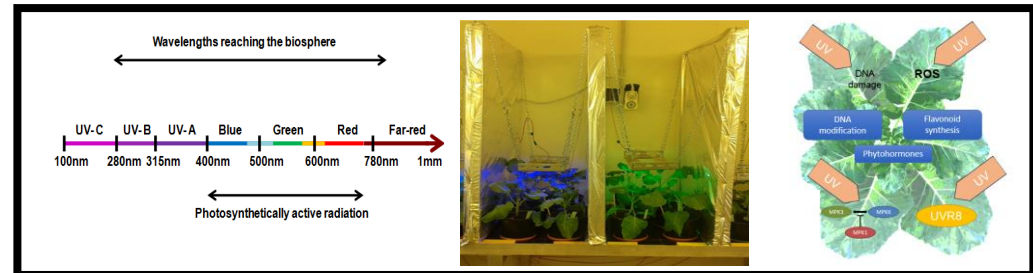
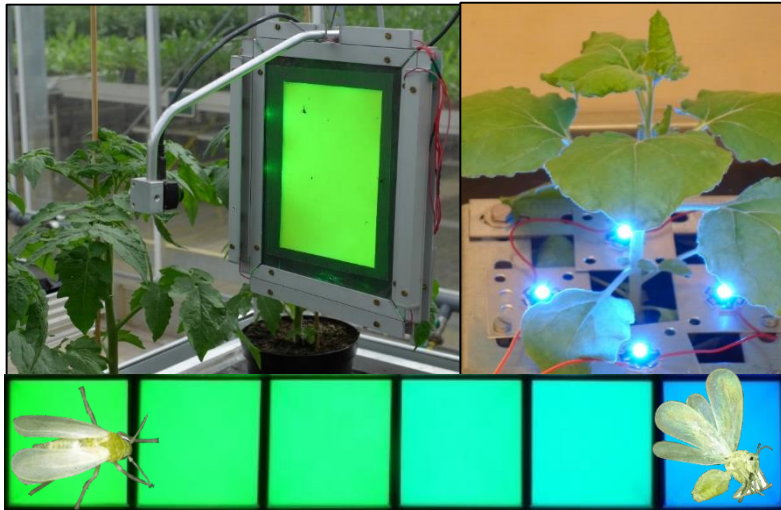


Möglichkeiten der lichtbasierten Kontrolle von herbivoren Insekten im Gartenbau

Dr. Niklas Stukenberg^{1,2} & Dr. Ole Rechner¹



¹Leibniz-Universität Hannover, IGPS, Abteilung Phytomedizin

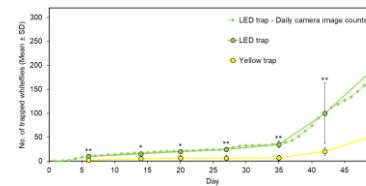
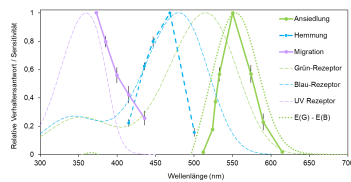
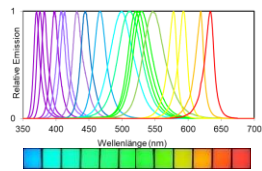
²Universität Bonn, INRES, Agrarökologie und Organischer Landbau

Symposium zum nicht-chemischen Pflanzenschutz im Gartenbau
BMEL, Berlin, 28. und 29. Mai 2019

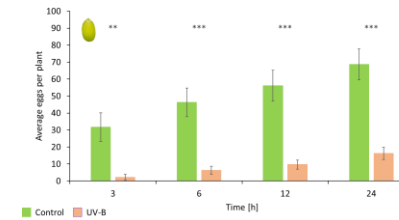
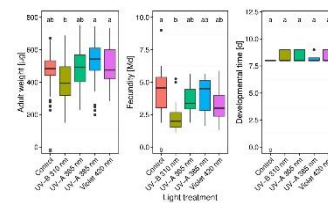
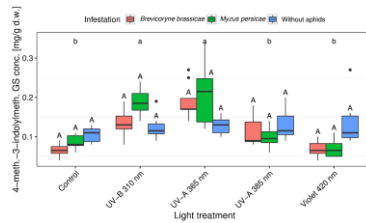


Lichtbasierte Beeinflussung von herbivoren Insekten

Teil 1: Direkte Effekte – Manipulation der Wirtspflanzenfindung

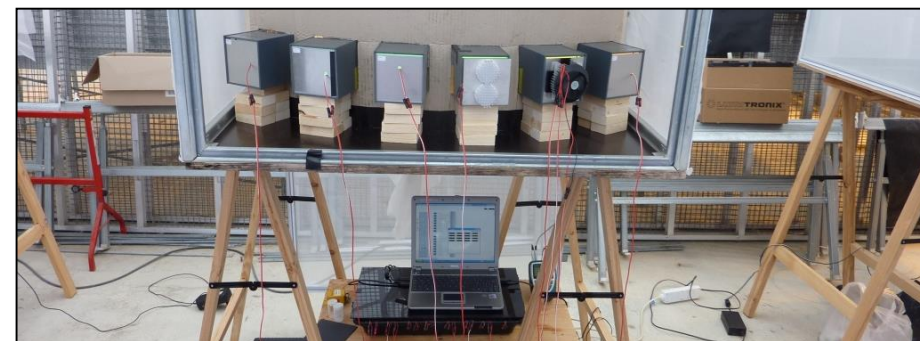
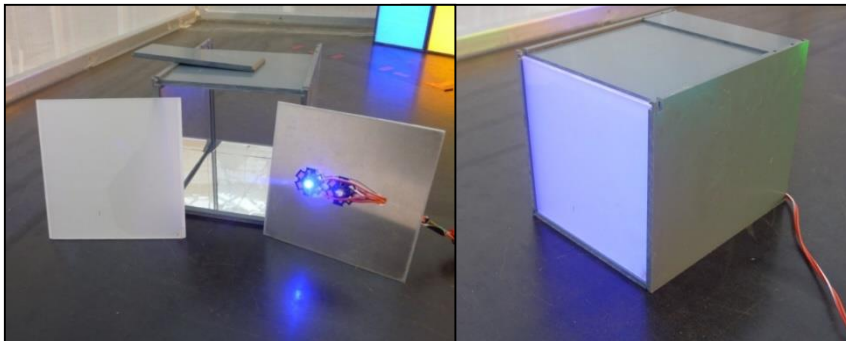
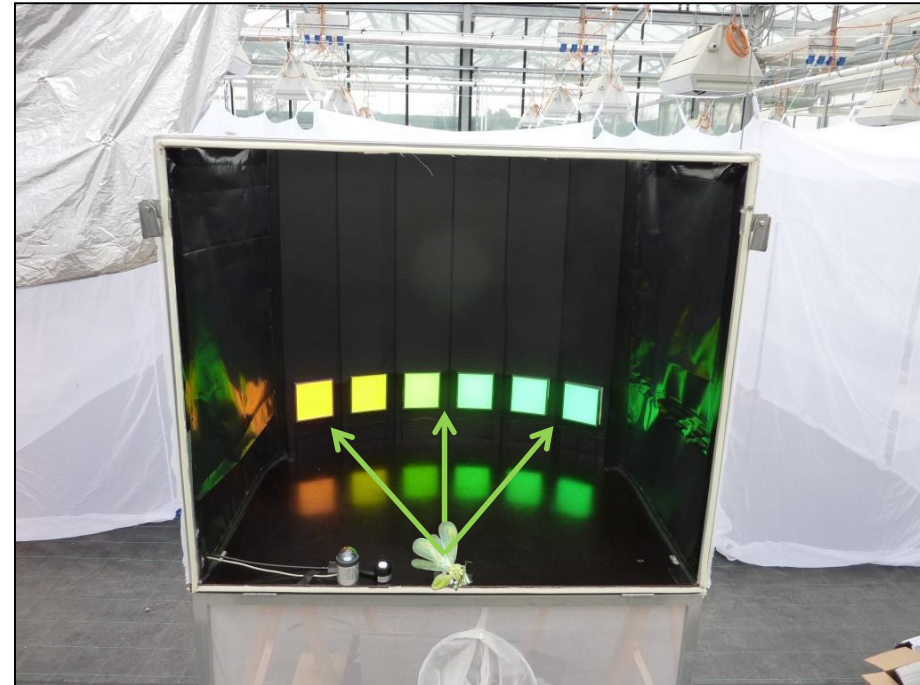
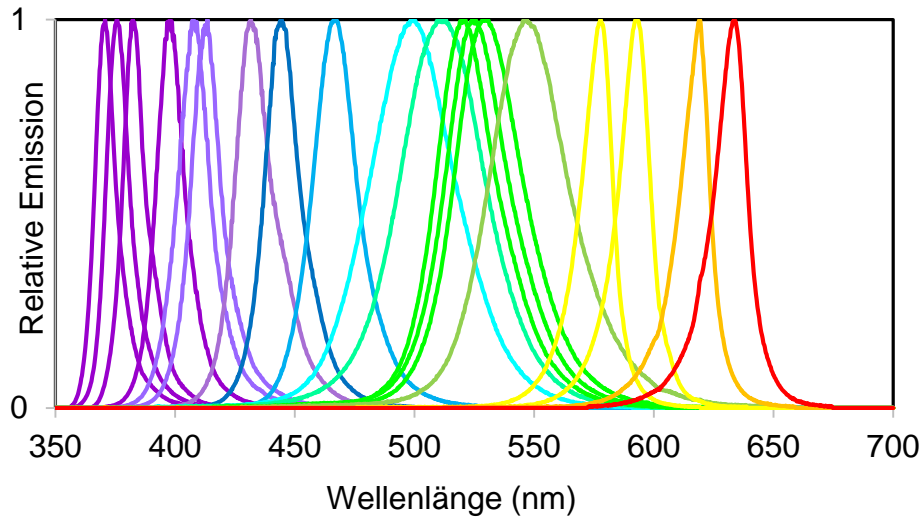


Teil 2: Indirekte Effekte – UV induzierte Resistenz



Leuchtdioden (LEDs) & Wahlarena:

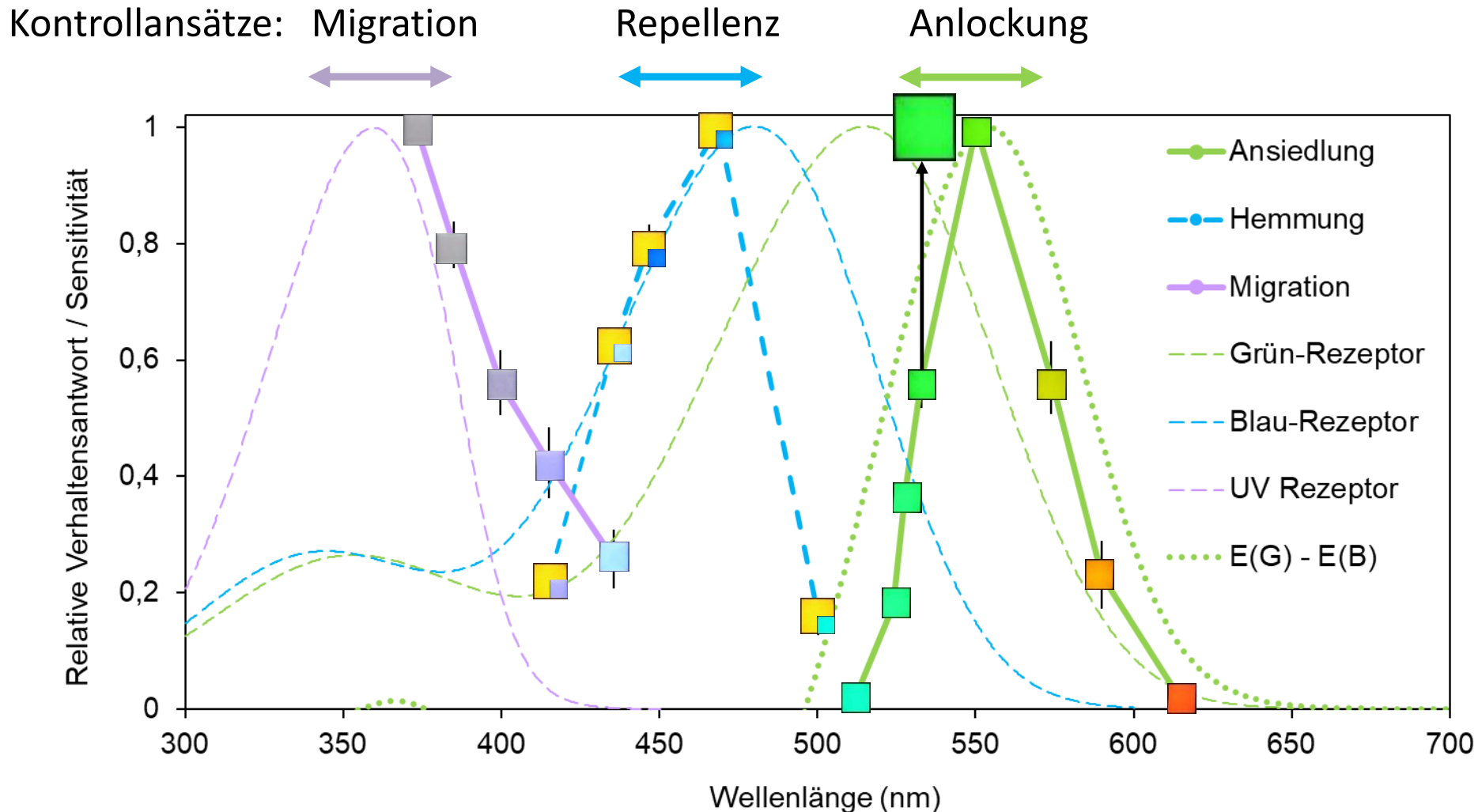
Die Grundlage zur Erforschung des visuellen Verhaltens



(Stukenberg et al. 2018; Otieno et al. 2018; Stukenberg & Poehling 2018, Stukenberg & Meyhöfer 2019)

