tab. 2). Z.T. war auch bei der Sorte *Nicola* die Keimanzahl in den vorgekeimten Varianten niedriger im Vergleich zu den im Kühlhaus gelagerten Pflanzkartoffeln, was sich auch in der Anzahl Knollen je Pflanzknolle widerspiegelte, welche in der nicht vorgekeimten Variante signifikant erhöht war (s. Tab. 4).

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

| Lampe         | Lux   | Kaltton |         | Warmton |         | Warmton<br>spezial |         | Pflanzenlicht |         | Kontrolle |     | GD   |
|---------------|-------|---------|---------|---------|---------|--------------------|---------|---------------|---------|-----------|-----|------|
|               |       | hoch    | niedrig | hoch    | niedrig | hoch               | niedrig | hoch          | niedrig | VKR       | KH  |      |
| <b>Belana</b> | 8.5.  | 40,8    | 21,7    | 34,2    | 25,8    | 22,5               | 14,2    | 41,7          | 41,7    | 21,7      | 0   | 36,8 |
|               | 21.5. | 98,3    | 94,2    | 96,7    | 97,5    | 94,2               | 95,8    | 99,2          | 95,0    | 90,8      | 1,7 | n.n. |
| <b>Nicola</b> | 8.5.  | 54,2    | 48,3    | 45,8    | 38,3    | 55,0               | 20,8    | 40,0          | 35,0    | 14,2      | 0   | 28,2 |
|               | 21.5. | 80,8    | 62,5    | 78,3    | 68,3    | 80,8               | 52,5    | 72,5          | 62,5    | 42,5      | 1,7 | 47,6 |

n.n. - nicht normalverteilt

Die Bestandesentwicklung war bei beiden Sorten in den nicht vorgekeimten Varianten (Kontrolle KH) deutlich verzögert (Tab. 3). Im Gegensatz zu den Vorjahren hatte die bislang als „keimträge“ bekannte Sorte *Belana* (Bundessortenamt 2011) einen schnelleren Feldaufgang. Bei der Sorte *Nicola* war der Feldaufgang zum zweiten Boniturtermin jeweils in den Varianten mit niedriger Belichtungsstärke tendenziell langsamer im Vergleich zu den Varianten mit hoher Beleuchtungsstärke.

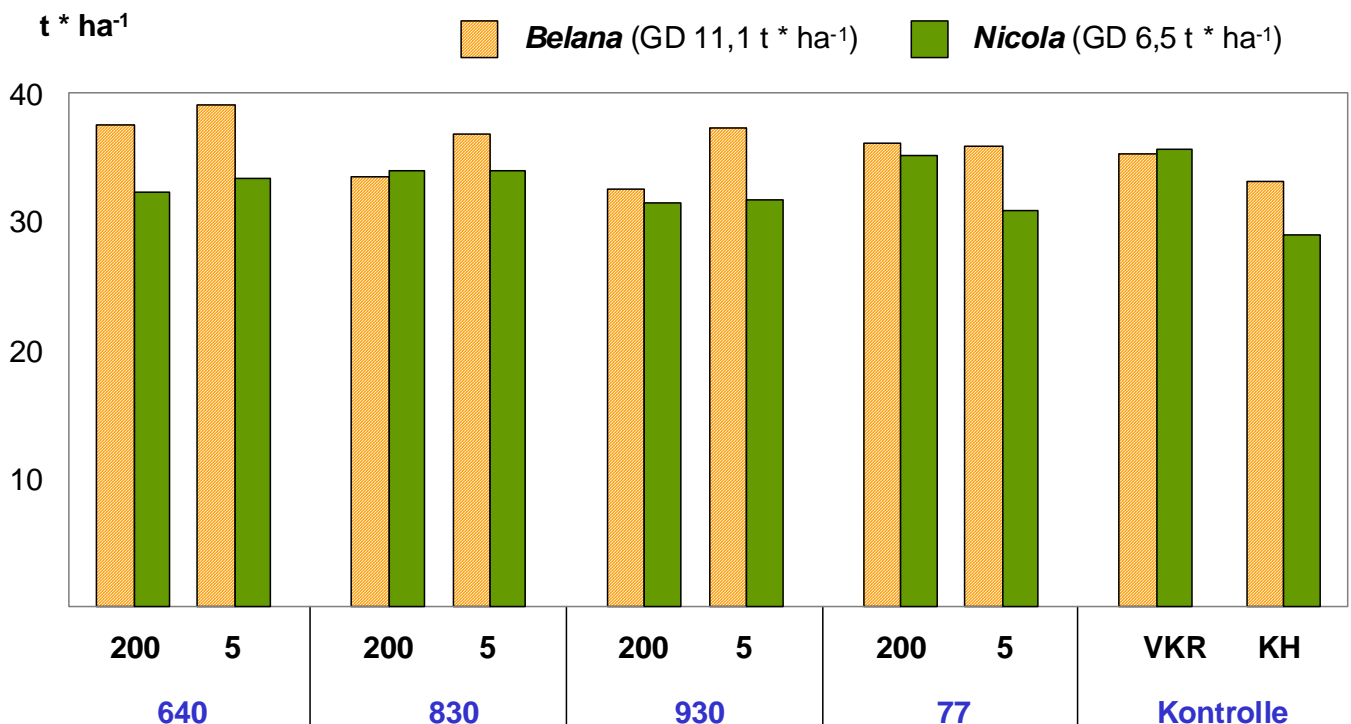


**Abb. 3: Einfluss von Lichtspektrum und Beleuchtungsstärke auf die Abreife (Boniturnote 10 = abgestorben) der Kartoffelsorten *Belana* und *Nicola* am 31. Juli 2010. GD  $\alpha = 0,05$  (Tukey-Test).**

Da im Versuchsjahr 2010 aufgrund fehlender Blattfeuchte eine Krautfäuleinfektion fast vollständig ausblieb, kam es zu einer natürlichen Seneszens der Bestände, wovon die Sorte *Belana* etwas früher betroffen war als die Sorte *Nicola*. Die nicht vorgekeimte Variante KH zeigte bei beiden Sorten zum dargestellten Boniturtermin die signifikant niedrigste Boniturnote (Abb. 3). Zu den beiden nicht dargestellten Boniturterminen (1 x früher, 1 x später) war kein Unterschied zwischen den Varianten nachzuweisen.

