

## Einfluss von Lichtspektrum und Beleuchtungsstärke auf das Keimlängenwachstum und den Ertrag von Kartoffeln

Stumm, C.<sup>1</sup> und Köpke, U.<sup>1</sup>

*Keywords:* Vorkeimung, Keimlänge, Sorte, Keimträge, keimfreudig.

### Abstract

*The effect of lamps with different light spectrum in two levels of illumination on presprouting and tuber yield of cultivars 'Belana' and 'Nicola' was tested in 2008 and 2009 at the organic research farm Wiesengut in Hennef (Germany). Length of sprouts was greatest in treatments with 'cool white lamps' having a low fraction of red light (wavelength ~700 nm). Higher quantity of illuminance resulted in shorter sprouts in all trials. 'Nicola', a fast sprouting cultivar reacted more clearly on changes in light exposure than the slower sprouting 'Belana'. Tuber yield was not affected by changes in illumination; it was lower in the control treatment without presprouting. The well investigated advantage of presprouting in terms of tuber yield was confirmed.*

### Einleitung

Die Wirkung der Vorkeimung als ertragssichernde Maßnahme konnte in zahlreichen Untersuchungen unter den Anbaubedingungen des ökologischen Landbaus nachgewiesen werden (u.a. Karalus & Rauber 1997). Insbesondere in Jahren mit frühem Auftreten der Krautfäule (*Phytophthora infestans*) war der Ertragseffekt der Vorkeimung deutlich höher als die kurative Wirkung von Kupferpräparaten (Paffrath 2007). Neben der Temperatur ist die Beleuchtung der wichtigste Einflussfaktor auf die Keimentwicklung. In Untersuchungen von McGee *et al.* (1987) wurde der rote Wellenlängenbereich (~ 700 nm) als entscheidend für die Hemmung des Keimlängenwachstum identifiziert. Krug & Pätzold (1968) wiesen einen deutlichen Keimlängenrückgang bereits ab einer Beleuchtungsstärke von 5 Lux nach. Da die Wirkung unterschiedlicher Beleuchtung auf den Ertrag jedoch weitgehend unerforscht ist, wird derzeit im Rahmen des Projektes 'Leitbetriebe Ökologischer Landbau in NRW' die Wirkung verschiedener praxisüblicher Leuchtstoffröhren mit unterschiedlichen Beleuchtungsstärken auf das Keimlängenwachstum und den Ertrag geprüft.

### Material und Methoden

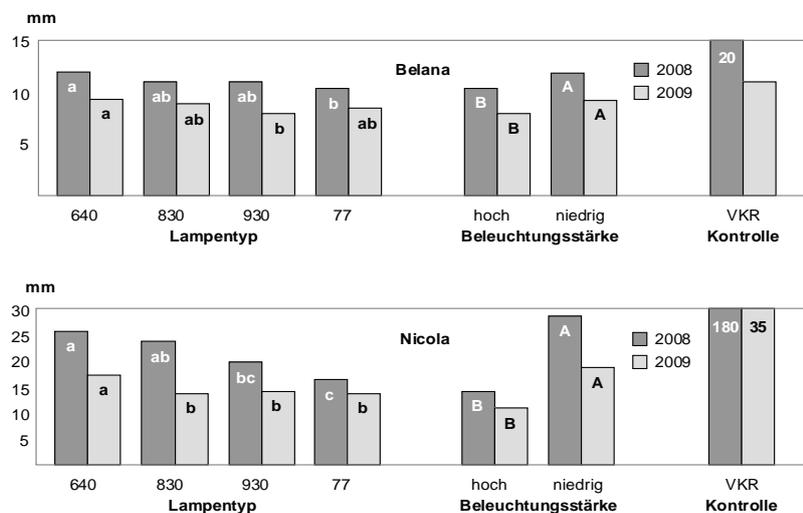
In den Jahren 2008 und 2009 wurde auf dem ökologisch bewirtschafteten Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef (50°48' Nord, 7°17' Ost, 65 m ü. NN, Jahresdurchschnittstemperatur: 10,2°C, Jahresniederschlag: 800 mm, Bodenart IU - sU, Bodenpunkte 20-70) mit den Kartoffelsorten Nicola (keimfreudig) und Belana (keimträge) je ein zweifaktorieller Feldversuch mit den Faktoren Lichtspektrum (Leuchtstoffröhren mit unterschiedlichem Wellenlängenspektrum, Kodierung der Lichtfarbe nach Osram (2010): Kaltton 640, Warmton 830, Warmton spezial 930 und Pflanzenlicht 77) und Beleuchtungsstärke (hoch vs. niedrig) im Vergleich mit zwei Kontrollen (Dunkellagerung im Vorkeimraum bzw. im Kühlhaus) angelegt. Die hohe Beleuchtungsstärke betrug in beiden Jahren 200 Lux, die niedrige Beleuchtungsstärke wurde im zweiten Jahr von 20 auf 10 Lux reduziert, um einen eventuellen Ertragseffekt, bedingt

