



**Gezielte Belichtung von Kartoffelknollen —  
Ein umweltschonendes Verfahren zur Produktion  
von gesundem Pflanzgut im ökologischem Anbau**

**Erstellt von:**

Georg-August-Universität Göttingen  
Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz  
Grisebachstrasse 6, 37077 Göttingen  
Tel.: +49 551 393710, Fax: +49 551 394187  
E-Mail: [mbenker@gwdg.de](mailto:mbenker@gwdg.de)  
Internet: <http://wwwuser.gwdg.de/~instphyt/>

Gefördert vom Bundesministerium für  
Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft  
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.



## **Abschlussbericht (02 OE 567)**

**Juni 2004**

für das „Programm zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie von Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer im ökologischen Landbau“

Thema:

### **Gezielte Belichtung von Kartoffelknollen – Ein umweltschonendes Verfahren zur Produktion von gesundem Pflanzgut im ökologischem Anbau**

Projektlaufzeit: 01.09.02 – 31.03.04

Projektleiter:

**Dr. Marianne Benker**

Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz  
Grisebachstrasse 6, 37077 Göttingen  
Tel.: 0551/39 37 10, Mobil: 0173/47 78 18 5  
Fax.: 0551/39 41 87  
e-Mail: [mbenker@gwdg.de](mailto:mbenker@gwdg.de)

Kooperationspartner: **Dr. Rolf Peters**

KTBL-Versuchsstation Dethlingen  
Dethlingen 14, 29633 Munster  
Tel.: 05192/22 82, Fax: 05192/10 97 9  
e-Mail: [ktbl-kartoffeln@t-online.de](mailto:ktbl-kartoffeln@t-online.de)

## Gliederung

	Seite
<b>1. Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2. Material und Methoden</b>	<b>3</b>
2.1. Belichtungsversuche Klimakammer	3
2.2. Feldversuche	5
2.3. Belichtungsvarianten	10
2.4. Geprüfte Sorten	12
2.5. Vorkeimversuche	12
2.6. Inokulation der Kartoffelknollen	12
2.7. Feld- und Knollenbonituren	13
2.8. Solaninbestimmung	16
<b>3. Ergebnisse</b>	<b>19</b>
3.1. Belichtungsversuche Klimakammer	19
3.1.1. Rhizoctonia-Symptome	19
3.1.2. Silberschorf-Symptome	22
3.1.3. Erwinia-Symptome	25
3.1.4. Colletotrichum-Symptome	27
3.1.5. Sortenprüfung	29
3.2. Feldversuche	34
3.2.1. Pflanzgutvorbefall	34
3.2.2. Pflanzgutvarianten im Boxentest	35
3.2.3. Rückstellproben des Erwinia-Feldversuchs im Boxentest	37
3.2.4. Keimvermögen, Auflaufverhalten und Pflanzenentwicklung	38
3.2.5. Rhizoctonia-Stängelbefall	40
3.2.6. Abgestorbene Pflanzen und Schwarzbeinigkeit	42
3.2.7. Auftreten von Kartoffelkäfern	42
3.2.8. Ertrag und Größensortierung	44
3.2.9. Trockensubstanzgehalte der Ernteproben	46
3.2.10. Knollenbonituren des Rhizoctonia/Silberschorf-Versuchs	48
3.2.11. Knollenbonituren des Erwinia-Versuchs	49
3.3. Ergrünungsgrad und Solaniningehalte	50
3.3.1. Klimakammerversuche	50
3.3.2. Feldversuche	53
3.4. Beziehung zwischen Solaniningehalt und Krankheitserregern	55
<b>4. Diskussion</b>	<b>60</b>
4.1. Auswirkungen einer Belichtung auf Ergrünungsgrad und Solaniningehalt	61
4.2. Auswirkungen einer Belichtung auf <i>Rhizoctonia solani</i>	64
4.3. Auswirkungen einer Belichtung auf <i>Helminthosporium solani</i>	66
4.4. Auswirkungen einer Belichtung auf <i>Erwinia spp.</i>	67
4.5. Auswirkungen einer Pflanzgutbelichtung auf Entwicklung, Ertrag und Qualität	68
4.6. Fazit	70
<b>5. Zusammenfassung / Summary</b>	<b>72</b>
<b>6. Literatur</b>	<b>74</b>
<b>7. Anhang</b>	<b>76</b>

## 1. Einleitung

Pflanzen verfügen über bestimmte Mechanismen zur Abwehr von Schaderregern. Die in Kartoffelpflanzen und -knollen vorkommenden Glykoalkaloide, vor allem  $\alpha$ -Solanin und  $\alpha$ -Chaconin, können antibiotische Reaktionen sowie eine Anti-Fraß-Wirkung auslösen (PERCIVAL 2000). Ziel des Projektes war es, durch eine gezielte Belichtung die natürliche Abwehr der Kartoffeln über eine verstärkte Akkumulation von Glykoalkaloiden in den Kartoffelknollen zu induzieren. Im Projektzeitraum von September 2002 bis März 2004 wurden vom Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz Göttingen in Kooperation mit der KTBL-Versuchsstation Dethlingen verschiedene Belichtungsversuche zur Produktion von gesundem Pflanzgut im ökologischen Kartoffelanbau durchgeführt. Als Schadorganismen wurden die im ökologischen Kartoffelanbau bedeutenden Erreger *Rhizoctonia solani*, *Helminthosporium solani* (Silberschorf) und *Erwinia spp.* sowie Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*) berücksichtigt. Zusätzlich zum geplanten Projektablauf wurde das Auftreten von *Colletotrichum coccodes* an den Knollen untersucht.

Durchgeführt wurden Lichtbehandlungen der Kartoffelknollen mit verschiedenen Lichtspektren unter Berücksichtigung von Belichtungsdauer, Temperatur und Sortenunterschieden sowie einem Vergleich von natürlicher Infektion und künstlicher Inokulation. Im Projekt wurden dabei zwei grundlegende Versuchsansätze verfolgt. Zum einen wurde eine Nach-Ernte-Belichtung (NE) der Knollen zur Verbesserung der Lagerqualität durchgeführt. Zum anderen erfolgte im Frühjahr eine Vor-Legen-Belichtung (VL), um so den Entwicklungsverlauf der Pflanzen positiv zu unterstützen und damit auch die Qualität und Quantität des Erntegutes zu erhöhen.

In den durchgeführten Versuchen zeigte sich, dass durch eine Belichtung von Kartoffelknollen, in Abhängigkeit vom eingesetzten Lichtspektrum, der Belichtungsdauer, des Termins und des Erregers, eine Reduzierung des Befalls und eine positive Beeinflussung der Pflanzenentwicklung möglich war. Die erzielte Widerstandskraft der Pflanzknollen trug im Lager und während des späteren Wachstums auf dem Feld zu einer verbesserten Produktivität bei. Dieser induzierten, sehr breit angelegten Widerstandsfähigkeit stehen sowohl in der konventionellen als auch in der ökologischen Landwirtschaft bislang keine vergleichbaren Lösungsansätze gegenüber. Mit der gezielten Belichtung von Pflanzkartoffelknollen zur Abwehr von Schaderregern wurde die Entwicklung eines Verfahrens angestrebt, das den landwirtschaftlichen Betrieben eine umweltschonende und praxisorientierte Lösung zur Produktion von gesundem Pflanzgut im ökologischen Anbau eröffnet.

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Belichtungsversuche Klimakammer

Von September 2002 bis Februar 2003 wurden Versuche zur gezielten Nach-Ernte-Belichtung von Kartoffelknollen mit verschiedenen photosynthetisch aktiven Lichtspektren in der Klimakammer durchgeführt. Die Klimakammer wurde mit schwarzer Folie in 4 Bereiche mit jeweils unterschiedlichen Lichtspektren unterteilt. Zur Belichtung wurden Lampen mit erhöhtem Blauanteil, erhöhtem Gelb- und Rotanteil sowie Neonlicht eingesetzt (Abb. 1 – 5). Die Leuchten mit den jeweiligen Lampen (Lichtspektren) wurden alle in derselben Höhe aufgehängt, erzielten aber unterschiedliche Beleuchtungsstärken (Lux) (Tab. 3). Zudem wurden unterschiedlich lange Belichtungszeitintervalle (1, 2, 3 Wochen) miteinander verglichen. Während der Belichtung herrschten in der Klimakammer Temperaturen zwischen 13 – 15° C und eine relative Luftfeuchte von 25 – 50 % vor. Die starke Wärmeentwicklung der einzelnen Lampen machte es leider unmöglich eine tiefere Temperatur und eine höhere Luftfeuchte in der Klimakammer einzustellen.

Neben natürlich infizierten Knollen wurden auch künstlich inokulierte Knollen untersucht. Die Inokulation wurde direkt nach der Belichtung durchgeführt. Danach erfolgte die Inkubation der natürlich infizierten sowie der künstlich inokulierten Knollen in Plastikboxen in 5facher Wiederholung bei 20° C und 90 % relativer Luftfeuchte für 2 bis 12 Wochen, in Abhängigkeit vom Erreger (Abb. 6). Nach der Inkubation der Knollen erfolgte die Bewertung der Belichtungsmaßnahmen durch die visuelle Bonitur der an den Knollen hervorgerufenen Schadsymptome. Erfasst wurden die Erreger Rhizoctonia, Silberschorf, Colletotrichum, und Erwinia.

Versuche zur gezielten Vor-Legen-Belichtung wurden von Februar bis Mai 2003 in der Klimakammer mit verschiedenen photosynthetisch aktiven Lichtspektren durchgeführt. Neben der Optimierung der Methode wurden verstärkt sortenspezifische Reaktionen berücksichtigt. Die Bewertung der Belichtungsmaßnahmen erfolgte wiederum durch die visuelle Bonitur der Schadsymptome an den Knollen.

Direkt nach den einzelnen Belichtungsmaßnahmen wurden Knollenproben visuell auf ihren Ergrünungsgrad untersucht. Gleichzeitig wurde jeweils eine Knollenprobe für die spätere photometrische Solaninbestimmung entnommen und aufbereitet.



**Abb. 1 – 5:** Klimakammer (oben links, oben rechts, unten links); Leuchte für Son-T-Agro, HQI-BT, HPI-T-Plus (Mitte rechts); Leuchte für Neonlicht (unten rechts)



**Abb. 6:** Boxentest zur Inkubation der künstlich inokulierten oder natürlich infizierten Knollen

## 2.2. Feldversuche

Von Oktober bis November 2002 wurde ein Teil des Pflanzgutes für die geplanten Feldversuche im Jahr 2003 mit einer ausgewählten Nach-Ernte-Belichtungsmethode (SON-T-Agro) und mit Tageslicht jeweils für die Dauer von 14 Tagen behandelt. Die Knollen dieser zwei Varianten und die unbehandelte Kontrolle wurden anschließend mit dem restlichen Pflanzgut eingelagert.

Von Februar bis März 2003 wurde ein weiterer Teil des Pflanzgutes der geplanten Feldversuche mit zwei ausgewählten Vor-Legen-Belichtungsmethoden (SON-T-Agro, HQI-BT) behandelt. Zum Vergleich wurde in diesem Zeitraum wiederum eine entsprechende Menge an Kartoffelknollen dem natürlichen Tageslicht ausgesetzt. Um die möglichen Auswirkungen der einzelnen Belichtungsverfahren der Feldversuche auf die Qualität des Pflanzgutes festzustellen, wurden Vorkeimversuche durchgeführt.

Das Pflanzgut die Feldversuche wurden bei der KTBL-Versuchsstation Dethlingen in einer frostfreien, fensterlosen Lagerhalle belichtet (Abb. 7). Während der Belichtung Ende 2002 (NE) wurde eine relative Luftfeuchte von 40 – 70 % und eine Knollentemperatur von 8 – 10° C gemessen. Anfang 2003 (VL) betrug die relative Luftfeuchte 40 – 90 % und die Knollentemperatur 12 – 20° C.

Die Tageslichtvarianten wurden am Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Göttingen in einer frostfreien, unbelichteten Vegetationshalle aufgestellt (Abb. 8). In der Vegetationshalle herrschten Ende 2002 (NE) Temperaturen zwischen 1 – 13° C und eine relative Luftfeuchte von 30 – 55 % vor. Anfang 2003 (VL) wurden Temperaturen zwischen 5 – 24° C und eine relative Luftfeuchte von 25 – 45 % gemessen. Diese Temperatur- und Luftfeuchteschwankungen waren bedingt durch die natürliche Einstrahlung in Abhängigkeit von der Tageszeit.

Die Knollen wurden 1,5lagig in Vorkeimkisten geschüttet und während der Belichtungszeit nicht gewendet, so dass nur die oberen Knollenhälften belichtet wurden (Abb. 9). Dieser Ablauf wurde gewählt, weil die Methode später von der landwirtschaftlichen Praxis umsetzbar sein soll. Das Wenden großer Pflanzgutmengen ist aus Zeit- und Kostengründen nicht praktikabel.

Direkt nach den einzelnen Belichtungsmaßnahmen wurden Knollenproben visuell auf ihren Ergrünungsgrad untersucht. Gleichzeitig wurde jeweils eine Knollenprobe für die spätere photometrische Solaninbestimmung entnommen und aufbereitet.



**Abb. 7 - 9:** Lagerhalle in Dethlingen mit der Belichtungsvariante NE (links); Vegetationshalle in Göttingen mit Tageslichtvariante (rechts oben); Belichtetes Pflanzgut für die Feldversuche (unten rechts)

Von den einzelnen Pflanzgutvarianten des *Rhizoctonia*/Silberschorf-Versuchs wurden jeweils 25 Knollen für spätere Boxentests entnommen. Diese Knollen sollten auf ihre Widerstandskraft gegenüber *Rhizoctonia*, Silberschorf und *Colletotrichum* unter definierten Bedingungen getestet werden.

Die Feldversuche wurden in Zusammenarbeit mit der KTBL-Versuchsstation Dethlingen auf einem ökologisch wirtschaftenden Betrieb in der Nähe von Munster in der Lüneburger Heide angelegt (Abb. 10). Die Durchführung erfolgt nach dem EPPO Standard PP 1/152 (2) (Richtlinie über die Anlage und Auswertung von Wirksamkeitsprüfungen) und der EPPO-Richtlinie PP/32 (2) (*Rhizoctonia solani* an Kartoffeln). Geplant waren zwei Feldversuche: ein

kombinierter Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch und ein Erwinia-Versuch. Am 18. April 2003 erfolgte das Legen der beiden Feldversuche. Die Feldversuchsdaten und die Versuchspläne mit den einzelnen Varianten sind in Tab. 1 + 2 und Abb. 11 dargestellt. Nach dem Legen wurde eine betriebsübliche Bewirtschaftung der Fläche durchgeführt (Anh. 1). Zur Gesunderhaltung der beiden Versuche wurden 2 Spritzungen gegen Kartoffelkäfer mit dem im ökologischen Landbau zugelassenem Produkt Novodor durchgeführt.



**Abb. 10:** Kombiniertes Rhizoctonia/Silberschorf-Feldversuch im Jahr 2003

				3	3	3	3	2	2	2	2	4	4	4	4	7	7	7	7				
				4	4	4	4	7	7	7	7	6	6	6	6	5	5	5	5				
				7	7	7	7	3	3	3	3	1	1	1	1	3	3	3	3				
				6	6	6	6	5	5	5	5	7	7	7	7	6	6	6	6				
				5	5	5	5	1	1	1	1	3	3	3	3	2	2	2	2				
				2	2	2	2	4	4	4	4	2	2	2	2	1	1	1	1				
				1	1	1	1	6	6	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4				

**Abb. 11:** Versuchsplan der Feldversuche (Varianten: 1 – 7 in 4facher Wiederholung; hellgrau: Erntereihen, weiß: Probenahmehereihen, dunkelgrau: Randreihen)

**Tab. 1:** Feldversuchsdaten der Feldversuche

Parzellengröße:	10 m x 4 Reihen, plus zusätzliche Spritzspuren
Wiederholungen:	4
Reihenabstand:	0,75 m
Legeabstand:	0,32 m
Versuchsplan:	randomisierte Versuchsanlage
Pflanzgut:	75 kg / Variante (Ø Knollengewicht 70 – 80 g)
Sorte:	Secura (Z-Pflanzgut aus ökologischem Anbau)
Ertragsfeststellung:	Kernbeerntung der 2 Mittelreihen am 19.08.03

**Tab. 2:** Versuchsvarianten der Feldversuche

Nr.	Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch	Erwinia-Versuch
1)	Kontrolle unbehandelt	Kontrolle unbehandelt
2)	FZB 24, 250 g/ha	Kontrolle inokuliert
3)	Tageslicht NE	Tageslicht NE inokuliert
4)	Tageslicht VL	Tageslicht VL inokuliert
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	Belichtung NE (Son-T-Agro) inokuliert
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro) inokuliert
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	Belichtung VL 2 (HQI-BT) inokuliert

Für den kombinierten Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch wurde ökologisch erzeugtes Pflanzgut der Sorte Secura mit natürlichem Vorbefall verwendet. Als Vergleichsvariante wurde das im ökologischen Anbau zugelassene Pflanzenstärkungsmittel FZB 24 als Beizvariante mitgeführt.

Erwinia kann nur über Wunden oder offene Lentizellen in die Knollen eindringen, deshalb wurde das Pflanzgut des Erwinia-Versuches einen Tag vor dem Legen mechanisch verletzt, indem die Knollen zweimal über eine Sortiermaschine liefen. Anschließend erfolgte die künstliche Inokulation der Knollen durch Ansprühen mit einer definierten Erwinia-Suspension (Abb. 12 - 14). Eine nicht inokulierte Kontrolle wurde als Vergleichsvariante mitgeführt. Rückstellproben des Pflanzgutes wurden in Boxen eingelagert und nach einer Inkubationszeit von 2 Wochen auf Erwinia-Nassfäule bonitiert.

Im weiteren Feldversuchsverlauf wurde das Auflaufverhalten und die Pflanzenentwicklung untersucht. Dazu wurde jeweils pro Parzelle innerhalb einer Erntereihe die Pflanzenhöhe gemessen. Kurz nach dem Auflaufen und bei Reihenschluss wurden im kombinierten Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch Bonituren auf Rhizoctonia-Stängelsymptome und Weißhösigkeit nach der EPPO-Richtlinie PP32 (2) durchgeführt. Pro Parzelle/Wiederholung



**Abb. 12 - 14:** Besprühen der Pflanzknollen mit einer Erwinia-Suspension (oben); gleichmäßiges Befeuchten der Knollen (Mitte); Vergleich: unbelichtete Kontrolle und Belichtung NE (Son-T-Agro) (unten)

wurden aus den 2 Randreihen zufällig 10 Stauden heraus gezogen und bonitiert. Parallel dazu wurde das Auftreten von Kartoffelkäfern sowie deren Larven und Eigelegen untersucht. Hierfür wurden pro Parzelle/Wiederholung 10 Stauden markiert und an zwei Terminen bonitiert. Im Erwinia-Versuch wurde die Anzahl der Stauden mit Schwarzbeinigkeit sowie kurz vor der Ernte die Anzahl der abgestorbenen Pflanzen erfasst.

Am 19.08.03 wurde eine maschinelle Kernbeerntung der Feldversuche durchgeführt und am Tag danach erfolgte die Sortierung der Knollen in 4 Größenklassen. Pro Wiederholung wurden Knollenproben entnommen und auf Knollensymptome bonitiert, wobei die Knollen des Erwinia-Versuchs zunächst für 5 Wochen inkubiert wurden. Ziel war es, die Symptombildung von Knollen mit einem latenten Erwinia-Befall zu beschleunigen. Weitere 20 Knollen wurden jeweils für die Trockensubstanz- und Solaninbestimmung entnommen.

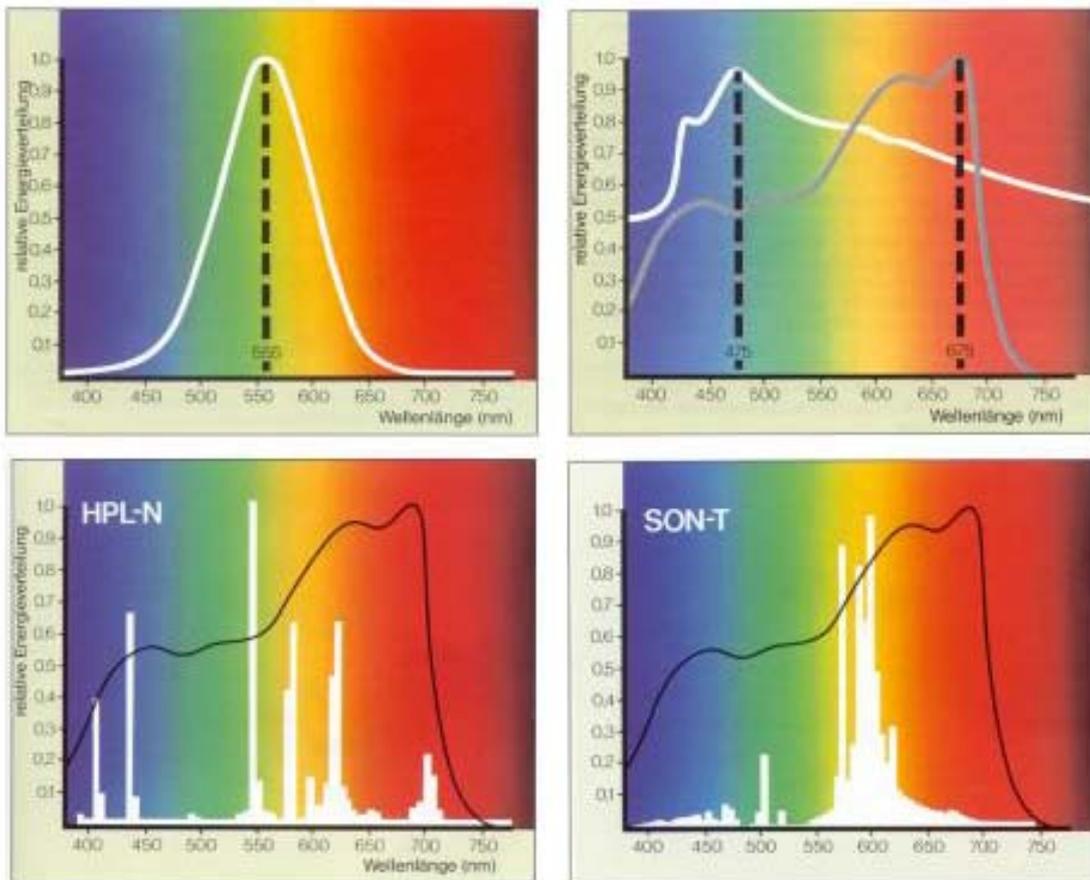
Am 15. Mai 2003 wurde eine erste Feldbegehungen mit Vertretern des Versuchs- und Beratungsring Ökologischer Landbau Niedersachsen e. V., dem Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen e. V., der Landwirtschaftskammer Hannover (Fachbereich Ökologischer Landbau), der KTBL-Versuchsstation Dethlingen und dem beteiligten Landwirt durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt waren noch keine gravierenden Unterschiede zwischen den Belichtungsvarianten im Feld zu sehen.

### **2.3. Belichtungsvarianten**

Die Strahlung im sichtbaren Teil des Spektrums (380 – 780 nm) wird als Licht bezeichnet (Abb. 15). Innerhalb des sichtbaren Spektrums bestimmt die Wellenlänge der Strahlung die Lichtfarbe. Rotlicht kann bei Pflanzen das Längenwachstum fördern, während blaues Licht einen stauchenden Effekt erzeugen kann.

Zur Belichtung der Versuchsvarianten wurden Lampen mit hohem Blauanteil, hohem Gelb- und Rotanteil, Neonlicht sowie natürliches Tageslicht eingesetzt. Die Belichtungsvarianten Son-T-Agro, HQI-BT und HPI-T-Plus wurden eingesetzt, um gezielt bestimmte Lichtspektren, z. B. Blau-, Gelb- und Rotanteil zu prüfen. Neonlicht und Tageslicht wurden gewählt, um zwei für die landwirtschaftliche Praxis leicht umzusetzende und kostengünstige Alternativen zu haben (Tab. 3 + 4).

In Abbildung 15 ist die spektrale Energieverteilung des Sonnenlichts, einer Hochdruck-Quecksilberdampf-Lampe und einer Hochdruck-Natriumdampf-Lampe dargestellt. Während sich die Energieverteilung bei der Hochdruck-Natriumdampf-Lampe im spektralen Bereich um 550 – 650 nm konzentriert, weist die Hochdruck-Quecksilberdampf-Lampe zusätzlich einen Blau- und einen Rotanteil auf. Weitere Distributionsspektren verschiedener Lampen sind im Anhang aufgeführt (Anh. 2).



**Abb. 15:** oben links: Empfindlichkeitskurve des menschlichen Auges; oben rechts: Spektrale Strahlungsverteilung des Sonnenlichts (weiße Kurve), Pflanzenempfindlichkeitskurve für die Photosynthese (graue Kurve); unten links: Spektrale Energieverteilung einer Hochdruck-Quecksilberdampf-Lampe (weiße Säulen); unten rechts: Spektrale Energieverteilung einer Hochdruck-Natriumdampf-Lampe (weiße Säulen)

**Tab. 3:** Belichtungsvarianten Klimakammer

Lampen	Lampenart	Beleuchtungsstärke in Kistenhöhe
Neonlicht	Neonröhre	2394 lx
Son-T-Agro	Hochdruck-Natriumdampf-Lampe	7914 lx
HPI-T-Plus	Hochdruck-Metallhalogendampf-Lampe	5566 lx
HQI-BT	Hochdruck-Quecksilberdampf-Lampe	5256 lx

**Tab. 4:** Belichtungsvarianten Feld

Lampen	Lampenart	Beleuchtungsstärke in Kistenhöhe
Tageslicht	keine	keine Messung
Son-T-Agro	Hochdruck-Natriumdampf-Lampe	10.000 lx
HQI-BT	Hochdruck-Quecksilberdampf-Lampe	10.000 lx

#### 2.4. Geprüfte Sorten

Auf Grund ihrer Anfälligkeit für Rhizoctonia, Silberschorf und Erwinia, wurde Pflanzgut der Sorte **Secura** aus ökologischen Anbau für die Belichtungsversuche in der Klimakammer und die Feldversuche ausgewählt.

Um die sortenspezifischen Reaktionen zu analysieren, wurden folgende 10 Sorten aus ökologischen Anbau geprüft:

**Karlana, Laura, Linda, Miriam, Nicola, Palma, Princess, Satina, Solara, Ukama**

#### 2.5. Vorkeimversuche

Um mögliche pflanzenbauliche Auswirkungen eines erhöhten Glykoalkaloidgehaltes frühzeitig zu erkennen, wurden belichtete und unbelichtete Kartoffelknollen aus den Feldversuchen zum Vorkeimen aufgestellt. Die in speziellen Vorkeimkisten ausgelegten Proben erhielten zunächst einen Wärmestoß mit einer Temperatur von 20 °C für einen Tag, um die Keimung der Knollen anzuregen. Anschließend wurden sie für drei Wochen bei etwa 10 °C gelagert, so dass sich die Keime an den Knollen entwickeln konnten. Bonitiert wurde das Gewicht der Keime.

#### 2.6. Inokulation der Kartoffelknollen

Zur Überprüfung der Wirkung eines erhöhten Glykoalkaloidgehaltes der Kartoffelknollen auf die Erreger, wurden neben natürlich infizierten Knollen auch künstlich inokulierte Knollen

untersucht. Durch eine künstliche Inokulation ist eine Standardisierung der Inokulumdichte möglich. Für die Inokulation wurden die Erreger in Sterilkultur angezogen.

Nach der Inokulation der Knollen wurden diese, in Abhängigkeit von der Entwicklung der Erreger, für 2 – 12 Wochen inkubiert. Natürlich infizierte sowie die künstlich inokulierten Knollen wurden in Plastikboxen in 5facher Wiederholung bei 20° C und 90 % relativer Luftfeuchte eingelagert. Die Bewertung der Belichtungsmaßnahmen erfolgte anschließend durch die visuelle Bonitur der hervorgerufenen Schadsymptome.