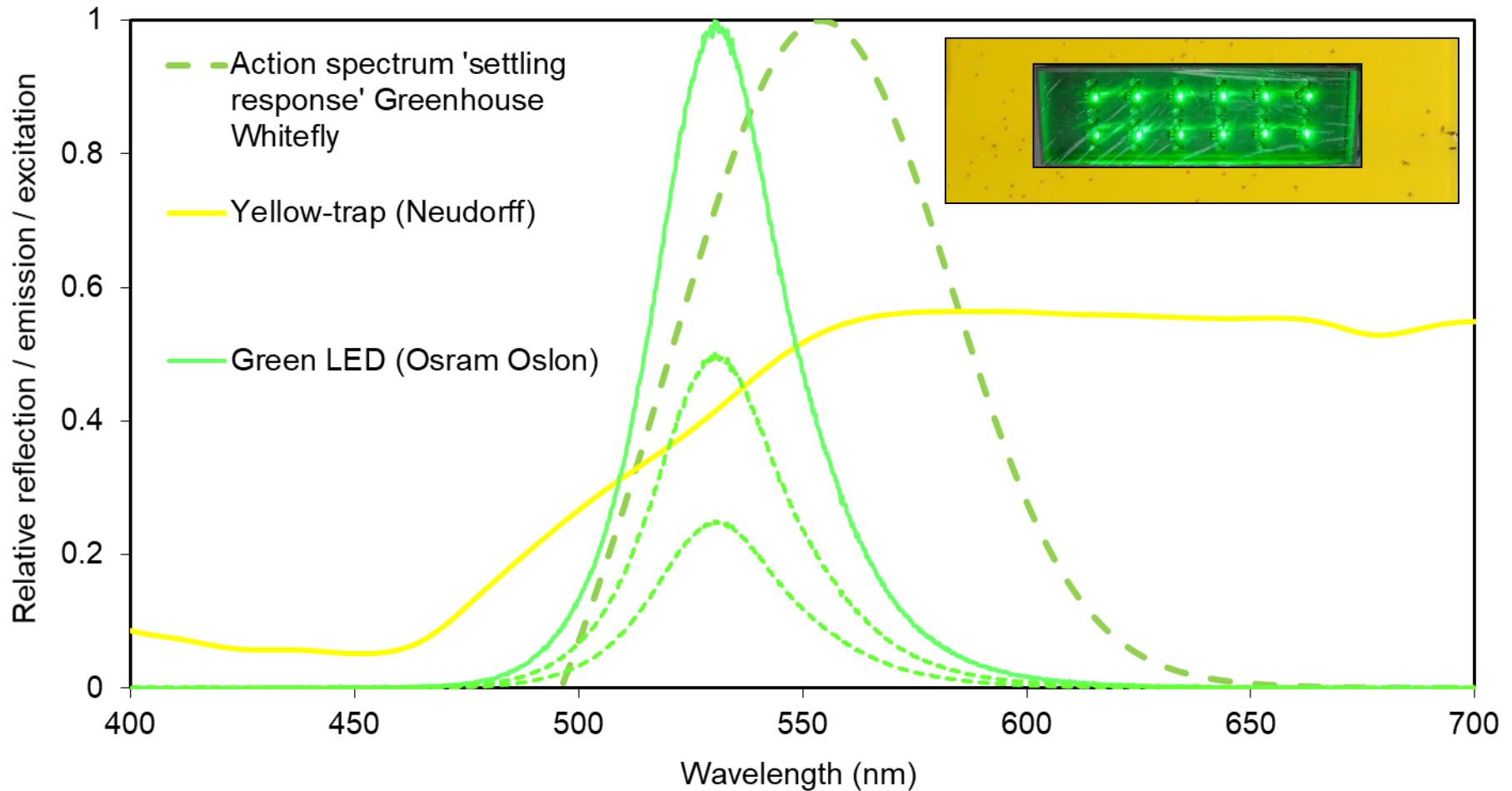
Visuelles Verhalten von herbivoren Insekten:

Beispiel: Gewächshaus-Weiße Fliege (*Trialeurodes vaporariorum*)



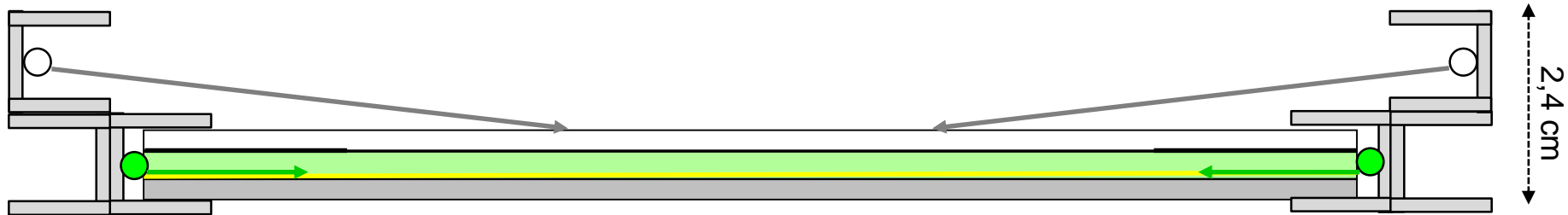
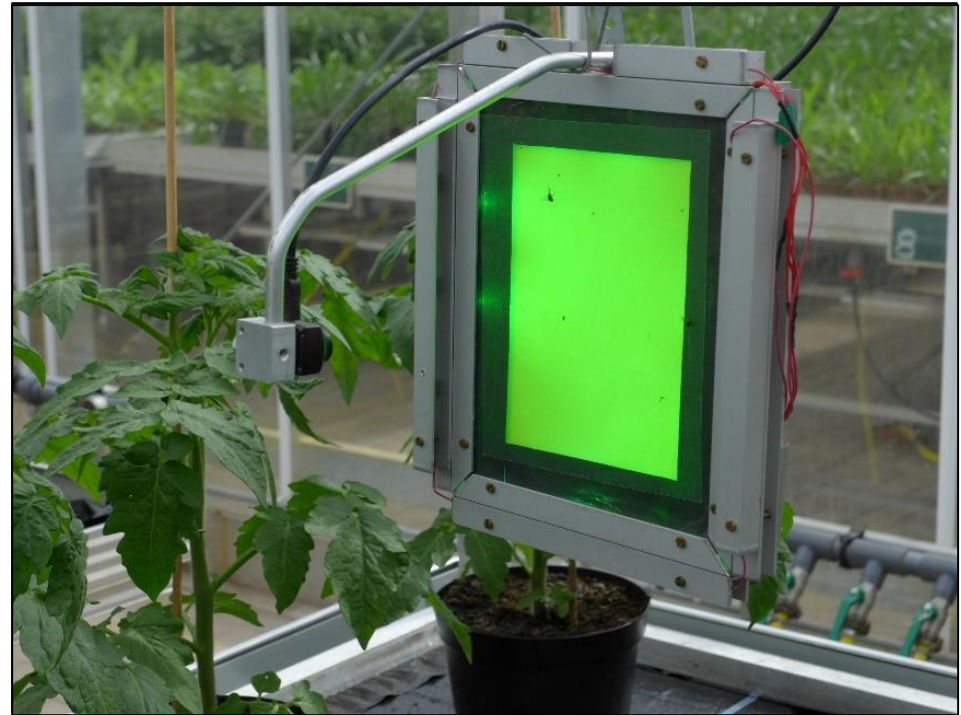
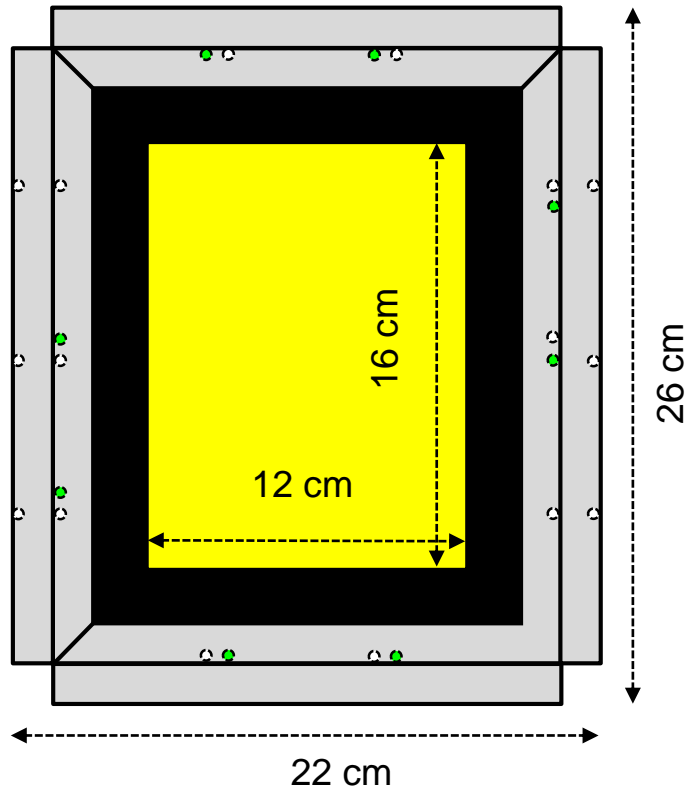
LED verstärkte Gelbtafel:

Das Prinzip



LED verstärkte Gelbtafel & Bildakquisition:

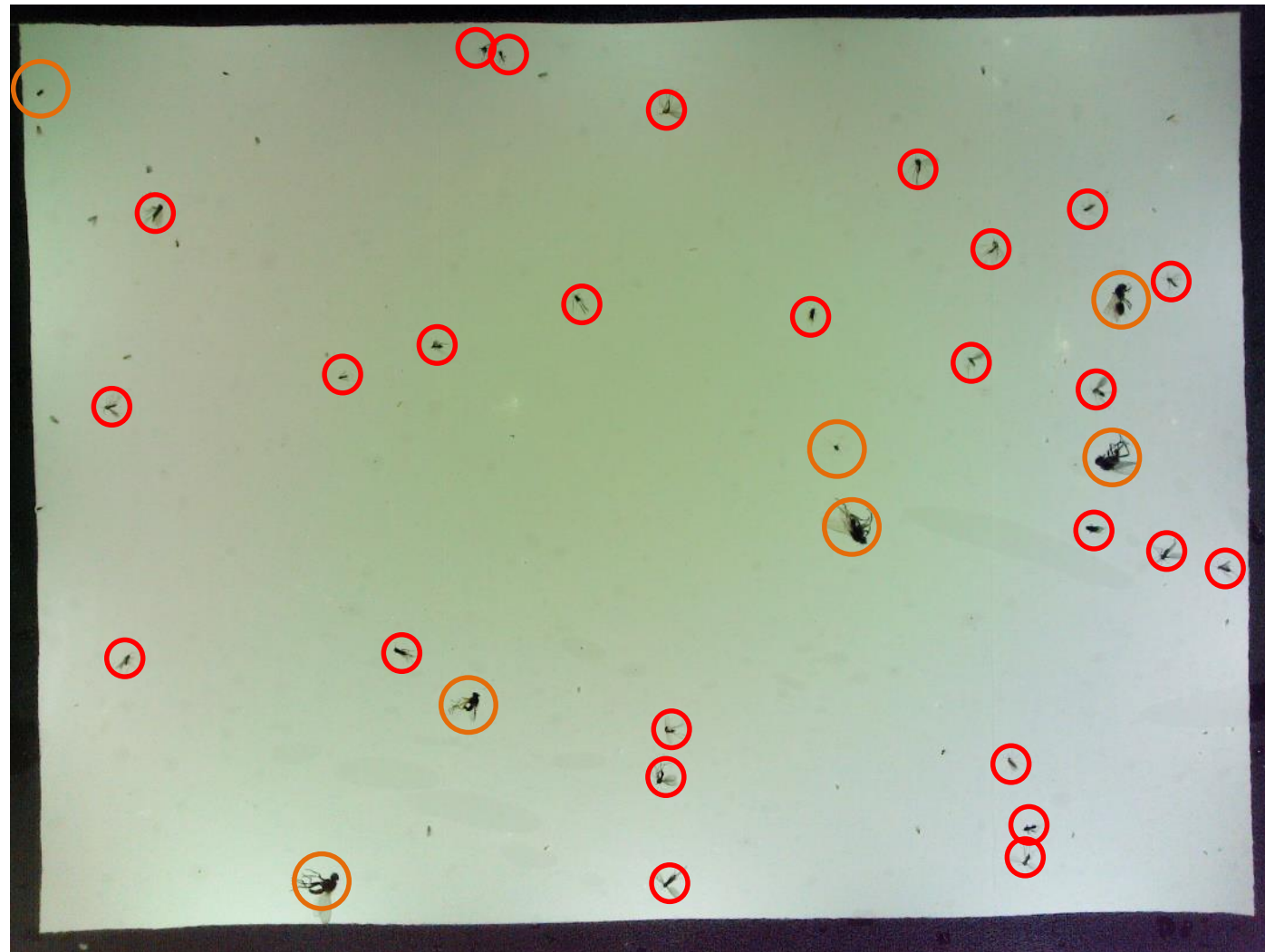
Ein Monitoring-Tool



LED verstärkte Gelbtafel & Bildakquisition

Ein Monitoring-Tool

Durchlichtbild:



Zählung von:

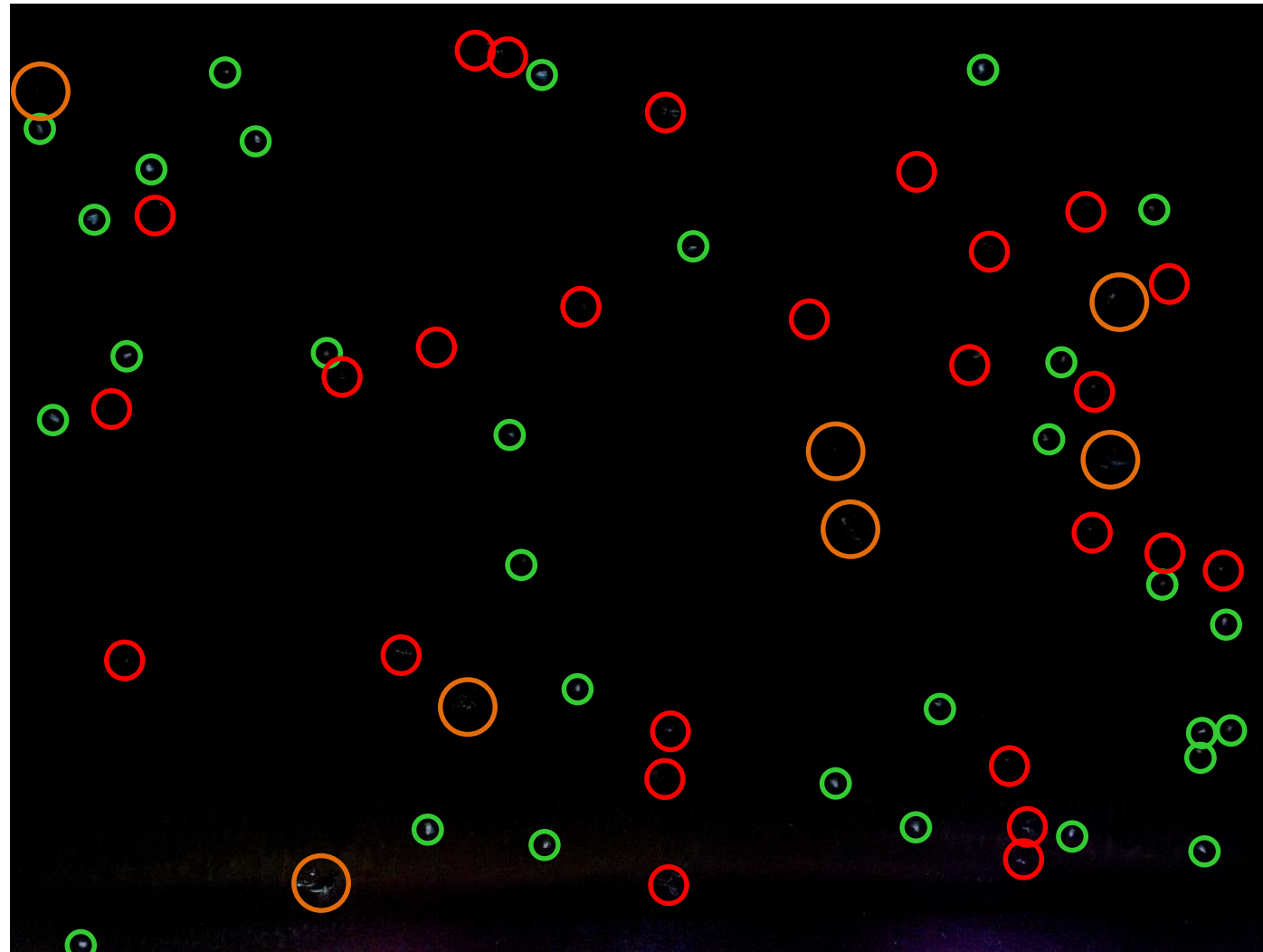
- Trauermücken
- Anderen Insekten

Manuelle Zählung auf
Bildern unterstützt durch
'ImageJ'

LED verstärkte Gelbtafel & Bildakquisition

Ein Monitoring-Tool

Auflichtbild:



Zählung von:

- Weißen Fliegen
- Trauermücken
- Anderen Insekten

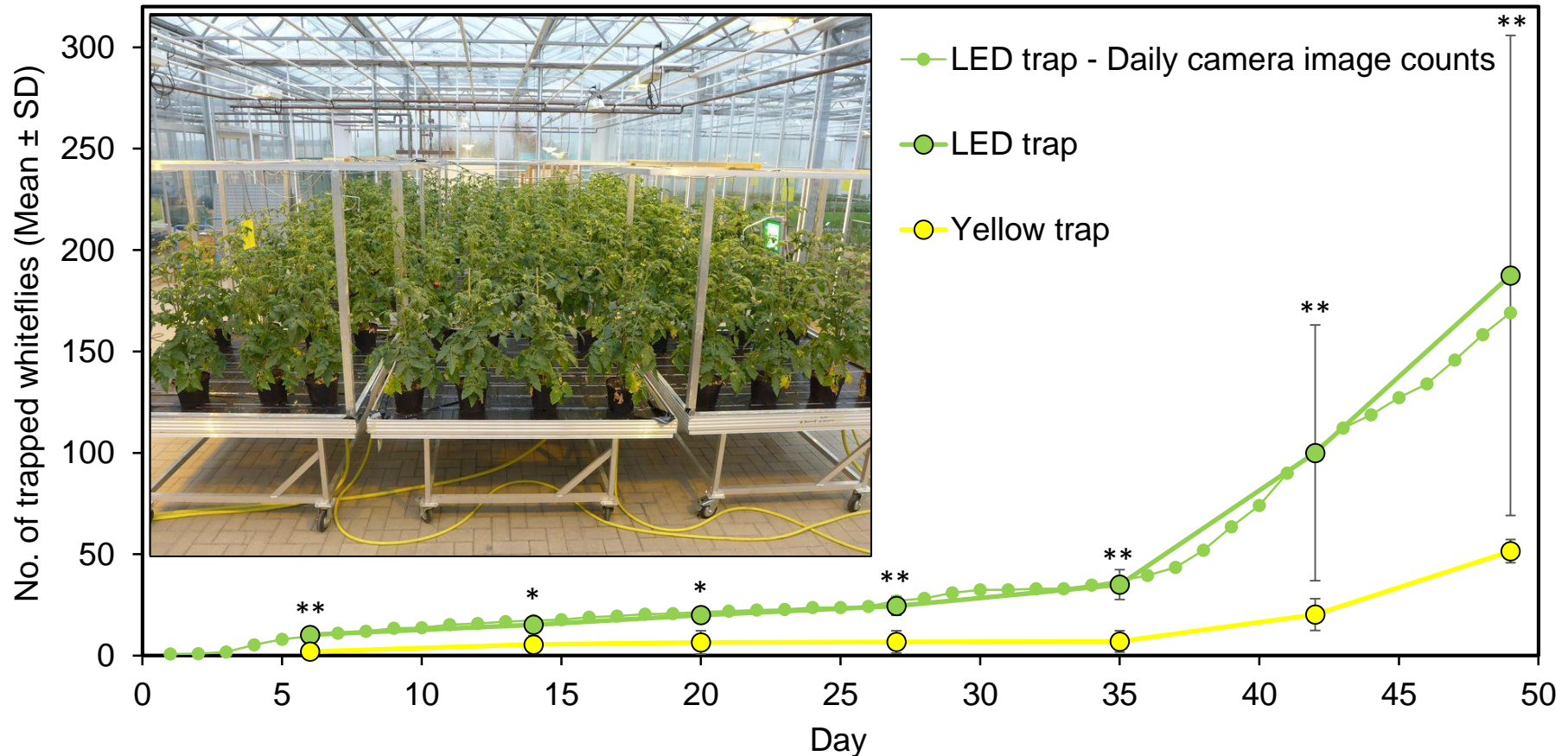
Manuelle Zählung auf
Bildern unterstützt durch
'ImageJ'

LED verstärkte Gelbtafel & Bildakquisition:

Ein Monitoring-Tool

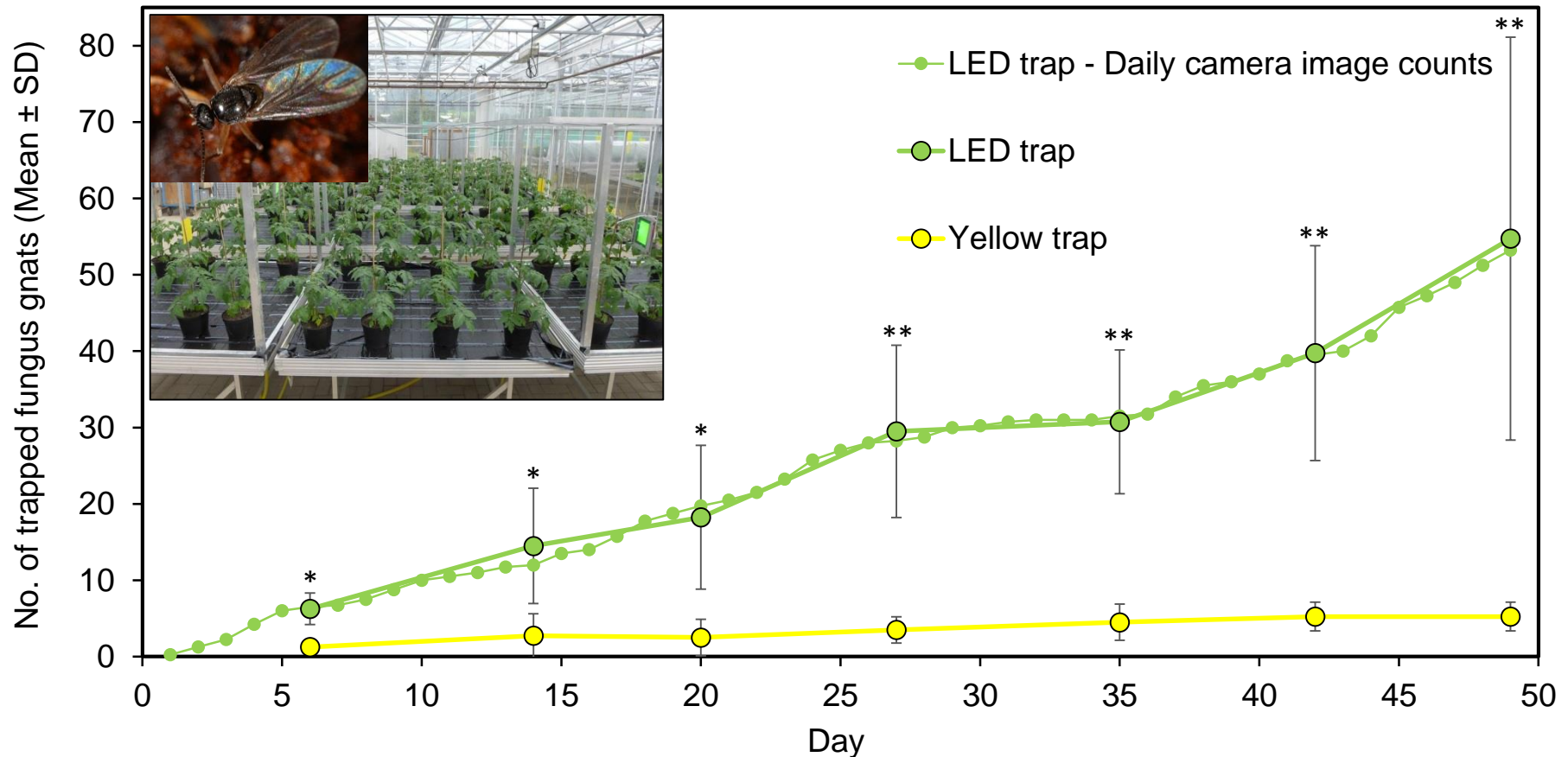


Weißer Fliegen



LED verstärkte Gelbtafel & Bildakquisition: Ein Monitoring-Tool

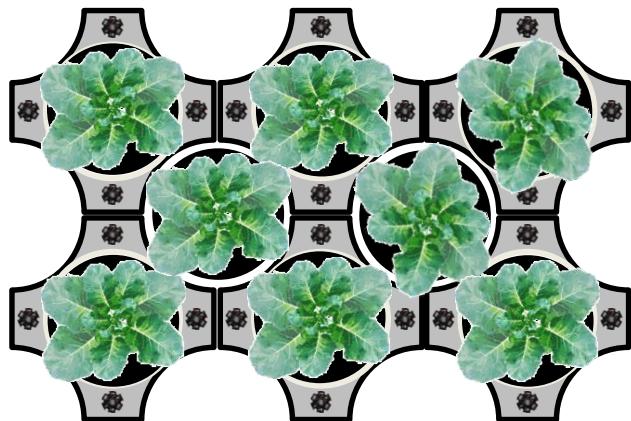
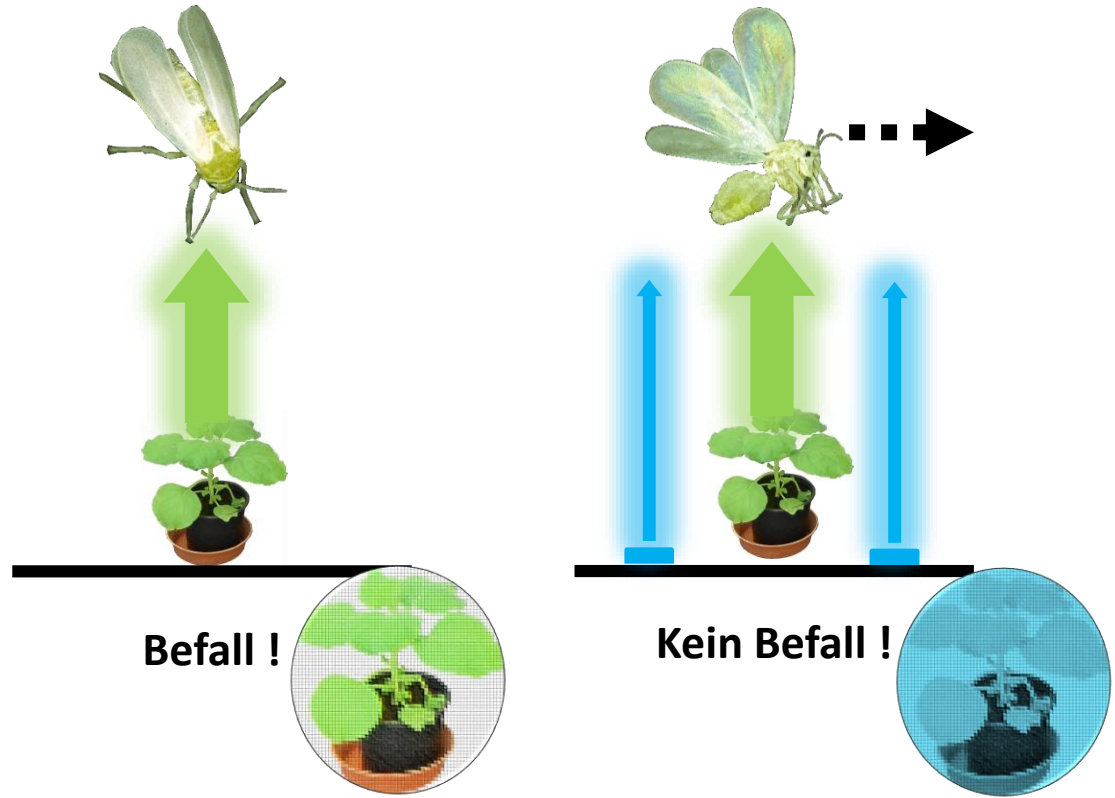
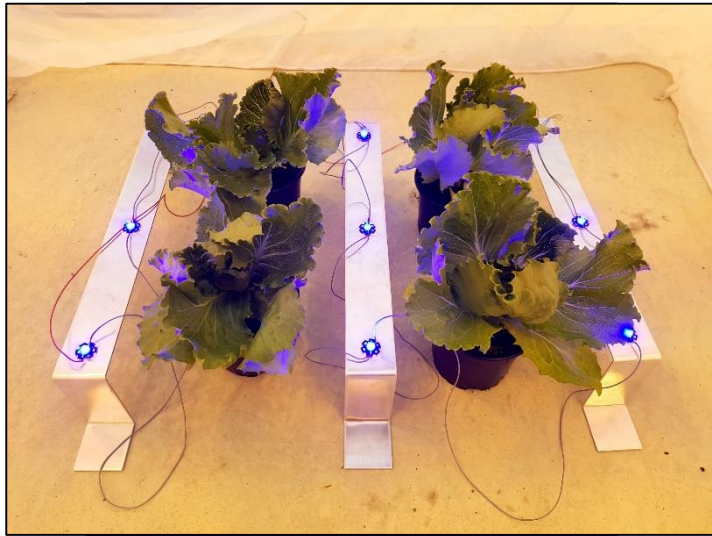
Trauermücken