<sup>1</sup> Institut für Organischen Landbau, Universität Bonn, Katzenburgweg 3, 53111 Bonn, 0228-732038, leitbetriebe@uni-bonn.de, www.iol.uni-bonn.de

durch längere und daher stärker abbruchgefährdete Keime deutlicher herausarbeiten zu können. Vor Beginn der Vorkeimung wurden die Pflanzkartoffeln 48 h bei 20°C aufgewärmt (4.-6. März 2008, 13.-15. März 2009). Die Vorkeimung erfolgte 2008 bei 10-15°C (ohne Klimasteuerung) bzw. 2009 bei 10-12°C (mit Klimasteuerung) bis zur Pflanzung am 29. April 2008 bzw. am 26. April 2009. Im zweiten Versuchsjahr wurden die vorgekeimten Kartoffeln zur Pflanzung einmal ausgekippt, um den eventuell unter Praxisbedingungen stärker auftretenden Keimabbruch beim Entleeren der Kisten in die Pflanzmaschine zu simulieren. Die Unkrautkontrolle erfolgte 2008 mit der Netzegge am 19. Mai und durch Häufeln am 23. Mai. Im Versuchsjahr 2009 wurde einmal am 18. Mai gehäufelt und Chenopodium album am 10. Juni per Handhacke entfernt. Im Versuchsjahr 2008 wurde mit je 500 g Cu/ha am 11., 17. und 28. Juni behandelt; 2009 wurde auf Kupfer verzichtet, um den Einfluss der Vorkeimung auf die Ertragsbildung stärker zu gewichten. Die Sorte Nicola wurde 2008 am 8. September und die Sorte Belana am 9. September gerodet, 2009 wurden beide Sorten am 27. August geerntet.

## Ergebnisse und Diskussion

In allen Versuchen entwickelten beide Sorten die längsten Keime unter Beleuchtung mit 'Kalttonlampen 640' (Abb. 1). Der Unterschied zu den Varianten mit Warmtonlampen und Pflanzenlicht war bei der Sorte Nicola bis auf eine Ausnahme (2008 'Warmton 830') signifikant. Bei der Sorte Belana unterschied sich dagegen nur jeweils die Variante mit den kürzesten Keimen (2008 'Pflanzenlicht 77' und 2009 'Warmton spezial 930') signifikant von der Variante 'Kaltton 640'.



**Abbildung 1: Einfluss von Lichtspektrum (Lampentyp) und Beleuchtungsstärke auf die Keimlänge der Kartoffelsorten Belana und Nicola zum Zeitpunkt der Pflanzung im Vergleich zur Kontrolle (Dunkellagerung im Vorkeimraum).**

**Verschiedene Buchstaben kennzeichnen Varianten mit einem signifikanten Unterschied  $\alpha = 0,05$  (Tukey-Test). Die Kontrolle wurde in die zweifaktorielle statistische Auswertung nicht mit einbezogen.**

In allen vier Versuchen waren die Keime bei hoher Beleuchtungsstärke signifikant kürzer als bei niedriger Beleuchtungsstärke, wobei die Unterschiede bei der keimfreudigen Sorte Nicola deutlich größer waren, als bei der Sorte Belana. Diese unterschiedlich stark ausgeprägte Reaktion verschiedener Sorten auf reduzierte Beleuchtungsstärken wurde auch von Krug & Pätzold (1968) in ihren Untersuchungen mit den Sorten Olympia (keimträge) und Barima (keimfreudig) festgestellt. Die bei reduzierter Beleuchtung vermehrte Keimstreckung der Sorte Nicola wird insbesondere in der Kontrolle 'Dunkellagerung im Vorkeimraum' deutlich. In dieser Variante entwickelten sich 2008 extrem lange Dunkelkeime, die mit 18 cm etwa sechsmal so lang waren wie die längsten Lichtkeime. Bei der Sorte Belana waren sie unter gleichen Bedingungen maximal 2 cm und damit weniger als doppelt so lang wie in den beleuchteten Varianten. Im zweiten Versuchsjahr zeigte sich diese Wirkung unterschiedlicher Beleuchtungsstärke zwar in gleicher Weise, jedoch waren sowohl die absoluten Keimlängen als auch die relativen Unterschiede zwischen hoher und niedriger Beleuchtungsstärke geringer als im Vorjahr, ein Sachverhalt der auf die verringerte durchschnittliche Vorkeimtemperatur und eine etwas kürzere Vorkeimzeit zurückgeführt werden kann.