Zur Herstellung des *Rhizoctonia*-Inokulums wurde *Rhizoctonia solani* in PDB-Flüssigmedium für 2 Wochen kultiviert, die Myzelmenge nach Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes quantifiziert und eine Pilzsuspension hergestellt. Als Konzentration wurden 4 g Myzel-Trockensubstanz auf 1000 ml Wasser verwendet, wobei pro Knolle 3 ml Suspension eingesetzt wurde. Zur Herstellung des Inokulums wurde ein *Rhizoctonia*-Isolat der Anastomosegruppe 3 verwendet.

Für die Herstellung des Silberschorf-Inokulums wurde der Erreger für 10 Wochen auf PDA – Platten angezogen und zum Sporulieren angeregt. Nach Abschwemmung der Sporen wurde eine Suspension mit einer Konzentration von  $10^4$  Sporen/ml eingestellt. Für die Inokulation wurde ein Gemisch von 4 Isolaten unterschiedlicher geographischer Herkunft verwendet.

Zur Herstellung des *Erwinia*-Inokulums wurden die *Erwinia*-Isolate zur Reaktivierung zunächst über eine Wirtspassage geschickt. Dazu wurde Knollenmaterial mechanisch verletzt, mit *Erwinia*-Suspension infiziert, anschließend der Erreger von den Knollen reisoliert und dann eine Reinkultur erstellt. Danach wurde *Erwinia* für 2 Tage in King B– Flüssigmedium kultiviert und für die Inokulation eine Suspension mit einer Konzentration von  $10^8$  Bakterien/ml hergestellt. Die Einstellung der Konzentration erfolgt über die optische Dichte mit einem Photometer.

## **2.7. Feld- und Knollenbonituren**

Im *Rhizoctonia*/Silberschorf-Versuch wurden *Rhizoctonia*-Bonituren nach der EPPO-Richtlinie PP32 (2) durchgeführt. Kurz nach dem Auflaufen und bei Reihenschluss wurden pro Parzelle/Wiederholung aus den 2 Randreihen zufällig 10 Stauden heraus gezogen und auf Stängelsymptome und Weißhösigkeit nach folgendem Index bonitiert (Abb. 16 + 17):

**Tab. 5:** Boniturstufen für *Rhizoctonia* nach EPPO-Richtlinie PP32 (2)

- |   |
|---|
| <p>1 = ohne Symptome<br/>         2 = &lt; 1/3 des unterirdischen Stängels<br/>         3 = 1/3 – 2/3 des unterirdischen Stängels<br/>         4 = &gt; 2/3 des unterirdischen Stängels</p> |
|---|



**Abb. 16 + 17:** Feldbonitur: *Rhizoctonia*-Stängelsymptome (links), Weißhösigkeit (rechts)

Parallel dazu wurde das Auftreten von Kartoffelkäfern sowie deren Larven und Eigelegen im *Rhizoctonia*/Silberschorf-Versuch untersucht (Abb. 18). Hierfür wurden pro Parzelle/Wiederholung 10 Stauden markiert und an zwei Terminen bonitiert. Im *Erwinia*-Versuch wurde die Anzahl der Stauden mit Schwarzbeinigkeit (Abb. 19) sowie kurz vor der Ernte die Anzahl der abgestorbenen Pflanzen erfasst.



**Abb. 18 + 19:** Feldbonitur: Kartoffelkäfer; Larven und Eigelege (links: Foto: RADTKE et al. 2000); *Erwinia*-Schwarzbeinigkeit (rechts)

Nach der Ernte wurden vom Erntegut pro Wiederholung jeweils 50 Knollen entnommen und auf Knollensymptome bonitiert (= 200 Knollen/Variante). Beim Erreger *Rhizoctonia* wurde der prozentuale Anteil der mit Sklerotien bedeckten Knollenoberfläche (Befallsstärke in %) sowie die relative Anzahl befallener Knollen (Befallshäufigkeit in %) ermittelt (Abb. 20). Weiterhin wurde die Anzahl der Knollen mit dry core erfasst.



**Abb. 20:** *Rhizoctonia*-Knollensymptome: Sklerotien (links), dry core (rechts) (Foto: RADTKE et al. 2000)

Die Befallsstärke von Silberschorf (*Helminthosporium solani*) und *Colletotrichum coccodes* auf den Knollen wurde anhand einer Boniturskala ermittelt (Tab. 6, Abb. 21). Dazu wurde der prozentuale Anteil der befallenen Oberfläche erfasst und in die jeweiligen Boniturklasse von 0 – 10 eingeordnet. Neben der Befallsstärke wurden die relative Anzahl der Knollen mit Befall (Befallshäufigkeit) erfasst.

**Tab. 6:** Boniturskala für die Befallsstärke von Silberschorf und *Colletotrichum*

<b>0</b>	= 0 %
<b>1</b>	= 1 – 10 %
<b>2</b>	= 11 – 20 %
<b>3</b>	= 21 – 30 %
<b>4</b>	= 31 – 40 %
<b>5</b>	= 41 – 50 %
<b>6</b>	= 51 – 60 %
<b>7</b>	= 61 – 70 %
<b>8</b>	= 71 – 80 %
<b>9</b>	= 81 – 90 %
<b>10</b>	= 91 – 100 %



**Abb. 21:** Silberschorf-Knollensymptome

Aus dem Erntegut des Erwinia-Versuchs wurden pro Wiederholung jeweils 50 Knollen entnommen (= 200 Knollen/Variante) und für 5 Wochen warm und feucht inkubiert. Ziel war es, die Symptomausbildung von Knollen mit einem latenten Erwinia-Befall zu beschleunigen. Anschließend wurde die prozentuale Befallsstärke und die relative Befallshäufigkeit ermittelt (Abb. 22).

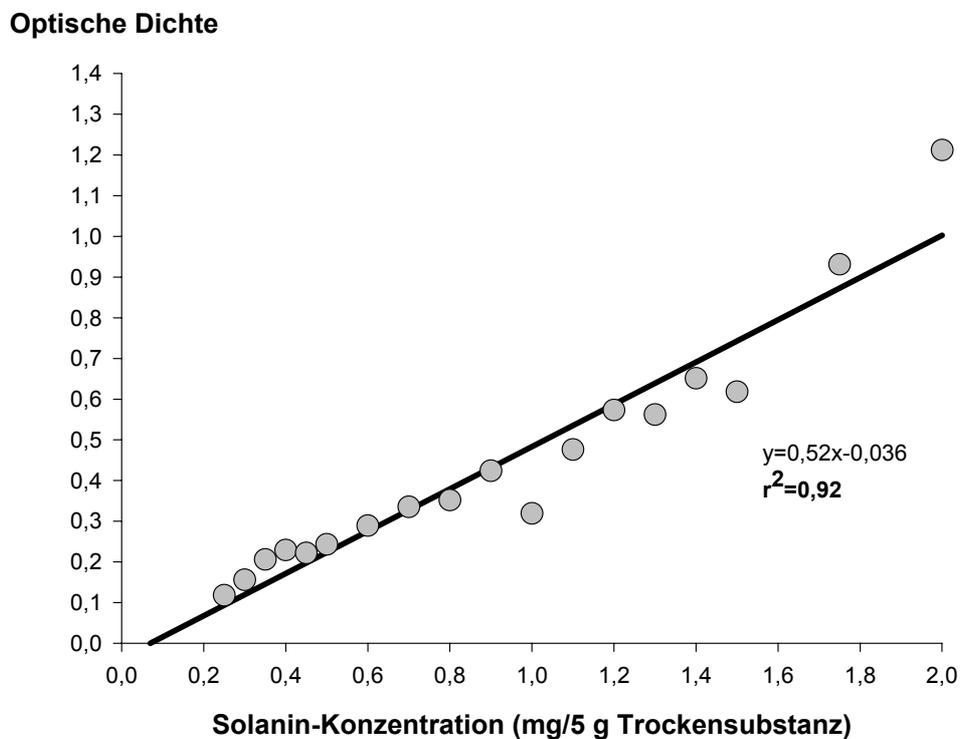


**Abb. 22:** Erwinia-Knollensymptome: Nassfäule über die Lentizellen (links), starker Befall (rechts) (Foto: RADTKE et al. 2000)

## 2.8. Solaninbestimmung

Um die mögliche Korrelation zwischen dem Glykoalkaloidgehalt in den Knollen und der Befallsstärke der Schaderreger an den Knollen festzustellen, wurde der Solanin Gehalt photometrisch nach der modifizierten Methode von MOHLER & SULSER (1983) bestimmt. Ursprünglich war die Bestimmung des Glykoalkaloidgehaltes mit der Methode der HPLC geplant. Aufgrund der Probleme mit der institutseigenen HPLC, die zeitweise komplett ausfiel, wurde der Solanin Gehalt fortan photometrisch bestimmt. Dazu wurden die Knollenproben der einzelnen Belichtungsvarianten direkt nach der Belichtung (Versuche: Klimakammer) sowie kurz vor dem Legen und nach der Ernte (Feldversuche) entnommen und anschließend aufbereitet. Jeweils 20 Knollen pro Wiederholung wurden zerkleinert, eingefroren und danach gefriergetrocknet. Die gefriergetrockneten Proben wurden gemahlen und das Mehl für die anschließende Solaninbestimmung eingesetzt. Pro Probe wurden 2 Ansätze mit jeweils 2 Wiederholungen durchgeführt, dies entsprach 4 Messungen der Optischen Dichte (Tab. 7).

Zur Berechnung der Solaninkonzentration in den Knollen wurde eine Eichkurve in definierten Solanin-Konzentrationsstufen mitgeführt (Abb. 23). Dazu wurde Solanin mit 80° C heißem 96 %igen Ethanol gemischt und über Nacht bei 60° C temperiert bis es sich löste. Nach der Abkühlung wurden die einzelnen Konzentrationsstufen angesetzt, mit Paraformaldehyd und Orthophosphorsäure versetzt und anschließend die Optischen Dichte bei 595 nm ermittelt. Aus den einzelnen Konzentrationsstufen und den Werten der Optischen Dichte wurde eine Eichkurve erstellt und eine lineare Regression ( $r^2=92$ ) berechnet. Anhand der ermittelten Regressionsgleichung von  $y=0,52x-0,036$  wurden die Solaningehalte der Kartoffelproben berechnet. Für die Berechnung der Solaningehalte wurde der Trockensubstanzgehalt des Mehls mit einbezogen. Die Trockensubstanz des Mehls wurde gravimetrisch bestimmt.



**Abb. 23:** Eichkurve zur Solaninbestimmung (lineare Regression)

**Tab. 7:** Ablauf der Solaninbestimmung

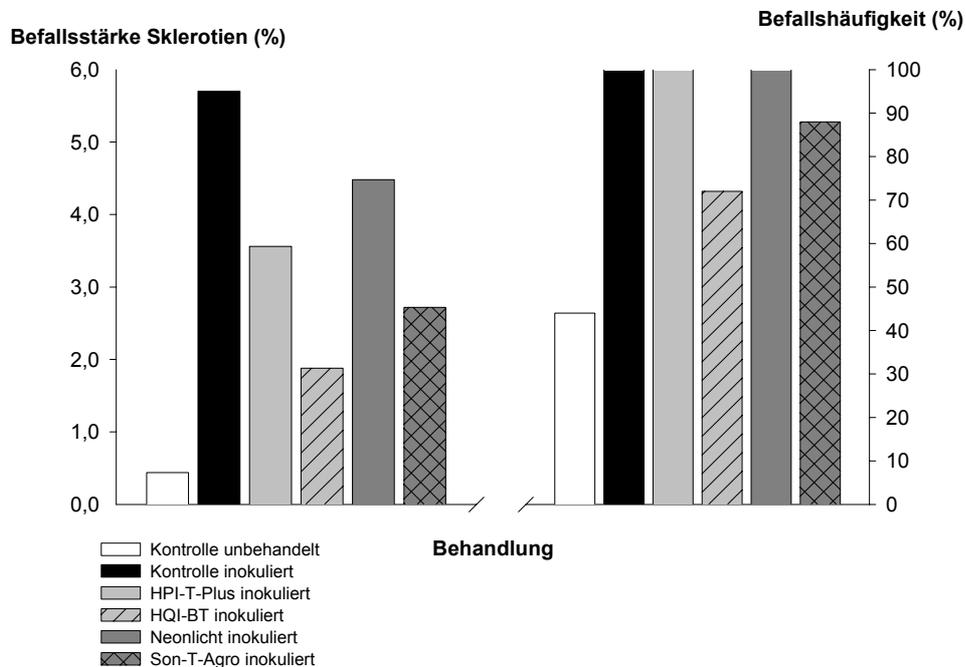
1)	5 g Mehl + 25 g Essigsäure ( <u>5 %ige Essigsäure</u> ) vortexen
2)	ca. 10 min stehen lassen
3)	abfiltrieren (Filter 3 hw), mind. 30 min warten
4)	1 ml Filtrat in E-Cup (pro Flasche 4 E-Cups)
5)	für 2 min in kochendes Wasserbad
6)	auf Eis abkühlen lassen
7)	10 min zentrifugieren bei 11000 UPM
8)	Überstand mit 0,2 ml <u>konz. Ammoniak</u> gut mischen (Rückstand verwerfen)
9)	gründlich vortexen und für 2 min ins kochende Wasserbad
10)	auf Eis abkühlen
11)	10 min zentrifugieren bei 11000 UPM
12)	Überstand verwerfen
13)	Rückstand mit 0,1 ml 96 %igen <u>Ethanol</u> lösen, vortexen
14)	10 min stehen lassen, vortexen
15)	zusammengehörende E-Cups vereinen
16)	E-Cups schließen und mit Loch versehen, im Trockenschrank über Nacht bei 50 - 60° C trocknen
17)	Rückstand mit 80 µl <u>gesättigter wässriger Lösung von Paraformaldehyd</u> + 1,2 ml <u>85 %iger Orthophosphorsäure</u> mischen (schwierig zu lösen!), gründlich vortexen
18)	Nach 1 Std. photometrische Messung bei 595 nm
	<b>Blank:</b> Paraformaldehyd + Orthophosphorsäure

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Belichtungsversuche Klimakammer

##### 3.1.1. Rhizoctonia-Symptome

Zur Kontrolle von *Rhizoctonia solani* wirkte sich ein Lichtspektrum mit einem höheren Blauanteil (HQI-BT und HPI-T-Plus) besonders befallsmindernd auf die Ausbildung von Knollensymptomen aus. Eine 14-tägige Belichtung mit HQI-BT erzielte nach anschließender Inokulation mit *Rhizoctonia solani* die beste Wirkung (Abb. 24, Tab. 8). Eine Reduzierung der prozentualen Befallsstärke und relativen Befallshäufigkeit um ca. 2/3 war möglich. Wurden Knollen mit natürlichem Rhizoctonia-Befall verwendet, erzielten die Varianten HQI-BT und HPI-T-Plus nach einer Belichtungsdauer von 14 und 21 Tagen häufig eine gute Befallsreduzierung. Teilweise wies auch Son-T-Agro eine gute Wirkung gegenüber Rhizoctonia auf (Tab. 9 – 11). Es wurden aber keine eindeutigen Unterschiede zwischen den einzelnen Belichtungsvarianten erzielt, da der Knollenvorbefall zu niedrig war und innerhalb der Inkubationszeit keine ausreichende Anzahl an Sklerotien auf den Knollen induziert wurden.



**Abb. 24:** Belichtungsversuch NE (Rs 2) für 14 Tage nach Inokulation mit *Rhizoctonia* (Statistische Auswertung in Tab. 8)

**Tab. 8:** Ergebnisse von 3 Belichtungsversuchen mit unterschiedlicher Belichtungsdauer nach künstlicher Inokulation mit Rhizoctonia (Bonitur: Rhizoctonia-Sklerotien)

Varianten	Verfahren	Tage	Inokulation	Befallsstärke Sklerotien (%)	Befallshäufigkeit Sklerotien (%)
<b>Versuch: Rs 1</b>					
Gesundkontrolle	NE	0	ohne	0,68	42,00
Kontrolle	NE	0	Rhizoctonia	4,13	100,00 a
HPI-T-Plus	NE	7	Rhizoctonia	5,84	100,00 a
HQI-BT	NE	7	Rhizoctonia	5,08	92,00 b
Neonlicht	NE	7	Rhizoctonia	6,44	100,00 a
Son-T-Agro	NE	7	Rhizoctonia	8,36 n.s.	100,00 a
<b>Versuch: Rs 2</b>					
Gesundkontrolle	NE	0	ohne	0,48	44,00
Kontrolle	NE	0	Rhizoctonia	5,70	100,00 a
HPI-T-Plus	NE	14	Rhizoctonia	3,56	100,00 a
HQI-BT	NE	14	Rhizoctonia	1,88	72,00 b
Neonlicht	NE	14	Rhizoctonia	4,48	100,00 a
Son-T-Agro	NE	14	Rhizoctonia	2,72 n.s.	88,00 ab
<b>Versuch: Rs 3</b>					
Gesundkontrolle	NE	0	ohne	0,14	12,00
Kontrolle	NE	0	Rhizoctonia	9,58 a	100,00 a
HPI-T-Plus	NE	21	Rhizoctonia	8,01 b	100,00 a
HQI-BT	NE	21	Rhizoctonia	8,08 b	88,00 b
Neonlicht	NE	21	Rhizoctonia	8,08 b	96,00 ab
Son-T-Agro	NE	21	Rhizoctonia	8,36 b	100,00 a

**Tab. 9:** Ergebnisse von 3 Belichtungsversuchen, Belichtungsdauer: 7 Tage, Knollen mit natürlichem Rhizoctonia-Befall (Bonitur: Rhizoctonia-Sklerotien)

Varianten	Verfahren	Tage	Inokulation	Befallsstärke Sklerotien (%)	Befallshäufigkeit Sklerotien (%)
<b>Versuch: Rs 4</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	2,13	60,00
HPI-T-Plus	NE	7	ohne	1,32	48,00
HQI-BT	NE	7	ohne	0,76	24,00
Neonlicht	NE	7	ohne	1,56	44,00
Son-T-Agro	NE	7	ohne	2,84 n.s.	56,00 n.s.
<b>Versuch: Rs 5</b>					
HPI-T-Plus	NE	7	ohne	0,60	24,00
HQI-BT	NE	7	ohne	0,80	28,00
Neonlicht	NE	7	ohne	1,52	36,00
Son-T-Agro	NE	7	ohne	3,76 n.s.	64,00 n.s.
<b>Versuch: Rs 6</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	0,58	42,00 a
HPI-T-Plus	NE	7	ohne	0,50	40,00 a
HQI-BT	NE	7	ohne	0,50	40,00 a
Neonlicht	NE	7	ohne	0,38	36,00 a
Son-T-Agro	NE	7	ohne	0,16 n.s.	14,00 b

**Tab. 10:** Ergebnisse von 3 Belichtungsversuchen, Belichtungsdauer: 14 Tage, Knollen mit natürlichem Rhizoctonia-Befall (Bonitur: Rhizoctonia-Sklerotien)

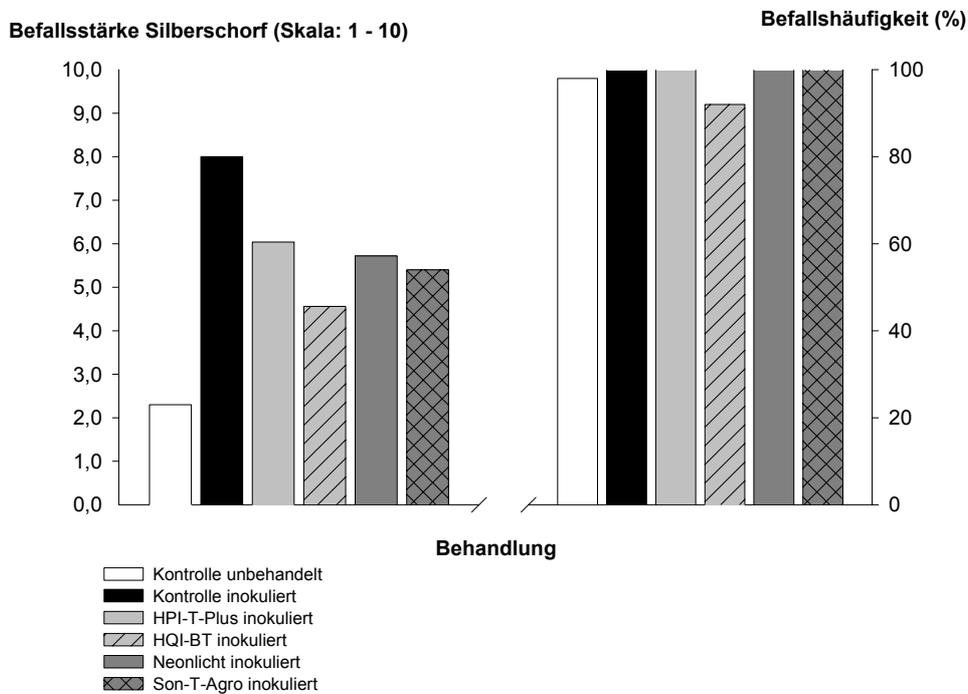
Varianten	Verfahren	Tage	Inokulation	Befallsstärke Sklerotien (%)	Befallshäufigkeit Sklerotien (%)
<b>Versuch: Rs 7</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	0,93	53,85
HPI-T-Plus	NE	14	ohne	0,52	32,00
HQI-BT	NE	14	ohne	0,36	16,00
Neonlicht	NE	14	ohne	0,16	12,00
Son-T-Agro	NE	14	ohne	0,80 n.s.	52,00 n.s.
<b>Versuch: Rs 8</b>					
HPI-T-Plus	NE	14	ohne	0,67	41,67
HQI-BT	NE	14	ohne	0,28	24,00
Neonlicht	NE	14	ohne	0,76	20,00
Son-T-Agro	NE	14	ohne	0,72 n.s.	28,00 n.s.
<b>Versuch: Rs 9</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	0,48	44,00
HPI-T-Plus	NE	14	ohne	0,16	8,00
HQI-BT	NE	14	ohne	0,20	16,00
Neonlicht	NE	14	ohne	0,18	14,00
Son-T-Agro	NE	14	ohne	0,08 n.s.	4,00 n.s.

**Tab. 11:** Ergebnisse von 3 Belichtungsversuchen, Belichtungsdauer: 21 Tage, Knollen mit natürlichem Rhizoctonia-Befall (Bonitur: Rhizoctonia-Sklerotien)

Varianten	Verfahren	Tage	Inokulation	Befallsstärke Sklerotien (%)	Befallshäufigkeit Sklerotien (%)
<b>Versuch: Rs 10</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	1,10	60,00 a
HPI-T-Plus	NE	21	ohne	0,68	48,00 ab
HQI-BT	NE	21	ohne	2,37	60,00 a
Neonlicht	NE	21	ohne	1,56	60,00 a
Son-T-Agro	NE	21	ohne	1,40 n.s.	44,00 b
<b>Versuch: Rs 11</b>					
HPI-T-Plus	NE	21	ohne	1,68	32,00
HQI-BT	NE	21	ohne	0,80	24,00
Neonlicht	NE	21	ohne	1,64	44,00
Son-T-Agro	NE	21	ohne	1,40 n.s.	28,00 n.s.
<b>Versuch: Rs 12</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	0,82	56,00
HPI-T-Plus	NE	21	ohne	0,58	36,00
HQI-BT	NE	21	ohne	0,40	24,00
Neonlicht	NE	21	ohne	0,38	24,00
Son-T-Agro	NE	21	ohne	0,44 n.s.	36,00 n.s.

### 3.1.2. Silberschorf-Symptome

Eine Belichtung von Kartoffelknollen mit Son-T-Agro für 14 Tage und mit HQI-BT für 21 Tage bewirkten bei künstlich infizierten Knollen eine Reduzierung der Silberschorf-Befallsstärke um ca. 28 % bzw. um 43 % (Abb. 25, Tab. 12). Die Befallshäufigkeit betrug fast immer 100 % und blieb durch eine Belichtung weitgehend unbeeinflusst. Mit einer gezielten Belichtung wurde zwar die Befallsstärke aber nicht die Anzahl der Knollen mit Befall reduziert. Bei natürlich infizierten Knollen wurden nicht so eindeutige Unterschiede ermittelt. Eine Belichtung mit HQI-BT, HPI-T-Plus und Son-T-Agro erzielte teilweise eine Reduzierung der Befallsstärke und der Befallshäufigkeit, manchmal wurde im Vergleich zur Kontrolle aber auch eine Erhöhung beobachtet (Tab. 13 – 15).



