

Einfluss von Beleuchtungsstärke und Temperatur auf die Vorkeimung von Speisekartoffeln

Einleitung

Unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus mit vergleichsweise früh absterbenden Kartoffelbeständen in Folge von Krautfäulebefall (*Phytophthora infestans*) hat sich die Vorkeimung von Kartoffeln als erfolgreiche Anbaustrategie zur Ertragssicherung erwiesen (Karalus & Rauber 1997, Paffrath 2007). Diese Ergebnisse wurden jedoch zum großen Teil mit Pflanzgut erzielt, welches unter optimalen Bedingungen vorgekeimt wurde.

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 Knollen führen. In Untersuchungen von Krug & Pätzold (1968) mit den Sorten *Olympia* (keimträge) und *Barima* (keimfreudig) führten bereits 5 Lux zu einem deutlichen Keimlängenrückgang im Vergleich zur Dunkellagerung.

Höhere Lagertemperaturen während der Vorkeimung steigerten in eigenen Voruntersuchungen die Keimlänge signifikant. Ergebnisse aus der Literatur geben Hinweise darauf, dass durch die Lagertemperatur die Anzahl Keime und damit die Anzahl Ernteknollen je Pflanzknolle beeinflusst werden kann. Dabei wurde mit zunehmender Temperatur und damit fortschreitender physiologischer Alterung die Apikaldominanz, d.h. die Ausbildung weniger Keime je Pflanzknolle gefördert (u.a. Allen et al. 1978, van Loon 1987, Haverkort & Van de Waart 1993).

Das Hauptaugenmerk der hier geschilderten Untersuchungen liegt daher auf der Frage, ob der Ertragsvorteil durch die Vorkeimung durch verminderte Beleuchtungsstärken – wie sie in der Praxis vorzufinden sind – reduziert wird und welchen Einfluss dabei die Lagertemperatur während der Vorkeimung auf die Keim- und Ertragsentwicklung von Sorten mit unterschiedlicher Keimungsaktivität (*Belana* - keimträge, *Nicola* - keimfreudig) hat.

Versuchsfrage & Hypothesen

- F1:** Wie werden Keim- und Bestandesentwicklung, Knollenertrag und Ertragsstruktur durch unterschiedliche Lagertemperaturen und Beleuchtungsstärken während der Vorkeimung beeinflusst?
- F2:** Welche Parameter eignen sich im Hinblick auf Keimstabilität und Ertragsbildung zur Beschreibung einer (auch ökonomisch) sinnvollen Vorkeimung.
- H1:** Eine höhere Beleuchtungsstärke verringert die Keimlänge. Kürzere Keime brechen bei der Pflanzung weniger ab, die Bestandesentwicklung wird gefördert, ein höherer Knollenertrag erzielt.

- H2:** Höhere Lagertemperaturen resultieren in längeren Keimen aber auch in einer gesteigerten Keimungskapazität; ein höherer Keimabbruch durch längere Keime kann kompensiert werden.
- H3:** Höhere Lagertemperaturen und damit gesteigerte Keimungskapazität fördern die Bestandesentwicklung, höhere Knollenerträge werden erzielt.
- H4:** Eine Steigerung der Lagertemperatur während der Vorkeimung führt zu einer reduzierten Anzahl Keime je Knolle und damit zu weniger Stängel und Knollen je Quadratmeter.

Material & Methoden

Der Versuch wurde 2011 auf zwei Standorten (Lehr- und Versuchsstation Wiesengut in Hennef und Leitbetrieb Stautenhof in Willich-Anrath, Informationen zu den Standorten unter <http://www.oekolandbau.nrw.de/forschung/leitbetriebe/betriebe>) als dreifaktorielle Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt:

Faktor 1: Sorte (*Belana*, *Nicola*)

Faktor 2: Temperaturen (8/12/16 °C)

Faktor 3: Beleuchtungsstärke (MW/Stabw.) n=48

>300 Lux	(652/185)
20 Lux	(20,9/3,6)
5 Lux	(5,1/0,5)
1 Lux	(0,8/0,3)

Kontrollen: *Belana* und *Nicola* nicht vorgekeimt

Parzellengröße 3 m (4 Reihen) x 8 m

Tab. 1: Versuchsdurchführung 2010

Maßnahme	Wiesengut	Stautenhof
Beginn Vorkeimung	9. März	9. März
Vorfrucht	Kleegras	Ackerbohnen
Pflanzung	30. April	29. April
Häufeln	24. Mai	2 x (15.5 & 20.5)
Handhacke	stetig	stetig
Bewässerung		3 x 25 mm (16.5, 26.5 & 9.6)
Neem	17. Juni (2,5 l/ha)	
Ernte	1. September	13. September