**Tabelle 1: Einfluss von Lichtspektrum (Lampentyp) und Beleuchtungsstärke auf den Knollenertrag (dt/ha, Sorte Belana > 35 mm, Nicola > 30 mm) und Ertragsparameter (Knollen/m<sup>2</sup>, Einzelknollengewicht in g) der Kartoffelsorten Belana und Nicola im Vergleich zur Kontrolle (Dunkellagerung im Vorkeimraum bzw. im Kühlhaus).**

Signifikante Unterschiede sind mit \* gekennzeichnet, GD  $\alpha = 0,05$  (Tukey-Test). Die Kontrolle wurde in die zweifaktorielle statistische Auswertung nicht mit einbezogen.

|                  | Belana |       | Lampentyp |       |                       |       |         | Beleuchtungsstärke    |       |       | Kontrolle |  |
|------------------|--------|-------|-----------|-------|-----------------------|-------|---------|-----------------------|-------|-------|-----------|--|
|                  | 640    | 830   | 930       | 77    | GD                    | hoch  | niedrig | GD                    | VKR   | KH    |           |  |
| 2008 Ertrag      | 284,5  | 294,0 | 304,5     | 302,1 | 35,5 n.s.             | 293,8 | 298,8   | 18,7 n.s.             | 322,3 | 214,0 |           |  |
| K/m <sup>2</sup> | 30,9   | 31,4  | 32,6      | 32,0  | 3,7 n.s.              | 31,2  | 32,3    | 2,0 n.s.              | 33,2  | 37,4  |           |  |
| EKG              | 92,4   | 93,6  | 94,0      | 94,3  | 8,8 n.s.              | 94,6  | 92,5    | 4,6 n.s.              | 99,7  | 57,4  |           |  |
| 2009 Ertrag      | 180,4  | 181,1 | 176,3     | 179,3 | 36,3 n.s.             | 177,4 | 181,1   | 19,2 n.s.             | 187,6 | 98,9  |           |  |
| K/m <sup>2</sup> | 37,0   | 37,7  | 36,9      | 36,9  | 3,9 n.s. <sup>1</sup> | 36,9  | 37,4    | 2,1 n.s. <sup>1</sup> | 34,9  | 29,1  |           |  |
| EKG              | 48,5   | 47,6  | 47,4      | 48,5  | 6,0 n.s.              | 47,8  | 48,2    | 3,2 n.s.              | 53,9  | 34,3  |           |  |

|                  | Nicola |       | Lampentyp |       |                        |       |         | Beleuchtungsstärke     |       |       | Kontrolle |  |
|------------------|--------|-------|-----------|-------|------------------------|-------|---------|------------------------|-------|-------|-----------|--|
|                  | 640    | 830   | 930       | 77    | GD                     | hoch  | niedrig | GD                     | VKR   | KH    |           |  |
| 2008 Ertrag      | 325,3  | 327,2 | 327,2     | 323,3 | 50,4 n.s. <sup>1</sup> | 318,6 | 328,7   | 26,6 n.s. <sup>1</sup> | 232,7 | 289,7 |           |  |
| K/m <sup>2</sup> | 36,6   | 37,9  | 37,9      | 37,4  | 4,7 n.s.               | 37,0  | 37,0    | 2,5 n.s.               | 29,7  | 45,7  |           |  |
| EKG              | 89,0   | 86,3  | 86,3      | 86,4  | 7,9 n.s.               | 86,1  | 88,8    | 4,2 n.s.               | 78,9  | 63,4  |           |  |
| 2009 Ertrag      | 208,4  | 223,8 | 223,8     | 220,2 | 36,5 n.s.              | 228,1 | 210,5   | 19,3 n.s.              | 179,2 | 175,2 |           |  |
| K/m <sup>2</sup> | 40,0   | 42,0  | 42,0      | 41,4  | 3,0 n.s.               | 42,8  | 40,4    | 1,6 *                  | 38,7  | 40,7  |           |  |
| EKG              | 52,1   | 53,2  | 53,2      | 53,0  | 5,7 n.s.               | 53,2  | 52,0    | 3,0 n.s.               | 46,4  | 42,6  |           |  |