**Abb. 25:** Belichtungsversuch NE (Hs 3) für 21 Tage nach Inokulation mit Silberschorf (Statistische Auswertung in Tab. 12)

**Tab. 12:** Ergebnisse von 3 Belichtungsversuchen mit unterschiedlicher Belichtungsdauer nach künstlicher Inokulation mit Silberschorf

Varianten	Verfahren	Tage	Inokulation	Befallsstärke Silberschorf (1-10)	Befallshäufigkeit Silberschorf (%)
<b>Versuch: Hs 1</b>					
<i>Gesundkontrolle</i>	<i>NE</i>	<i>0</i>	<i>ohne</i>	<i>1,54</i>	<i>94,00</i>
Kontrolle	NE	0	Silberschorf	5,47	100,00
HPI-T-Plus	NE	7	Silberschorf	4,60	100,00
HQI-BT	NE	7	Silberschorf	5,08	100,00
Neonlicht	NE	7	Silberschorf	5,56	100,00
Son-T-Agro	NE	7	Silberschorf	5,60 n.s.	100,00 n.s.
<b>Versuch: Hs 2</b>					
<i>Gesundkontrolle</i>	<i>NE</i>	<i>0</i>	<i>ohne</i>	<i>1,48</i>	<i>94,00</i>
Kontrolle	NE	0	Silberschorf	6,62	100,00
HPI-T-Plus	NE	14	Silberschorf	5,20	100,00
HQI-BT	NE	14	Silberschorf	5,80	100,00
Neonlicht	NE	14	Silberschorf	6,08	100,00
Son-T-Agro	NE	14	Silberschorf	4,80 n.s.	100,00 n.s.
<b>Versuch: Hs 3</b>					
<i>Gesundkontrolle</i>	<i>NE</i>	<i>0</i>	<i>ohne</i>	<i>2,30</i>	<i>98,00</i>
Kontrolle	NE	0	Silberschorf	8,00	100,00 a
HPI-T-Plus	NE	21	Silberschorf	6,04	100,00 a
HQI-BT	NE	21	Silberschorf	4,56	92,00 b
Neonlicht	NE	21	Silberschorf	5,72	100,00 a
Son-T-Agro	NE	21	Silberschorf	5,40 n.s.	100,00 a

**Tab. 13:** Ergebnisse von 3 Belichtungsversuchen, Belichtungsdauer: 7 Tage, Knollen mit natürlichem Silberschorf-Befall

Varianten	Verfahren	Tage	Inokulation	Befallsstärke Silberschorf (1-10)	Befallshäufigkeit Silberschorf (%)
<b>Versuch: Hs 4</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	3,80	100,00
HPI-T-Plus	NE	7	ohne	2,88	100,00
HQI-BT	NE	7	ohne	2,96	100,00
Neonlicht	NE	7	ohne	3,20	100,00
Son-T-Agro	NE	7	ohne	3,64 n.s.	100,00 n.s.
<b>Versuch: Hs 5</b>					
HPI-T-Plus	NE	7	ohne	4,48	100,00 a
HQI-BT	NE	7	ohne	3,28	96,00 b
Neonlicht	NE	7	ohne	4,20	100,00 a
Son-T-Agro	NE	7	ohne	4,32 n.s.	100,00 a
<b>Versuch: Hs 6</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	2,22 a	100,00 a
HPI-T-Plus	NE	7	ohne	1,70 b	96,00 b
HQI-BT	NE	7	ohne	2,28 a	100,00 a
Neonlicht	NE	7	ohne	2,36 a	100,00 a
Son-T-Agro	NE	7	ohne	2,24 a	98,00 ab

**Tab. 14:** Ergebnisse von 3 Belichtungsversuchen, Belichtungsdauer: 14 Tage, Knollen mit natürlichem Silberschorf-Befall

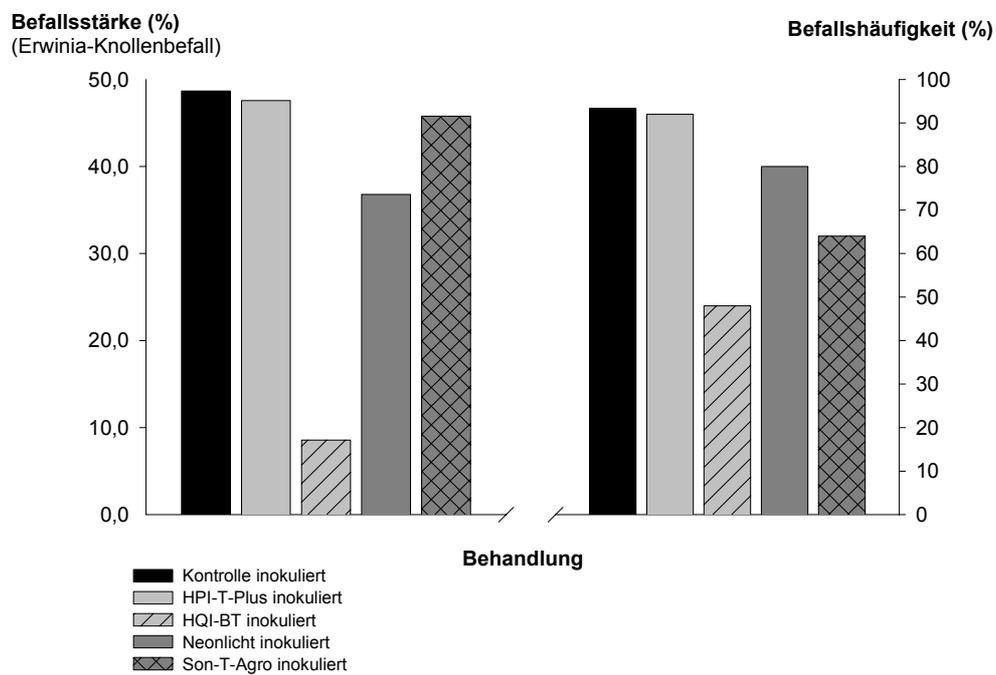
Varianten	Verfahren	Tage	Inokulation	Befallsstärke Silberschorf (1-10)	Befallshäufigkeit Silberschorf (%)
<b>Versuch: Hs 7</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	3,08	92,31
HPI-T-Plus	NE	14	ohne	3,12	100,00
HQI-BT	NE	14	ohne	3,40	100,00
Neonlicht	NE	14	ohne	2,88	100,00
Son-T-Agro	NE	14	ohne	3,72 n.s.	100,00 n.s.
<b>Versuch: Hs 8</b>					
HPI-T-Plus	NE	14	ohne	4,29	100,00
HQI-BT	NE	14	ohne	3,40	100,00
Neonlicht	NE	14	ohne	4,28	100,00
Son-T-Agro	NE	14	ohne	3,96 n.s.	100,00 n.s.
<b>Versuch: Hs 9</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	1,48	94,00
HPI-T-Plus	NE	14	ohne	1,94	90,00
HQI-BT	NE	14	ohne	1,58	96,00
Neonlicht	NE	14	ohne	2,40	98,00
Son-T-Agro	NE	14	ohne	2,12 n.s.	100,00 n.s.

**Tab. 15:** Ergebnisse von 3 Belichtungsversuchen, Belichtungsdauer: 21 Tage, Knollen mit natürlichem Silberschorf-Befall

Varianten	Verfahren	Tage	Inokulation	Befallsstärke Silberschorf (1-10)	Befallshäufigkeit Silberschorf (%)
<b>Versuch: Hs 10</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	1,86	78,57
HPI-T-Plus	NE	21	ohne	2,72	100,00
HQI-BT	NE	21	ohne	2,60	96,00
Neonlicht	NE	21	ohne	2,48	92,00
Son-T-Agro	NE	21	ohne	2,68 n.s.	100,00 n.s.
<b>Versuch: Hs 11</b>					
HPI-T-Plus	NE	21	ohne	3,80	100,00 a
HQI-BT	NE	21	ohne	3,52	92,00 b
Neonlicht	NE	21	ohne	4,28	100,00 a
Son-T-Agro	NE	21	ohne	2,88 n.s.	100,00 a
<b>Versuch: Hs 12</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	2,74	100,00
HPI-T-Plus	NE	21	ohne	2,82	100,00
HQI-BT	NE	21	ohne	2,66	100,00
Neonlicht	NE	21	ohne	2,86	100,00
Son-T-Agro	NE	21	ohne	2,64 n.s.	100,00 n.s.

### 3.1.3. Erwinia-Symptome

Zur Kontrolle von *Erwinia spp.* wirkte sich ein Lichtspektrum mit einem höheren Blauanteil (HQI-BT) besonders befallsmindernd auf Knollensymptome aus. Für die Versuche wurden die Knollen nach der Belichtung mechanisch verletzt und anschließend die Inokulation durchgeführt. Nach einer Belichtungsdauer von 21 Tagen (NE) zeigte sich eine Reduzierung des Erwinia-Befalls der Variante HQI-BT, im Vergleich zur unbelichteten Kontrolle, um fast 80 %, wobei auch die Anzahl der Knollen mit Befall um ca. 50 % vermindert wurde (Abb. 26, Tab. 16).



**Abb. 26:** Belichtungsversuch NE (E 3) für 21 Tage nach künstlicher Inokulation mit Erwinia (Statistische Auswertung in Tab. 16)

Im Frühjahr 2003 wurden Knollen im Vor-Legen-Verfahren belichtet. Diese physiologisch älteren Knollen wurden anschließend mit Erwinia inokuliert und in Boxen inkubiert (Tab. 17). Die Belichtungsvarianten HPI-T-Plus und Son-T-Agro wiesen den niedrigsten Befall auf.

**Tab. 16:** Ergebnisse von 3 Belichtungsversuchen mit unterschiedlicher Belichtungsdauer nach künstlicher Inokulation mit Erwinia

Varianten	Verfahren	Tage	Inokulation	Befallsstärke Erwinia (%)	Befallshäufigkeit Erwinia (%)
<b>Versuch: E 1</b>					
Kontrolle	NE	0	Erwinia	90,67	100,00
HPI-T-Plus	NE	7	Erwinia	80,80	100,00
HQI-BT	NE	7	Erwinia	82,88	100,00
Neonlicht	NE	7	Erwinia	82,00	100,00
Son-T-Agro	NE	7	Erwinia	86,00 n.s.	100,00 n.s.
<b>Versuch: E 2</b>					
Kontrolle	NE	0	Erwinia	14,13	73,30
HPI-T-Plus	NE	14	Erwinia	16,56	72,00
HQI-BT	NE	14	Erwinia	12,12	56,00
Neonlicht	NE	14	Erwinia	17,36	52,00
Son-T-Agro	NE	14	Erwinia	17,32 n.s.	64,00 n.s.
<b>Versuch: E 3</b>					
Kontrolle	NE	0	Erwinia	48,67 a	93,30
HPI-T-Plus	NE	21	Erwinia	47,56 a	92,00
HQI-BT	NE	21	Erwinia	8,56 b	48,00
Neonlicht	NE	21	Erwinia	36,80 a	80,00
Son-T-Agro	NE	21	Erwinia	45,76 a	84,00 n.s.

**Tab. 17:** Ergebnisse eines Vor-Legen-Belichtungsversuch mit Belichtungsdauer von 14 Tagen nach künstlicher Inokulation mit Erwinia

Varianten	Verfahren	Tage	Inokulation	Befallsstärke Erwinia (%)	Befallshäufigkeit Erwinia (%)
<b>Versuch: E 1</b>					
Kontrolle	VL	0	Erwinia	81,33	100,00
HPI-T-Plus	VL	14	Erwinia	54,16	96,00
HQI-BT	VL	14	Erwinia	77,60	96,00
Neonlicht	VL	14	Erwinia	71,60	100,00
Son-T-Agro	VL	14	Erwinia	55,60 n.s.	92,00 n.s.

### 3.1.4. Colletotrichum-Symptome

An den Knollen der Silberschorf-Belichtungsversuche waren neben Silberschorf häufig auch Colletotrichum-Symptome zu finden, deshalb wurde die Symptome von Colletotrichum in Beziehung zu den jeweiligen Belichtungsvarianten gesetzt. Es zeigte sich, dass teilweise durch eine Belichtung der Befall reduziert wurde, eindeutige Aussagen konnten aber nicht getroffen werden (Tab. 18 – 20). Um die Auswirkungen einer Belichtungsmaßnahme auf die Ausbildung von Colletotrichum besser analysieren zu können, ist eine künstliche Inokulation erforderlich.

**Tab. 18:** Ergebnisse von 4 Belichtungsversuchen, Belichtungsdauer: 7 Tage, Knollen mit natürlichem Colletotrichum-Befall

Varianten	Verfahren	Tage	Inokulation	Befallsstärke Colletotrichum (1-10)	Befallshäufigkeit Colletotrichum (%)
<b>Versuch: Hs 1</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	1,13	66,67
HPI-T-Plus	NE	7	ohne	0,80	36,00
HQI-BT	NE	7	ohne	0,64	36,00
Neonlicht	NE	7	ohne	1,16	64,00
Son-T-Agro	NE	7	ohne	0,88 n.s.	52,00 n.s.
<b>Versuch: Hs 4</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	1,53	73,33 a
HPI-T-Plus	NE	7	ohne	1,40	52,00 b
HQI-BT	NE	7	ohne	0,80	52,00 b
Neonlicht	NE	7	ohne	1,08	68,00 ab
Son-T-Agro	NE	7	ohne	1,04 n.s.	52,00 b
<b>Versuch: Hs 5</b>					
HPI-T-Plus	NE	7	ohne	0,64	44,00
HQI-BT	NE	7	ohne	1,20	56,00
Neonlicht	NE	7	ohne	1,12	48,00
Son-T-Agro	NE	7	ohne	1,00 n.s.	44,00 n.s.
<b>Versuch: Hs 6</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	0,56	34,00
HPI-T-Plus	NE	7	ohne	0,36	14,00
HQI-BT	NE	7	ohne	0,48	22,00
Neonlicht	NE	7	ohne	0,56	24,00
Son-T-Agro	NE	7	ohne	0,64 n.s.	36,00 n.s.

**Tab. 19:** Ergebnisse von 4 Belichtungsversuchen, Belichtungsdauer: 14 Tage, Knollen mit natürlichem Colletotrichum-Befall

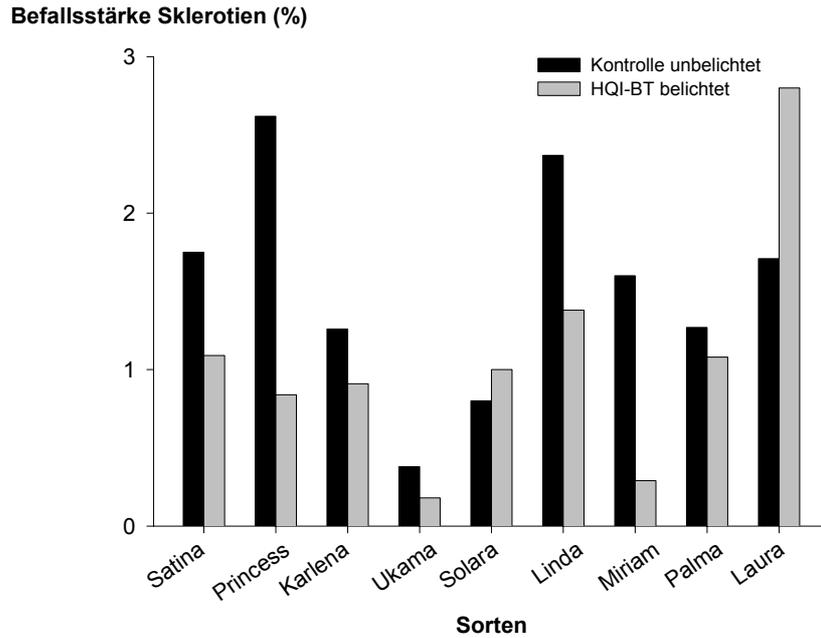
Varianten	Verfahren	Tage	Inokulation	Befallsstärke Colletotrichum (1-10)	Befallshäufigkeit Colletotrichum (%)
<b>Versuch: Hs 2</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	0,92	53,85
HPI-T-Plus	NE	14	ohne	1,08	64,00
HQI-BT	NE	14	ohne	0,96	56,00
Neonlicht	NE	14	ohne	0,96	60,00
Son-T-Agro	NE	14	ohne	0,84 n.s.	58,00 n.s.
<b>Versuch: Hs 7</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	1,15	76,92
HPI-T-Plus	NE	14	ohne	1,40	76,00
HQI-BT	NE	14	ohne	0,36	36,00
Neonlicht	NE	14	ohne	0,72	48,00
Son-T-Agro	NE	14	ohne	1,04 n.s.	56,00 n.s.
<b>Versuch: Hs 8</b>					
HPI-T-Plus	NE	14	ohne	1,21	66,67
HQI-BT	NE	14	ohne	0,92	48,00
Neonlicht	NE	14	ohne	0,76	52,00
Son-T-Agro	NE	14	ohne	1,48 n.s.	68,00 n.s.
<b>Versuch: Hs 9</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	0,76	36,00
HPI-T-Plus	NE	14	ohne	0,72	54,00
HQI-BT	NE	14	ohne	1,06	56,00
Neonlicht	NE	14	ohne	0,28	26,00
Son-T-Agro	NE	14	ohne	0,34 n.s.	24,00 n.s.

**Tab. 20:** Ergebnisse von 4 Belichtungsversuchen, Belichtungsdauer: 21 Tage, Knollen mit natürlichem Colletotrichum-Befall

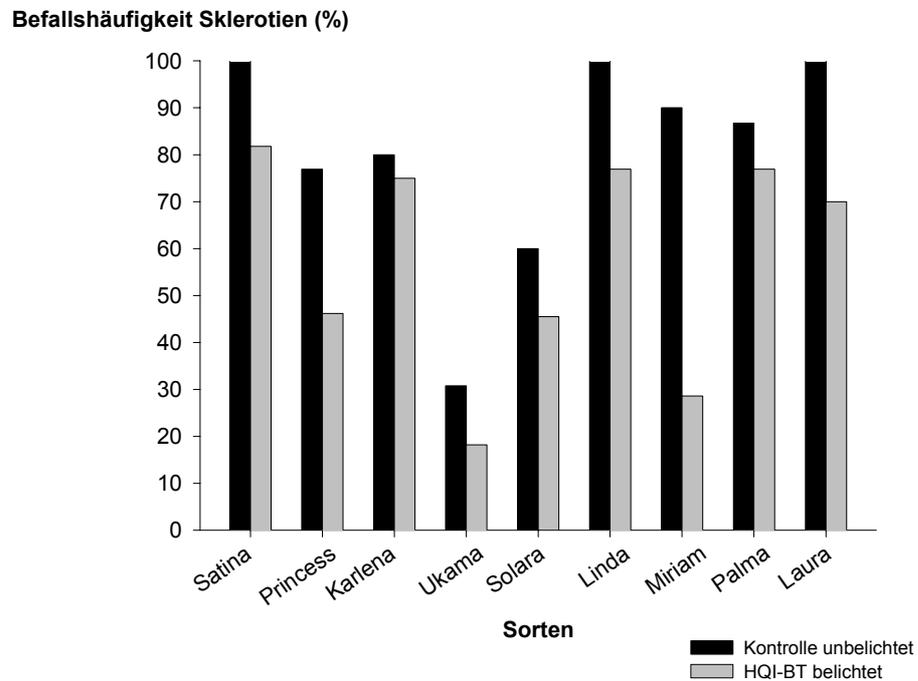
Varianten	Verfahren	Tage	Inokulation	Befallsstärke Colletotrichum (1-10)	Befallshäufigkeit Colletotrichum (%)
<b>Versuch: Hs 3</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	0,20	20,00
HPI-T-Plus	NE	21	ohne	1,36	68,00
HQI-BT	NE	21	ohne	0,48	32,00
Neonlicht	NE	21	ohne	0,56	36,00
Son-T-Agro	NE	21	ohne	0,84 n.s.	60,00 n.s.
<b>Versuch: Hs 10</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	0,57	42,86
HPI-T-Plus	NE	21	ohne	1,52	68,00
HQI-BT	NE	21	ohne	1,20	60,00
Neonlicht	NE	21	ohne	0,88	56,00
Son-T-Agro	NE	21	ohne	0,73 n.s.	45,45 n.s.
<b>Versuch: Hs 11</b>					
HPI-T-Plus	NE	21	ohne	0,76	48,00
HQI-BT	NE	21	ohne	0,68	40,00
Neonlicht	NE	21	ohne	0,64	28,00
Son-T-Agro	NE	21	ohne	1,32 n.s.	72,00 n.s.
<b>Versuch: Hs 12</b>					
Kontrolle	NE	0	ohne	0,76	52,00
HPI-T-Plus	NE	21	ohne	0,40	20,00
HQI-BT	NE	21	ohne	0,28	12,00
Neonlicht	NE	21	ohne	0,16	16,00
Son-T-Agro	NE	21	ohne	0,36 n.s.	28,00 n.s.

### 3.1.5. Sortenprüfung

In den vorangegangenen Versuchen wurde häufig eine gute befallsreduzierende Wirkung durch eine Belichtung mit HQI-BT beobachtet. Deshalb wurde zur Sortenprüfung die Variante HQI-BT im Vergleich zur unbelichteten Kontrolle eingesetzt. Nach künstlicher Inokulation mit *Rhizoctonia* bewirkte die Belichtung mit HQI-BT, sortenunabhängig, eine Reduzierung der Sklerotien-Befallsstärke sowie der Befallshäufigkeit (Abb. 27 + 28, Tab. 21).



**Abb. 27:** Sortenversuch Rhizoctonia (HQI-BT 1): Belichtung (VL) für 14 Tage und nach künstlicher Inokulation mit Rhizoctonia (Ergebnisse der Befallsstärke; Statistische Auswertung in Tab. 21)



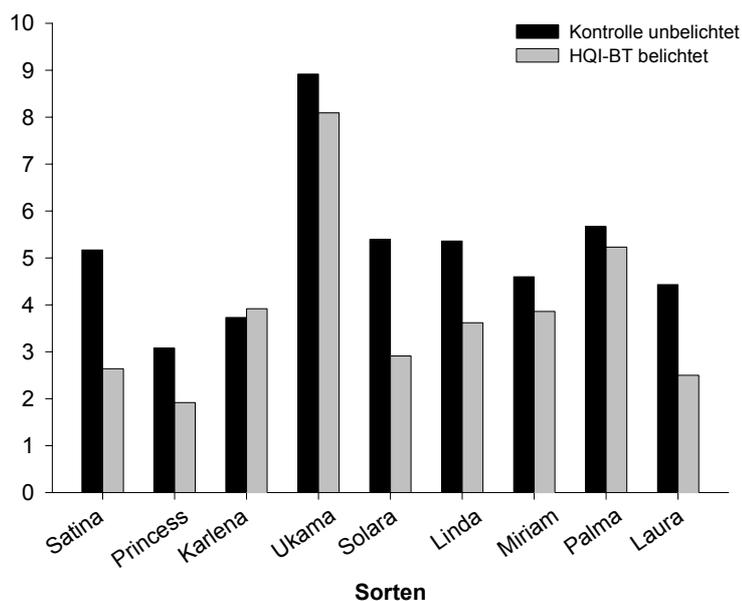
**Abb. 28:** Sortenversuch Rhizoctonia (HQI-BT 1): Belichtung (VL) für 14 Tage und nach künstlicher Inokulation mit Rhizoctonia (Ergebnisse der Befallshäufigkeit; Statistische Auswertung in Tab. 21)

**Tab. 21:** Ergebnisse eines Sortenversuchs nach künstlicher Inokulation mit Rhizoctonia, Belichtung mit HQI-BT für 14 Tage (Bonitur: Rhizoctonia-Sklerotien)

Sorten	Verfahren	Tage	Inokulation	Befallsstärke Sklerotien (%)	Befallshäufigkeit Sklerotien (%)
<b>Versuch: HQI-BT 1</b>					
Satina	VL	0	Rhizoctonia	1,75	100,00
Princess	VL	0	Rhizoctonia	2,62	76,90
Karlana	VL	0	Rhizoctonia	1,26	80,00
Ukama	VL	0	Rhizoctonia	0,38	30,80
Solara	VL	0	Rhizoctonia	0,80	60,00
Linda	VL	0	Rhizoctonia	2,37	100,00
Miriam	VL	0	Rhizoctonia	1,60	90,00
Palma	VL	0	Rhizoctonia	1,27	86,70
Laura	VL	0	Rhizoctonia	1,71 n.s.	100,00 n.s.
Satina	VL	14	Rhizoctonia	1,09	81,80
Princess	VL	14	Rhizoctonia	0,84	46,20
Karlana	VL	14	Rhizoctonia	0,91	75,00
Ukama	VL	14	Rhizoctonia	0,18	18,20
Solara	VL	14	Rhizoctonia	1,00	45,50
Linda	VL	14	Rhizoctonia	1,38	76,90
Miriam	VL	14	Rhizoctonia	0,29	28,60
Palma	VL	14	Rhizoctonia	1,08	76,90
Laura	VL	14	Rhizoctonia	2,80 n.s.	70,00 n.s.
Vergleich: 0/14 Tage				n.s.	n.s.

In einem zweiten Sortenversuch wurden Knollen mit natürlichem Silberschorf-Befall mit HQI-BT belichtet und anschließend in Boxen inkubiert. Es zeigte sich, dass die Belichtung bei fast allen Sorten zu einer Reduzierung der Befallsstärke führte, während dessen die Befallshäufigkeit nicht beeinflusst wurde (Abb. 29, Tab. 22).

In diesem Silberschorf-Versuch wurden ebenfalls die Colletotrichum-Symptome auf den Knollen erfasst. Die Belichtung hatte eine reduzierende Wirkung auf Colletotrichum, für eine eindeutige Aussage war der Ausgangsbefall der Versuchsknollen aber zu niedrig (Tab. 23).

**Befallsstärke Silberschorf (Skala: 1 - 10)**

**Abb. 29:** Sortenversuch Silberschorf (HQI-BT 2): Belichtung (VL) für 14 Tage und nach künstlicher Inokulation mit Silberschorf (Ergebnisse der Befallsstärke; Statistische Auswertung in Tab. 22)

**Tab. 22:** Ergebnisse eines Sortenversuchs, Knollen mit natürlichem Silberschorf-Befall, Vergleich: unbelichtete Kontrolle und Belichtung mit HQI-BT (14 Tage)

Sorten	Verfahren	Tage	Inokulation	Befallsstärke Silberschorf (1-10)	Befallshäufigkeit Silberschorf (%)
<b>Versuch: HQI-BT 2</b>					
Satina	VL	0	ohne	5,17	100,00
Princess	VL	0	ohne	3,08	100,00
Karlena	VL	0	ohne	3,73	100,00
Ukama	VL	0	ohne	8,92	100,00
Solara	VL	0	ohne	5,40	100,00
Linda	VL	0	ohne	5,36	100,00
Miriam	VL	0	ohne	4,60	100,00
Palma	VL	0	ohne	5,67	100,00
Laura	VL	0	ohne	4,43 n.s.	100,00 n.s.
Satina	VL	14	ohne	2,64	100,00 a
Princess	VL	14	ohne	1,92	100,00 a
Karlena	VL	14	ohne	3,92	100,00 a
Ukama	VL	14	ohne	8,09	100,00 a
Solara	VL	14	ohne	2,91	100,00 a
Linda	VL	14	ohne	3,62	92,30 b
Miriam	VL	14	ohne	3,86	100,00 a
Palma	VL	14	ohne	5,23	100,00 a
Laura	VL	14	ohne	2,50 n.s.	100,00 a
Vergleich: 0/14 Tage				n.s.	n.s.

**Tab. 23:** Ergebnisse eines Sortenversuchs, Knollen mit natürlichem Colletotrichum-Befall, Vergleich: unbelichtete Kontrolle und Belichtung mit HQI-BT (14 Tage)

Sorten	Verfahren	Tage	Inokulation	Befallsstärke Colletotrichum (1-10)	Befallshäufigkeit Colletotrichum (%)
<b>Versuch: HQI-BT 2</b>					
Satina	VL	0	ohne	0,25 c	8,33 c
Princess	VL	0	ohne	0,54 bc	46,20 a
Karlana	VL	0	ohne	1,20 a	40,00 ab
Ukama	VL	0	ohne	0,00 c	0,00 c
Solara	VL	0	ohne	0,00 c	0,00 c
Linda	VL	0	ohne	0,00 c	0,00 c
Miriam	VL	0	ohne	0,00 c	0,00 c
Palma	VL	0	ohne	0,47 bc	33,30 ab
Laura	VL	0	ohne	0,57 b	28,60 b
Satina	VL	14	ohne	0,00	0,00 b
Princess	VL	14	ohne	0,00	0,00 b
Karlana	VL	14	ohne	1,17	58,30 a
Ukama	VL	14	ohne	0,00	0,00 b
Solara	VL	14	ohne	0,00	0,00 b
Linda	VL	14	ohne	0,00	0,00 b
Miriam	VL	14	ohne	0,00	0,00 b
Palma	VL	14	ohne	0,15	7,69 b
Laura	VL	14	ohne	0,10 n.s.	10,00 b
Vergleich: 0/14 Tage				n.s.	n.s.

### 3.2. Feldversuche

#### 3.2.1. Pflanzgutvorbefall

Vom Pflanzgut der einzelnen Belichtungsvarianten wurde kurz vor dem Legen jeweils eine Knollenprobe entnommen und anschließend auf einen Vorbefall mit Rhizoctonia, Silberschorf und Colletotrichum bonitiert. Die Varianten 2 (FZB 24, Kontrolle inokuliert) der beiden Feldversuche wurden jeweils vor der Beizung mit FZB 24 bzw. vor der Inokulation mit Erwinia aus der Pflanzgutmenge der Variante 1 (Kontrolle unbehandelt) entnommen. Deshalb wurde auf eine Berücksichtigung der Variante 2 in den Tabellen Pflanzgutvorbefall und Boxentest verzichtet.

Die Bonitur der Knollen zeigte, dass eine gezielte Belichtung des Pflanzgutes den Rhizoctonia-Vorbefall reduzierte. Die Ausbildung von Sklerotien auf der Knollenoberfläche und die Anzahl der Knollen mit Befall wurden besonders durch die Variante VL 2 (HQI-BT) gehemmt (Tab. 24). Die Befallshäufigkeit wurde im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle merklich reduziert. Eine Reduzierung der Anzahl an Knollen mit Befall wurde ebenfalls durch die Varianten Tageslicht VL, Belichtung NE und VL 1 (Son-T-Agro) erzielt. Die Varianten Tageslicht VL, Belichtung NE und VL 1 (Son-T-Agro) sowie VL 2 (HQI-BT) zeigten die beste Wirkung gegenüber dry core (Tab. 25).

**Tab. 24:** Auswirkungen einer Belichtung auf den Pflanzgutvorbefall mit Sklerotien

Nr.	Varianten	Befallsstärke Sklerotien (%)	Befallshäufigkeit Sklerotien (%)
1)	Kontrolle unbehandelt	3,24	96,00
3)	Tageslicht NE	3,12	91,67
4)	Tageslicht VL	3,10	72,73
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	2,46	70,83
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	2,44	73,91
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	2,00 n.s.	54,17 n.s.