Parameter (nicht dargestellte Ergebnisse in Klammern)

Vorkeimraum

Keimlänge, (Keimanzahl, Gewichtsverlust), Keimverluste, Kraft für Keimabbruch, Chlorophyllgehalt

Feld

FA, Stängel/m², (Beginn Blüte), Zeiternten Knollen (und Spross), (Bestandeshöhe, BFI, PAR, Seneszenz bzw. Befall mit *Phytophthora infestans*), Knollenertrag, Ertragsparameter, (Sortierung, Qualität)

Ergebnisse

Die Keimlänge zur Pflanzung wurde von der Lagertemperatur während der Vorkeimung positiv beeinflusst (Abb. 1). Insbesondere bei der Sorte *Nicola* nahm die Keimlänge mit höherer Temperatur signifikant zu. Durch höhere Beleuchtungsstärken wurde die Keimlänge signifikant reduziert. Die Unterschiede waren bei der keimträgen Sorte *Belana* weniger ausgeprägt als bei der keimfreudigen Sorte *Nicola*.

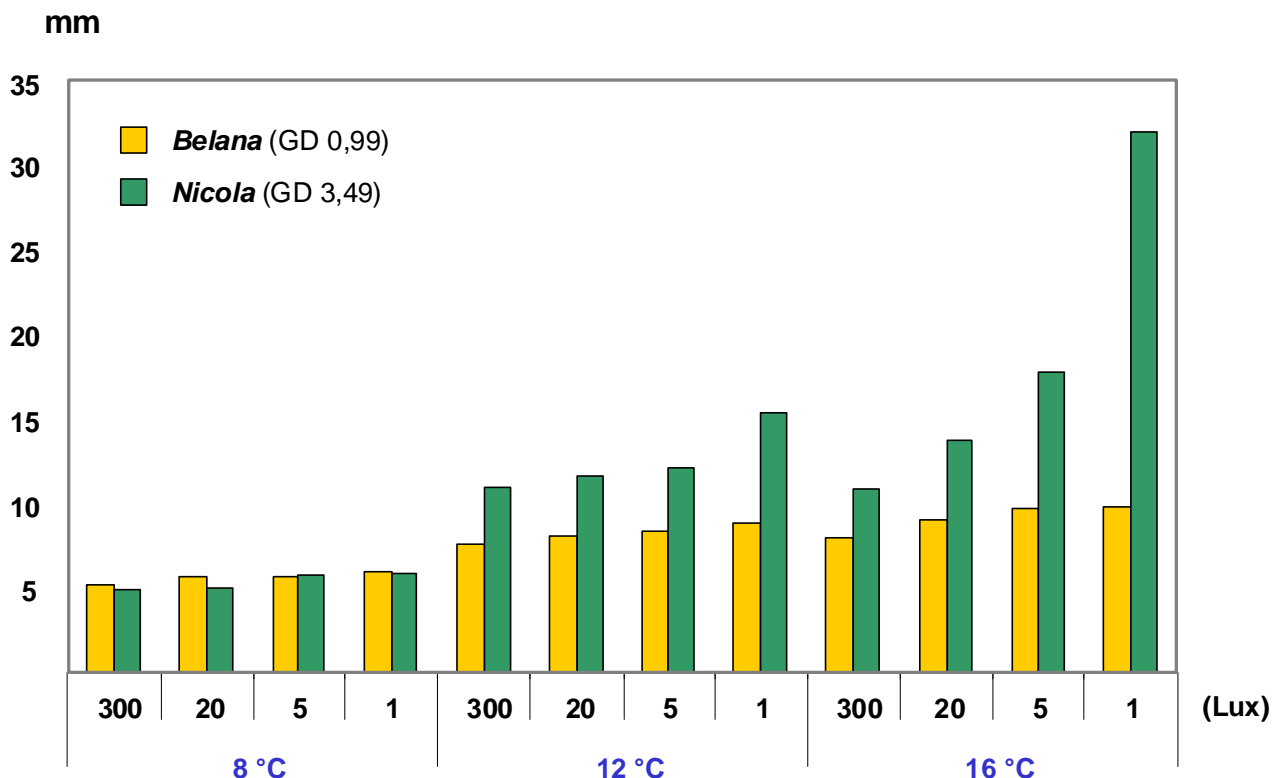


Abb. 1: Einfluss von Temperatur und Beleuchtungsstärke auf die Keimlänge der Sorten *Belana* und *Nicola* zum Zeitpunkt der Pflanzung ($\alpha = 0,05$, Tukey-Test).