<sup>1</sup> normalverteilt nach Transformation mit dem Kehrwert

Im Gegensatz zur Keimlänge wurde der Knollenertrag durch die unterschiedliche Beleuchtung während der Vorkeimung in keinem Versuch signifikant beeinflusst. In die hier dargestellte zweifaktorielle Auswertung (Tab. 1) wurden die beiden Kontrollvarianten nicht mit einbezogen. Bei einer einfaktoriellem Auswertung zeigte sich jedoch, dass die in der nicht vorgekeimten Variante 'Dunkellagerung im Kühlraum' ermittelten Mindererträge z.T.

statistisch signifikant waren. Dieses Ergebnis bestätigt erneut die aus der Literatur (u.a. Karalus & Rauber 1997, Paffrath 2007) bekannte Ertragswirksamkeit der Vorkeimung unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus. Ertragsbestimmend war in den nicht vorgekeimten Varianten das Einzelknollengewicht, welches aufgrund der verzögerten Entwicklung z.T. signifikant reduziert war. 2008 war bei der Sorte Nicola ebenfalls der Ertrag in der zweiten Kontrollvariante 'Dunkellagerung im Vorkeimraum', in der ungünstige Vorkeimbedingungen simuliert werden sollten, niedriger im Vergleich zu den Varianten mit Beleuchtung. Der Ertrag wurde in dieser Variante durch die Anzahl Knollen je Staude bestimmt und ist mit dem Abbruch der extrem langen Keime und dem dadurch verminderten Knollenansatz zu erklären. Ein Einfluss der Vorkeimung auf die Knollenqualität (u.a. *Rhizoctonia*, Schorf, Drahtwurmbefall und Stärkegehalt) wurde in keinem der Versuche festgestellt.

### Zusammenfassung

- Das Längenwachstum der Keime wurde bei beiden Sorten durch Pflanzenlicht und Warmtonlampen stärker gehemmt als durch Kalttonlampen.
- Bei höherer Beleuchtungsstärke waren die Keime bei beiden Sorten zum Zeitpunkt der Pflanzung kürzer als bei niedriger Beleuchtungsstärke.
- Die Sorte Nicola reagierte auf veränderte Beleuchtung deutlich stärker als Belana.
- Der Knollenertrag wurde durch die unterschiedliche Beleuchtung während der Vorkeimung nicht beeinflusst.
- In den Kontrollvarianten ohne Vorkeimung war bei beiden Sorten der Knollenertrag niedriger als in den vorgekeimten Varianten.
- Bei der Sorte Nicola war 2008 der Ertrag in der Variante 'Dunkellagerung im Vorkeimraum' z.T. signifikant reduziert im Vergleich zu den Varianten mit Beleuchtung. Ungünstige Vorkeimbedingungen (dunkel und warm), wie sie in dieser Variante simuliert wurden, sollten bei keimfreudigen Sorten wie Nicola vermieden werden.

### Ausblick

Die Versuche werden derzeit im dritten Jahr fortgeführt, wobei eine weitere Reduzierung der niedrigen Beleuchtungsstärke auf 5 Lux erfolgte. Neben dem Einfluss der Beleuchtung werden seit 2010 weiterhin die Wirkung von Temperatur und Vorkeimdauer auf die Keimentwicklung und Ertragsbildung untersucht.

### Literatur

- Karalus, W. & Rauber, R (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. & Pätzold, C. (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. & Duncan, H. J. (1987): Effects of spectral distribution on suppression of sprout growth by light. *Abstracts of the 10th Triennial Conference of the EAPR*, S. 333-334.
- Osram (2010): Licht kann weiss, weiss, weiss oder weiss sein. <http://shop.osram.ch/getAttachment.aspx?attaName=ed1d10a0-d212-4362-bc40-a28d0d6ff0f7> (Abruf 19.08.2010).
- Paffrath, A (2007): Wirkung von Vorkeimung, organischer Stickstoffdüngung und einer Kupferbehandlung auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln im Ökologischen Landbau. In: Zikeli *et al.* (Hrsg.) (2007): Zwischen Tradition und Globalisierung, Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau am 20.-23. März 2007 in Hohenheim, S. 349-352.