**Tab. 25:** Auswirkungen einer Belichtung auf den Pflanzgutvorbefall mit dry core

Nr.	Varianten	Befallshäufigkeit dry core (%)
1)	Kontrolle unbehandelt	24,00 a
3)	Tageslicht NE	12,50 b
4)	Tageslicht VL	0,00 c
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	0,00 c
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	0,00 c
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	4,17 bc

Eine Belichtung des Pflanzgutes wirkte sich ebenfalls befallsmindernd auf die Ausbildung von Silberschorf-Symptomen aus (Tab. 26). Die Befallsstärke wurde besonders durch die Varianten Belichtung VL 1 (Son-T-Agro) und VL 2 (HQI-BT) reduziert. Ein Wirkungsgrad bis zu 40 % wurde ermittelt. Die Anzahl der Knollen mit Befall wurde durch eine Belichtung nicht maßgeblich reduziert.

Symptome von *Colletotrichum coccodes* wurde auf den einzelnen Pflanzgutvarianten nicht gefunden.

**Tab. 26:** Auswirkungen einer Belichtung auf den Pflanzgutvorbefall mit Silberschorf

Nr.	Varianten	Befallsstärke Silberschorf (1-10)	Befallshäufigkeit Silberschorf (%)
1)	Kontrolle unbehandelt	2,56	100,00 a
3)	Tageslicht NE	2,04	100,00 a
4)	Tageslicht VL	2,16	100,00 a
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	2,00	100,00 a
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	1,52	96,00 b
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	1,88 n.s.	100,00 a

### 3.2.2. Pflanzgutvarianten im Boxentest

Von den einzelnen Belichtungsvarianten der Feldversuche wurden Knollenproben entnommen, mit *Rhizoctonia* inokuliert und in Boxen eingelagert. Nach der Inkubationszeit zeigte sich, dass die Tageslichtvariante VL den Befall mit Sklerotien verminderte (Tab. 27). Die niedrigste Befallshäufigkeit wurde bei der Variante Belichtung VL 1 (Son-T-Agro) festgestellt. Die Ausbildung von dry core wurde durch die Varianten Tageslicht NE und VL sowie Belichtung NE (Son-T-Agro) besonders reduziert (Tab. 28).

**Tab. 27:** Auswirkungen einer Belichtung auf die Ausbildung von Sklerotien (Boxentest)

Nr.	Varianten	Inokulation	Befallsstärke Sklerotien (%)	Befallshäufigkeit Sklerotien (%)
1)	Kontrolle unbehandelt	Rhizoctonia	4,24	96,00
3)	Tageslicht NE	Rhizoctonia	3,60	92,00
4)	Tageslicht VL	Rhizoctonia	2,16	84,00
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	Rhizoctonia	3,76	96,00
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	Rhizoctonia	3,28	76,00
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	Rhizoctonia	4,20 n.s.	88,00 n.s.

**Tab. 28:** Auswirkungen einer Belichtung auf die Ausbildung von dry core (Boxentest)

Nr.	Varianten	Befallshäufigkeit dry core (%)
1)	Kontrolle unbehandelt	44,00
3)	Tageslicht NE	24,00
4)	Tageslicht VL	28,00
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	28,00
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	36,00
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	40,00 n.s.

Die Knollen dieses Boxentests wurde ebenfalls auf Silberschorf und Colletotrichum bonitiert. Bei den Varianten Belichtung NE (Son-T-Agro) und VL (HQI-BT) wurde eine Befallsminderung gegenüber Silberschorf festgestellt (Tab. 29). Colletotrichum wurde nur in geringem Maße an der Kontrollvariante festgestellt (Tab. 30).

**Tab. 29:** Auswirkungen einer Belichtung auf einen Silberschorf-Befall (Boxentest)

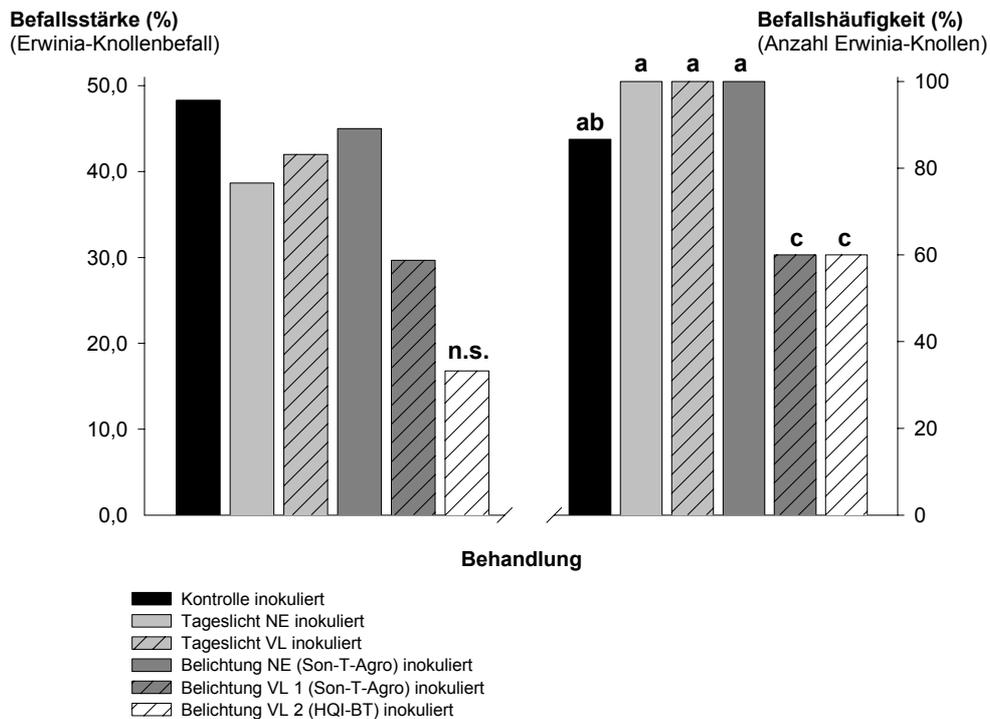
Nr.	Varianten	Befallsstärke Silberschorf (1-10)	Befallshäufigkeit Silberschorf (%)
1)	Kontrolle unbehandelt	4,88	100,00
3)	Tageslicht NE	3,83	100,00
4)	Tageslicht VL	4,00	100,00
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	3,54	100,00
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	4,30	100,00
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	3,50 n.s.	100,00 n.s.

**Tab. 30:** Auswirkungen einer Belichtung auf einen Colletotrichum-Befall (Boxentest)

Nr.	Varianten	Befallsstärke Colletotrichum (1-10)	Befallshäufigkeit Colletotrichum (%)
1)	Kontrolle unbehandelt	0,08 a	8,00 a
3)	Tageslicht NE	0,00 b	0,00 b
4)	Tageslicht VL	0,00 b	0,00 b
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	0,00 b	0,00 b
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	0,00 b	0,00 b
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	0,00 b	0,00 b

### 3.2.3. Rückstellproben Erwinia im Boxentest

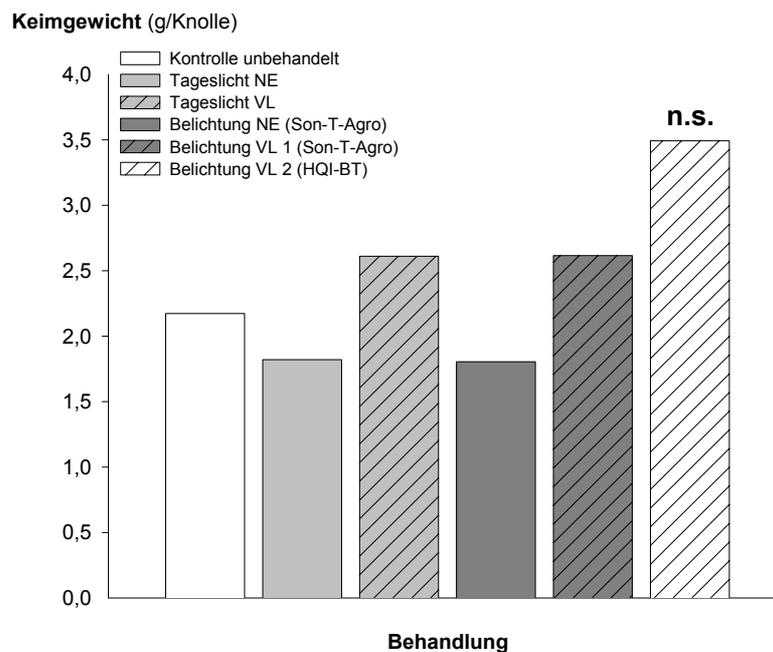
Für den Erwinia-Feldversuch wurde das Pflanzgut künstlich inokuliert. Rückstellproben dieses Pflanzgutes wurden in Plastikboxen inkubiert und anschließend bonitiert. Hierdurch sollte sicher gestellt werden, dass die eingesetzte Bakteriensuspension auch infektiös war. Es zeigte sich, dass nahezu alle Knollen der unbehandelten Kontrollen mit Erwinia infiziert waren und die Befallsstärke fast 50 % betrug. In diesem Versuch wurde wiederum die positive Wirkung einer Belichtung mit erhöhtem Blaulichtanteil (HQI-BT) festgestellt. Die Befallsstärke wurde durch die Variante Belichtung VL 2 (HQI-BT) um fast 60 % reduziert, wobei auch die Befallshäufigkeit um 40 % vermindert wurde (Abb. 31). Eine gute Wirkung erzielte ebenfalls die Variante VL 1 (Son-T-Agro).



**Abb. 31:** Ergebnisse der Pflanzgutbonitur auf Erwinia-Befall nach Inkubation im Boxentest (Erwinia-Feldversuch)

### 3.2.4. Keimvermögen, Auflaufverhalten und Pflanzenentwicklung

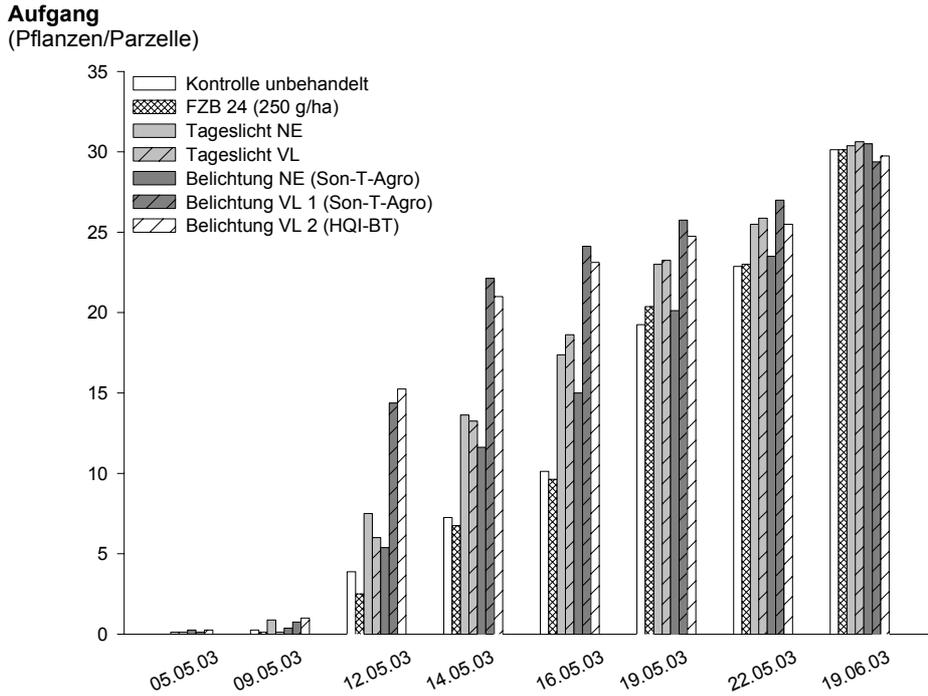
Eine Belichtung der Knollen vor dem Legen wirkte sich positiv auf das Keimverhalten der Knollen aus, wobei besonders die Variante Belichtung VL 2 (HQI-BT) das Keimgewicht erhöhte (Abb. 32).



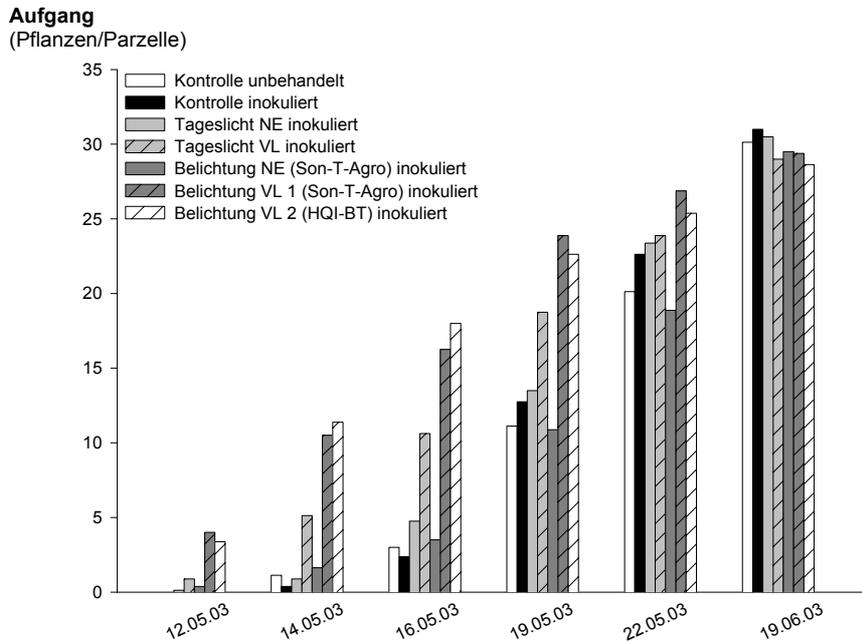
**Abb. 32:** Keimgewicht des Pflanzgutes der Feldversuchsvarianten

Eine zügige Jugendentwicklung der Pflanzen wird als eine mögliche Strategie zur Kontrolle von *Rhizoctonia solani* und *Phytophthora infestans* angesehen. In den Feldversuchen zeigte sich, dass vor allem die direkte Belichtung vor dem Legen positive Effekte auf das Auflaufverhalten der Pflanzen hatte (Abb. 33 + 34). Zu Beginn des Auflaufs erzielten die Varianten VL1 (Son-T-Agro) und VL2 (HQI-BT) einen fast dreifach schnelleren Aufgang. Diese Unterschiede waren dann bei der Endauflaufbonitur fast ausgeglichen. Das eingesetzte Pflanzenstärkungsmittel FZB 24 bewirkte dagegen keine Förderung der Pflanzenentwicklung.

Obwohl einzelne Belichtungsvarianten sich fördernd auf die Auflaufgeschwindigkeit auswirkten, wurde kein eindeutiger Effekt einer Belichtung auf die Pflanzenhöhe beobachtet (Tab. 31 + 32).



**Abb. 33:** Auflaufverhalten des Rhizoctonia/Silberschorf-Feldversuchs (Statistische Auswertung im Anhang)



**Abb. 34:** Auflaufverhalten des Erwinia-Feldversuchs (Statistische Auswertung im Anhang)

**Tab. 31:** Auswirkungen einer Belichtung auf die Pflanzenhöhe (Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch)

Nr.	Varianten	Pflanzenhöhe (cm)
1)	Kontrolle unbehandelt	37,7
2)	FZB 24, 250 g/ha	37,0
3)	Tageslicht NE	36,6
4)	Tageslicht VL	36,8
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	38,0
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	38,7
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	38,0 n.s.

**Tab. 32:** Auswirkungen einer Belichtung auf die Pflanzenhöhe (Erwinia-Versuch)

Nr.	Varianten	Pflanzenhöhe (cm)
1)	Kontrolle unbehandelt	35,6
2)	Kontrolle inokuliert	35,8
3)	Tageslicht NE inokuliert	36,9
4)	Tageslicht VL inokuliert	35,5
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro) inokuliert	35,0
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro) inokuliert	37,7
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT) inokuliert	36,7 n.s.

### 3.2.5. Rhizoctonia-Stängelbefall

Im kombinierten Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch zeigten sich während der beiden Feldbonituren keine eindeutigen Auswirkungen der Belichtungsverfahren auf die Ausbildung von Rhizoctonia-Symptomen am Stängel (Tab. 33 + 34). Weißhösigkeit trat in diesem Feldversuch selten und in geringer Ausprägung auf (Tab. 35).

**Tab. 33:** 1. Rhizoctonia-Stängelbonitur im Rhizoctonia/Silberschorf-Feldversuch

Nr.	Varianten	Rhizoctonia-Stängelbefall (1–4)	Anzahl Stängel/Pflanze
1)	Kontrolle unbehandelt	1,85	3,5
2)	FZB 24, 250 g/ha	1,77	3,5
3)	Tageslicht NE	1,88	3,5
4)	Tageslicht VL	1,92	3,4
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	1,65	3,1
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	1,63	3,3
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	1,82 n.s.	3,5 n.s.

**Tab. 34:** 2. Rhizoctonia-Stängelbonitur im Rhizoctonia/Silberschorf-Feldversuch

Nr.	Varianten	Rhizoctonia-Stängelbefall (1–4)	Anzahl Stängel/Pflanze
1)	Kontrolle unbehandelt	2,77	2,8
2)	FZB 24, 250 g/ha	2,80	2,9
3)	Tageslicht NE	2,28	3,1
4)	Tageslicht VL	2,63	2,4
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	2,62	3,1
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	2,48	3,1
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	2,53 n.s.	2,9 n.s.

**Tab. 35:** Bonitur auf Weißhosigkeit im Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch (relativer Anteil an Stauden mit Symptomen)

Nr.	Varianten	Bonitur (19.06.03) Weißhosigkeit (%)
1)	Kontrolle unbehandelt	0,08
2)	FZB 24, 250 g/ha	0,05
3)	Tageslicht NE	0,00
4)	Tageslicht VL	0,03
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	0,10
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	0,10
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	0,05 n.s.

### 3.2.6. Abgestorbene Pflanzen und Schwarzbeinigkeit

Gegen Vegetationsende wurden in den beiden Versuchen die relative Anzahl der abgestorbenen Pflanzen ermittelt. Dabei zeigte sich, dass die belichteten Varianten im Vergleich zu den Kontrollen weniger abgestorbene Pflanzen aufwiesen (Tab. 36 + 37). Eine Beizung mit FZB 24 im Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch bewirkte keine Verbesserung der Pflanzenentwicklung.

Im Erwinia-Versuch wurde zusätzlich die Anzahl der Pflanzen mit Schwarzbeinigkeit erfasst. Das Pflanzgut wurde vor dem Legen mit einer Erwinia-Suspension künstlich inokuliert. Auf Grund der sehr trockenen und warmen Witterung ist die Infektion im Feld leider nicht angegangen, so dass keine eindeutigen Unterschiede erzielt wurden. Es zeigte sich, dass die inokulierten Varianten im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle etwas mehr Pflanzen mit Symptomen aufwiesen (Tab. 37). In der Belichtungsvariante VL 2 (HQI-BT) wurden die meisten befallenen Stauden gefunden.

**Tab. 36:** Abgestorbene Pflanzen im Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch

Nr.	Varianten	abgestorbene Pflanzen (%)
1)	Kontrolle unbehandelt	4,93
2)	FZB 24, 250 g/ha	4,13
3)	Tageslicht NE	2,48
4)	Tageslicht VL	1,62
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	1,21
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	2,61
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	1,68 n.s.

**Tab. 37:** Abgestorbene Pflanzen und Stauden mit Schwarzbeinigkeit im Erwinia-Versuch

Nr.	Varianten	abgestorbene Pflanzen (%)	Schwarzbeinigkeit (Pflanzen in %)
1)	Kontrolle unbehandelt	4,99 a	3,31
2)	Kontrolle inokuliert	3,23 ab	10,48
3)	Tageslicht NE inokuliert	0,81 b	7,36
4)	Tageslicht VL inokuliert	2,16 b	11,21
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro) inokuliert	3,41 ab	8,45
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro) inokuliert	0,84 b	13,67
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT) inokuliert	2,20 b	17,34 n.s.

### 3.2.7. Auftreten von Kartoffelkäfern

Hauptaugenmerk wurde im Projekt auf die Erreger Rhizoctonia, Helminthosporium und Erwinia gelegt, deshalb wurde zur Gesunderhaltung der beiden Feldversuche zwei Spritzungen gegen Kartoffelkäfer mit dem im ökologischen Landbau zugelassenem Produkt Novodor durchgeführt. Eindeutige Aussagen zu den Auswirkungen der einzelnen Belichtungsmaßnahmen auf das Auftreten von Kartoffelkäfern konnten auf Grund der zu niedrigen Befallsraten nicht gemacht werden.

Am 1. Boniturtermin traten in den Parzellen der Variante Belichtung NE (Son-T-Agro) die meisten Kartoffelkäferlarven des Stadiums L1-3 auf (Tab. 38). In dieser Variante waren im Vergleich zur Kontrolle fast fünfmal mehr Pflanzen befallen. Am 2. Termin wurden in dieser Variante die meisten L4-Larven gefunden (Tab. 39), während die Anzahl der befallenen Pflanzen nur gering anstieg. Bis auf die Variante Tageslicht VL, in der nur 2,50 % der Pflanzen befallen waren, traten zwischen den anderen Varianten keine eindeutigen Unterschiede bezüglich der Anzahl der Pflanzen mit Befall am 2. Termin auf.

Im Erwinia-Versuch wurde nur die Anzahl befallenen Pflanzen an einem Termin bonitiert. Dabei zeigte sich, dass die Varianten Tageslicht VL und unbehandelte Kontrolle die meisten Pflanzen mit Befall aufwiesen. Kein sichtbarer Befall war an der Variante Belichtung VL 1 zu finden (Tab. 40).

**Tab. 38:** Bonitur auf Kartoffelkäferbefall im Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch am 19.06.03

Nr.	Varianten	Anzahl/Staude				befallene Pflanzen (%)
		L1-3	L4	Käfer	Eigelege	
1)	Kontrolle unbehandelt	0,08 b	0,00 c	0,00 c	0,03 a	5,00
2)	FZB 24, 250 g/ha	0,13 b	0,00 c	0,00 c	0,03 a	7,50
3)	Tageslicht NE	0,20 b	0,20 bc	0,03 b	0,00 b	7,50
4)	Tageslicht VL	0,13 b	0,03 c	0,03 b	0,00 b	10,00
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	2,78 a	0,45 b	0,03 b	0,00 b	22,50
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	0,18 b	0,08 c	0,05 a	0,00 b	12,50
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	0,53 b	0,75 a	0,00 c	0,00 b	12,50 n.s.

**Tab. 39:** Bonitur auf Kartoffelkäferbefall im Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch am 07.07.03

Nr.	Varianten	Anzahl/Staude				befallene Pflanzen (%)
		L1-3	L4	Käfer	Eigelege	
1)	Kontrolle unbehandelt	0,15	0,73	0,00	0,00	25,00 a
2)	FZB 24, 250 g/ha	0,08	0,78	0,00	0,00	22,50 ab
3)	Tageslicht NE	0,05	0,18	0,00	0,00	22,50 ab
4)	Tageslicht VL	0,00	0,03	0,00	0,00	2,50 b
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	0,38	1,60	0,00	0,00	25,00 a
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	0,50	0,28	0,00	0,00	17,50 ab
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	0,28	0,30	0,00	0,00	25,00 a
		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

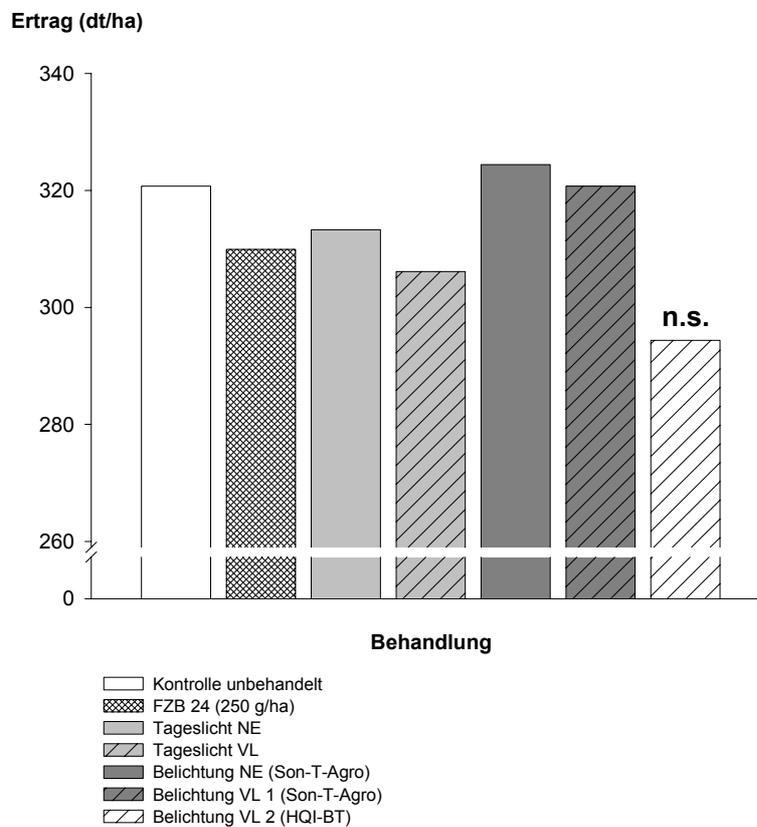
**Tab. 40:** Bonitur auf Kartoffelkäferbefall im Erwinia-Versuch am 19.06.03

Nr.	Varianten	befallene Pflanzen (%)
1)	Kontrolle unbehandelt	40,00
2)	Kontrolle inokuliert	15,00
3)	Tageslicht NE inokuliert	15,00
4)	Tageslicht VL inokuliert	50,00
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro) inokuliert	17,50
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro) inokuliert	0,00
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT) inokuliert	25,00 n.s.

### 3.2.8. Ertrag und Größensortierung

Im Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch wurden keine gravierenden Ertragsunterschiede zwischen den einzelnen Belichtungsvarianten festgestellt (Abb. 35). Lediglich die Variante VL 2 (HQI-BT) erzielte einen niedrigeren Ertrag. Das Pflanzenstärkungsmittel FZB 24 hatte im Vergleich der einzelnen Varianten keine ertragssteigernde Wirkung. Im Erwinia-Versuch führte die künstliche Inokulation im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle zu einer Reduzierung des Ertrages (Abb. 36). Einzige Ausnahme war die Variante Tageslicht NE die das gleiche Ertragsniveau wie die Gesundkontrolle erzielte.

Im Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch bewirkte die Belichtung der Pflanzknollen teilweise eine Verschiebung der Knollengrößen. Die Variante VL 1 (Son-T-Agro) erzielte den größten Anteil an Knollen > 55 mm im Vergleich zu den anderen Varianten. Dafür reduzierte sich der Anteil der Größe 45 – 55 mm (Abb. 37). Die inokulierte Kontrolle aus dem Erwinia-Versuch wies im Vergleich zur Gesundkontrolle einen reduzierten Anteil an größeren Knollen auf (Abb. 38). In den Belichtungsvarianten NE und VL 1 (Son-T-Agro), VL 2 (HQI-BT) und der Tageslichtvariante VL wurden mehr Knollen der Größenklassen 45 – 55 und > 55 mm ermittelt.