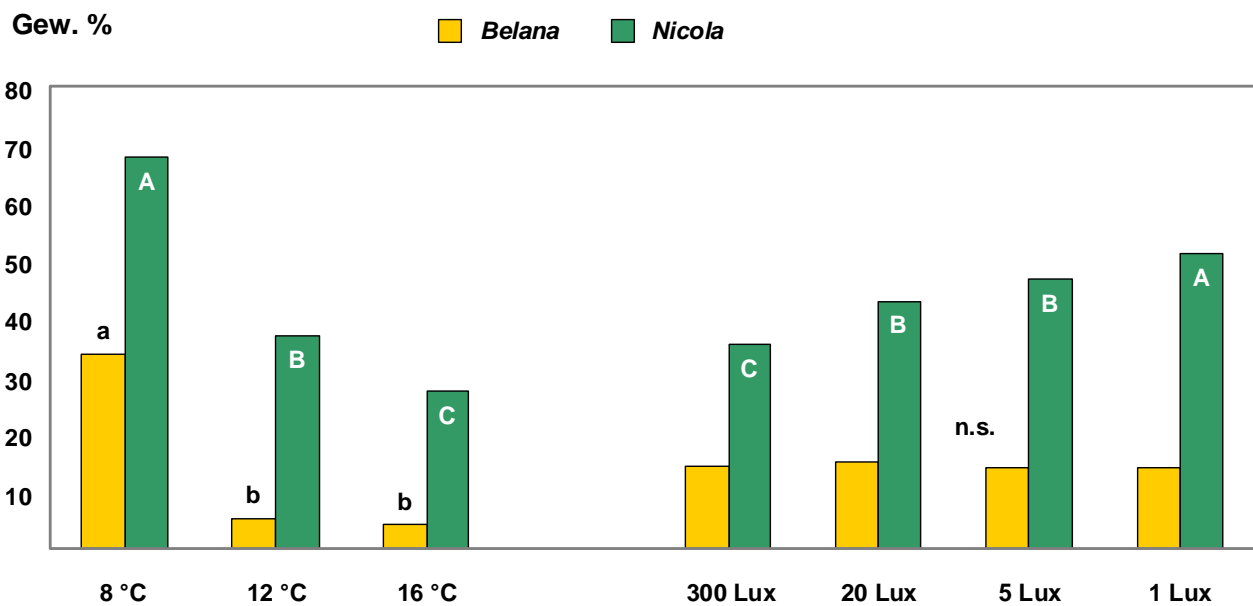


Abb. 2: Einfluss von Temperatur und Beleuchtungsstärke auf den Keimabbruch der Sorten *Belana* und *Nicola* bei der Simulation der Pflanzung mit einer Becherpflanzmaschine. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Varianten mit einem signifikantem Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Im Gegensatz zur Hypothese brachen bei der Simulation der Pflanzung mit einer Becherpflanzmaschine längere Keime nicht grundsätzlich leichter ab als kürzere Keime (Abb. 2). Die signifikant höchsten relativen Keimverluste traten nach kühler Vorkeimung bei 12 °C und daraus resultierenden kürzeren Keimen auf. Höhere Beleuchtungsstärken resultierten nur bei der Sorte *Nicola* in signifikant geringen Keimverlusten, bei der Sorte *Belana* wurde dieser Einfluss hingegen nicht festgestellt.

Als weiteren Parameter zur Untersuchung des Einflusses von Temperatur und Beleuchtung bei der Vorkeimung auf mögliche Keimverluste bei der Pflanzung, wurde die Kraft gemessen, welche notwendig ist um die Keime abzurechen (Tab 2). Dabei wurde das Kraftmessegerät auf der Stelle der halben Keimlänge aufgesetzt und der Keim mit gleichmäßigem Druck zum Abbruch gebracht, dabei wurde die maximale Kraft aufgezeichnet. Die Daten dieser Messung korrelieren höchst signifikant ($r = -0,82$ ***) mit den Daten des simulierten Keimabbruchs, was für eine Eignung dieser neu entwickelten Methoden zur Beschreibung der Abbruchgefährdung von Keimen spricht.

Bei beiden Sorten war die signifikant niedrigste Kraft notwendig um Keime abzurechen die sich bei 8°C entwickelt hatten. Von 12 auf 16 °C wurde tendenziell mehr Kraft für den Keimabbruch benötigt, jedoch waren diese Unterschiede nicht signifikant.