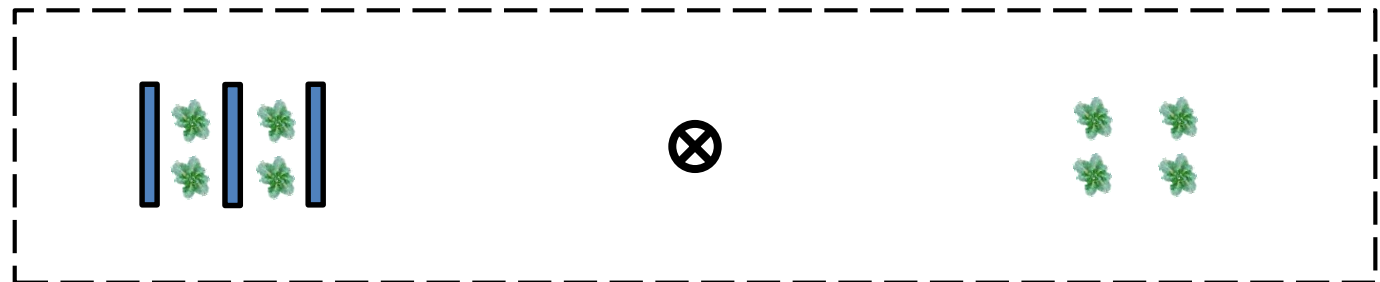
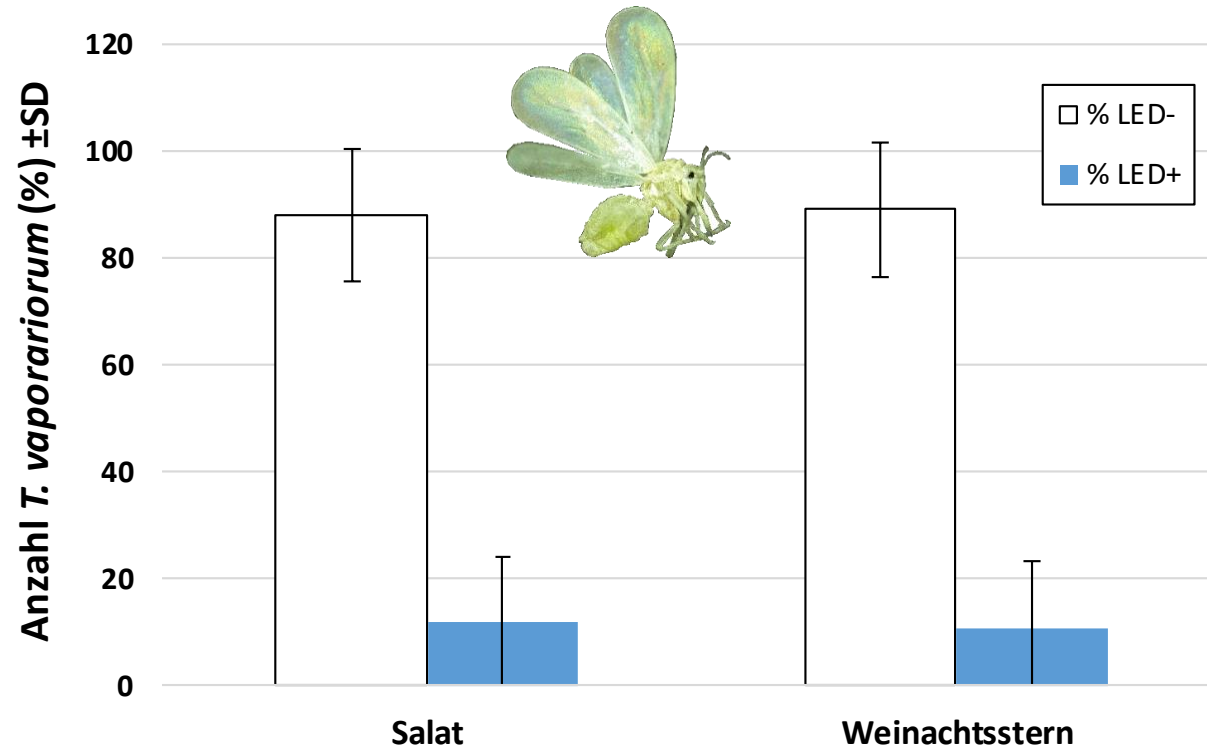
Lichtbarriere gegen herbivore Insekten

Patentanmeldung: DE10 2018 208 424.6

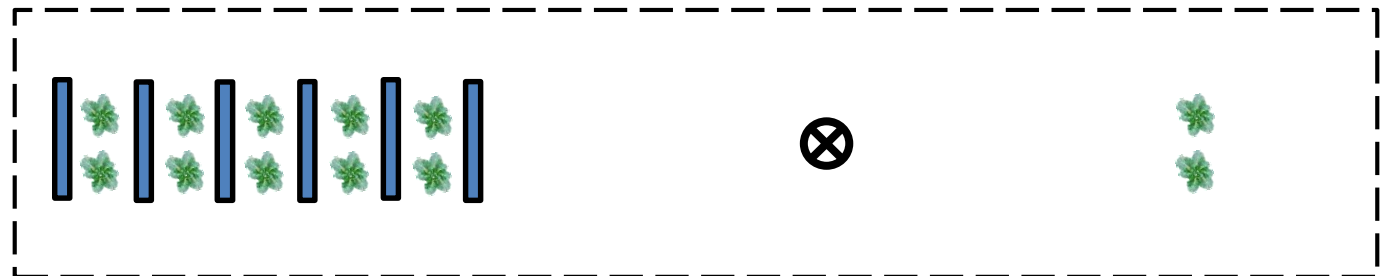
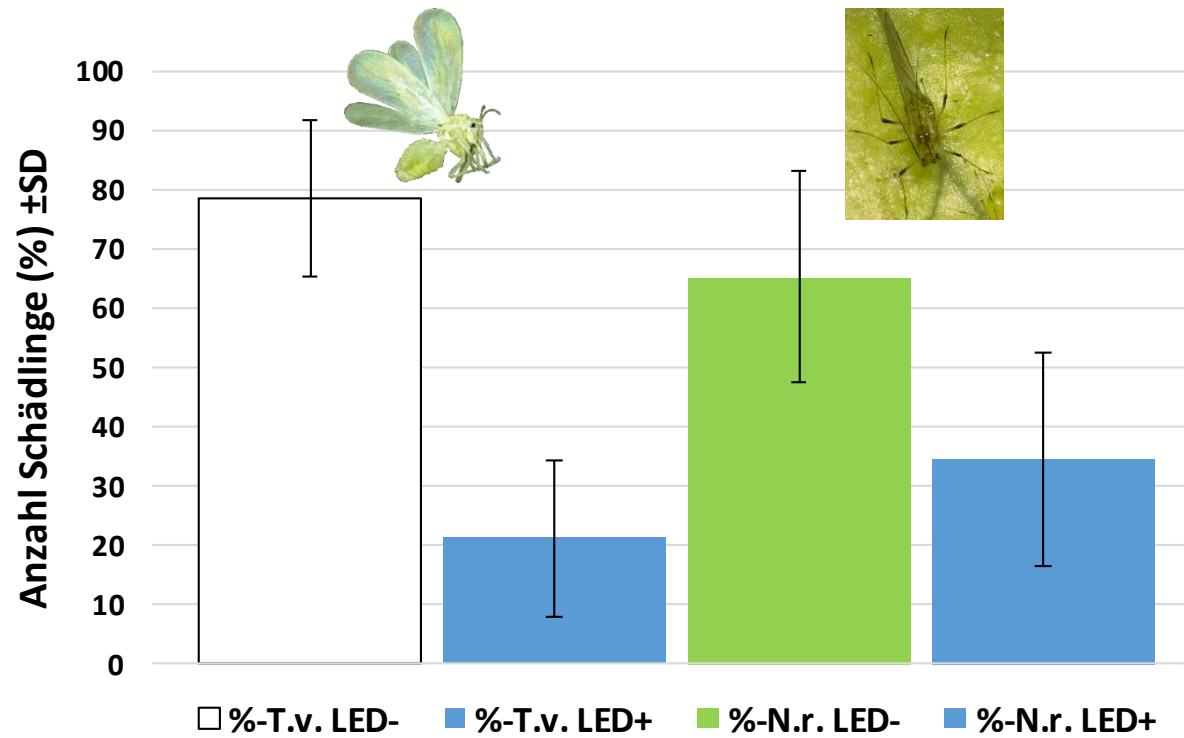
Vorrichtung und Verfahren zum Schutz von grünen Pflanzen vor herbivoren Insekten