**Abb. 35:** Erzielte Erträge im Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch

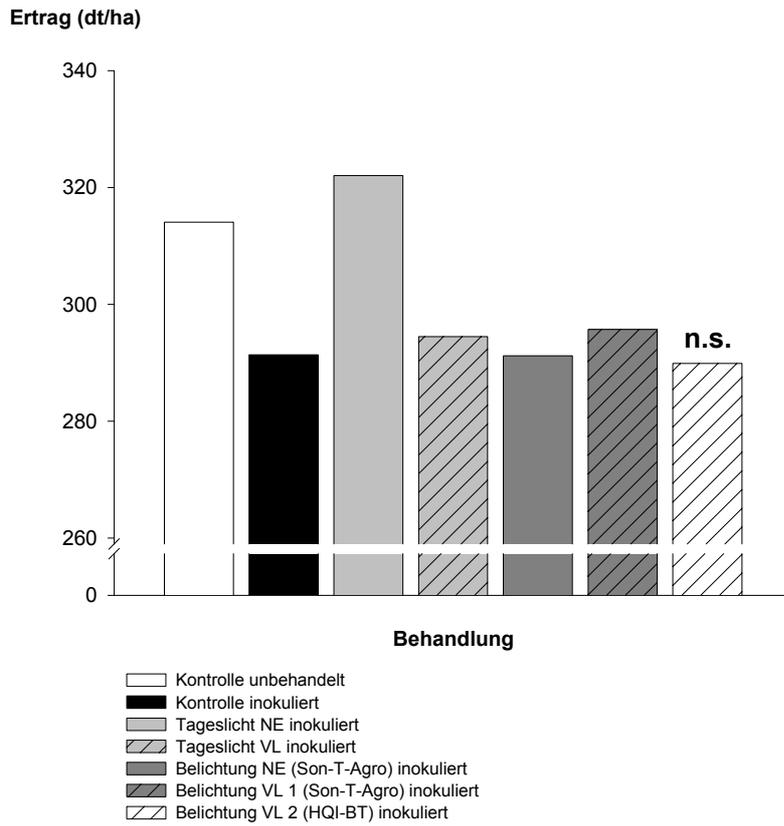


Abb. 36: Erzielte Erträge im Erwinia-Versuch

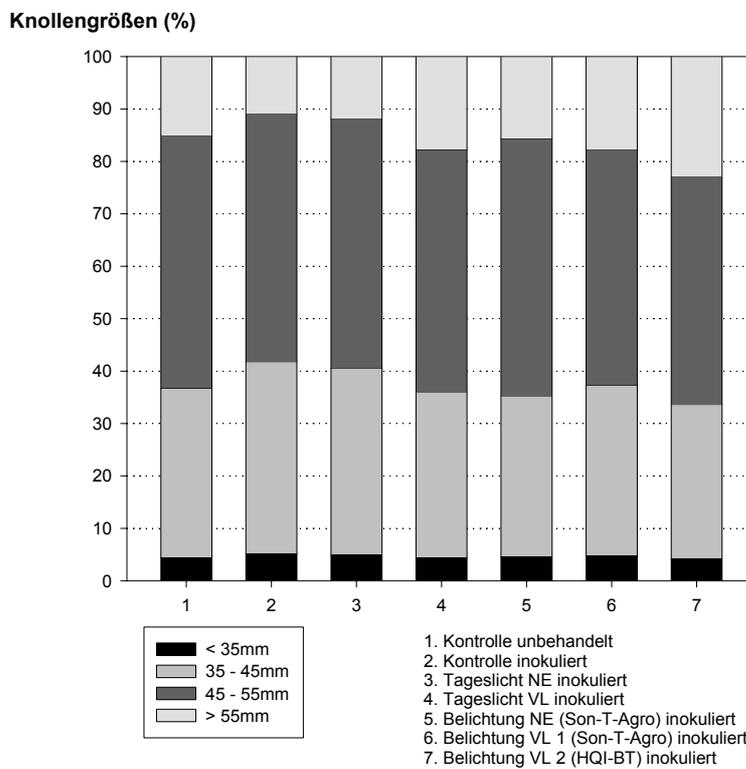
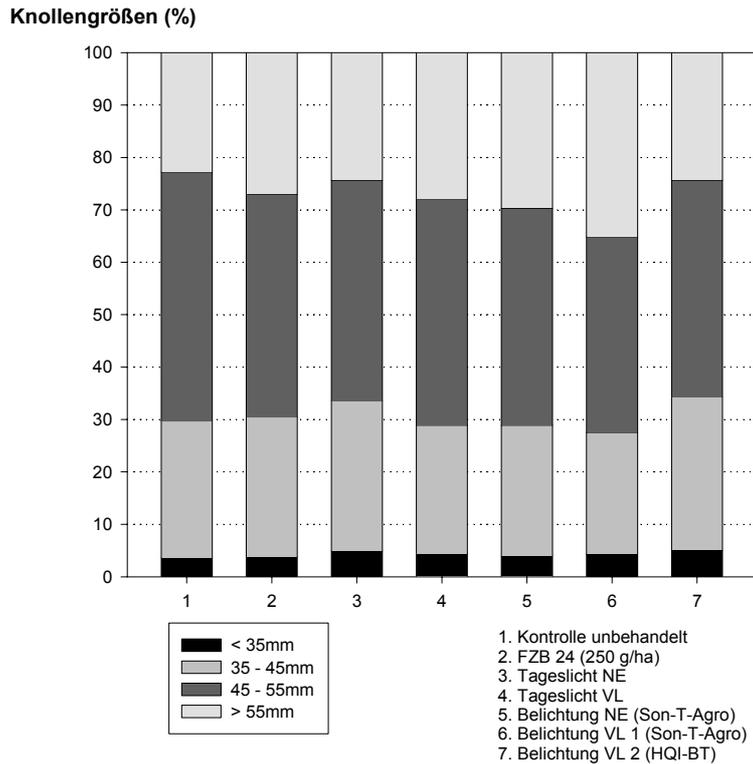


Abb. 37: Größenverteilung des Erntegutes vom Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch

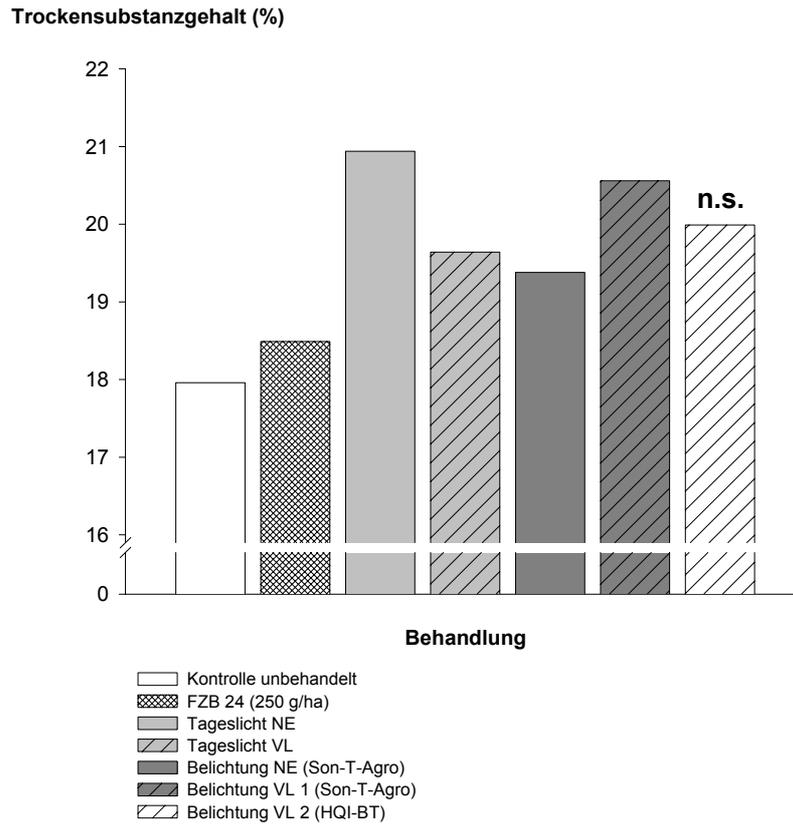


**Abb. 38:** Größenverteilung des Erntegutes vom Erwinia-Versuch

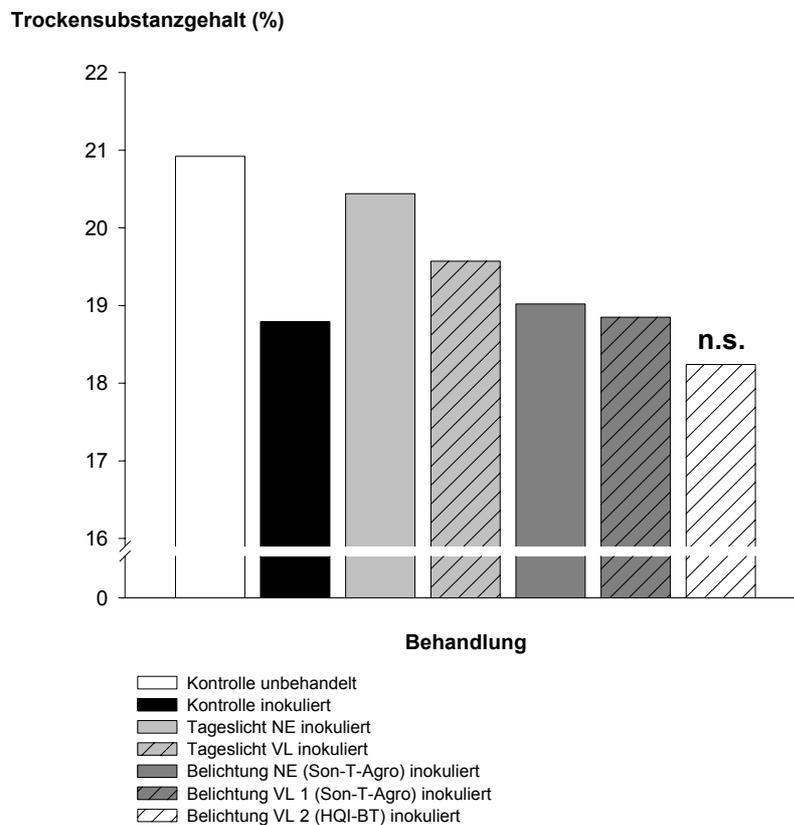
### 3.2.9. Trockensubstanzgehalte der Ernteproben

Im Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch bewirkte eine Belichtung der Pflanzknollen eine Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes des Erntegutes (Abb. 39). Der höchste Gehalt wurde in der Variante Tageslicht NE analysiert. Die Beizvariante FZB 24 und die unbehandelte Kontrolle erreichten ungefähr das gleiche Niveau.

Die Inokulation mit Erwinia führte beim Vergleich zwischen der unbehandelten Gesundkontrolle und der inokulierten Kontrolle zu einer Reduzierung des Trockensubstanzgehaltes (Abb. 40). Die Variante Tageslicht NE wies im Vergleich der Belichtungsvarianten den höchsten Trockensubstanzgehalt auf.



**Abb. 39:** Trockensubstanzgehalte des Erntegutes des Rhizoctonia/Silberschorf-Versuchs



**Abb. 40:** Trockensubstanzgehalte des Erntegutes des Erwinia-Versuchs

### 3.2.10. Knollenbonituren des Rhizoctonia/Silberschorf-Versuchs

Während der Sortierarbeiten wurden jeweils 50 Knollen pro Wiederholung entnommen und auf Schadsymptome untersucht. Auf Grund der sehr trockenen und warmen Witterung war der Rhizoctonia-Infektionsdruck auf dem Feld sehr niedrig, so dass nur eine geringe Sklerotien-Befallsstärke am Erntegut auftrat und deshalb sich zwischen den Varianten keine eindeutigen Unterschiede abzeichneten (Tab. 41). Das Auftreten von dry core wurde durch eine Belichtung der Pflanzknollen beeinflusst (Tab. 42). Die Varianten VL 2 (HQI-BT) sowie Tageslicht NE und VL bewirkten eine Reduzierung der Anzahl Knollen mit dry core-Symptomen um 45 % bzw. 36 %.

Silberschorf und Colletotrichum traten am Erntegut nur in geringem Ausmaß auf, so dass keine eindeutigen Unterschiede zwischen den Belichtungsvarianten festgestellt werden konnten (Tab. 43 + 44).

**Tab. 41:** Auswirkungen einer Pflanzgutbelichtung gegenüber Sklerotien am Erntegut

Nr.	Varianten	Befallsstärke Sklerotien (%)	Befallshäufigkeit Sklerotien (%)
1)	Kontrolle unbehandelt	2,32	68,00
2)	FZB 24, 250 g/ha	2,51	63,50
3)	Tageslicht NE	2,57	71,00
4)	Tageslicht VL	2,15	59,50
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	2,54	68,50
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	2,15	60,50
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	2,67 n.s.	66,50 n.s.

**Tab. 42:** Auswirkungen einer Pflanzgutbelichtung gegenüber dry core am Erntegut

Nr.	Varianten	Befallshäufigkeit dry core (%)
1)	Kontrolle unbehandelt	39,00
2)	FZB 24, 250 g/ha	33,00
3)	Tageslicht NE	25,00
4)	Tageslicht VL	25,00
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	30,50
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	28,50
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	21,50 n.s.

**Tab. 43:** Auswirkungen einer Pflanzgutbelichtung gegenüber Silberschorf am Erntegut

Nr.	Varianten	Befallsstärke Silberschorf (1-10)	Befallshäufigkeit Silberschorf (%)
1)	Kontrolle unbehandelt	0,47	30,00
2)	FZB 24, 250 g/ha	0,48	31,50
3)	Tageslicht NE	0,68	41,00
4)	Tageslicht VL	0,48	30,50
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	0,48	31,50
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	0,71	39,50
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	0,54 n.s.	35,50 n.s.

**Tab. 44:** Auswirkungen einer Pflanzgutbelichtung gegenüber Colletotrichum am Erntegut

Nr.	Varianten	Befallsstärke Colletotrichum (1-10)	Befallshäufigkeit Colletotrichum (%)
1)	Kontrolle unbehandelt	0,06	5,00
2)	FZB 24, 250 g/ha	0,08	5,00
3)	Tageslicht NE	0,12	7,50
4)	Tageslicht VL	0,09	8,00
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	0,04	3,00
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	0,21	13,00
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	0,14 n.s.	9,50 n.s.

### 3.2.11. Knollenbonituren des Erwinia-Versuchs

Während der Sortiermaßnahmen wurden jeweils 50 Knollen pro Wiederholung aus den Varianten des Erwinia-Versuchs entnommen und bei 15 – 20° C in einer Klimakammer inkubiert. Ziel war es, die Symptomausbildung von Knollen mit einem latenten Erwinia-Befall zu beschleunigen. Das Pflanzgut des Erwinia-Versuchs wurde vor dem Legen mit einer Erwinia-Suspension künstlich inokuliert. Auf Grund der sehr trockenen und warmen Witterung ist die Infektion im Feld leider nicht angegangen, so dass keine eindeutigen Aussagen zu den Auswirkungen der einzelnen Belichtungsmaßnahmen gegenüber Erwinia am Erntegut getroffen werden konnten (Tab. 45).

**Tab. 45:** Auswirkungen einer Pflanzgutbelichtung auf das Auftreten von Erwinia am Erntegut

Nr.	Varianten	Befallsstärke Erwinia (%)	Befallshäufigkeit Erwinia (%)
1)	Kontrolle unbehandelt	0,03	2,00
2)	Kontrolle inokuliert	0,02	1,00
3)	Tageslicht NE inokuliert	0,36	4,00
4)	Tageslicht VL inokuliert	0,16	5,00
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro) inokuliert	0,12	3,00
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro) inokuliert	0,04	3,00
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT) inokuliert	0,17 n.s.	6,00 n.s.

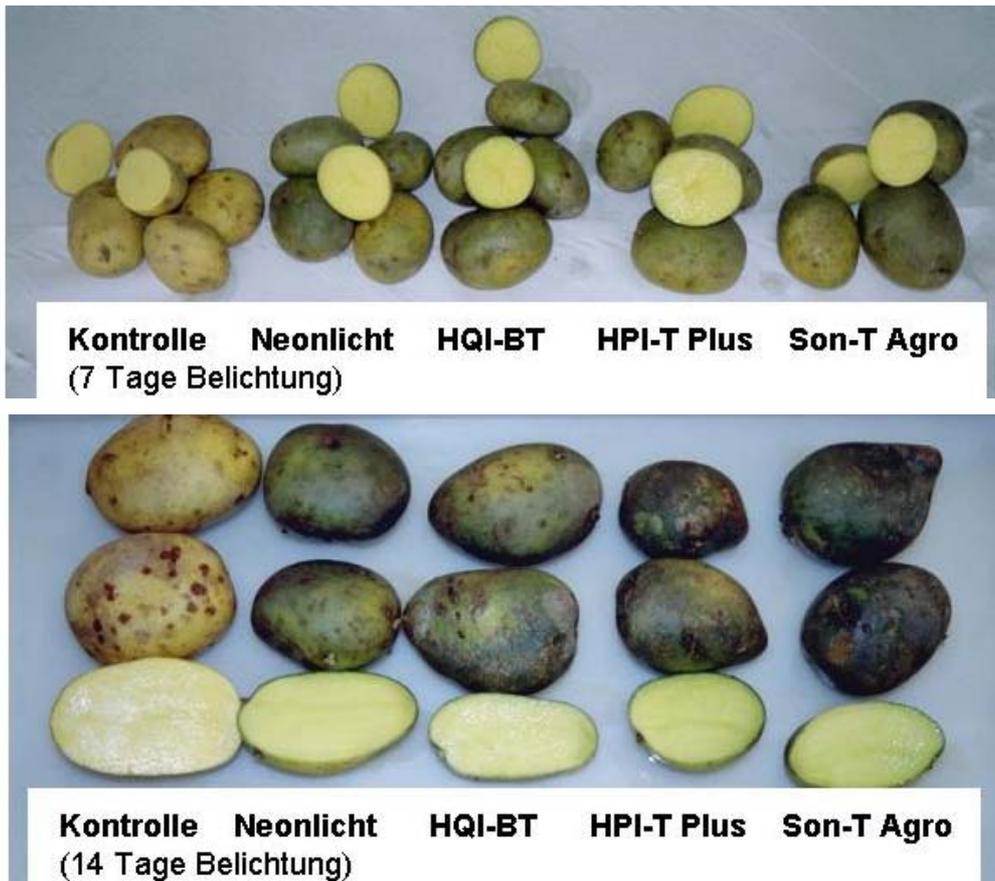
### 3.3. Ergrünungsgrad und Solaningealte

#### 3.3.1. Klimakammerversuche

Eine Belichtung führte zu dem Ergrünen der Kartoffelknollen, wobei der Ergrünungsgrad zwischen den einzelnen Belichtungsverfahren, in Abhängigkeit von der Belichtungsdauer, nur wenig differierte. Nach 14-tägiger Belichtung waren die Knollen der Variante NE Son-T-Agro etwas grüner (Abb. 41 + 42, Tab. 46). Im Vergleich zwischen 14 und 21 Tagen Belichtung änderte sich der Ergrünungsgrad der einzelnen Varianten kaum noch.

Die Nach-Ernte-Belichtung (NE) von Kartoffelknollen führte zu einer Erhöhung des Solanin gehaltes (Tab. 46). Während die unbehandelten Kontrollen der Sorte Secura einen Gehalt zwischen 23 und 28 mg pro 100 g Trockensubstanz enthielten, erzielten die Belichtungsvarianten im Vergleich dazu nach 7 Tagen einen ca. 1,5fach höheren Wert. Nach 14 Tagen Belichtung stiegen die Solanin gehalte um fast das Doppelte an, wobei in der Variante Son-T-Agro der höchste Solanin gehalt analysiert wurde. Nach 3 Wochen Belichtung wurde keine weitere Zunahme beobachtet, sondern die Werte lagen nur geringfügig höher als bei der 7-tägigen Behandlung.

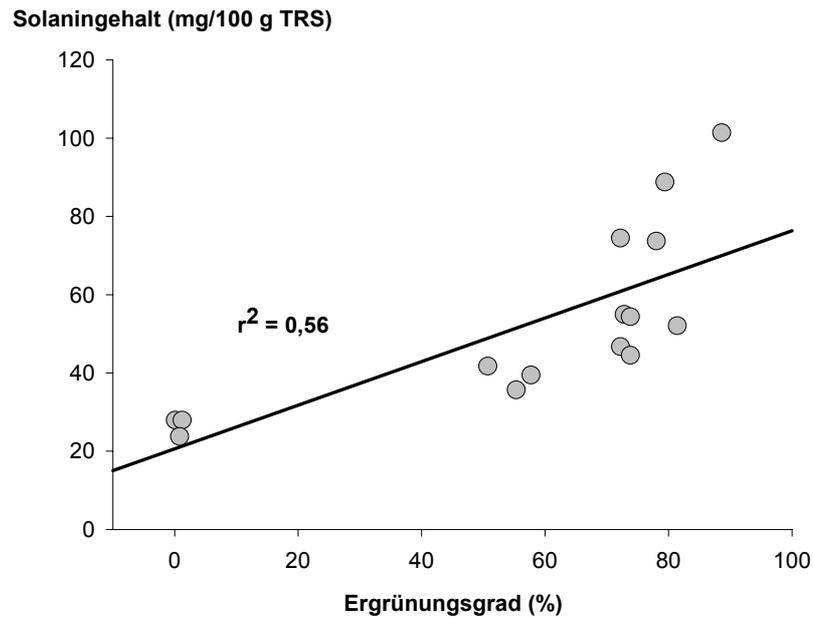
Nach Durchführung einer linearen Regression zeigte sich eine leicht ausgeprägte Beziehung zwischen dem Solanin gehalt und dem Ergrünungsgrad der belichteten Kartoffeln. Mit zunehmenden Ergrünungsgrad wurde eine Erhöhung des Solanin gehaltes festgestellt (Abb. 43). Berücksichtigt wurden die Daten der Belichtungsversuche (NE) BL I – III aus Tabelle 46.



**Abb. 41 + 42:** Ergünungsgrad nach 7 Tagen Belichtung (oben), Ergünungsgrad nach 14 Tagen Belichtung (unten); (Klimakammerversuche)

**Tab. 46:** Ergebnisse der Solaninbestimmung der Belichtungsversuche I - III (Klimakammer)

Varianten	Verfahren	Tage	Ergrünungsgrad (%)	Anzahl grüne Knollen (%)	Solaningehalt (mg/100 g TRS)
<b>BL II</b>					
Kontrolle	NE	0	0,10 b	2,00 b	27,91
HPI-T-Plus	NE	7	72,20 a	100,00 a	46,73
HQI-BT	NE	7	55,30 a	100,00 a	35,64
Neonlicht	NE	7	50,70 a	100,00 a	41,74
Son-T-Agro	NE	7	57,70 a	100,00 a	39,46 n.s.
<b>BL I</b>					
Kontrolle	NE	0	1,20 b	6,00 b	27,91
HPI-T-Plus	NE	14	78,00 a	100,00 a	73,70
HQI-BT	NE	14	79,40 a	100,00 a	88,79
Neonlicht	NE	14	72,20 a	100,00 a	74,45
Son-T-Agro	NE	14	88,60 a	100,00 a	101,40 n.s.
<b>BL III</b>					
Kontrolle	NE	0	0,80 b	4,00 b	23,76
HPI-T-Plus	NE	21	72,80 a	98,00 a	54,95
HQI-BT	NE	21	81,40 a	100,00 a	52,05
Neonlicht	NE	21	73,80 a	100,00 a	44,52
Son-T-Agro	NE	21	73,80 a	100,00 a	54,35 n.s.



**Abb. 43:** Beziehung zwischen Ergrünungsgrad und Solanin Gehalt von belichteten Knollen (Versuche (NE) BL I – III zusammengefasst = 7, 14 und 21 Tage Belichtung)

Eine Vor-Legen-Belichtung (VL) der physiologisch älteren Knollen der Sorte Secura erzielte nach 14 Tagen Belichtung, unabhängig von den einzelnen Varianten, sehr niedrige Solanin Gehalte, obwohl der Ergrünungsgrad relativ hoch war (Tab. 47).

**Tab. 47:** Ergebnisse der Solaninbestimmung des Belichtungsversuchs IV (Klimakammer)

Varianten	Verfahren	Tage	Ergrünungsgrad (%)	Anzahl grüne Knollen (%)	Solanin Gehalt (mg/100 g TRS)
<b>BL IV</b>					
HPI-T-Plus	VL	14	90,64	100,00	22,63
HQI-BT	VL	14	82,79	100,00	23,76
Neonlicht	VL	14	83,26	100,00	24,35
Son-T-Agro	VL	14	88,91 n.s.	100,00 n.s.	22,88 n.s.

Um sortenspezifische Reaktionen zu berücksichtigen, wurden im Frühjahr zusätzlich Versuche mit 10 Sorten in der Klimakammer durchgeführt (Tab. 48). Da in den vorangegangenen Versuchen häufig eine gute befallsreduzierende Wirkung durch eine Belichtung mit HQI-BT beobachtet wurde, kam zur Sortenprüfung die Variante HQI-BT im Vergleich zur unbelichteten Kontrolle zum Einsatz. Dabei zeigte sich, dass die Solanin Gehalte innerhalb des Sortenspektrums stark variierten, sowohl in den unbelichteten als auch in den belichteten Varianten. Eine Beziehung zwischen dem Ergrünungsgrad und dem Solanin Gehalt innerhalb des Sortenspektrums wurde nicht festgestellt.

**Tab. 48:** Ergebnisse der Solaninbestimmung des Sortenversuchs (Klimakammer, Belichtung mit HQI-BT)

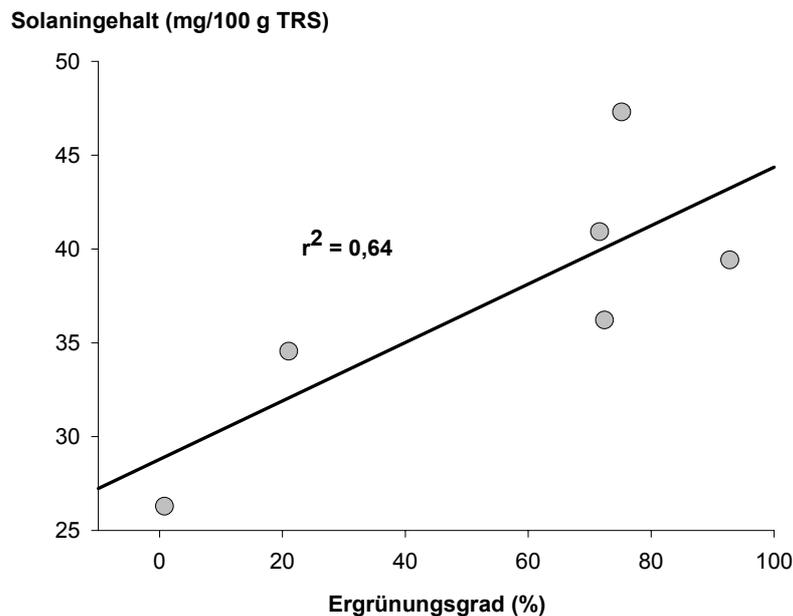
Sorten	Verfahren	Tage	Ergrünungsgrad (%)	Anzahl grüne Knollen (%)	Solaningehalt (mg/100 g TRS)
Satina	VL	0	8,33 a	16,70 b	36,61 cd
Princess	VL	0	0,00 c	0,00 d	21,06 d
Karlana	VL	0	0,00 c	0,00 d	71,13 b
Ukama	VL	0	0,00 c	0,00 d	41,96 cd
Solara	VL	0	5,00 b	30,00 a	163,65 a
Linda	VL	0	0,00 c	0,00 d	22,99 d
Miriam	VL	0	0,00 c	0,00 d	156,70 a
Palma	VL	0	1,54 bc	6,67 cd	27,80 d
Laura	VL	0	0,00 c	0,00 d	25,74 d
Nicola	VL	0	0,00 c	0,00 d	84,29 b
Satina	VL	14	84,50 bc	100,00	113,08
Princess	VL	14	46,90 d	100,00	91,08
Karlana	VL	14	93,30 ab	100,00	215,36
Ukama	VL	14	95,50 ab	100,00	97,31
Solara	VL	14	94,50 ab	100,00	199,21
Linda	VL	14	77,70 bc	100,00	36,77
Miriam	VL	14	97,10 a	100,00	291,56
Palma	VL	14	93,80 ab	100,00	106,97
Laura	VL	14	83,00 bc	100,00	67,99
Nicola	VL	14	60,00 c	100,00 n.s.	89,34 n.s.
Vergleich: 0/14 Tage			p < 0,00	p < 0,00	p = 0,05

### 3.3.2. Feldversuche

Vom Pflanzgut der Feldversuchsvarianten wurde kurz vor dem Legen eine Knollenprobe entnommen und auf ihren Ergrünungsgrad und den Solaningehalt überprüft. Innerhalb der Varianten wiesen die Knollen der Belichtung NE (Son-T-Agro) den höchsten und die Tageslichtvariante NE den niedrigsten Ergrünungsgrad auf (Tab. 49). Während die Kontrollen einen Solaningehalt von 26,29 mg pro 100 g Trockensubstanz erzielten, erreichten die Belichtungsvarianten einen ca. 1,3 bis 1,8fach höheren Wert. Der höchste Solaningehalt wurde bei der Variante VL 2 (HQI-BT) analysiert. Nach Durchführung einer linearen Regression wurde eine Beziehung zwischen dem Ergrünungsgrad und dem Solaningehalt des Pflanzgutes der Feldversuchsvarianten festgestellt, d. h. mit zunehmenden Ergrünungsgrad stieg der Solaningehalt an (Abb. 44).