Tab. 2: Einfluss von Temperatur und Beleuchtungsstärke auf die zum Keimabbruch notwendige Kraft (N) und den Chlorophyllgehalt (mg/g TM) der Keime zum Zeitpunkt der Pflanzung. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Varianten mit einem signifikantem Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Temperatur (°C)		8				12				16				
Beleuchtungsstärke (Lux)		300	20	5	1	300	20	5	1	300	20	5	1	GD
Kraft (N)	Belana	1,3	0,9	0,8	1,1	4,4	3,9	3,2	3,5	4,8	4,0	4,2	3,7	1,72
	Nicola	0,6	0,5	0,7	0,5	1,8	1,2	1,0	0,8	3,1	1,2	1,4	0,8	1,11
Chlorophyll (mg/g TM)	Belana	1,2	0,5	0,5	0,3	2,7	1,1	0,7	0,4	2,1	1,4	0,5	0,3	0,97
	Nicola	0,8	0,4	0,4	0,2	2,1	0,7	0,5	0,3	2,9	0,9	0,5	0,4	0,41

Ein signifikanter Einfluss der Beleuchtungsstärke auf die zum Keimabbruch notwendige Kraft wurde nur bei der Sorte Nicola bei 16 °C festgestellt, tendenziell war bei beiden Sorten, 12 und 16°C und hoher Beleuchtungsstärke (>300 Lux) die meiste Kraft für den Keimabbruch notwendig.

Die gewünschten, durch optimale Vorkeimung zu erzeugenden „Lichtkeime“ werden von Beratung und Praxis im Vergleich zu „Dunkelkeimen“, die weiß, dünn und lang erscheinen, als kurz, gedrunen und grün beschrieben. Um zu überprüfen in welchem Zusammenhang die Farbe der Keime mit der Keimlänge und der Neigung zum Keimabbruch unter Belastung steht wurde der Chlorophyllgehalt (mg/g TM) der Keime bestimmt (Tab. 2). Die signifikant geringsten Gehalte wurden bei 8°C Vorkeimtemperatur festgestellt. Die Unterschiede zwischen 12 und 16°C waren hingegen weniger deutlich. Bei allen Temperaturen wurde der Chlorophyllgehalt signifikant durch höhere Beleuchtungsstärken gesteigert.

Ein Zusammenhang von Keimlänge und Chlorophyllgehalt ($r = -0,095$) wurde über alle Varianten nicht festgestellt. Anders als die Keimlänge korreliert der Chlorophyllgehalt signifikant mit dem Anteil abgebrochener Keime ($r = -0,39^{**}$) und der zum Keimabbruch notwendigen Kraft ($r = 0,47^{**}$) und könnte sich damit potentiell als Parameter zur Abschätzung der Keimstabilität eignen.

Der Feldaufgang war auf beiden Standorten nach Vorkeimung bei höheren Temperaturen signifikant schneller als bei niedrigeren Temperaturen (Abb 3a & 3b). Bei der Sorte *Nicola* führte, anders als bei der Sorte *Belana*, eine Steigerung der Temperatur auf 16 °C zu einer weiteren Beschleunigung des Feldaufganges im Vergleich zu den bei 12 °C vorgekeimten Varianten.