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. Im Gegensatz zum Vorjahr, in dem eine tendenzielle Ertragsminderung in den auf 10 Lux reduzierten, niedrigen Beleuchtungsstärken bei der Sorte *Nicola* beobachtet wurde, wurde der Ertrag im Versuchsjahr 2010 bei fehlender Krautfäuleinfektion nicht durch die Vorkeimung beeinflusst. Statistisch nachweisbar war weder der Einfluss der unterschiedlichen Beleuchtungsstärke noch eine Wirkung unterschiedlicher Lampentypen auf den Knollenertrag. Die aus der Literatur bekannten Ertragsvorteile der Vorkeimung wurden in zwei von drei Versuchsjahren bestätigt (Abb. 4).



**Abb. 4: Einfluss von Lichtspektrum und Beleuchtungsstärke auf den Knollenertrag der Kartoffelsorten *Nicola* (> 30 mm) und *Belana* (> 35 mm), Ernte am 7. September 2010. GD  $\alpha = 0,05$  (Tukey-Test).**

Ertragsbestimmend war bei der Sorte *Belana* in den Varianten mit tendenziell niedrigerem Ertrag das Einzelknollengewicht, das in diesen Varianten ebenfalls reduziert war. Bei der Sorte *Nicola* wurde das signifikant niedrigere Einzelknollengewicht in der nicht vorgekeimten Variante durch eine signifikant höhere Anzahl Knollen je Pflanzknolle kompensiert. Ein Einfluss der Vorkeimung auf die Knollenqualität (u.a. *Rhizoctonia*, Schorf, Drahtwurmbefall und Stärkegehalt) wurde in keinem Versuchsjahr festgestellt.

**Tab. 4: Einfluss von Lichtspektrum und Beleuchtungsstärke auf die Ertragsparameter (K/m<sup>2</sup> - Knollen je m<sup>2</sup> und EKG - Einzelknollengewicht) der Kartoffelsorten *Nicola* und *Belana*, Ernte am 27. August 2009. GD  $\alpha = 0,05$  (Tukey-Test).**

| Lampe         | Kaltton          |      | Warmton |      | Warmton<br>spezial |      | Pflanzenlicht |      | Kontrolle |      | GD          |      |
|---------------|------------------|------|---------|------|--------------------|------|---------------|------|-----------|------|-------------|------|
|               | Lux              |      |         |      |                    |      |               |      | VKR       | KH   |             |      |
| <b>Belana</b> | K/m <sup>2</sup> | 36,5 | 38,5    | 36,7 | 38,4               | 35,6 | 39,4          | 37,6 | 38,1      | 34,3 | 39,1        | 6,4  |
|               | EKG              | 103  | 101     | 91,1 | 95,3               | 90,9 | 95,0          | 95,9 | 93,6      | 102  | 84,8        | 20,8 |
| <b>Nicola</b> | K/m <sup>2</sup> | 37,6 | 37,3    | 38,6 | 38,2               | 37,5 | 37,3          | 40,4 | 35,2      | 36,8 | <b>48,2</b> | 8,0  |
|               | EKG              | 86,3 | 89,5    | 88,1 | 88,7               | 83,9 | 85,9          | 87,3 | 87,8      | 94,4 | <b>60,1</b> | 21,1 |

### Zusammenfassung

- Das Längenwachstum der Keime wurde bei beiden Sorten durch Pflanzenlicht 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 Feldaufgang war 2010 bei der Sorte *Nicola* in Varianten die bei niedriger Beleuchtungsstärke vorgekeimt wurden tendenziell verzögert.
- Statistisch nachweisbar war im Versuchsjahr 2010 bei fehlender Krautfäuleinfektion weder der Einfluss der unterschiedlichen Beleuchtungsstärke noch eine Wirkung unterschiedlicher Lampentypen auf den Knollenertrag.
- Nur bei der Sorte *Nicola* wurde im Jahr 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 (frühe Krautfäuleinfektion) ertragswirksam werden kann.
- Die aus der Literatur bekannten Ertragsvorteile der Vorkeimung wurden in zwei von drei Versuchsjahren bestätigt.



## **Ausblick**

Seit 2011 wird der Einfluss unterschiedlicher Beleuchtung in Kombination mit verschiedenen Lagertemperaturen während der Vorkeimung an den Sorten *Belana* (keimträge) und *Nicola* (keimfreudig) auf zwei Standorten im Rheinland 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
- Bundessortenamt (2011): Beschreibende Sortenliste Kartoffeln 2011. [http://www.bundessortenamt.de/internet30/fileadmin/Files/PDF/bsl\\_kartoffeln\\_2011.pdf](http://www.bundessortenamt.de/internet30/fileadmin/Files/PDF/bsl_kartoffeln_2011.pdf) (Stand 29.9.11)
- 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