**Tab. 49:** Ergebnisse der Solaninbestimmung des Pflanzgutes der Feldversuche

Nr.	Varianten	Ergrünungsgrad (%)	Anzahl grüne Knollen (%)	Solaningehalt (mg/100 g TRS)
1)	Kontrolle unbehandelt	0,80	8,00 b	26,29
3)	Tageslicht NE	21,00	100,00 a	34,55
4)	Tageslicht VL	71,60	100,00 a	40,92
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	92,80	100,00 a	39,41
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	72,40	100,00 a	36,21
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	75,20 n.s.	100,00 a	47,30 n.s.

**Abb. 44:** Beziehung zwischen dem Ergrünungsgrad und dem Solaningehalt der Pflanzgutvarianten (Pflanzgut der Feldversuche 2003)

Um die Auswirkungen einer Pflanzgutbelichtung auf das spätere Erntegut zu untersuchen, wurden auch die geernteten Knollen auf ihren Solaningehalt analysiert. Es zeigte sich, dass alle Varianten relativ niedrige Werte aufwiesen, aber Unterschiede zwischen den Varianten auftraten (Tab. 50 + 51). Der ermittelte Solaningehalt wurde ebenfalls auf das Knollenfrischgewicht bezogen, um somit die Erntegutqualität besser beurteilen zu können. In Kartoffeln sind Solaningehalte zwischen 1,8 und 9,4 mg pro 100 g Frischgewicht, in Abhängigkeit von der Sorte, enthalten (<http://www.infodienst-mlr.bwl.de>). Die analysierten Werte differierten zwar innerhalb der Varianten, lagen aber im gesundheitlich unbedenklichen Mengen vor. Nach der Berechnung von linearen Regressionen wurde keine Beziehung zwischen dem Solaningehalt der Pflanzgutvarianten und dem Solaningehalt des Erntegutes festgestellt.

**Tab. 50:** Ergebnisse der Solaninbestimmung des Erntegutes (Rhizoctonia/Silberschorf-Feldversuch)

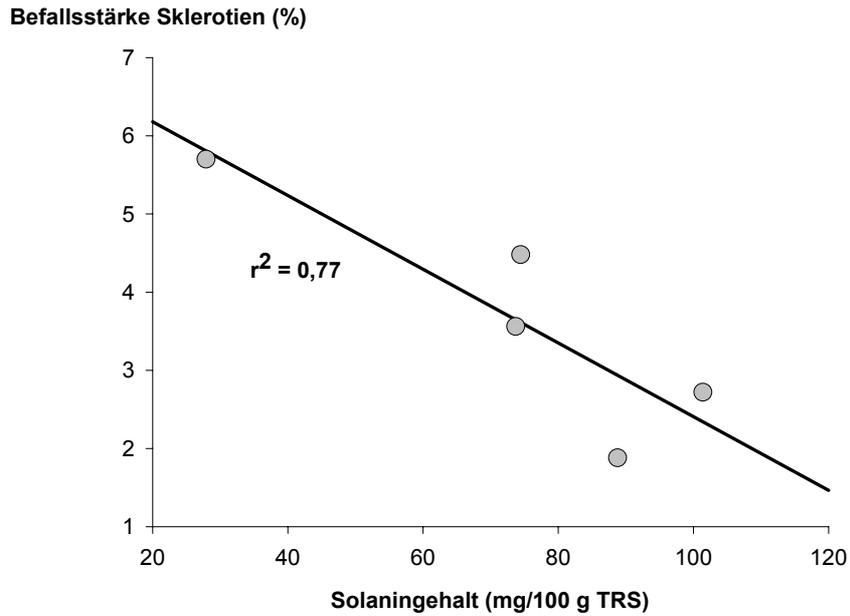
Nr.	Varianten	Solaningehalt (mg/100 g TRS)	Solaningehalt (mg/100 g FGW)
1)	Kontrolle unbehandelt	15,46	2,78
2)	FZB 24, 250 g/ha	14,87	2,75
3)	Tageslicht NE	23,33	4,89
4)	Tageslicht VL	17,24	3,39
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro)	22,58	4,38
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)	21,09	4,34
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT)	23,85 n.s.	4,77 n.s.

**Tab. 51:** Ergebnisse der Solaninbestimmung des Erntegutes (Erwinia-Feldversuch)

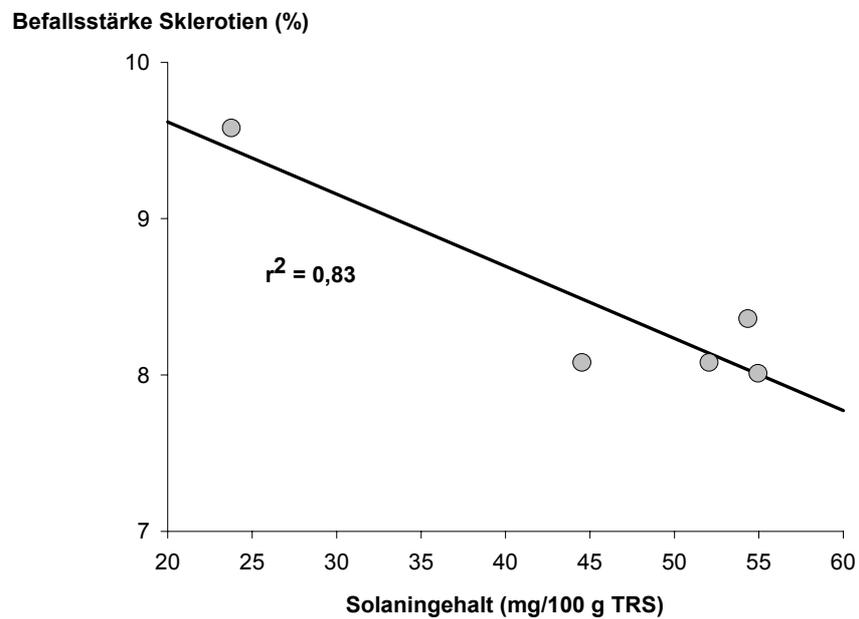
Nr.	Varianten	Solaningehalt (mg/100 g TRS)	Solaningehalt (mg/100 g FGW)
1)	Kontrolle unbehandelt	23,57	4,93
2)	Kontrolle inokuliert	16,15	3,04
3)	Tageslicht NE inokuliert	19,74	4,03
4)	Tageslicht VL inokuliert	20,41	3,99
5)	Belichtung NE (Son-T-Agro) inokuliert	16,53	3,15
6)	Belichtung VL 1 (Son-T-Agro) inokuliert	20,68	3,90
7)	Belichtung VL 2 (HQI-BT) inokuliert	23,88 n.s.	4,36 n.s.

### 3.4. Beziehung zwischen Solaningehalt und Krankheitserregern

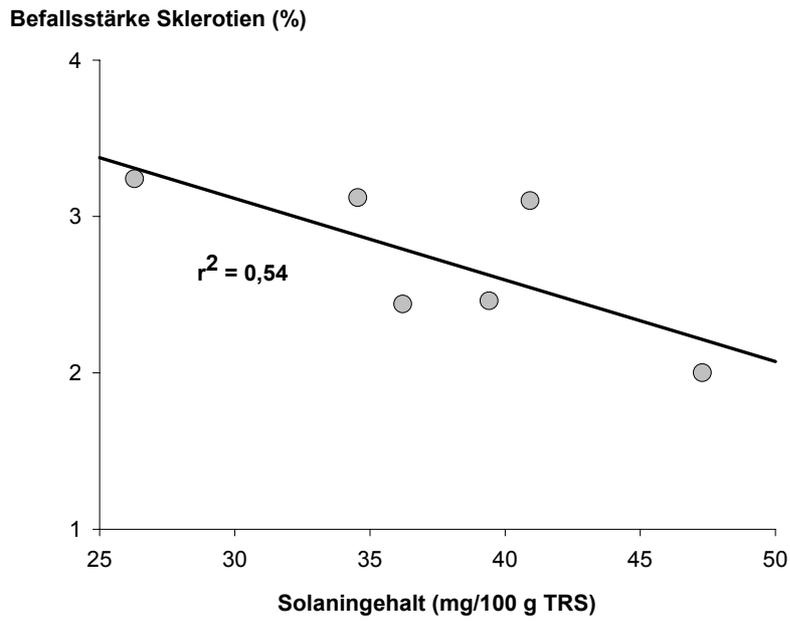
Die gezielte Belichtung von Kartoffelknollen führte zu einer Erhöhung des Solaningehaltes. In den durchgeführten Versuchen zeigte sich, dass mit zunehmendem Solaningehalt der Rhizoctonia-Befall an den Knollen reduziert wurde. In den Klimakammerversuchen bewirkte ein steigender Solaningehalt, nach künstlicher Inokulation mit Rhizoctonia, eine Reduzierung der Sklerotien-Befallsstärke auf den Knollen (Abb. 45 + 46). Der gleiche Trend wurde am Pflanzgut der Feldversuche beobachtet. Je höher der Solaningehalt war, desto niedriger war der Sklerotien-Vorbefall am Pflanzgut (Abb. 47). Jedoch war die Beziehung zwischen dem Solaningehalt und der Sklerotien-Befallsstärke am Pflanzgut nicht so ausgeprägt, da der Rhizoctonia-Vorbefall insgesamt gesehen, für eine eindeutige Beurteilung zu niedrig war und deshalb keine sicheren Unterschiede festzustellen waren. Jedoch zeigte sich eine eindeutige Beziehung zwischen dem Solaningehalt und der Anzahl der Pflanzgutknollen mit Befall (Befallshäufigkeit), d. h. je höher der Solaningehalt war, desto weniger Knollen wiesen Sklerotien auf (Abb. 48). Ein höherer Solaningehalt wirkte sich ebenfalls befallsmindernd auf die Ausbildung von dry core-Symptomen am Pflanzgut aus (Abb. 49).



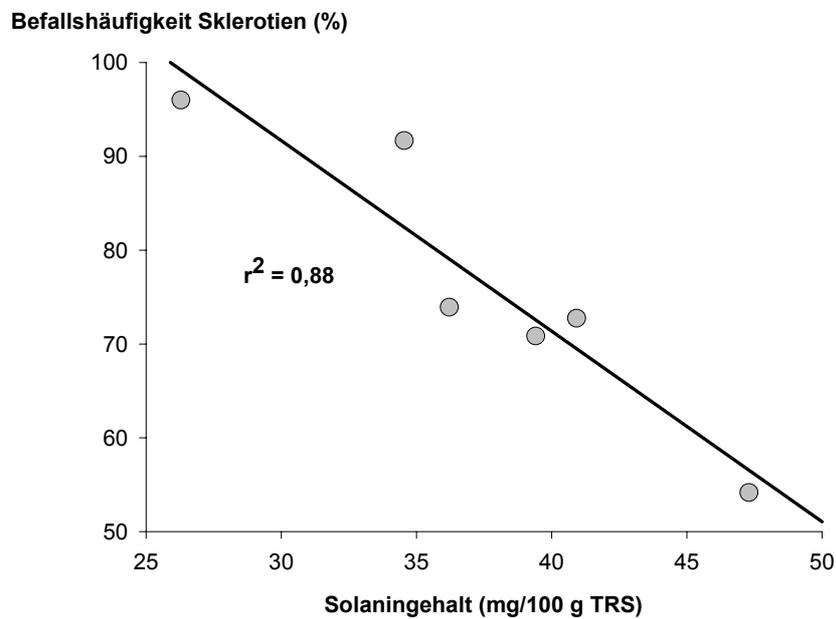
**Abb. 45:** Beziehung zwischen dem Solanin Gehalt und der Sklerotien-Befallsstärke an Kartoffelknollen nach 14-tägiger Belichtung (Klimakammerversuche)



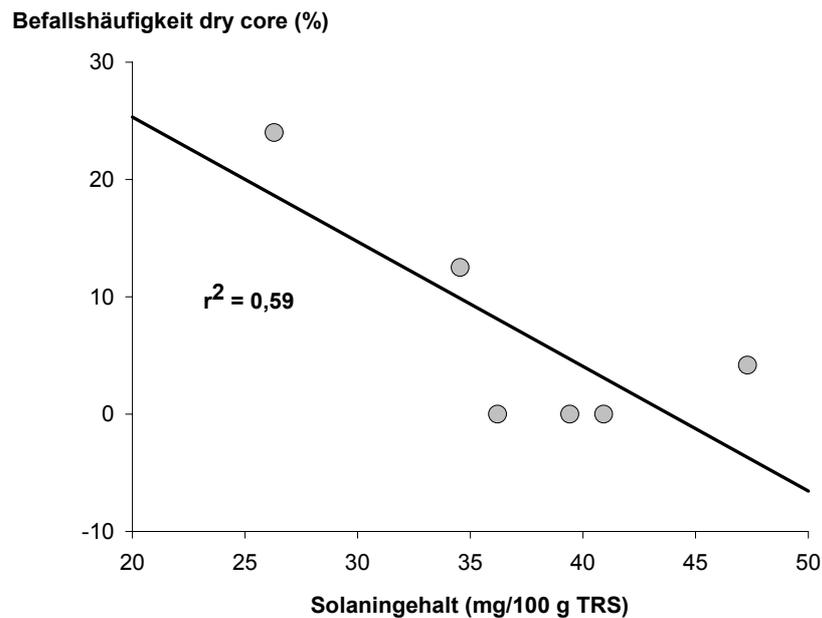
**Abb. 46:** Beziehung zwischen dem Solanin Gehalt und der Sklerotien-Befallsstärke an Kartoffelknollen nach 21-tägiger Belichtung (Klimakammerversuche)



**Abb. 47:** Beziehung zwischen dem Solaningehalt und der Sklerotien-Befallsstärke an den Pflanzgutvarianten der Feldversuche



**Abb. 48:** Beziehung zwischen dem Solaningehalt und der Sklerotien-Befallshäufigkeit an den Pflanzgutvarianten der Feldversuche

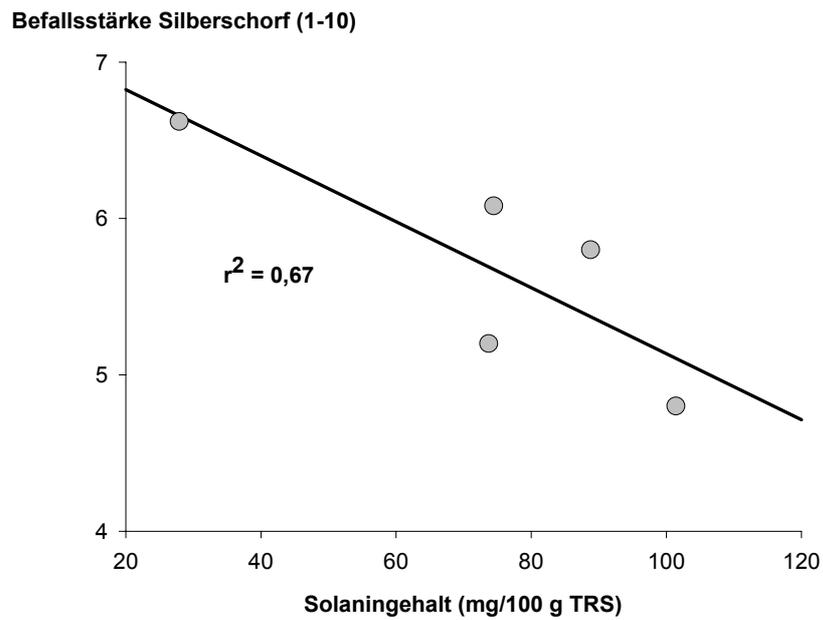


**Abb. 49:** Beziehung zwischen dem Solanin Gehalt und der dry core-Befallshäufigkeit an den Pflanzgutvarianten der Feldversuche

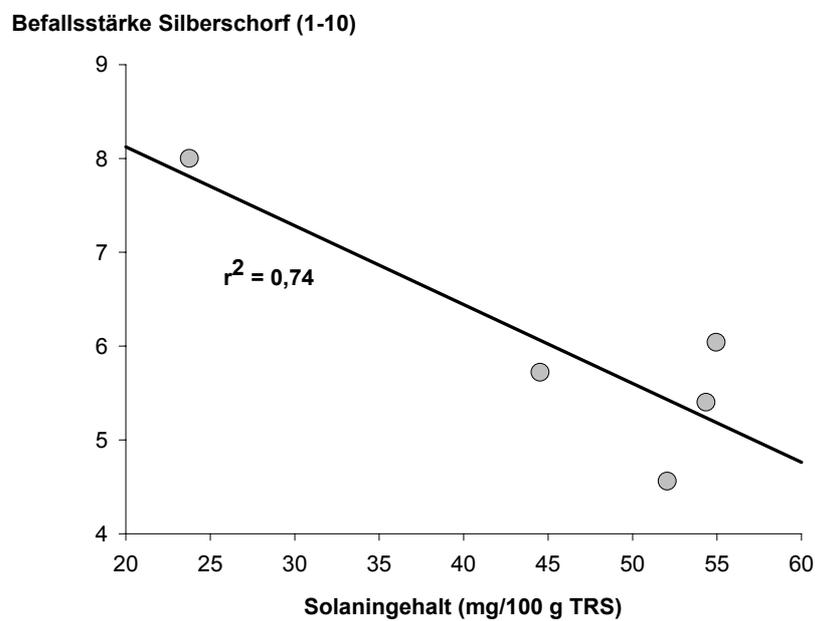
Auf Grund des zu niedrigen *Rhizoctonia*-Befalls am Erntegut der Feldversuche, konnte keine Beziehung zwischen dem Solanin Gehalt des Pflanzgutes, dem Pflanzgutvorbefall und dem Befall am Erntegut festgestellt werden.

Eine Erhöhung des Solanin Gehaltes wirkte sich befalls mindernd auf die Silberschorf-Befallsstärke aus. In den Klimakammerversuchen zeigte sich, dass mit zunehmendem Solanin Gehalt in den Knollen, nach künstlicher Inokulation mit Silberschorf, die Befallsstärke abnahm (Abb. 50 + 51). Besonders eine 21-tägige Belichtung wirkte sich positiv aus. Die Befallshäufigkeit blieb hingegen unbeeinflusst.

In den Klimakammerversuchen und im *Erwinia*-Feldversuch konnte nach Durchführung einer linearen Regression kein Zusammenhang zwischen dem Solanin Gehalt und dem *Erwinia*-Knollenbefall festgestellt werden.



**Abb. 50:** Beziehung zwischen dem Solanin Gehalt und der Silberschorf-Befallsstärke an Kartoffelknollen nach 14-tägiger Belichtung (Klimakammerversuche)



**Abb. 51:** Beziehung zwischen dem Solanin Gehalt und der Silberschorf-Befallsstärke an Kartoffelknollen nach 21-tägiger Belichtung (Klimakammerversuche)

#### 4. Diskussion

Pflanzen verfügen über bestimmte Mechanismen (Resistenzfaktoren) zur Abwehr von Schaderregern. Als Resistenzfaktoren werden Strukturen, Substanzen und Prozesse in der Pflanze verstanden, die den Befall von Schaderregern verhindern (HOFFMANN et al. 1994). Die in Kartoffelpflanzen und -knollen vorkommenden Glykoalkaloide, vor allem  $\alpha$ -Solanin und  $\alpha$ -Chaconin, können antibiotische Reaktionen sowie eine Anti-Fraß-Wirkung auslösen (PERCIVAL 2000). Wird bei der Kartoffel vom Solaningehalt gesprochen, so ist meistens darunter der Gesamtgehalt an  $\alpha$ -Solanin und  $\alpha$ -Chaconin zu verstehen (<http://www.vis-ernährung.bayern.de>).

Glykoalkaloide werden in allen Teilen von Kartoffeln gefunden, wobei die höchsten Konzentrationen in Geweben mit hoher Stoffwechselaktivität analysiert wurden. In Blüten, unreifen Beeren, jungen Blättern, Keimen, in der Schale und der Augenregion sind die höchsten Gehalte zu finden (LACHMANN et al. 2001). Der Glykoalkaloidgehalt kann durch Umwelt- und Verfahrenseinflüsse bei Anbau, Lagerung, Aufbereitung und Vermarktung nachhaltig beeinflusst werden. So enthalten z. B. unreife Knollen deutlich mehr Glykoalkaloide als reife Knollen (GELDER et al. 1988). Nach der Beschädigung von Kartoffelknollen kommt es mit der Bildung von Wundschorf ebenfalls zu einem Anstieg des Glykoalkaloidgehaltes. Auch die Keimung führt zu einer verstärkten Bildung (PUTZ 1998; SARQUIS et al. 2000; PERCIVAL 2000; GRIFFITHS & Dale 2001). Darüber hinaus können Stressfaktoren, wie z.B. niedrige und hohe Temperaturen oder Wasser- und Trockenstress, einen Anstieg des Glykoalkaloidgehaltes induzieren (PAPATHANASIOU et al. 1999; CANTWELL 1996). Die Bildung von Solanin in der Knolle ist im Knollenperiderm in den oberen 3 mm lokalisiert. Dort ist die Konzentration von Solanin 3 bis 10fach höher als im Rindenparenchym (CANTWELL 1996; <http://www.pamhandle.unl.edu>).

Als ein richtungsweisender Ansatz zur Verbesserung der Pflanzkartoffelproduktion im ökologischen Anbau ist die Nutzung dieser natürlichen Abwehrkräfte der Kartoffeln anzusehen. Durch eine gezielte Belichtung von Kartoffelknollen ist neben dem Ergrünen eine verstärkte Akkumulation von Glykoalkaloiden in den Knollen möglich. Aufgrund der Warmblütertoxizität von Glykoalkaloiden und der negativen Veränderung des Geschmacks der Kartoffelknollen ist diese Methode zur Kontrolle von Schadorganismen nur für die Produktion von gesundem Pflanzgut geeignet (PUTZ 1998). Der Schwerpunkt dieses Projektes wurde deshalb auf die Verbesserung der Pflanzgutqualität durch eine gezielte Belichtung der geernteten Knollen während bestimmter Phasen der Lagerperiode gelegt. Lichtbehandlungen mit verschiedenen Lichtspektren unter Berücksichtigung von

Belichtungsdauer, Termin und Sortenunterschieden sowie dem Vergleich von natürlicher Infektion und künstlicher Inokulation wurden durchgeführt. In den abgeschlossenen Versuchen zeigte sich, dass durch eine Belichtung von Kartoffelknollen, in Abhängigkeit vom eingesetzten Lichtspektrum, der Belichtungsdauer und des Erregers, eine Reduzierung des Befalls und eine positive Beeinflussung der Pflanzenentwicklung möglich war.

#### **4.1. Auswirkungen einer Belichtung auf Ergrünungsgrad und Solaningehalt**

Werden Kartoffelknollen im Feld, Lager oder Verkaufsbereich dem Licht ausgesetzt, ergünen sie. Die grüne Farbe der Knollen wird durch die Anwesenheit von Chlorophyll verursacht. Dabei werden in den äußeren Schichten der Knollen die Amyloplasten zu Chloroplasten umgewandelt und ein Photosyntheseapparat ausgebildet (EDWARDS et al. 1997). Chlorophyll ist ein natürliches Pflanzenpigment, das geschmacklos und gesundheitlich unbedenklich ist (VANDRE 2002).

In den durchgeführten Versuche führte eine gezielte Belichtung von Kartoffelknollen zu dem Ergünen der Knollen, wobei der Ergrünungsgrad, in Abhängigkeit von Termin, Verfahren und Dauer, differierte. Sehr hohe Ergrünungsgrade wurden mit einer 14-tägigen Nach-Ernte-Belichtung (NE) erzielt. Die Variante Son-T-Agro (rot-gelbes Lichtspektrum) erzielte dabei mit 88,60 % den höchsten Ergrünungsgrad. Im Vergleich zur 14-tägigen Belichtung erhöhte sich der Ergrünungsgrad nach 21 Tagen Belichtung kaum noch.

Das Ergünen von Kartoffeln wird durch die Qualität, Dauer und Intensität einer Belichtung beeinflusst. Chlorophyll erscheint grün, weil es grünes Licht reflektiert und rot-gelbes und blaues Licht absorbiert. Chlorophyllbildung ist am effizientesten bei rot-gelbem Licht, während unter blauem oder ultra-violettem Licht weniger Chlorophyllbildung stattfindet. Bei grünem Licht findet praktische kein Ergünen statt. Fluoreszierendes Licht induziert mehr Chlorophyll als z. B. Weißlicht von Glühlampen. Ein Schlüsselfaktor des Ergürens ist die Temperatur, da es sich um einen enzymatischen Stoffwechselablauf handelt und die Enzymaktivität mit steigender Temperatur zunimmt. Ein Ergünen findet nicht unter 40F (4° C) statt und läuft am schnellsten bei 68F (Raumtemperatur) ab (VANDRE 2002; <http://www.pamhandle.unl.edu>).

Die Belichtung von Kartoffelknollen führte in den Versuchen, neben dem Ergünen der Knollen, zu einer Erhöhung des Solaningehaltes. Während die unbehandelten Kontrollen der

Sorte Secura einen Gehalt zwischen 23 und 28 mg pro 100 g Trockensubstanz enthielten, erzielten die Belichtungsvarianten nach 7 Tagen einen ca. 1,5fach höheren Wert. Nach 14 Tagen Belichtung stiegen die Solaniningehalte um fast das Doppelte an, wobei in der Variante Son-T-Agro der höchste Solaniningehalt analysiert wurde. Nach 3 Wochen Belichtung wurde keine weitere Zunahme beobachtet, sondern die Werte lagen nur geringfügig höher als bei der 7-tägigen Behandlung, allerdings wurden physiologisch ältere Knollen verwendet. In den Klimakammerversuche mit Nach-Ernte-Belichtung (NE) zeigte sich, dass eine Beziehung zwischen dem Solaniningehalt und dem Ergrünungsgrad der belichteten Kartoffeln bestand. Mit zunehmenden Ergrünungsgrad wurde eine Erhöhung des Solaniningehaltes festgestellt.

Vom Pflanzgut der Feldversuchsvarianten wurde kurz vor dem Legen eine Knollenprobe entnommen und auf ihren Ergrünungsgrad und den Solaniningehalt überprüft. Innerhalb der Varianten wiesen die Knollen der Belichtung NE (Son-T-Agro) den höchsten und die Tageslichtvariante NE den niedrigsten Ergrünungsgrad auf. Während die Kontrollen einen Solaniningehalt von 26,29 mg pro 100 g Trockensubstanz erzielten, erreichten die Belichtungsvarianten einen ca. 1,3 bis 1,8fach höheren Wert. Der höchste Solaniningehalt wurde bei der Variante VL 2 (HQI-BT) gemessen. Nach Durchführung einer linearen Regression wurde eine Beziehung zwischen dem Ergrünungsgrad und dem Solaniningehalt des Pflanzgutes der Feldversuchsvarianten festgestellt, d. h. mit zunehmenden Ergrünungsgrad stieg der Solaniningehalt an.