Lichtbarriere gegen herbivore Insekten



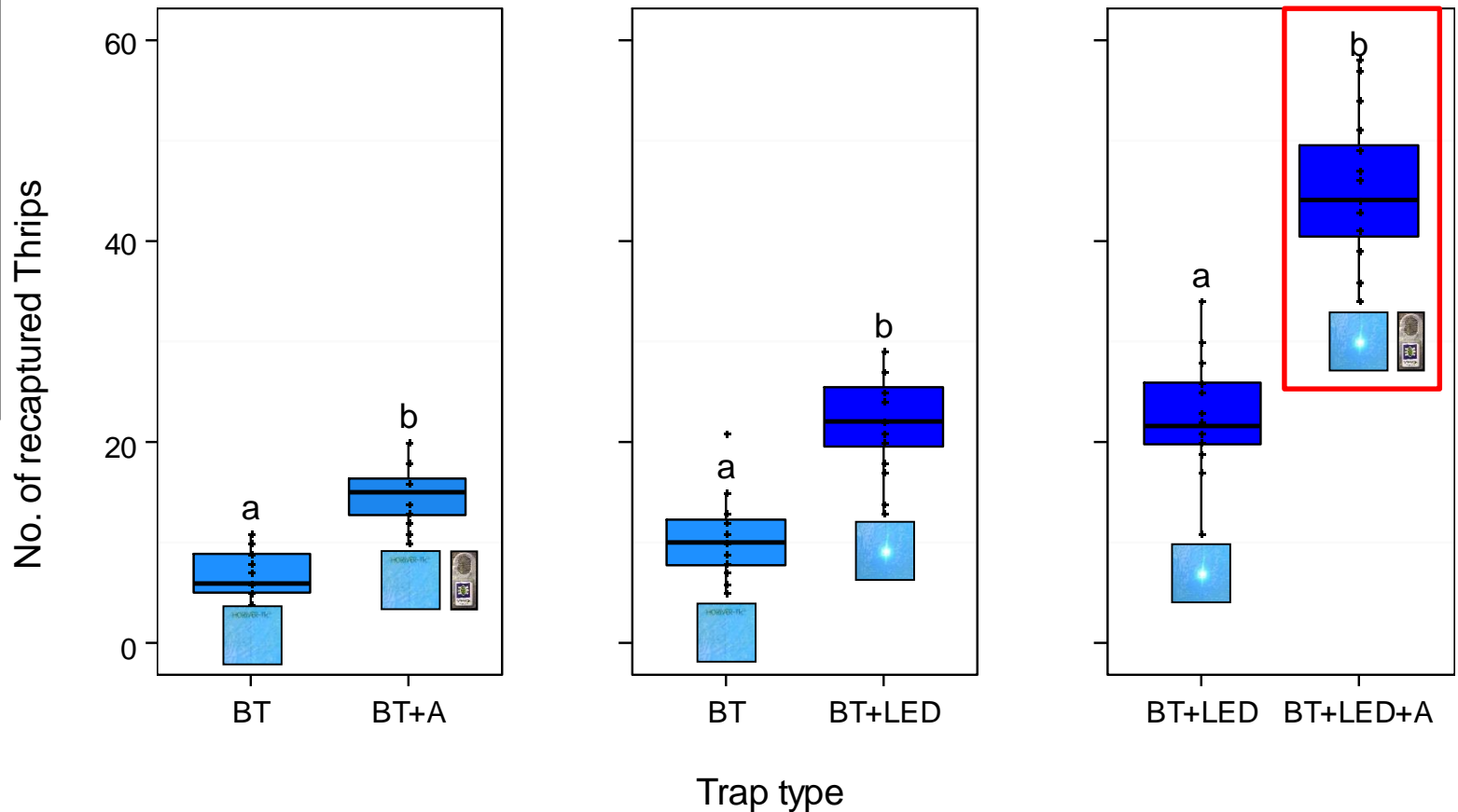
Lichtbarriere gegen herbivore Insekten



LED verstärkte Blautafeln + Lockstoff

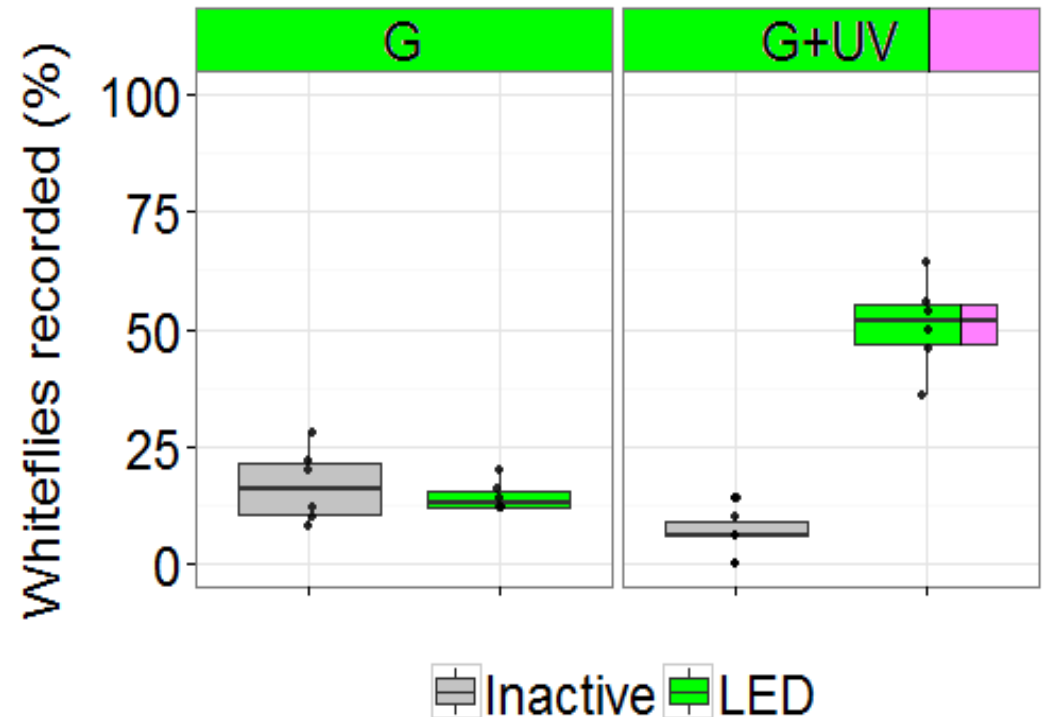
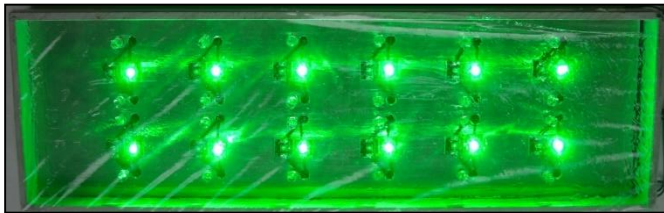
Verbesserte Anlockung des Kalifornischen Blüenthrips

(*Frankliniella occidentalis*)






Kombination von grünen und UV LEDs: Modifikation der Attraktivität durch Initiierung der Flugaktivität

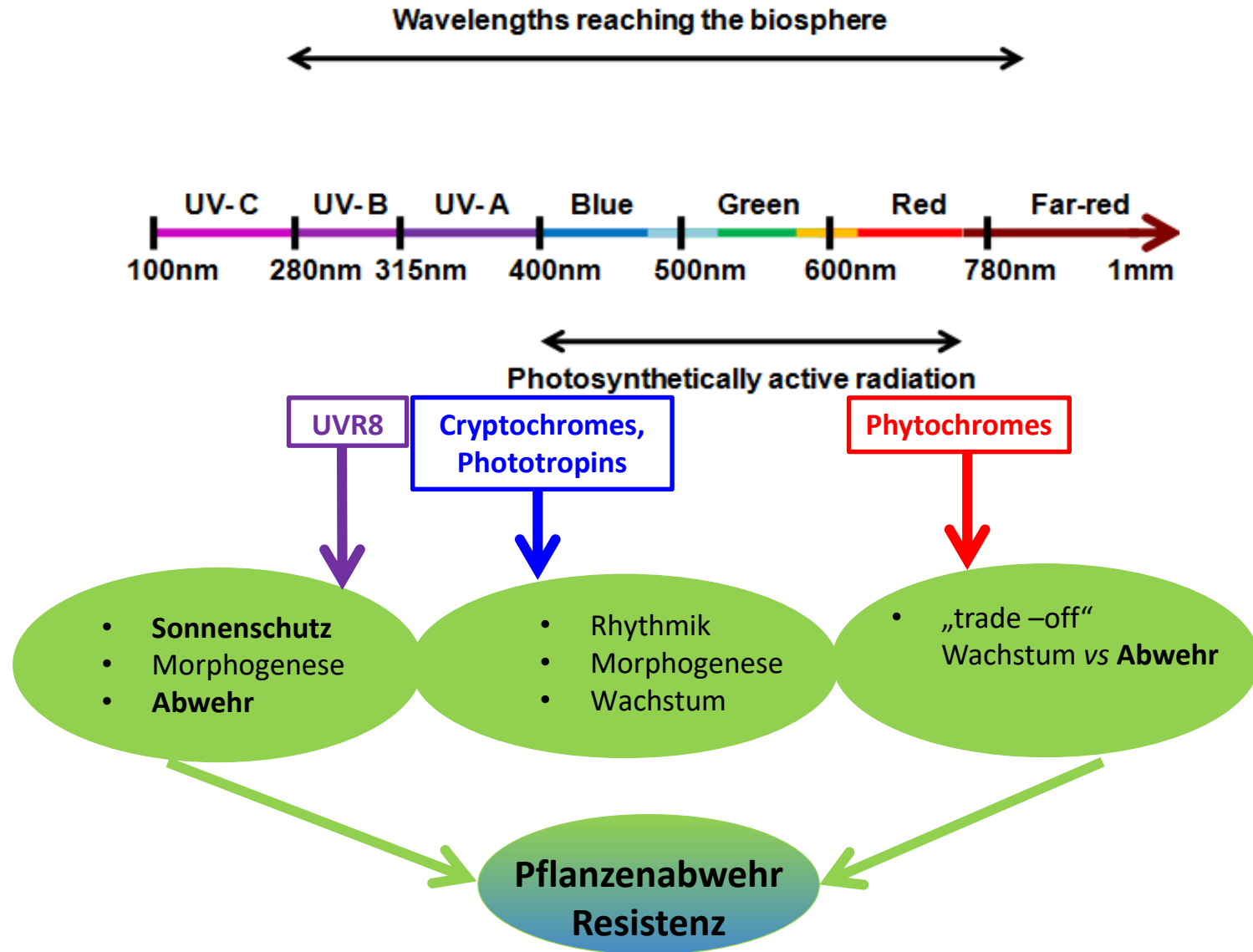
Nachtexperiment (no-choice) mit *T. vaporariorum*



Schlussfolgerung und Ausblick

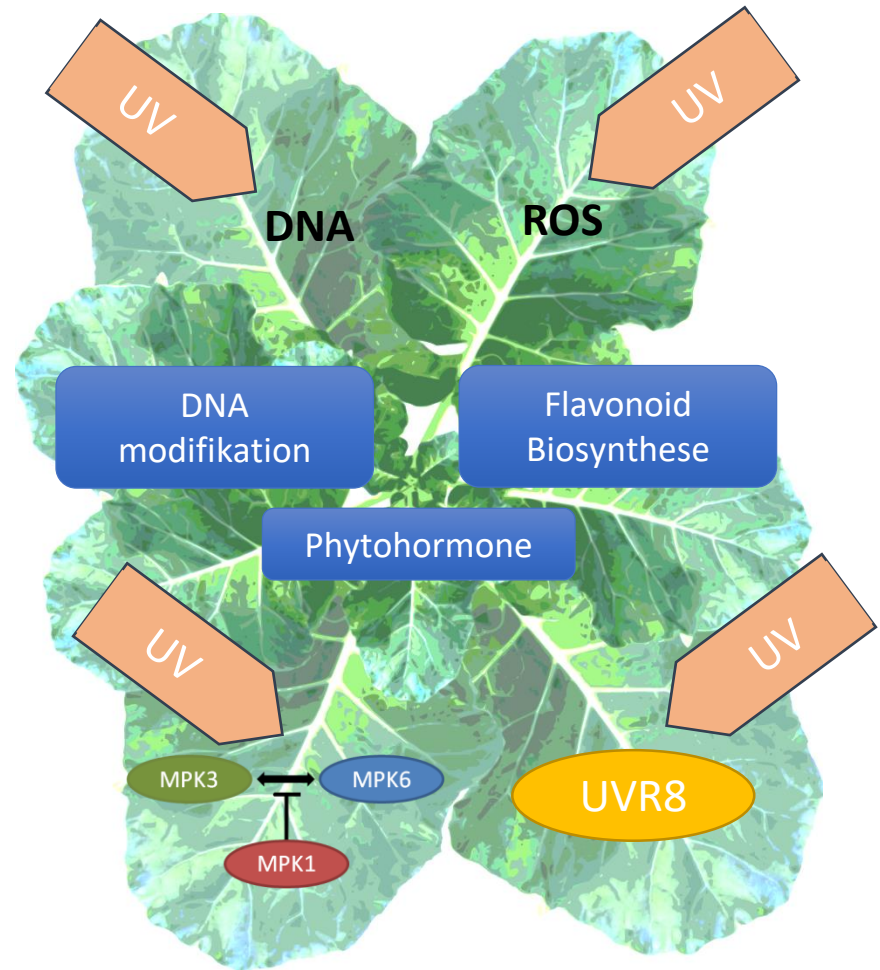
- LED verstärkte Fallen sind hochattraktiv → effizienteres Monitoring möglich 
- Direkte Bekämpfung evtl. möglich wenn Methoden (Anlockung & Repellenz) kombiniert werden (Push & Pull) 
- Flugaktivität ist entscheidend (Anlockung & Repellenz) → Entwicklung von Methoden zur Steigerung der Flugaktivität 
- Grundlagenforschung zum Flug- und Dispersionsverhalten notwendig
- Systeme müssen unter realen Anbaubedingungen evaluiert werden
- Zuverlässige automatische Bildverarbeitung muss entwickelt werden
- Relationen zwischen der Fallenanzahl, gefangenen Individuen und der Populationsdichte müssen etabliert werden → Entscheidungshilfe (Böckmann et al. 2015)
- Einbettung der Methoden in Robotik und Automatisierung notwendig

Indirekte Lichteffekte – Induzierte Resistenz



Effekte von UV-Strahlung auf Pflanzen

- **Photorezeptor (UVR8)**
 - Wellenlängenbereich 280-315 nm
 - Leitet die pflanzliche Stressantwort ein
- **ROS**
 - Direkt toxisch
 - Leitet die pflanzliche Stressantwort ein
- **Indirekte Effekte**
 - DNA Modifikation
 - Flavonoid Biosynthese
 - Phytohormone
 - Salicylsäure
 - Jasmonsäure



(Grafik: M. Rakoski)

Lichtqualitäten für die Pflanzenbeleuchtung



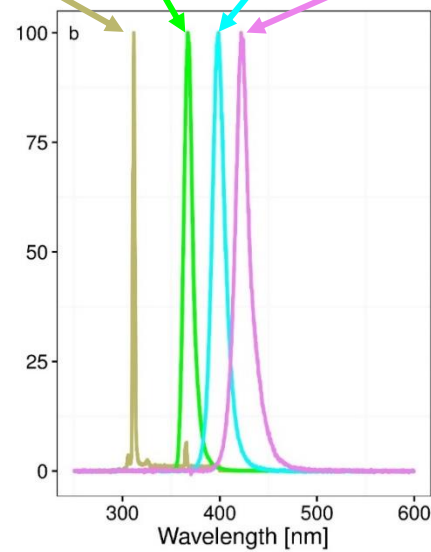
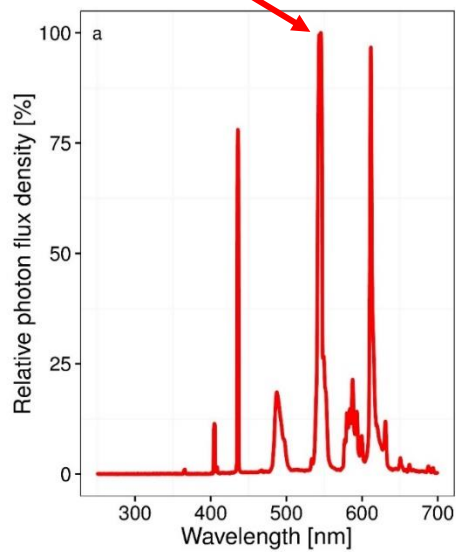
Kontrolle