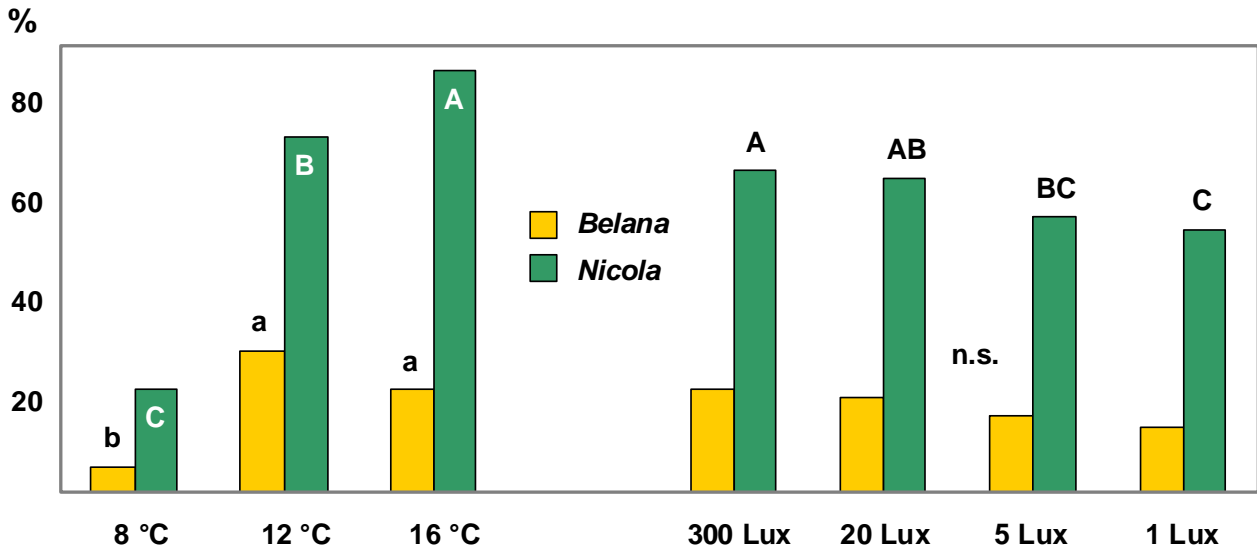


Abb. 3a: Einfluss von Temperatur und Beleuchtungsstärke auf den Feldaufgang (%) der Sorten *Belana* und *Nicola* am Standort Wiesengut am 17. Mai 2011. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Varianten mit einem signifikantem Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Ein Einfluss unterschiedlicher Beleuchtungsstärken auf den Feldaufgang wurde nur am Standort Wiesengut bei der Sorte *Nicola* festgestellt. Der Feldaufgang war dort bei niedrigen Beleuchtungsstärken signifikant langsamer, was auf einen Zusammenhang mit dem vermehrten Abbruch längerer Keime in diesen Varianten hindeutet

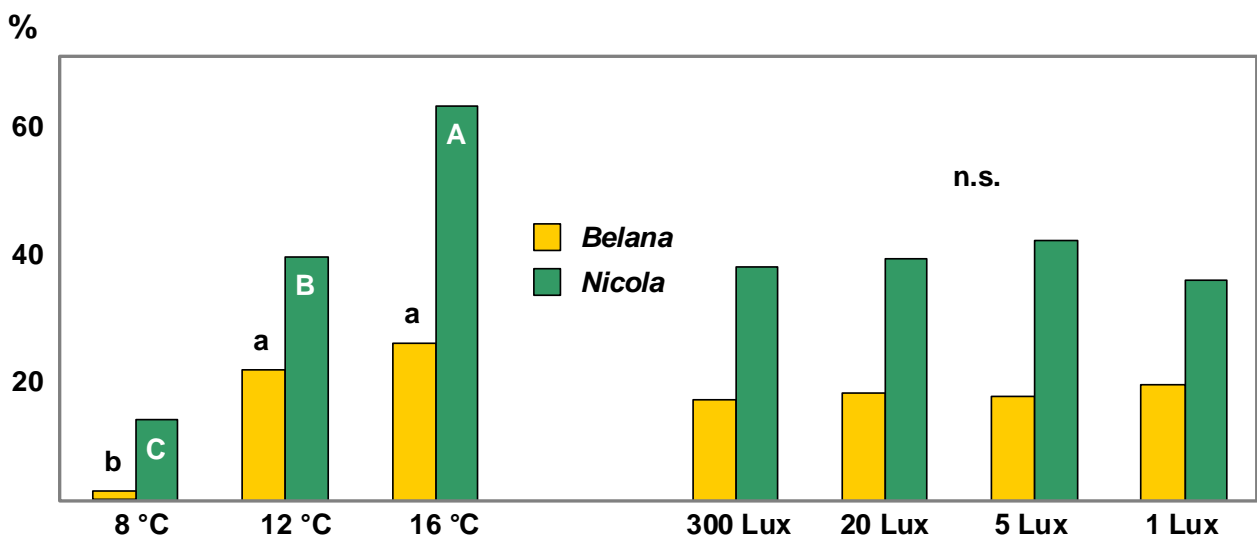


Abb. 3b: Einfluss von Temperatur und Beleuchtungsstärke auf den Feldaufgang (%) der Sorten *Belana* und *Nicola* am Standort Stautenhof am 20. Mai 2011. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Varianten mit einem signifikantem Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