Ein exzessives Ergrünen ist aber nicht nur als ein Anzeichen für das Vorhandensein von Chlorophyll, sondern auch als ein Warnzeichen für Solanin zu werten. Ergrünte Kartoffeln enthalten im Vergleich zu nicht grünen Knollen mehr Solanin. Der bittere Geschmack von grünen Kartoffeln wird nicht durch das Chlorophyll, sondern durch die Anwesenheit von Solanin verursacht. Der Ergrünungsgrad steht in keiner direkten Beziehung zum Glykoalkaloidgehalt, da Chlorophyll und Solanin zwar in derselben Knollenregion gebildet werden, es sich dabei aber um zwei separat ablaufende Stoffwechselprozesse handelt (VANDRE 2002, EDWARDS et al. 1998). PERCIVAL (1999, 2000) stellte in seinen Untersuchungen fest, dass eine Belichtung von Kartoffelknollen zu einer Akkumulation von Chlorophyll und Glykoalkaloiden in den Knollen führte. Ein steigender Solaniningehalt von Kartoffelknollen ist mit dem Ergrünen der Kartoffelschale, d. h. der Biosynthese von Chlorophyll eng assoziiert. Diese zwei Prozesse laufen zwar unabhängig von einander ab, werden aber beide durch Licht aktiviert (CANTWELL 1996, VANDRE 2002). Anders als bei der Chlorophyllbildung ist für die Solaninbildung zwar kein Licht notwendig, aber es fördert die Biosynthese wesentlich.

Dass die Biosynthesen von Chlorophyll und Glykoalkaloiden, obwohl sie unabhängig von einander ablaufen, trotzdem in einem Zusammenhang stehen, lässt sich vielleicht dadurch erklären, dass Glykoalkaloide aus einer Alkaloid- und mehreren Zuckereinheiten bestehen. In  $\alpha$ -Solanin sind die Monosaccharide Glucose, Galaktose, und Rhamnose und in  $\alpha$ -Chaconin sind zwei Rhamnose- und eine Glucoseeinheit enthalten (<http://www.vis-ernaehrung.bayern.de>). Diese Monosaccharide werden u. a. bei der Photosynthese gebildet, d. h. durch die Chlorophyllbildung und bei der anschließenden Photosynthese werden die Baustoffe produziert, die u. a. zur Glykoalkaloidbildung notwendig sind. Mit zunehmendem Ergrünungsgrad der Kartoffeln werden vermehrt die für die Glykoalkaloidsynthese notwendigen Monosaccharide gebildet, so dass mit steigender Chlorophyllbildung indirekt der Glykoalkaloidgehalt in den Knollen steigt und somit eine, wenn auch indirekte Beziehung zwischen Ergrünungsgrad und Solanin Gehalt besteht.

Beim Vergleich der durchgeführten Versuche zeigte sich, dass obwohl die Feldversuchsvarianten mit einer höheren Belichtungsstärke von 10.000 Lux belichtet wurden, die Solanin Gehalte der Klimakammervarianten trotz niedrigerer Luxzahl höher waren. Als Grund hierfür ist wahrscheinlich die höhere Temperatur in der Klimakammer anzusehen, da nach PAPANATHANASIOU et al. (1999) steigende Temperaturen einen Anstieg des Glykoalkaloidgehaltes induzieren können.

Die eingesetzte Lichtquelle spielte in den durchgeführten Versuchen eine besondere Rolle. Die Variante Son-T-Agro (gelb-rotes Lichtspektrum) und HQI-BT (höherer Blauanteil) erzielten die besten Ergrünungsgrade bzw. Solanin Gehalte. PERCIVAL (1999, 2000) verwendete in seinen Untersuchungen warmes Weißlicht, Hochdruck-Natriumdampf-Lampen, Hochdruck-Quecksilberdampf-Lampen und Niederdruck-Quecksilberdampf-Lampen und belichtete die Kartoffelknollen zunächst für 15 Tage. Die höchsten Gehalte an Glykoalkaloiden erzielte er mit Hochdruck-Natriumdampf-Lampen und fluoreszierendem Licht. Während eine andere Untersuchung belegt, dass besonders ultra-violettes und sichtbares Licht im Blaubereich die Bildung von Solanin fördert (<http://www.pamhandle.unl.edu>).

In den durchgeführten Versuchen erzielte eine Vor-Legen-Belichtung (VL) der physiologisch älteren Knollen der Sorte Secura nach 14 Tagen Belichtung, unabhängig von den einzelnen Varianten, sehr niedrige Solanin Gehalte, obwohl der Ergrünungsgrad relativ hoch war. In den Untersuchungen von PERCIVAL et al. (1994) waren Knollen in Keimruhe sensitiver gegenüber Licht als gekeimte Knollen, d. h. das physiologische Alter der Knollen spielt ebenfalls eine wichtige Rolle. Mit fluoreszierendem Licht erzielte er die maximalen

Solaningehalte in Knollen mit Keimruhe, während Hochdruck-Natriumdampf-Lampen den maximalen Gehalt in gekeimten Knollen erzielten.

Um sortenspezifische Reaktionen zu berücksichtigen, wurden im Frühjahr 2003 Versuche mit 10 Sorten in einer Klimakammer durchgeführt. Da in den vorangegangenen Versuchen häufig eine gute befallsreduzierende Wirkung durch eine Belichtung mit HQI-BT beobachtet wurde, kam zur Sortenprüfung die Variante HQI-BT im Vergleich zur unbelichteten Kontrolle zum Einsatz. Dabei zeigte sich, dass die Solaniningehalte innerhalb des Sortenspektrums stark variierten, sowohl in den unbelichteten als auch in den belichteten Varianten. Das Ergrünen von Kartoffeln kann durch verschiedene Faktoren, wie z. B. durch Intensität, Qualität und Dauer der Belichtung, Temperatur, sowie Reife und Alter der beeinflusst werden (VANDRE 2002). Ebenfalls kann die Sorte eine entscheidende Rolle spielen (CANTWELL 1996; <http://www.vis-ernahrung.bayern.de>). Weißschalige Sorten ergrünen leichter als rot- oder netzschalige Sorten. Die letztgenannten können ergrünen, aber zum Teil ist es maskiert und nicht so leicht zu erkennen (VANDRE 2002).

Um die Auswirkungen einer Pflanzgutbelichtung auf das spätere Erntegut zu untersuchen, wurden auch die geernteten Knollen auf ihren Solaniningehalt analysiert. Es zeigte sich, dass alle Varianten relativ niedrige Werte aufwiesen, aber Unterschiede zwischen den Varianten auftraten. Der ermittelte Solaniningehalt wurde ebenfalls auf das Knollenfrischgewicht bezogen, um somit die Erntegutqualität besser beurteilen zu können. Die in Kartoffelpflanzen und -knollen vorkommenden Glykoalkaloide, vor allem  $\alpha$ -Solanin und  $\alpha$ -Chaconin, können toxisch auf Warmblüter wirken. Es besteht daher bei der Zulassung von Kartoffelsorten ein Grenzwert von 20 mg/100 g Knollenfrischgewicht (PUTZ 1998). Die giftige Dosis liegt bei 25 mg und eine Aufnahme von 400 mg kann tödlich sein. In nicht ergrünerten Kartoffeln sind Solaniningehalte zwischen 1,8 und 9,4 mg pro 100 g Frischgewicht, in Abhängigkeit von der Sorte, enthalten (<http://www.infodienst-mlr.bwl.de>). Die analysierten Mengen differierten zwar innerhalb der Varianten, lagen aber in gesundheitlich unbedenklichen Bereich. Eine Beziehung zwischen der Belichtung des Pflanzgutes und dem Solaniningehalt des Erntegutes wurde nicht festgestellt werden.

#### **4.2. Auswirkungen einer Belichtung auf *Rhizoctonia solani***

In den durchgeführten Versuchen zeigte sich, dass mit zunehmendem Solaniningehalt der *Rhizoctonia*-Befall an den Knollen reduziert wurde. In den Klimakammerversuchen bewirkte

ein steigender Solaniningehalt, nach künstlicher Inokulation mit *Rhizoctonia*, eine Reduzierung der Sklerotien-Befallsstärke und Befallshäufigkeit auf den Knollen. Der gleiche Trend wurde am Pflanzgut der Feldversuche beobachtet. Je höher der Solaniningehalt war, desto niedriger war der Sklerotien-Vorbefall am Pflanzgut. Jedoch war die Beziehung zwischen dem Solaniningehalt und der Sklerotien-Befallsstärke am Pflanzgut nicht so ausgeprägt, da der *Rhizoctonia*-Vorbefall insgesamt gesehen, für eine eindeutige Beurteilung zu niedrig war, um sichere Unterschiede feststellen zu können. Jedoch zeigte sich eine eindeutige Beziehung zwischen dem Solaniningehalt und der Anzahl der Pflanzgutknollen mit Befall (Befallshäufigkeit), d. h. je höher der Solaniningehalt war, desto weniger Knollen wiesen Sklerotien auf. Ein höherer Solaniningehalt wirkte sich ebenfalls befallsmindernd auf die Ausbildung von dry core-Symptomen am Pflanzgut aus. Die Varianten Tageslicht VL, Belichtung NE und VL 1 (Son-T-Agro) sowie VL 2 (HQI-BT) zeigten die beste Wirkung gegenüber dry core.

Aber nicht nur der durch die Belichtung induzierte höhere Solaniningehalt bewirkte eine Befallsreduzierung, sondern auch die Auswahl des geeigneten Lichtspektrums. So führte das Lichtspektrum mit höherem Blauanteil (HQI-BT und HPI-T-Plus) häufig zur Verringerung von *Rhizoctonia*-Knollensymptomen. Eine 14-tägige Belichtung mit HQI-BT erzielte nach anschließender Inokulation mit *Rhizoctonia solani* die beste Wirkung. Eine Reduzierung der prozentualen Befallsstärke und relativen Befallshäufigkeit um ca. 2/3 war möglich. Im Sortenversuch bewirkte die Belichtung mit HQI-BT und anschließender Inokulation, sortenunabhängig eine Reduzierung der Sklerotien-Befallsstärke sowie der Befallshäufigkeit. Die Bonitur der Pflanzgutknollen zeigte, dass die Ausbildung von Sklerotien auf der Knollenoberfläche und die Anzahl der Knollen mit Befall besonders durch die Variante VL 2 (HQI-BT) gehemmt wurden.

PERCIVAL (1999, 2000) belichtete in seinen Versuchen mit *Fusarium solani* inokulierte Knollen für die Dauer von 0, 10, 20, 30 Tage mit verschiedenen Lichtspektren. Dabei zeigten sich Korrelationen zwischen der Befallsstärke an den Knollen und dem Gehalt an Glykoalkaloiden in Abhängigkeit von der Belichtungsmethode. Je höher der Solaniningehalt war, desto stärker wurde der Befall reduziert. Durch die Belichtung von Kartoffelknollen war eine gute Bekämpfung des Erregers möglich. In den *in vitro*-Untersuchungen von PERCIVAL et al. (1999) wurde das Myzelwachstum von *Rhizoctonia solani* durch Zugabe von Glykoalkaloiden signifikant reduziert. FEWELL & RODDICK (1997) stellten fest, dass  $\alpha$ -Solanin und  $\alpha$ -Chaconin sich hemmend auf die Sporenbildung von *Alternaria brassicicola* und *Phoma medicaginis* auswirkten, wobei  $\alpha$ -Chaconin eine bessere Wirkung erzielte. In weiteren Versuchen wurde die Hemmung des Myzelwachstums von *Alternaria brassicicola*,

*Phoma medicaginis*, *Ascobolus crenulatus* sowie auch *Rhizoctonia solani* durch  $\alpha$ -Solanin und  $\alpha$ -Chaconin festgestellt. LACEY & MERCADIER berichteten 1998 über die myzel- und keimhemmende Wirkung von Glykoalkaloiden auf den Pilz *Paecilomyces fumosoroseus*.

Im kombinierten *Rhizoctonia*/Silberschorf-Versuch zeigten sich während der beiden Feldbonituren keine eindeutigen Auswirkungen der Belichtungsverfahren auf die Ausbildung von *Rhizoctonia*-Symptomen am Stängel. Weißhösigkeit trat in diesem Feldversuch witterungsbedingt selten und in geringer Ausprägung auf.

Während der Sortierarbeiten wurden vom Erntegut jeweils 50 Knollen pro Wiederholung entnommen und auf Schadsymptome untersucht. Unabhängig von den Belichtungsvarianten wurde eine sehr niedrige Befallsstärke an *Rhizoctonia*-Sklerotien festgestellt. Zwischen den Varianten zeichneten sich keine eindeutigen Unterschiede ab. Nur das Auftreten von dry core wurde besonders durch eine Belichtung der Pflanzknollen mit HQI-BT (VL) reduziert. Der Bodeninfektionsdruck mit *Rhizoctonia* war auf dem Versuchsfeld im Jahr 2003 einfach zu niedrig, so dass während der Feldbonituren an den Pflanzen sowie am Erntegut kein ausreichender Befall auftrat und deshalb keine eindeutige Bewertung der einzelnen Varianten möglich war.

#### **4.3. Auswirkungen einer Belichtung auf *Helminthosporium solani***

Eine Erhöhung des Solaningehaltes wirkte sich befallsmindernd auf die Silberschorf-Befallsstärke aus. In den Klimakammerversuchen zeigte sich, dass mit zunehmendem Solaningehalt in den Knollen, nach künstlicher Inokulation mit Silberschorf, die Befallsstärke abnahm. Besonders eine 21-tägige Belichtung wirkte sich positiv aus. Die Befallshäufigkeit blieb hingegen unbeeinflusst.

Die Belichtung von Kartoffelknollen mit Son-T-Agro für 14 Tage und mit HQI-BT für 21 Tage bewirkten bei künstlich infizierten Knollen eine Reduzierung der Silberschorf-Befallsstärke um ca. 28 % bzw. um 43 %. Die Befallshäufigkeit betrug fast immer 100 % und blieb durch die Belichtung weitgehend unbeeinflusst. Mit einer gezielten Belichtung wurde zwar die Befallsstärke, aber nicht die Anzahl der Knollen mit Befall reduziert.

In einem zweiten Sortenversuch wurden Knollen mit natürlichem Silberschorf-Befall mit HQI-BT belichtet und anschließend in Boxen inkubiert. Es zeigte sich, dass die Belichtung

bei fast allen Sorten zu einer Reduzierung der Befallsstärke führte, während die Befallshäufigkeit nicht beeinflusst wurde.

Eine Belichtung des Pflanzgutes wirkte sich ebenfalls befallsmindernd auf die Ausbildung von Silberschorf-Symptomen aus. Die Befallsstärke wurde besonders durch die Varianten Belichtung VL 1 (Son-T-Agro) und VL 2 (HQI-BT) reduziert. Ein Wirkungsgrad bis zu 40 % wurde ermittelt. Die Anzahl der Knollen mit Befall wurde durch eine Belichtung nicht maßgeblich reduziert. Silberschorf und *Colletotrichum* traten am Erntegut nur in geringem Ausmaß auf, so dass keine eindeutigen Unterschiede zwischen den Belichtungsvarianten festgestellt werden konnten (Tab. 41 + 42).

ALLEN & KUC (1968) stellten in ihren *in vitro*-Versuchen fest, dass Glykoalkaloide hoch fungitoxisch auf den Erreger *Helminthosporium carbonum* (Syn. *H. solani*) reagierten. In den *in vitro*-Untersuchungen von PERCIVAL et al. (1999) wurde das Myzelwachstum, die Anzahl und die Länge der Konidiophoren und Konidien von *Helminthosporium solani* durch Zugabe von Glykoalkaloiden signifikant reduziert. Weiterhin bewirkten die Glykoalkaloide eine Reduzierung des Myzelwachstums von *A. solani*, *C. coccodes*, *F. coeruleum*, *F. sulphureum*, *P. foveata*, *P. infestans*, *P. pustulans* und *R. solani* sowie teilweise eine Reduzierung der Sporenzahl und –länge der Erreger.

#### **4.4. Auswirkungen einer Belichtung auf *Erwinia* spp.**

In den Klimakammerversuchen und im *Erwinia*-Feldversuch wurde nach Durchführung einer linearen Regression kein Zusammenhang zwischen dem Solaningehalt und dem *Erwinia*-Knollenbefall festgestellt. Zur Kontrolle von *Erwinia* spp. wirkte sich aber ein Lichtspektrum mit einem höheren Blauanteil (HQI-BT) besonders befallsmindernd auf Knollensymptome aus. Für die Versuche wurden die Knollen nach der Belichtung mechanisch verletzt und anschließend die Inokulation durchgeführt. Nach einer Belichtungsdauer von 21 Tagen (NE) zeigte sich eine Reduzierung des *Erwinia*-Befalls der Variante HQI-BT, im Vergleich zur unbelichteten Kontrolle, um fast 80 %, wobei auch die Anzahl der Knollen mit Befall um ca. 50 % vermindert wurde.

Das Pflanzgut des *Erwinia*-Versuchs wurde vor dem Legen mit einer *Erwinia*-Suspension künstlich inokuliert. Rückstellproben dieses Pflanzgutes wurden in Plastikboxen inkubiert und anschließend bonitiert. Hierdurch sollte sicher gestellt werden, dass die eingesetzte

Bakteriensuspension auch infektiös war. Es zeigte sich, dass nahezu alle Knollen der unbehandelten Kontrollen mit *Erwinia* infiziert waren und die Befallsstärke fast 50 % betrug. In diesem Versuch wurde wiederum die positive Wirkung einer Belichtung mit erhöhtem Blaulichtanteil (HQI-BT) festgestellt. Die Befallsstärke wurde durch die Variante Belichtung VL 2 (HQI-BT) um fast 60 % reduziert, wobei auch die Befallshäufigkeit um 40 % vermindert wurde. Eine gute Wirkung erzielte ebenfalls die Variante VL 1 (Son-T-Agro).

Durch die Belichtung von mit *Erwinia carotovora subsp. atroseptica* inokulierten Knollen erzielte PERCIVAL (1999, 2000) eine Befallsminderung. In den Versuchen von PAQUIN & LACHANCE (1967) bewirkten Glykoalkaloide eine Wachstumshemmung von *C. sepedonicum in vitro*.

Während der Sortiermaßnahmen wurden jeweils 50 Knollen vom Erntegut pro Wiederholung aus den Varianten des *Erwinia*-Versuchs entnommen und bei 15 – 20 °C in einer Klimakammer inkubiert. Ziel war es, die Symptomausbildung von Knollen mit einem latenten *Erwinia*-Befall zu beschleunigen. Auf Grund der sehr trockenen und warmen Witterung ist die Infektion im Feld leider nicht angegangen, so dass keine eindeutigen Aussagen zu den Auswirkungen der einzelnen Belichtungsmaßnahmen gegenüber *Erwinia* am Erntegut getroffen werden konnten.

Im *Erwinia*-Versuch wurde zusätzlich die Anzahl der Pflanzen mit Schwarzbeinigkeit erfasst. Es zeigte sich, dass die inokulierten Varianten im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle mehr Pflanzen mit Symptomen aufwiesen.

#### **4.5. Auswirkungen einer Pflanzgutbelichtung auf Entwicklung, Ertrag und Qualität**

Eine zügige Jugendentwicklung der Pflanzen wird als eine mögliche Strategie zur Kontrolle von *Rhizoctonia solani* und *Phytophthora infestans* angesehen (PUTZ 1998). Eine Belichtung der Knollen vor dem Legen wirkte sich positiv auf das Keimverhalten der Knollen aus, wobei besonders der Blauanteil (HQI-BT) das Keimgewicht erhöhte. In den Feldversuchen zeigte sich, dass vor allem die direkte Belichtung vor dem Legen (VL) positive Effekte auf das Auflaufverhalten der Pflanzen hatte. Zu Beginn des Aufbaus erzielten die Varianten VL1 (Son-T-Agro) und VL2 (HQI-BT) einen fast dreifach schnelleren Aufgang. Diese Unterschiede waren dann bei der Endaufbaubonitur fast ausgeglichen. Das eingesetzte Pflanzenstärkungsmittel FZB 24 bewirkte dagegen keine Förderung der

Pflanzenentwicklung. Obwohl einzelne Belichtungsvarianten sich fördernd auf die Auflaufgeschwindigkeit auswirkten, wurde kein eindeutiger Effekt einer Belichtung auf die Pflanzenhöhe beobachtet. Gegen Vegetationsende wurden in den beiden Versuchen die relative Anzahl der abgestorbenen Pflanzen ermittelt. Dabei zeigte sich, dass die belichteten Varianten im Vergleich zu den Kontrollen weniger abgestorbene Pflanzen aufwiesen. Eine Beizung mit FZB 24 im Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch bewirkte keine Verbesserung der Pflanzenentwicklung.

Hauptaugenmerk wurde im Projekt auf die Erreger Rhizoctonia, Helminthosporium und Erwinia gelegt, deshalb wurde zur Gesunderhaltung der beiden Feldversuche zwei Spritzungen gegen Kartoffelkäfer mit dem im ökologischen Landbau zugelassenem Produkt Novodor durchgeführt. Eindeutige Aussagen zu den Auswirkungen der einzelnen Belichtungsmaßnahmen auf das Auftreten von Kartoffelkäfern konnten auf Grund der zu niedrigen Befallsraten nicht gemacht werden. Dass Glykoalkaloide eine fungizide, bakterizide und fraßhemmende Wirkung auf Schaderreger an den Kartoffeln ausüben können, wurde in neueren Untersuchungen der letzten Jahre wiederholt bewiesen. Die abschreckende Wirkung von Glykoalkaloiden, speziell Leptin, auf Kartoffelkäfer haben HLYWKA et al. 1994 und YENCHO et al. 2000 festgestellt.

Im Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch wurden keine gravierenden Ertragsunterschiede zwischen den einzelnen Belichtungsvarianten festgestellt. Lediglich die Variante VL 2 (HQI-BT) erzielte einen niedrigeren Ertrag. Das Pflanzenstärkungsmittel FZB 24 hatte im Vergleich der einzelnen Varianten keine ertragssteigernde Wirkung. Im Erwinia-Versuch führte die künstliche Inokulation im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, unabhängig vom Belichtungsverfahren, zu einer Reduzierung des Ertrages. Einzige Ausnahme war die Variante Tageslicht NE die das gleiche Ertragsniveau wie die Gesundkontrolle erzielte.

Im Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch bewirkte die Belichtung der Pflanzknollen teilweise eine Verschiebung der Knollengrößen. Die Variante VL 1 (Son-T-Agro) erzielte den größten Anteil an Knollen > 55 mm im Vergleich zu den anderen Varianten. Dafür reduzierte sich der Anteil der Größe 45 – 55 mm. Die inokulierte Kontrolle aus dem Erwinia-Versuch wies im Vergleich zur Gesundkontrolle einen reduzierten Anteil an größeren Knollen auf. In den Belichtungsvarianten NE und VL 1 (Son-T-Agro), VL 2 (HQI-BT) und der Tageslichtvariante VL wurden mehr Knollen der Größenklassen 45 – 55 und > 55 mm ermittelt.

Im Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch bewirkte eine Belichtung der Pflanzknollen eine Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes des Erntegutes. Der höchste Gehalt wurde in der

Variante Tageslicht NE analysiert. Die Beizvariante FZB 24 und die unbehandelte Kontrolle erreichten ungefähr das gleiche Niveau. Die Inokulation mit *Erwinia* führte beim Vergleich zwischen der unbehandelten Gesundheitskontrolle und der inokulierten Kontrolle zu einer Reduzierung des Trockensubstanzgehaltes. Die Variante Tageslicht NE wies im Vergleich der Belichtungsvarianten den höchsten Trockensubstanzgehalt auf.

Seit Anfang des 20. Jahrhunderts wird das Verfahren des Vorkeimen von Kartoffeln in Europa durchgeführt. Nach dem ersten Weltkrieg wurde es auch in Deutschland eingeführt. Durch die Einwirkung von Temperatur und Licht soll die Keimruhe von Kartoffelknollen gebrochen und die Keimbildung induziert werden (<http://www.bba.de/oekoland/oeko3/phytophthora.htm>). Da Lichtkeime elastischer sind und nicht so schnell brechen wie Dunkelkeime, werden die Knollen beim Vorkeimen einer höheren Temperatur ausgesetzt und bei Tagelicht oder mit Leuchtstoffröhren kurzfristig belichtet (PUTZ 1998, SCHUHMANN 1999). Durch dieses Verfahren altern die Knollen und verlagern so die Vegetationsperiode nach vorn, so dass ein schnellerer Aufgang und eine zügige Jugendentwicklung erreicht wird (SCHUHMANN 1999; <http://www.bba.de/oekoland/oeko3/phytophthora.htm>). Durch das Vorkeimen wird die Gefahr von Auflaufkrankheiten drastisch vermindert und die Kartoffeln erhalten einen wesentlichen Wachstumsvorsprung, wodurch eine frühere Ernte sowie eine Ertragserhöhung um bis zu 20 % möglich ist (<http://nrw.oekolandbau.de/pflanzenbau/2201.phtml>; PUTZ 1998). Weiterhin wird eine Altersresistenz gegenüber *Phytophthora infestans* und Viruskrankheiten erzielt (SCHUHMANN 1999; PUTZ 1998). Durch eine gezielte Belichtung kann wie beim Vorkeimen ebenfalls die Widerstandskraft der Knollen gefördert sowie die Keimruhe gebrochen werden. Der dadurch erzielte Wachstumsvorsprung ist wahrscheinlich auch für die höhere Einlagerung von Inhaltsstoffen wie z. B. der Trockensubstanz verantwortlich.

#### **4.6. Fazit**

Die bisher erzielten Ergebnisse zeigen, dass durch eine gezielte Belichtung die natürliche Abwehr von Kartoffelknollen gegenüber bestimmten Schaderregern gefördert werden kann. Im Projektzeitraum von September 2002 bis März 2004 wurden erste erfolgversprechende Ergebnisse erzielt, die Optimierung der Methode ist aber aufgrund der begrenzten Projektlaufzeit zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen.

Die Auswirkungen der Belichtungsdauer, der Lichtspektren, der Termine sowie des Temperatureinflusses während der Behandlung müssen noch intensiver untersucht werden. Scheinbar wirken sich die verschiedenen Lichtfarben unterschiedlich auf die einzelnen Erreger aus. Die im Handel erhältlichen Lampen decken jeweils mehrere Lichtfarben ab. Deshalb ist es zukünftig sinnvoll, ganz gezielt bestimmte Lichtfarben einzusetzen, d. h. nur Rot-, Gelb- oder Blaulicht. Ungeklärt sind weiterhin die Fragen, welche Glykoalkaloide durch welche Lichtspektren besonders induziert werden und wie die einzelnen Schadpathogene auf die verschiedenen Glykoalkaloide reagieren. Ein sehr wichtiger Faktor, der bislang unzureichend berücksichtigt wurde, ist das physiologische Alter der Knollen. Wann ist der optimale Zeitpunkt für eine Belichtung, um die höchst mögliche Glykoalkaloidakkumulation in den Knollen zu erzielen? Durch eine Erhöhung der Temperatur während der Belichtung kann die Bildung von Glykoalkaloiden gefördert werden. Welche Temperatur fördert die Bildung von Glykoalkaloiden besonders, ohne die Knollen negativ zu beeinflussen?