UV-B: 310 nm

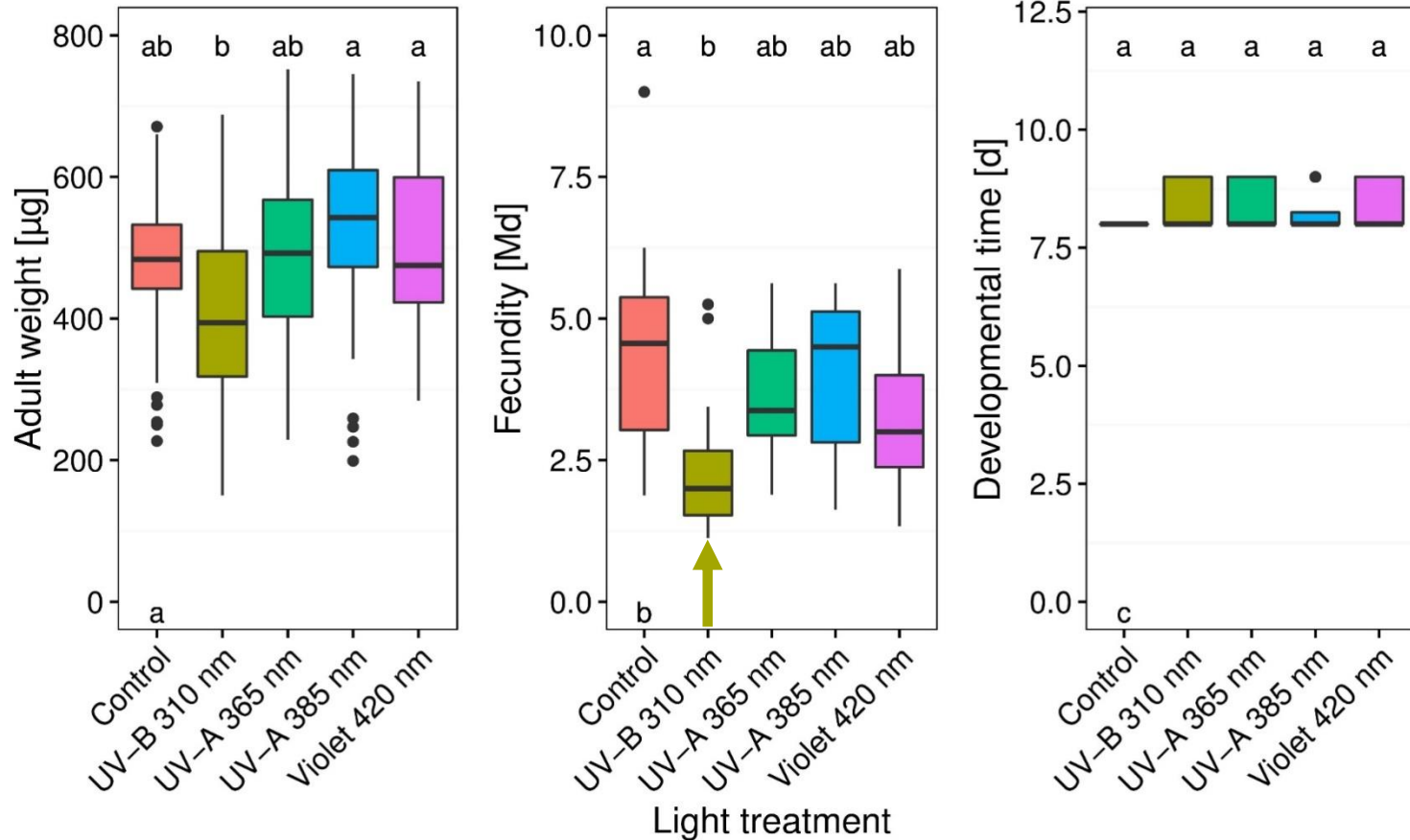
UV-A: 365 nm

UV-A: 385 nm

Violet: 420 nm

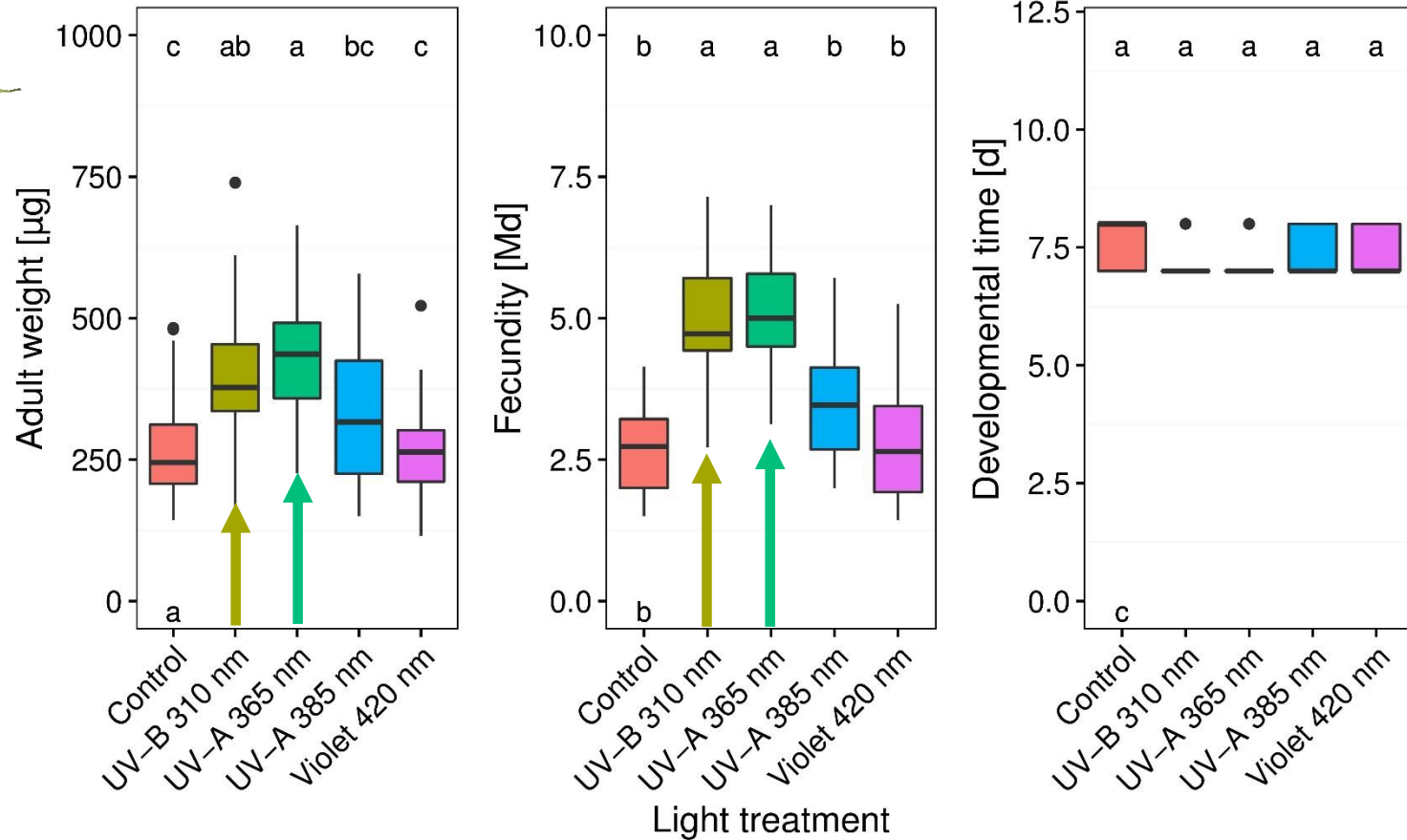


Einfluss von unterschiedlichen Lichtqualitäten auf *Brevicoryne brassicae*



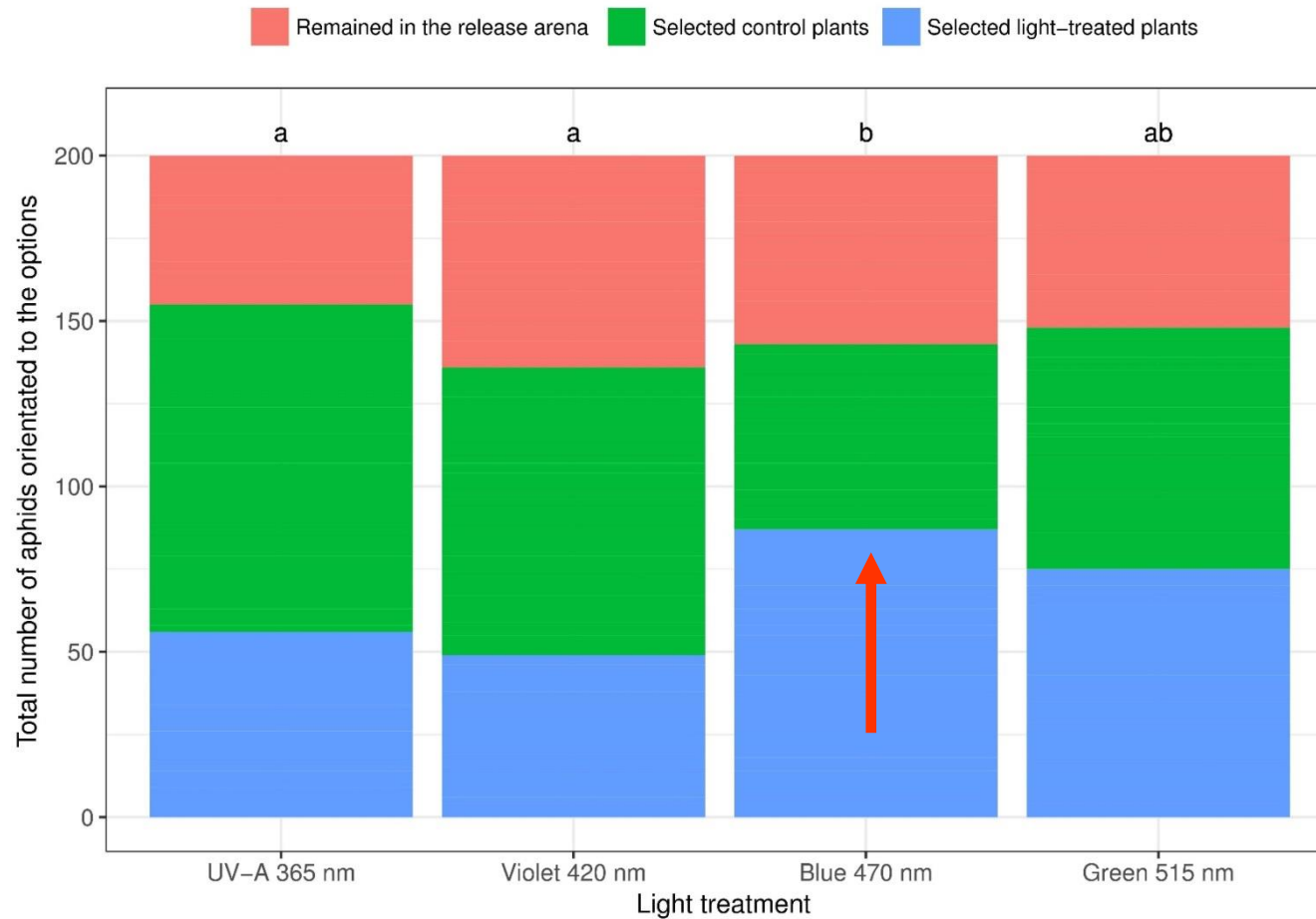
(GLM (a), GLMM (b, c) and Tukey post hoc tests at $P < 0.05$; $N = 8$ biological replicates)

Einfluss von unterschiedlichen Lichtqualitäten auf *Myzus persicae*



(GLM (a), GLMM (b, c) and Tukey post hoc tests at $P < 0.05$; $N = 8$ biological replicates)

Einfluss von unterschiedlichen Lichtqualitäten auf die Wirtspflanzenwahl von Blattläusen