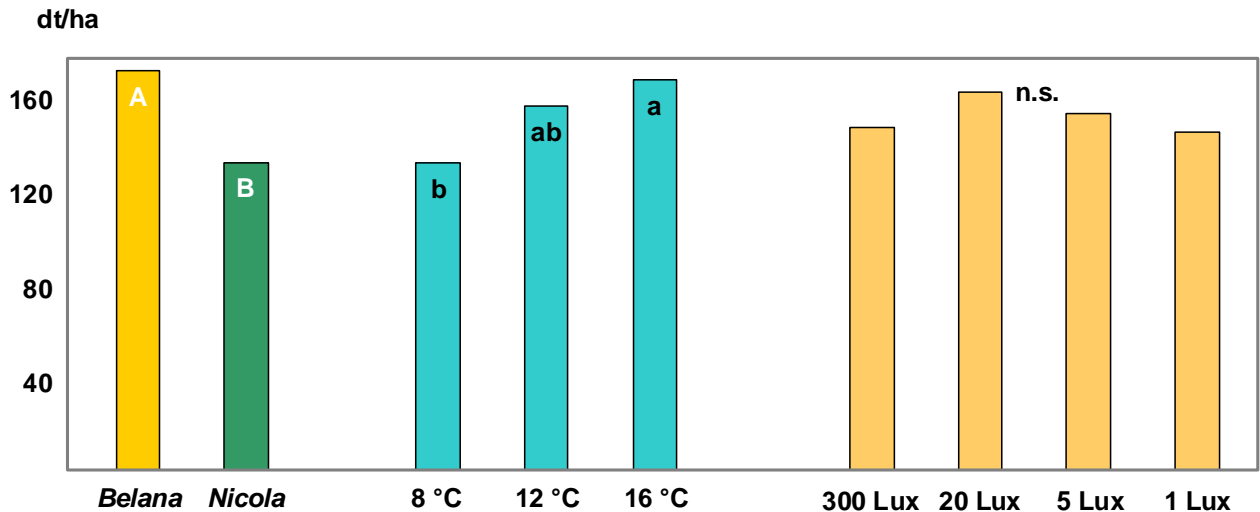


Abb. 4a: Einfluss von Sorte, Temperatur und Beleuchtungsstärke auf den Knollenertrag der Zeiternte am 30. Juni 2011 am Standort Wiesengut. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Varianten mit einem signifikantem Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Der Knollenertrag der Zeiternten (Abb. 4a & 4b) wurde auf beiden Standort signifikant durch höhere Lagertemperaturen während der Vorkeimung (16 vs. 8 °C) gefördert. Der ebenfalls an beiden Standorten tendenziell höhere Ertrag bei einer Beleuchtungsstärke von 20 Lux im Vergleich zu höherer (>300 Lux) und niedriger (5 & 1 Lux) Beleuchtungsstärke, der sich auf dem Standort Stautenhof auch im Endertrag signifikant wiederfindet (vgl Abb. 5b) ist bislang nicht zu erklären.