Im Jahr 2003 war der Infektionsdruck im Feld zu niedrig, so dass keine Aussagen zu den Auswirkungen der Belichtungsmaßnahmen auf die Erreger *Rhizoctonia*, Silberschorf und *Erwinia* unter Feldbedingungen gemacht werden konnten. Um einen quantifizierbaren Infektionsdruck zu gewährleisten, sollten zukünftig verstärkt Versuche im Gewächshaus unter definierten Bedingungen angelegt werden, bevor eine weitere Überprüfung unter Feldbedingungen durchgeführt wird. Obwohl die im Projektzeitraum erzielten Ergebnisse sehr erfolgversprechend sind, müssen zunächst weitere Optimierungsschritte in Labor und Klimakammer durchgeführt werden, um diese erfolgversprechenden Tendenzen zu verifizieren und den Wirkungsgrad der Belichtungsmethoden zu verbessern.

Der Methode zur gezielten Belichtung von Kartoffelknollen zur Induzierung einer Resistenz gegenüber Schaderregern stehen sowohl in der konventionellen als auch in der ökologischen Landwirtschaft bislang keine vergleichbaren Lösungsansätze gegenüber. Durch eine gezielte Belichtung kann die Widerstandskraft der Knollen gefördert sowie die Keimruhe gebrochen werden. Dies ist von besonderer Bedeutung, da die Methode des Vorkeimens im ökologischen Landbau eine wichtige Rolle spielt. Es handelt sich um ein Verfahren, das den landwirtschaftlichen Betrieben eine umweltschonende und praxisorientierte Lösung zur Produktion von gesundem Pflanzgut im ökologischen Anbau eröffnet. Eine Fortführung dieses Projekts im Sinne der Qualitätssicherung im ökologischen Kartoffelanbau ist deshalb zwingend erforderlich.

## 5. Zusammenfassung / Summary

Als ein richtungsweisender Ansatz zur Verbesserung der Pflanzkartoffelproduktion im ökologischen Anbau ist die Nutzung der natürlichen Abwehrkräfte der Kartoffeln anzusehen. Die in Kartoffelknollen vorkommenden Glykoalkaloide können antibiotische Reaktionen sowie eine Anti-Fraß-Wirkung auslösen. Durch eine Belichtung von Kartoffelknollen ist eine verstärkte Akkumulation von Glykoalkaloiden in den Knollen möglich. Der Schwerpunkt dieses Projektes wurde deshalb auf die Verbesserung der Pflanzgutqualität durch eine Belichtung der geernteten Knollen während bestimmter Phasen der Lagerperiode gelegt. Lichtbehandlungen mit verschiedenen Lichtspektrern unter Berücksichtigung von Belichtungsdauer, Terminen und Sortenunterschieden sowie dem Vergleich von natürlicher Infektion und künstlicher Inokulation wurden durchgeführt. Im Projekt wurden dabei zwei grundlegende Versuchsansätze verfolgt. Zum einen wurde eine Nach-Ernte-Belichtung der Knollen zur Verbesserung der Lagerqualität durchgeführt. Zum anderen erfolgte im Frühjahr eine Vor-Legen-Belichtung, um so den Entwicklungsverlauf der Pflanzen positiv zu unterstützen und damit auch die Quantität und Qualität des Erntegutes zu erhöhen.

In den Versuchen führte die gezielte Belichtung von Kartoffelknollen neben dem Ergrünen zu einer Erhöhung des Glykoalkaloidgehaltes. Ein steigender Glykoalkaloidgehalt reduzierte den Erregerbefall auf den Knollen, wobei die Varianten Hochdruck-Quecksilberdampf-Lampe und Hochdruck-Natriumdampf-Lampe die besten Ergebnisse erzielten. Eine 14-tägige Belichtung mit einer Hochdruck-Quecksilberdampf-Lampe bewirkte eine deutliche Reduzierung der *Rhizoctonia*-Sklerotien auf der Knollenoberfläche sowie der Knollenanzahl mit Sklerotien und dry core-Symptomen. Die Belichtung von Kartoffelknollen mit einer Hochdruck-Natriumdampf-Lampe oder einer Hochdruck-Quecksilberdampf-Lampe führte ebenfalls zu einer deutlichen Reduzierung der Befallsstärke von *Helminthosporium solani*, während die Befallshäufigkeit nicht beeinflusst wurde. Zur Kontrolle von *Erwinia spp.* wirkte sich ein Lichtspektrum mit einem höheren Blauanteil (Hochdruck-Quecksilberdampf-Lampe) besonders befallsmindernd auf die Knollensymptome aus.

Die bisher erzielten Ergebnisse zeigen, dass durch eine gezielte Belichtung die natürliche Abwehr von Kartoffelknollen gegenüber bestimmten Schaderregern gefördert werden kann. Obwohl die erzielten Ergebnisse sehr erfolgversprechend sind, müssen weitere Versuche zur Optimierung dieses Verfahrens durchgeführt werden, um den Wirkungsgrad der Belichtungsmethoden zu erhöhen.

## Summary

A trend setting approach to improve the ecological seed potato production is to use the natural defence mechanism of potatoes. Potato plants and tubers are containing glykoalkaloids which could induce antibiotic and anti-feeding effects against pathogens. With a light treatment of potato tubers the glykoalkaloid content in the tubers increased. In the project light treatments with different light spectra and duration at two appointments with different varieties were carried out. The experiments were done with natural infected and artificial inoculated tubers. Two fundamental research approaches were realized. To improve the storage quality of seed potatoes harvested tubers were illuminated before storage. To improve the plant development in the field next spring and likewise the quantity and quality of the daughter tubers, light treatments were performed at the end of the storage period.

In the experiments the illumination caused the greening of the tubers and likewise the glykoalkaloid content increased. An increasing glykoalkaloid content reduced the disease severity on the tubers. An illumination with high-pressure mercury lamps und high-pressure sodium lamps achieved the best results. A light treatment with high-pressure mercury lamps for 14 days decreased significant the *Rhizoctonia sclerotia* infestation on the tubers, as well the number of tubers with sclerotia and dry core symptoms was reduced. Silver scurf (*Helminthosporium solani*) infestation on the tubers was significant reduced with high-pressure sodium lamps or high-pressure mercury lamps. An illumination with high-pressure mercury lamps although decreased the number of tubers with soft rot (*Erwinia spp.*).

The results of the experiments indicated that a specific light treatment could improve the natural defence mechanism of potato tubers against pathogens. Even though the results are promising, it is possible to optimise the methods to improve the efficiency of the different light treatments.

## 6. Literaturverzeichnis

- ALLEN, E. H.; KUC, J. (1968):  $\alpha$ -Solanine and  $\alpha$ -Chaconine as Fungitoxic Compounds in Extracts of Irish Potato Tubers. *Phytopathology* 58:776-781
- ANONYM 2002: Philips Licht – Künstliche Belichtung im Gartenbau. Produkt Information
- ANONYM 2000: EPPO-Standard PP 1/152 (2) (Richtlinie über die Anlage und Auswertung von Wirksamkeitsprüfungen). Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig
- ANONYM 2000: EPPO-Richtlinie PP 1/32 (2) (*Rhizoctonia solani* an Kartoffeln). Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig
- CANTWELL, M. (1996): A Review of Important Facts about Potato Glycoalkaloids. *Perishables Handling Newsletter Issue No. 87:26-27*
- EDWARDS, E. J.; COBB, A. H. (1997): Effect of Temperature on Glycoalkaloid and Chlorophyll Accumulation in Potatoes (*Solanum tuberosum* L. Cv. King Edward) Stored at Low Photon Flux Density, Including Preliminary Modeling Using an Artificial Neural Network. *J. Agric. Food Chem.* 45:1032-1038
- EDWARDS, E. J.; SAINT, R. E.; COBB, A. H. (1998): Is There a Link Between Greening and Light-Enhanced Glycoalkaloid Accumulation in Potato (*Solanum tuberosum* L) Tubers? *J. Sci. Food Agric.* 76:327-333
- FEWELL, A. M.; RODDICK, J. G. (1997): Potato glycoalkaloid impairment of fungal development. *Mycological Research* 101(5):597-603
- GELDER, W. M. J. van; VINKE, J. H.; SCHEFFER, J. J. C. (1988): Steroidal glycoalkaloids in tubers and leaves of *Solanum* species used in potato breeding. *Euphytica* 37S:147-158
- GRIFFITHS, D. W.; Dale, M. F. B. (2001): Effect of light exposure on the glycoalkaloid content of *S. phureja* tubers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49(11):5223-5227
- HLYWKA, J. J.; STEPHENSON, G. R.; SEARS, M. K.; YADA, R. Y. (1994): Effect of insect damage on glycoalkaloid content in potatoes (*Solanum tuberosum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 42(11):2545-2550
- HOFFMANN, G. M.; NIENHAUS, F.; POEHLING, H.-M.; SCHÖNBECK, F.; WELTZIEN, H. C.; WILBERT, H. (1994): *Lehrbuch der Phytomedizin*. 3. Auflage, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin
- <http://www.bba.de/oekoland/oeko3/phytophthora.htm>: Auftreten und Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) unter besonderer Berücksichtigung des ökologischen Kartoffelanbaus
- <http://www.infodienst-mlv.bwl.de>: Solanin in Kartoffeln und Tomaten
- <http://nrw.oekolandbau.de/pflanzenbau/2201.phtml>: Fachinformationssystem Ökologischer Landbau
- <http://www.pamhandle.unl.edu>: Greening

<http://www.vis-ernahrung.bayern.de>: Solanin (Glykoalkaloide) in Kartoffeln

- LACEY, L. A.; MERCADIER, G. (1998): The effect of selected allelochemicals on germination of conidia and blastospores and mycelium growth of the entomopathogenic fungus, *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina, Hyphomycetes) Mycopathologia 142(1):17-25
- LACHMAN, J.; HAMOUZ, K.; ORSAK, M.; PIVEC, V. (2001): Potato Glycoalkaloids and their significance in plant protection and human nutrition – Review. Czechoslovakia, Series Rostlinna Vyroba 47(4):181-191
- MOHLER, H.; SULSER, H. (1983): Kartoffeln und Kartoffel-Erzeugnisse.
- PAPATHANASIOU, F.; MITCHEL, S. H.; WATSON, S.; HARVEY, B. M. R. (1999): Effect of environmental stress during tuber development on accumulation of glycoalkaloids in potato (*Solanum tuberosum*). Journal of the Science of Food and Agriculture 79(9):1183-1189
- PAQUIN, R.; LACHANCE, R. A. (1967) : Effects des glycoalkaloides de la pomme de terre sur la croissance de *Corynebacterium sepedonicum* (Speik & Kott.) Skapt. & Burkh. Canadian Journal of Microbiology 10:115.122
- PERCIVAL, G.; KARIM, M. S.; DIXON, G. R. (1998): Influence of light-enhanced glycoalkaloids on resistance of potato tubers to *Fusarium sulphureum* and *Fusarium solani var. coeruleum*. Plant Pathology 47:665-670
- PERCIVAL, G. (1999): The influence of light upon glycoalkaloid and chlorophyll accumulation in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). Plant Science 145(2):99-107
- PERCIVAL, G. (1999): Light induced glycoalkaloid accumulation of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry 79(10):1305-1310
- PERCIVAL, G.; KARIM, M. S.; DIXON, G. R. (1999): Pathogen resistance in aerial tubers of potato cultivars. Plant Pathology 48:768-776
- PERCIVAL, G. (2000): Shedding some light on store pathogens. Potato Review 6(10):18-22
- PUTZ, B. (1989): Kartoffeln. Züchtung - Anbau - Verwertung. 3. unveränderter Nachdruck 1998. Poppdruck GmbH, Langenhagen
- RADTKE, W.; RIECKMANN, W.; BRENDLER, F. (2000): Kartoffel – Krankheiten, Schädlinge, Unkräuter. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen - Buer
- SARQUIS, J. I.; CORIA, N. A.; AGUILAR, J.; RIVERS, A. (2000): Glycoalkaloid content in *Solanum* species and hybrids from a breeding program for resistance to late blight (*Phytophthora infestans*). American Journal of Potato Research 77(5):295-302
- VANDRE, W. (2002): Greening of Potatoes. UAF Cooperative Extension Service. FGV-00337
- YENCHO, G. C.; KOWALSKI, S. P.; KENNEDY, G. G.; SANFORD, L. L. (2000): Segregation of leptine glycoalkaloids and resistance to Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* (Say)) in F2 *Solanum tuberosum* (4x) x.s. chacoense (4x) potato progenies. American Journal of Potato Research 77(3):167-178

## 7. Anhang

## Anh. 1: Schlagkartei der Feldversuche 2003



<b>KTBL-Versuchsstation Dethlingen</b>	
<b>Versuch:</b>	<b>BLE Ergrüntes Pflanzgut</b>
<b>Partner:</b>	<b>Universität Göttingen, Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz</b>
<b>Versuchsnummer (intern):</b>	<b>03/050</b>
<b>Versuchszeitraum:</b>	<b>2003</b>
<b>A. Allgemeine Daten</b>	
<b>Varianten:</b> <b>Erwinia-Versuch:</b>  1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.	Kontrolle unbehandelt  Kontrolle inokuliert  Tageslicht NE inokuliert  Tageslicht VL inokuliert  Belichtung NE (Son-T-Agro) inokuliert  Belichtung VL 1 (Son-T-Agro) inokuliert  Belichtung VL 2 (HQI-BT) inokuliert
<b>Rhizoctonia/Silberschorf-Versuch</b>  1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.	Kontrolle unbehandelt  FZB 24 (250 g/ha)  Tageslicht NE  Tageslicht VL  Belichtung NE (Son-T-Agro)  Belichtung VL 1 (Son-T-Agro)  Belichtung VL 2 (HQI-BT)

<b>Standortdaten:</b>	
Schlagbezeichnung:	Hinter dem Hof
Bodenart:	humoser Sand (hS)
pH-Wert:	5,3
Humusgehalt (%):	4,0
<b>Technische Daten:</b>	
Legemaschine:	Hersteller: Cramer, Typ: Junior Super Spezial, vierreihig
Flüssigbeizung:	Hersteller: Schindler Anlagenbau, Typ: Kartoffelbeizgerät KBZ 8.0
Düsentyp:	Vollkegeldüsen, Spraying Systems TG 03
Brühmenge/ha, Spritzdruck:	72,0 l/ha, 2,9 bar
Legetermin	18.04.03

<b><u>Versuchsfelddaten:</u></b>	
<b>Vorfrucht:</b>	Sommergerste
<b>Zwischenfrucht:</b>	Kleegrass
<b>Hauptfrucht:</b>	Kartoffeln, Sorte Secura (Zertifiziertes Pflanzgut)
<b>Pflanzgutmenge:</b>	27,27 dt/ha
<b>Parzellengröße:</b>	Breite 3,00 m x Länge 10,00 m
<b>Ernteparzellen:</b>	Breite 1,50 m x Länge 10,00 m
<b>Folgefrucht:</b>	Grünbrache
<b>Bodenbearbeitung:</b>	
16.04.03	Pflugfurche mit Untergrundpacker
<b>Pflege:</b>	
06.05.03	Häufelgerät
13.05.03	Striegel
17.05.03	Sternrollhacke

28.05.03	Striegel, Häufelgerät
<b>Düngung:</b>	
05.05.03	Thomassulfatkali (12-15-5): 4,0 dt/ha (P: 48 kg/ha; K: 60 kg/ha)
05.05.03	Kalimagnesia (Patentkali): 4,0 dt/ha (K: 120 kg/ha; Mg: 40 kg/ha)
<b>Pflanzenschutz:</b>	
Fungizide/Insektizide/:	
12.06.03	Novodor, 2,5 l/ha
18.06.03	Rein Kupfer, 600 g/ha
24.06.03	Novodor, 5,0 l/ha
27.06.03	Rein Kupfer, 600 g/ha
07.07.03	Rein Kupfer, 600 g/ha
<b>Beregnung: jeweils etwa 30 mm je Gabe</b>	
07.06.03	
18.06.03	
26.06.03	
17.07.03	
<b>Erntevorbereitung:</b>	
21.07.03	Kraut geschlagen
31.07.03	Thermische Krautminderung
<b>Niederschläge (mm):</b>	
März	46,5
April	37,0
Mai	55,5
Juni	21,0
Juli	68,0
August	17,5
September	87,0

<b>Witterung:</b>  Frühjahr:  Sommer:  Herbst:	trockenes Frühjahr mit geringen Niederschlägen, rel. warme Witterung, Frostperioden Anfang April und Ende Mai  sehr heißer Sommer mit extremer Trockenheit  warme und trockene Witterung
--	--

<b>Meteorologische Daten:</b>					
Datum	Temperatur (°C)		Mittel	Niederschläge (mm)	Anmerkung
	min.	max.			
07.04.03			1,2		Frost
08.04.03			-1,5		Frost
09.04.03			-0,9	2,0	Frost
10.04.03			1,7		Frost
11.04.03			2,5	4,0	Frost
12.04.03			5,4	2,0	Frost
13.04.03			7,6		Frost
14.04.03			10,4		
15.04.03			14,3		
16.04.03			13,8		
17.04.03			13,0		
<b>18.04.03</b>	<b>3,2</b>	<b>11,8</b>	<b>7,8</b>		<b>Legetermin: heiter</b>
19.04.03			9,0		
20.04.03			12,0		
21.04.03			15,1		
22.04.03			15,5	6,0	
23.04.03			12,7		
24.04.03			12,4		
25.04.03			14,5		
26.04.03			14,4		
27.04.03			11,3		



**Anh. 2:** Statistische Auswertung der Versuchsergebnisse

Die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse erfolgte mit dem Statistikprogramm Statgraphics Plus, Version 5.1. Es wurden die Verfahren One Way ANOVA, One Sample Analysis und Two Sample Analysis zu Grunde gelegt. Ein Konfidenzintervall von 95 % und somit eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\leq 0,05$  wurden angenommen. Bei vorliegender Normalverteilung und Varianzhomogenität der Daten wurde mit dem Tukey HSD-Test ausgewertet. Sobald diese Voraussetzungen nicht gegeben waren, erfolgte eine Verrechnung mit dem nicht parametrischen Kruskal-Wallis-Test. Die Varianzhomogenität wurde mit dem Bartlett's-Test ermittelt. Die Versuchsergebnisse ohne Wiederholung wurden nach den Verfahren der One und Two Sample Analysis mit dem Shapiro Wilks-Test ausgewertet. Die unterschiedlichen Buchstaben kennzeichnen signifikante Differenzen zwischen den Versuchsgliedern.

**Anh. 3:** Versuchsergebnisse der Abbildungen 33 + 34**Anh. 3.1.:** Auflaufverhalten des Rhizoctonia/Silberschorf-Feldversuchs

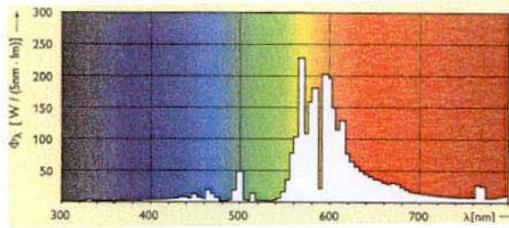
<b>Varianten</b>	<b>05.05.03</b>	<b>09.05.03</b>	<b>12.05.03</b>	<b>14.05.03</b>	<b>16.05.03</b>	<b>19.05.03</b>	<b>22.05.03</b>	<b>19.06.03</b>
Kontrolle	0,00	0,25	3,88 bc	7,25 cd	10,13 d	19,25 c	22,88 c	30,13
FZB 24 (250 g/ha)	0,00	0,13	2,50 c	6,75 d	9,63 d	20,38 bc	23,00 c	30,13
Tageslicht NE	0,13	0,88	7,50 b	13,63 b	17,38 c	23,00 ab	25,50 abc	30,38
Tageslicht VL	0,13	0,13	6,00 bc	13,25 b	18,63 bc	23,25 ab	25,88 ab	30,63
Belichtung NE	0,25	0,38	5,38 bc	11,63 bc	15,00 c	20,13 bc	23,50 bc	30,50
Belichtung VL 1	0,13	0,75	14,38 a	22,13 a	24,13 a	25,75 a	27,00 a	29,38
Belichtung VI 2	0,25 n.s.	1,00 n.s.	15,25 a	21,00 a	23,13 ab	24,75 a	25,50 abc	29,75 n.s.

**Anh. 3.2.:** Auflaufverhalten des Erwinia-Feldversuchs

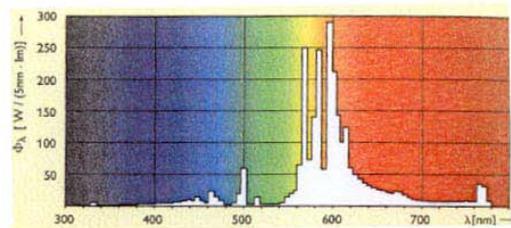
<b>Varianten</b>	<b>12.05.03</b>	<b>14.05.03</b>	<b>16.05.03</b>	<b>19.05.03</b>	<b>22.05.03</b>	<b>19.06.03</b>
Kontrolle unbehandelt	0,00 b	1,13 c	3,00 c	11,13 c	20,13 de	30,13
Kontrolle inokuliert	0,00 b	0,38 c	2,38 c	12,75 c	22,63 cd	31,00
Tageslicht NE	0,13 b	0,88 c	4,75 c	13,50 bc	23,38 bc	30,50
Tageslicht VL	0,88 b	5,13 b	10,63 b	18,75 ab	23,88 bc	29,00
Belichtung NE	0,38 b	1,63 bc	3,50 c	10,88 c	18,88 e	29,00
Belichtung VL 1	4,00 a	10,50 a	16,25 a	23,88 a	26,88 a	29,38
Belichtung VI 2	3,38 a	11,38 a	18,00 a	22,63 a	25,38 ab	28,63 n.s.

### Anh. 4: Distributionsspektren verschiedener Lampen (Philips)

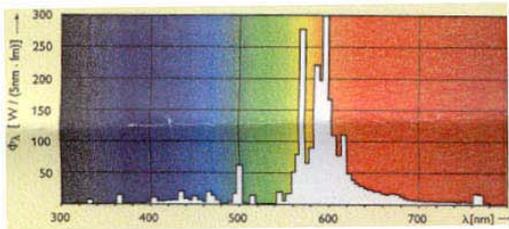
**MASTER SON PIA PLUS**



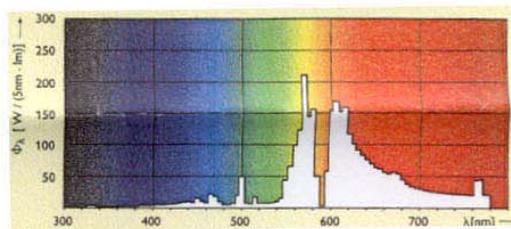
**SON-T PRO**



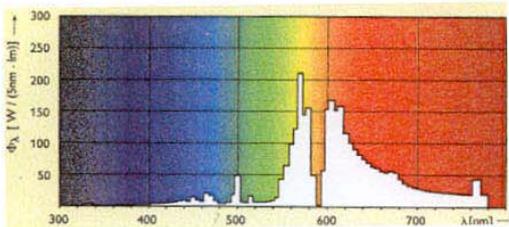
**MASTER SON-T PIA AGRO**



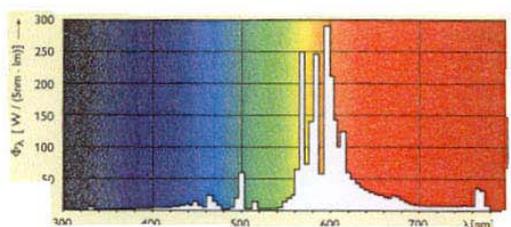
**SON COMFORT PRO**



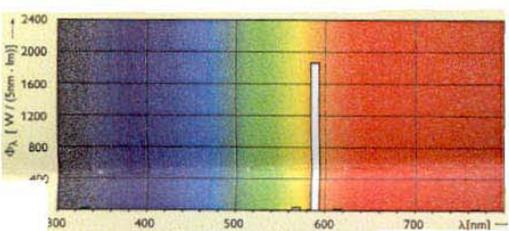
**SON-T COMFORT PRO**



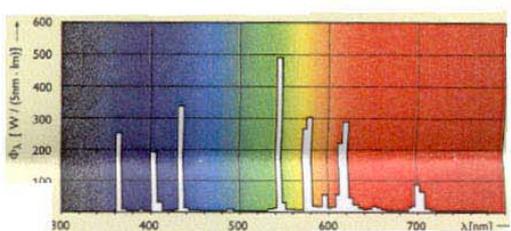
**SON-H PRO**



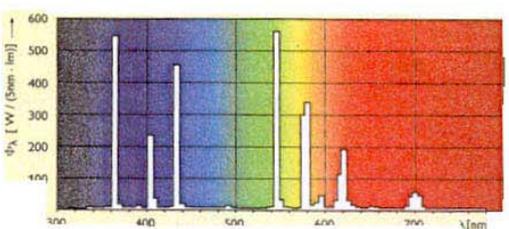
**MASTER SOX-E**



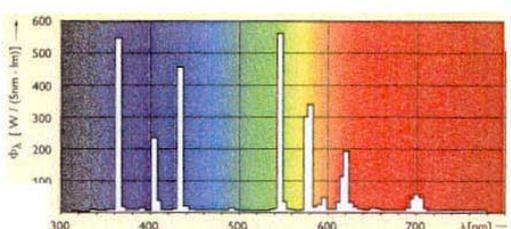
**HPL COMFORT PRO**



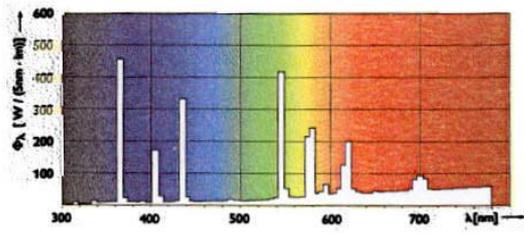
**HPL-N**



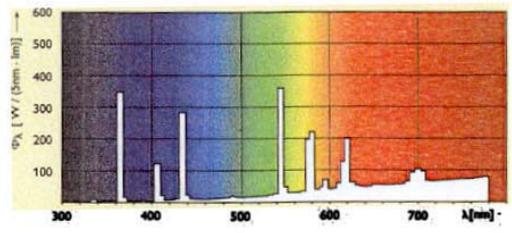
**HPL-R**



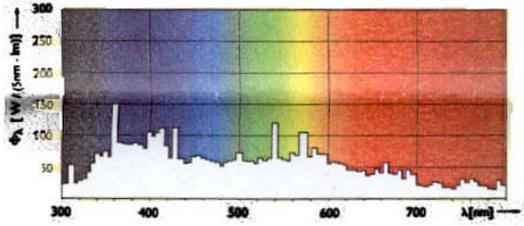
**ML**



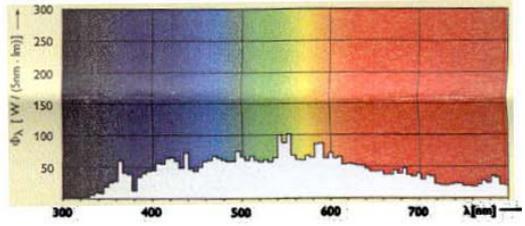
**MLR**



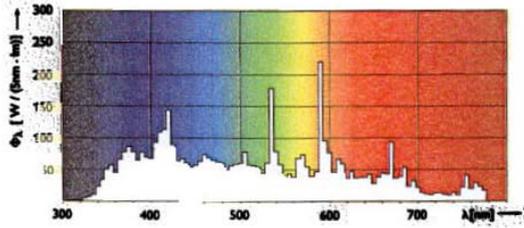
**MASTER MHN-SA 1800W/956**



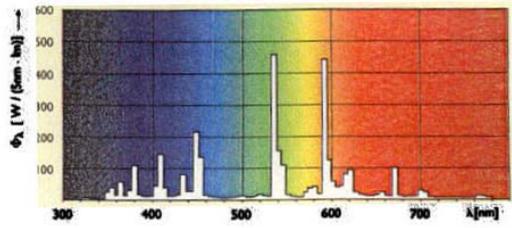
**MASTER MHN-SA 2000W/856**



**MASTER MHN-LA**



**MASTER HPI PLUS**



**MASTER HPI-T PLUS**