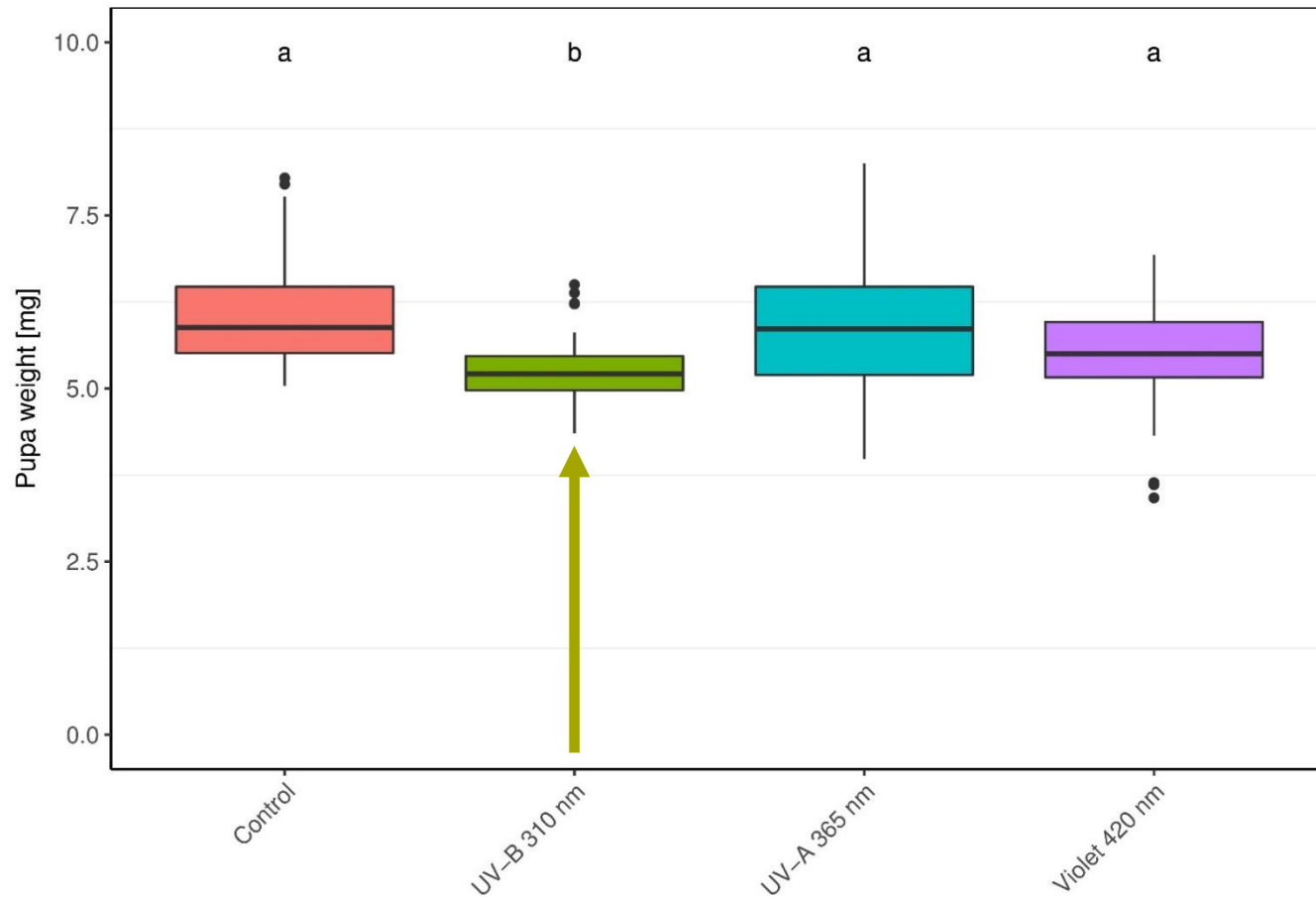


Wirtspflanzenwahl-arena



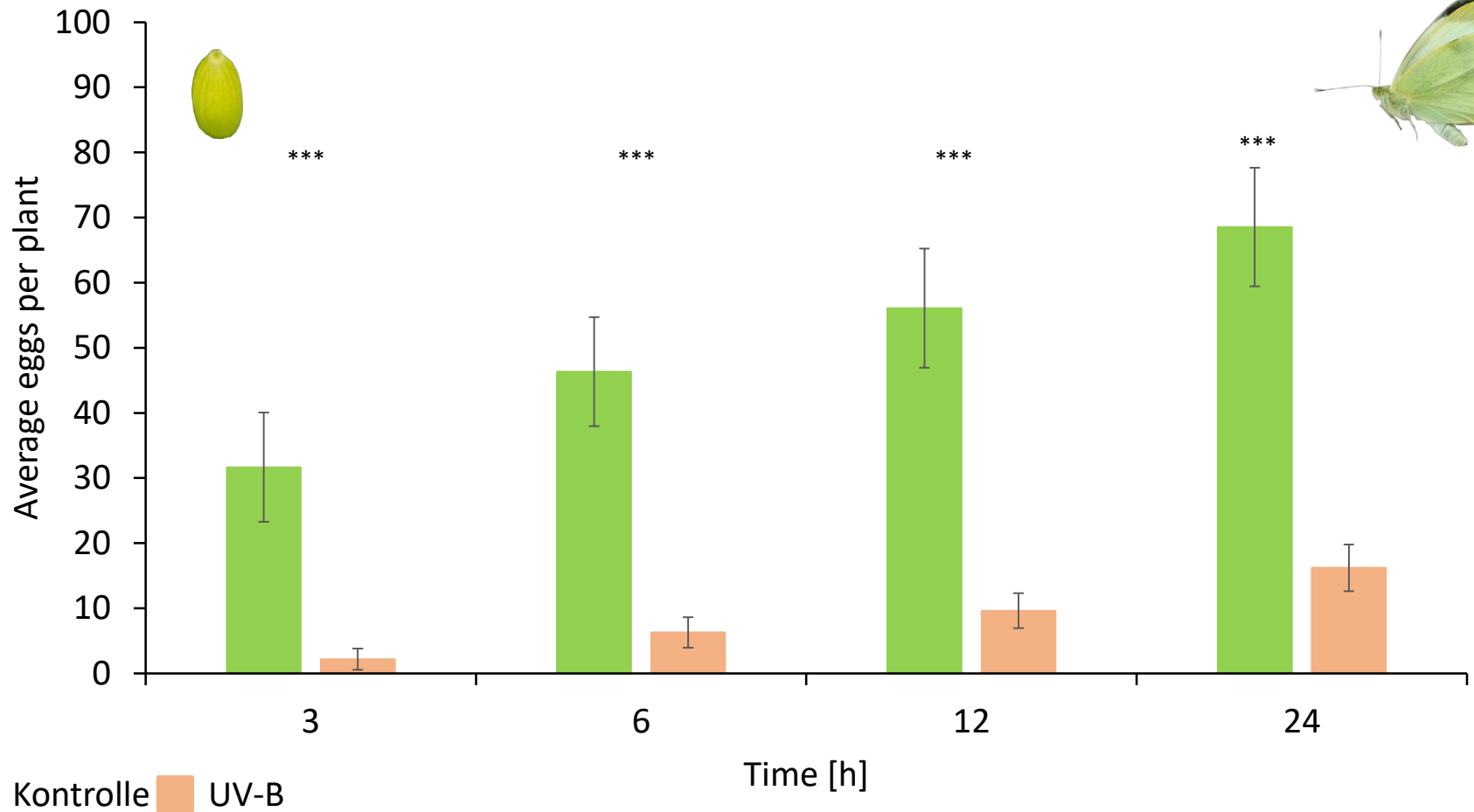
(GLM with quasibinomial distribution and pair-wise comparison of different light treatments, $P < 0.01$; $N = 20$ biological replicates)

Einfluss von unterschiedlichen Lichtqualitäten auf *Plutella xylostella*



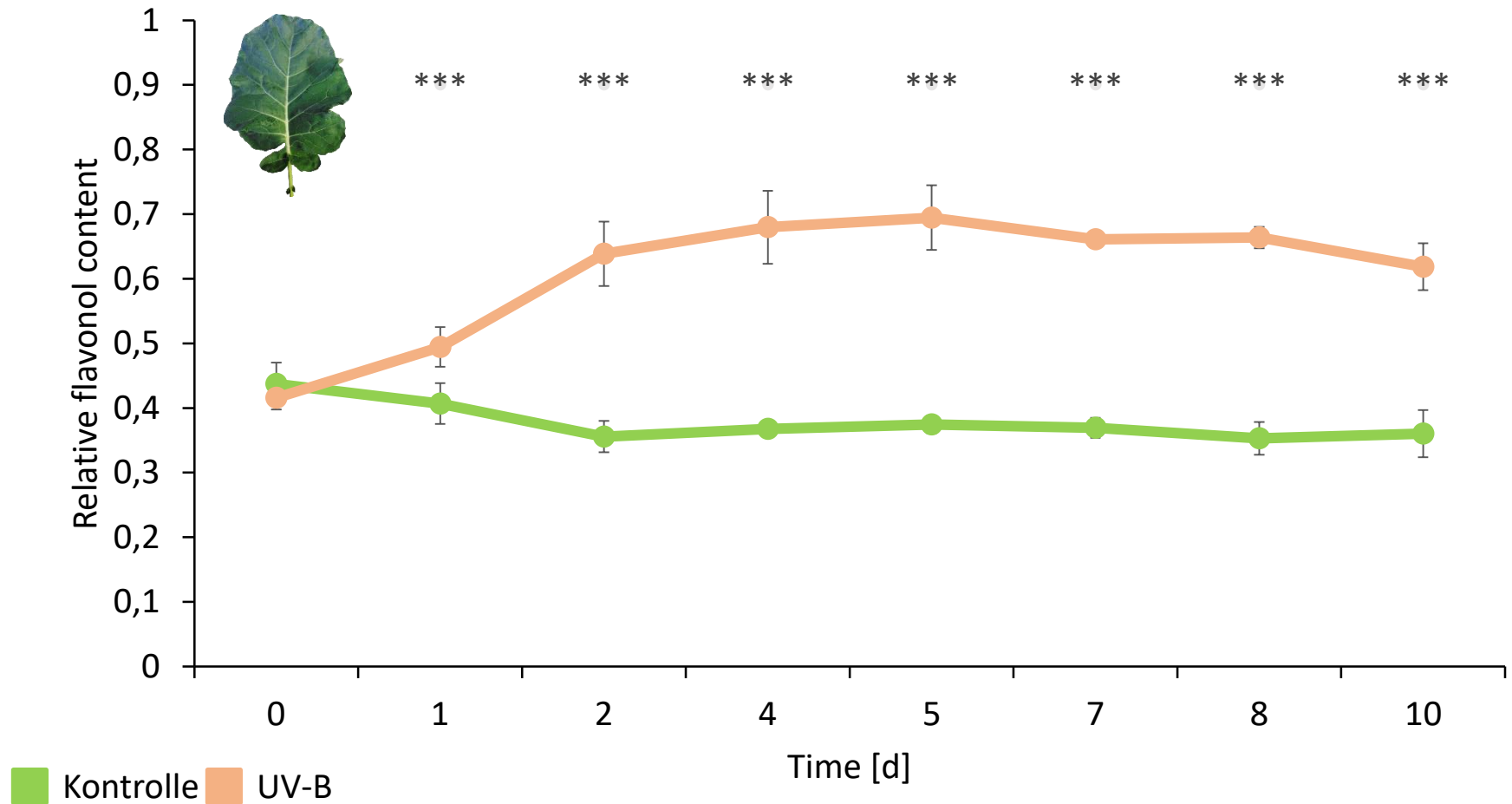
(GLMM and Tukey post hoc tests at $P < 0.001$; $N = 8$ biological replicates)

Einfluss von UV-B Strahlung auf das Eiablageverhalten von *Pieris brassicae*



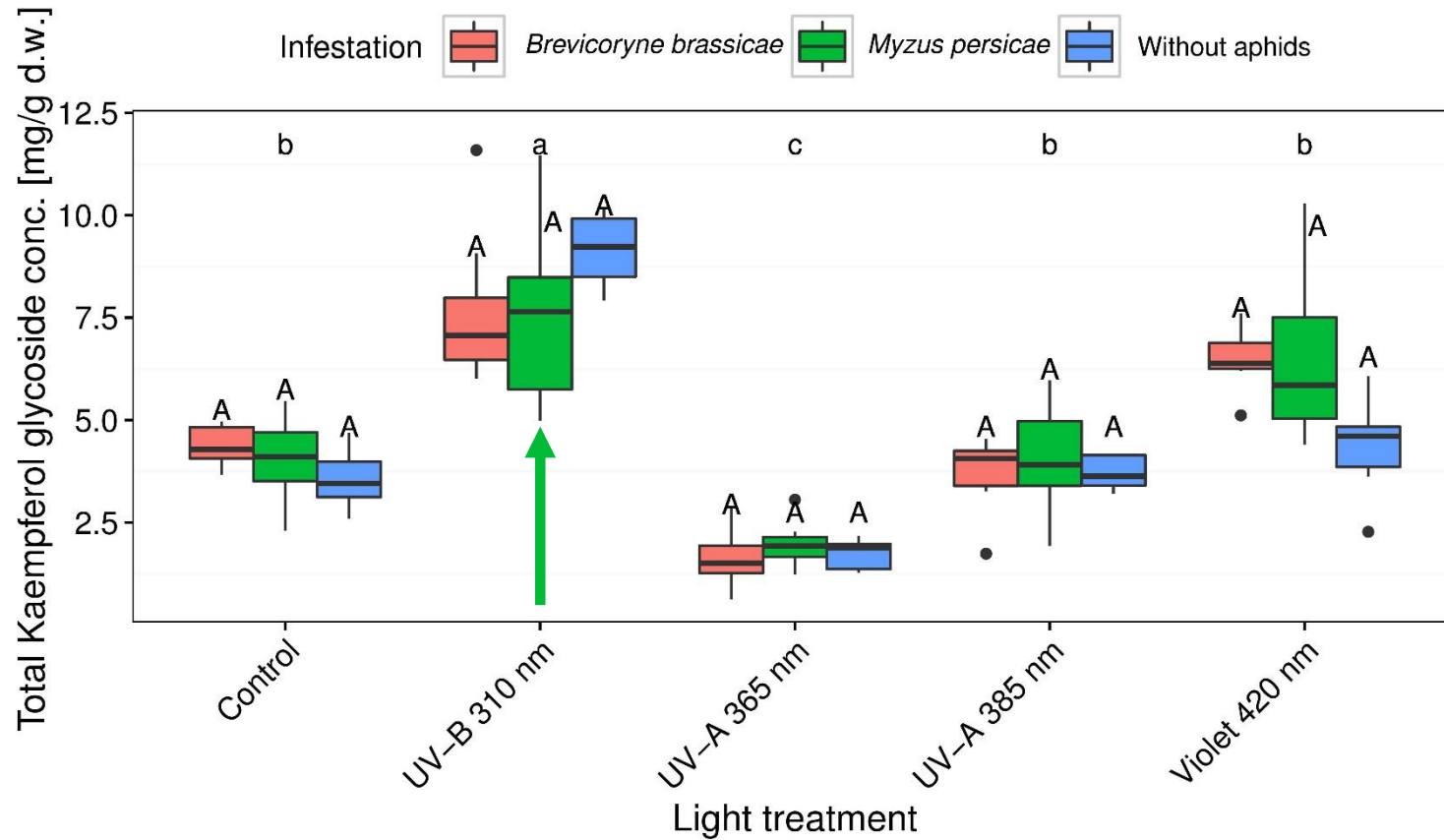
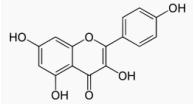
(GLM with quasibinomial distribution, $P < 0.01$; $N = 24$ biological replicates)