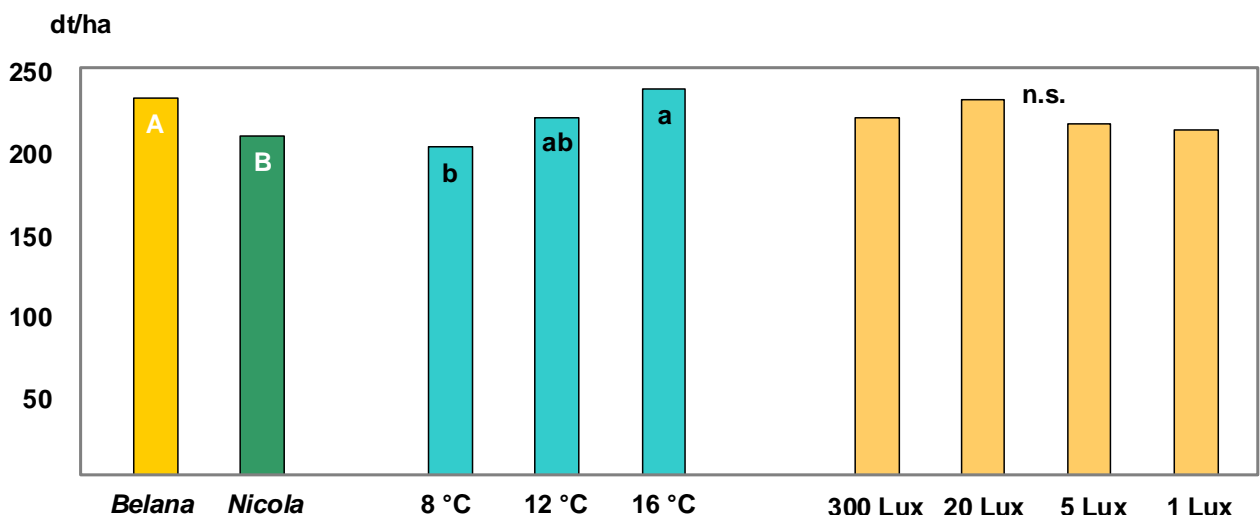


Abb. 4b: Einfluss von Sorte, Temperatur und Beleuchtungsstärke auf den Knollenertrag der Zeiternte am 12. Juli 2011 am Standort Stautenhof. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Varianten mit einem signifikantem Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Tab. 3: Einfluss von Sorte, Temperatur und Beleuchtungsstärke auf die Anzahl Knollen je Quadratmeter. Zeiternte Wiesengut am 30. Juni 2011, Zeiternte Stautenhof am 12. Juli 2011. Unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile innerhalb eines Faktors kennzeichnen Varianten mit einem signifikantem Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Standort	Sorte		Temperatur (°C)			Beleuchtungsstärke (Lux)			
	<i>Belana</i>	<i>Nicola</i>	8	12	16	300	20	5	1
Wiesengut	32,8 a	27,5 b	34,3 a	28,1 b	28,2 b	29,3	31,9	29,6	29,9
Stautenhof	50,3 b	54,8 a	55,4 a	48,9 b	53,3 ab	52,1	53,5	50,8	53,7

Der aus der Literatur bekannte Einfluss der Temperatur auf die Anzahl Keime je Mutterknolle und Ernteknollen je Quadratmeter konnte bislang nicht eindeutig bestätigt werden. Hypothesengemäß nahm bei einem Temperaturanstieg von 8 auf 12 °C die Anzahl Knollen je Quadratmeter in den Zeiternten signifikant ab. Bei weiterer Temperaturerhöhung auf 16 °C wurde die Wirkung einer gesteigerten Apikaldominanz jedoch nicht beobachtet; im Gegenteil, ein tendenzieller Anstieg war zu verzeichnen.

Tab. 4: Zusammenhang von Rohertrag und Ertragsparametern auf beiden Versuchsstandorten.

Korrelationskoeffizient (r)		Knollen/m ²	EKG
Wiesengut n = 104	Rohrertrag	0,52 ***	0,28 ***
	Knollen/m ²		-0,67 **
Stautenhof n = 104	Rohrertrag	0,62 ***	0,78 ***
	Knollen/m ²		0,01

* sign. $\alpha = 0,05$, ** hochsign. $\alpha = 0,01$, *** höchstsign. $\alpha = 0,001$

Der Rohrertrag wurde am Standort Wiesengut primär durch die Anzahl Knollen je Quadratmeter und in geringerem Maße auch durch das Einzelknollengewicht bestimmt. Beide Ertragsparameter waren dabei hoch signifikant negativ korreliert (Tab. 4). Am Standort Stautenhof wurde dieser negative Zusammenhang nicht beobachtet. An diesem Standort wurde der Roherträge höchst signifikant von beiden Ertragsparametern bestimmt.

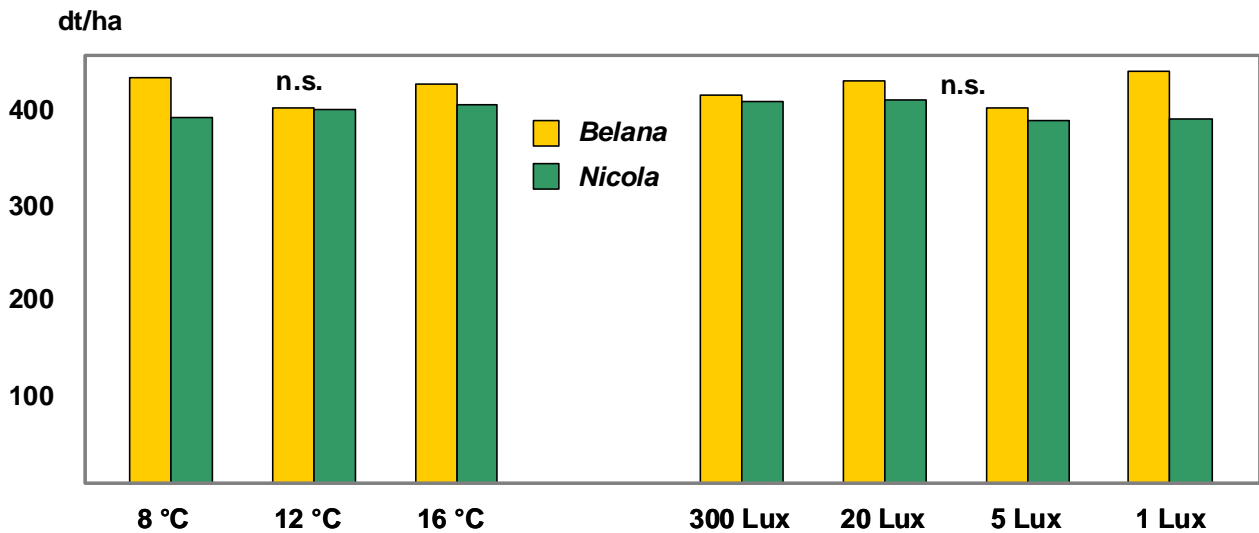


Abb. 5a: Einfluss von Temperatur und Beleuchtungsstärke auf den Rohertrag der Sorten *Belana* und *Nicola* bei der Endernte am 1. September 2011, Standort Wiesengut. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Varianten mit einem signifikantem Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Der Rohertrag wurde auf dem Standort Stautenhof signifikant durch höhere Lager-temperaturen (12 & 16 vs. 8 °C) während der Vorkeimung gefördert. Der signifikant höhere Ertrag am gleichen Standort bei einer Beleuchtungsstärke von 20 Lux im Vergleich zu höherer (>300 Lux) und niedriger (5 & 1 Lux) Beleuchtungsstärke kann aufgrund der vorliegenden Daten und auch vor den Hintergrund der Literatur nicht erklärt werden. Am Standort Wiesengut wurde bei der Endernte 2011 kein Einfluss der Versuchsfaktoren auf den Knollenertrag festgestellt.

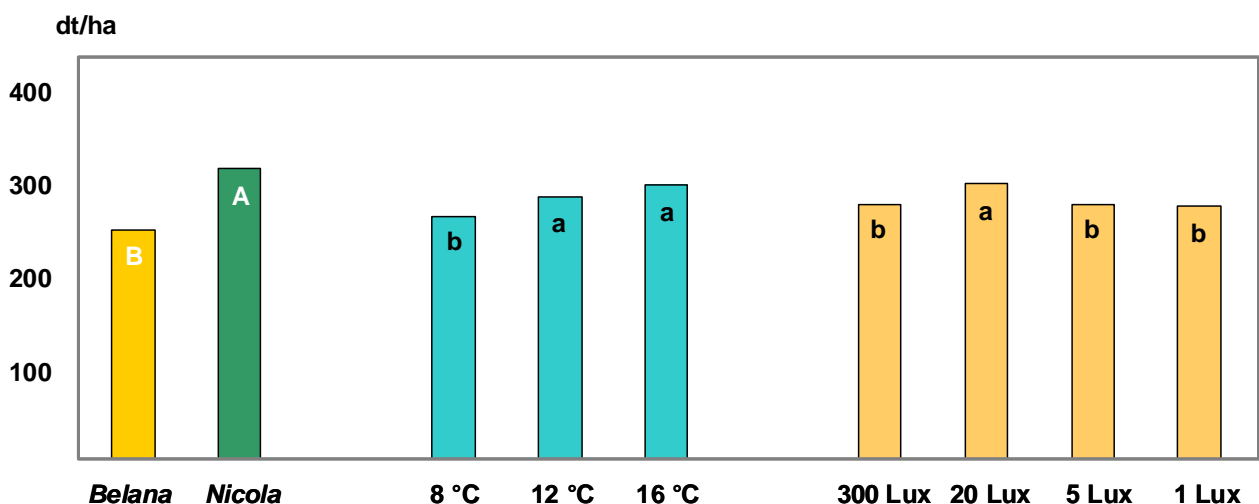


Abb. 5b: Einfluss von Sorte, Temperatur und Beleuchtungsstärke auf den Rohertrag der Endernte am 17. September 2011, Standort Stautenhof. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Varianten mit einem signifikantem Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test).

Zusammenfassung

- Niedrige Temperaturen und hohe Beleuchtungsstärken reduzierten die Keimlänge signifikant.
- Die relativen Keimverluste waren bei beiden Sorten bei niedrigen Temperaturen und bei der Sorte *Nicola* bei niedrigen Beleuchtungsstärken signifikant am höchsten.
- Zunehmende Lagertemperaturen resultierten in längeren Keimen jedoch nicht in vermehrtem Keimabbruch.
- Der aus der Literatur bekannte Einfluss der Temperatur auf die Anzahl Keime je Mutterknolle und Ernteknollen je Quadratmeter konnte bislang nicht eindeutig bestätigt werden.
- Die Bestandesentwicklung und z.T. auch der Knollenertrag wurde durch höhere Lagertemperaturen während der Vorkeimung gefördert.

Ausblick

Der Versuch wird 2012 im zweiten Versuchsjahr auf beiden Standorten fortgeführt. Die Ergebnisse der Vorkeimversuche zum Einfluss von Licht, Temperatur und Technik werden im Anschluss an das Versuchsjahr 2012 als Broschüre für Praxis und Beratung zusammengefasst.

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
- 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
- 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
- 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
- Van Loon, C.D. (1987): Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. 4. Influence of storage period and storage temperature on growth and yield in the field. *Potato Research*, 30/3, 441-450