Einfluss von UV-B Strahlung auf die Flavonolkonzentration



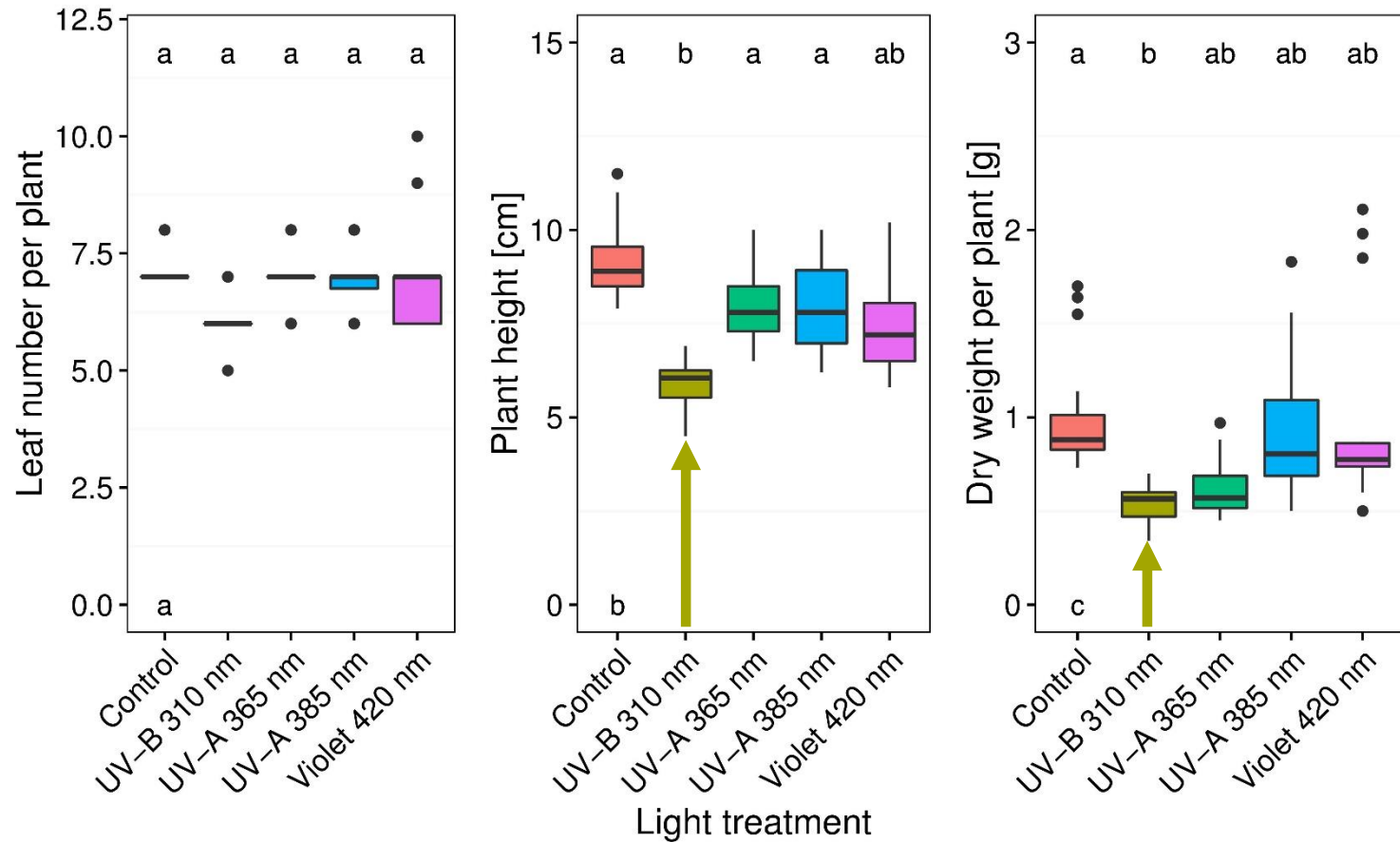
(GLMM and Tukey post hoc tests at $P < 0.001$; $N = 10$ biological replicates)

Einfluss von unterschiedlichen Lichtqualitäten auf Kaempferolglycoside



(GLMM and Tukey post hoc tests at $P < 0.001$; $N = 8$ biological replicates)

Einfluss von unterschiedlichen Lichtqualitäten auf Brokkoli Wachstum



(GLM (a), GLMM (b, c) and Tukey post hoc tests at $P < 0.05$; $N = 16$ biological replicates)

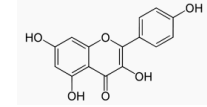
Überblick von indirekten UV induzierten Effekten auf herbivore Insekten

Studie	Wellenlänge	Familie	Schädlingsart	Wirtspflanze	Wirkort	Effekt für uns
Dáder et al. 2014	Solar UV-B	Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i>	Aubergine	Fruchtbarkeit, Populationswachstum	positiv
Kuhlmann & Müller 2009	Solar UV-B	Aphididae	<i>Brevicoryne brassicae</i>	Brokkoli	Populationswachstum	positiv
Kuhlmann & Müller 2010	Solar UV-B	Aphididae	<i>Myzus persicae</i>	Brokkoli	Populationswachstum	neutral
Dáder et al. 2014	Solar UV-B	Aphididae	<i>Myzus persicae</i>	Paprika	Fruchtbarkeit	negativ
Rechner et al. 2016	310 nm	Aphididae	<i>Myzus persicae</i>	Brokkoli	Adultgewicht, Fruchtbarkeit	negativ
Rechner et al. 2016	365 nm	Aphididae	<i>Myzus persicae</i>	Brokkoli	Adultgewicht, Fruchtbarkeit	negativ
Acharya et al. 2016	365 nm	Aphididae	<i>Brevicoryne brassicae</i>	Rosenkohl	Adultgewicht, Fruchtbarkeit	positiv
Rechner et al. 2016	310 nm	Aphididae	<i>Brevicoryne brassicae</i>	Brokkoli	Fruchtbarkeit	positiv
Rechner 2017	310 nm	Noctuidae	<i>Helicoverpa armigera</i>	Brokkoli	Larvenperformance, Puppengewicht	neutral
Rechner 2017	310 nm	Noctuidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Brokkoli	Larvenperformance, Puppengewicht	neutral
Zavala et al. 2001	Solar UV-B	Noctuidae	<i>Anticarsia gemmatilis</i>	Sojabohne	Konsumierte Blattfläche	positiv
Zavala et al. 2015	Solar UV-B	Pentatomidae	<i>Nezara viridula</i>	Sojabohne	Wirtspflanzenwahl	positiv
Zavala et al. 2015	Solar UV-B	Pentatomidae	<i>Piezodorus guildinii</i>	Sojabohne	Wirtspflanzenwahl	positiv
Rakoski et al. 2019 (in prep.)	310 nm	Pieridae	<i>Pieris brassicae</i>	Brokkoli	Eiablageverhalten, Larvenperformance	positiv
Rechner & Poehling 2014	300 nm	Plutellidae	<i>Plutella xylostella</i>	Brokkoli	Puppengewicht	positiv
Caputo et al. 2006	300 nm	Plutellidae	<i>Plutella xylostella</i>	Arabidopsis	Konsumierte Blattfläche, Eiablageverhalten	positiv



Diskussion

- UV-B und UV-A Strahlung sind effektiv um den sekundären Stoffwechsel der Pflanze zu verändern



- Pflanzenbeleuchtung mit UV-B kann die Resistenz gegen spezialisierte Insekten erhöhen



- Indirekte Effekte waren systemisch und hatten für mindestens 30 Tage Bestand



- Generalisierte Insekten zeigten neutrale oder positive Reaktionen



- Pflanzenwachstum war mit steigender UV-B Strahlung vermindert



Weiterführende Studien

- Entwicklung von praktikablen Lichtszenarien (Qualität und Quantität) welche das Pflanzenwachstum erhöhen und die Resistenz steigern
- Pflanzen und Insektenart spezifische Forschung im Unterglasanbau
- Von Einzelpflanzenebene auf Bestandesebene expandieren
- Phytopathogene Pilze, Viren und Bakterien sollten berücksichtigt werden

Vielen Dank!

Mitwirkende:

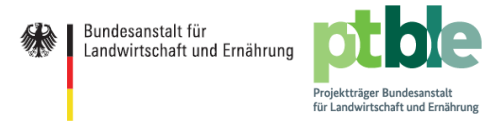
Prof. Dr. Hans-Michael Poehling
 Dr. Niklas Stukenberg
 Dr. Ole Rechner
 Mirko Rakoski
 Jan-Uwe Niemann
 Prof. Dr. Thomas Rath
 Dr. Johannes Bialon
 Oliver Korzeng
 Klaus Kuttig
 Werner Hock
 Dr. Jacinter Otieno
 PD Dr. Rainer Meyhöfer
 Jeewan Acharya
 Syliver Habumugisha
 Sasa Wu
 Florian Wulf
 Steffen Holtz
 Miguel Zehntner
 Jessica Weller
 Niklas Ahrens
 Markus Pietruska
 Axel Waldherr
 Prof. Dr. Thomas Döring

Unterstützung:

IPP Gärtner
 IPP Technisches Personal
 BGT Werkstattpersonal

Kooperationspartner:

W. Neudorff GmbH (Dr. Andreas Prokop, Klaus Kuttig)
 IGZ Großbeeren/Erfurt (Prof. Dr. Monika Schreiner, Prof. Dr. Susanne Neugart)



Literaturverzeichnis

Teil 1:

- Böckmann, E., Hommes, M., Meyhöfer, R. (2015). Yellow traps reloaded. What is the benefit for decision making in practice? *J. Pest Sci.* 88, 439–449.
- Niemann, J.-U., Rakoski, M., Poehling, H.-M. (2019). Manipulation des Landeverhaltens von *Trialeurodes vaporariorum* und *Nasonovia ribisnigri* mit engbandigen LEDs. Entomology Congress 2019, March 11-14, 2019, Halle (Saale), Germany.
- Otieno, J. A., Stukenberg, N., Weller, J., Poehling, H.-M. (2018). Efficacy of LED-enhanced blue sticky traps combined with the synthetic lure Lurem-TR for trapping of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*). *J. Pest Sci.* 91, 1301–1314
- Rakoski, M., Stukenberg, N. (2019). Deutsche Patenanmeldung: DE10 2018 208 424.6. Vorrichtung und Verfahren zum Schutz von grünen Pflanzen vor herbivoren Insekten. Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
- Stukenberg, N., Gebauer, K., Poehling, H.-M. (2015). Light emitting diode(LED)-based trapping of the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). *J. Appl. Entomol.* 139, 268–279.
- Stukenberg N., Bialon J., Korzeng O., Poehling, H.-M. (2016). Abschlussbericht BLE-Projekt: Entwicklung von selbstadaptierenden LED-Fallen für den Unterglasanbau. Förderkennzeichen: 2815411110
- Stukenberg N. (2018). LED based trapping of whiteflies and fungus gnats: From visual ecology to application. Dissertation. Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. <https://doi.org/10.15488/4144>
- Stukenberg, N., Poehling, H.-M. (2018). Blue-green opponency and trichromatic vision in the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). *BioRxiv - The preprint server for Biology*. <https://doi.org/10.1101/341610>
- Stukenberg, N., Ahrens, N., Poehling, H.-M. (2018). Visual orientation of the black fungus gnat, *Bradysia difformis*, explored using LEDs. *Entomol. Exp. Appl.* 166, 113–123.
- Stukenberg, N., Meyhöfer, R. (2019). Blue-green opponency in the cabbage whitefly (*Aleyrodes proletella*) explored using LEDs. Entomology Congress 2019, March 11-14, 2019, Halle (Saale), Germany.

Teil 2:

- Acharya, J., Rechner, O., Neugart, S., Schreiner, M., Poehling, H.-M. (2016): Effects of light-emitting diode treatments on *Brevicoryne brassicae* performance mediated by secondary metabolites in Brussels sprouts. *Journal of Plant Diseases and Protection* 123, 321–330. DOI 10.1007/s41348-016-0029-9
- Ballare, C.L. (2014) Light regulation of plant defense. *Annual Review of Plant Biology* 65, 335–363.
- Caputo C., Rutitzky M., Ballare C.L. (2006): Solar ultraviolet-B radiation alters the attractiveness of Arabidopsis plants to diamondback moths (*Plutella xylostella* L.): impacts on oviposition and involvement of the jasmonic acid pathway. *Oecologia* 149, 81–90.
- Christie, J.M. (2007): Phototropin blue light receptors. *Annual Review of Plant Biology* 58, 21-45.
- Christie, J.M., Arvai, A.S., Baxter, K.J., Heilmann, M., Pratt, A.J., O'Hara, A., Kelly, S.M., Hothorn, M., Smith, B.O., Hitomi, K., Jenkins, G.I., Getzoff, E.D. (2012): Plant UVR8 Photoreceptor Senses UV-B by Tryptophan Mediated Disruption of Cross-Dimer Salt Bridges. *Science* 335, 1492-1496.
- Dader, B., Gwynn-Jones, D., Moreno, A., Winters, A., Fereres, A. (2014): Impact of UVA radiation on the performance of aphids and whiteflies and on the leaf chemistry of their host plants. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 138, 307-316.
- Diffey, B. L. (2002): Sources and measurement of ultraviolet radiation. *Methods* 28, 4-13.
- Izaguirre, M.M., Mazza, C.A., Svatos, A., Baldwin, I.T., Ballare, C.L. (2007): Solar ultraviolet-B radiation and insect herbivory trigger partially overlapping phenolic responses in *Nicotiana attenuata* and *Nicotiana longiflora*. *Annals of Botany* 99, 103-109.
- Izaguirre, M.M., Scopel, A.L., Baldwin, I.T., Ballare, C.L. (2003): Convergent responses to stress. Solar ultraviolet-B radiation and *Manduca sexta* herbivory elicit overlapping transcriptional responses in field-grown plants of *Nicotiana longiflora*. *Plant Physiology* 132, 1755-1767.
- Kuhlmann F., Müller C. (2009): Development-dependent effects of UV radiation exposure on broccoli plants and interactions with herbivorous insects. *Environmental and Experimental Botany* 66, 61–68.
- Kuhlmann, F., Müller, C. (2010): UV-B impact on aphid performance mediated by plant quality and plant changes induced by aphids. *Plant Biology*, 12, 676-684.
- Kuhlmann, F., Müller, C. (2011): Impacts of Ultraviolet Radiation on Interaction Between Plants and Herbivorous Insects: A Chemo-Ecological Perspective. In. *Progress in Botany*, 305-347.
- Mewis, I., Schreiner, M., Nguyen, C.N., Krumbain, A., Ulrichs, C., Lohse, M., Zrenner, R. (2012): UV-B Irradiation Changes Specifically the Secondary Metabolite Profile in Broccoli Sprouts: Induced Signaling Overlaps with Defense Response to Biotic Stressors. *Plant and Cell Physiology* 53, 1546-1560.
- Olle, M., Virsile, A. (2012): The effects of light-emitting diodes lighting on greenhouse plants growth and quality. *Agricultural and Food science* 22, 223-234.
- Rakoski et al. 2019 (in preparation)-Light-Induced Resistance: Additional UV-B Radiation Changes The Host Plant Attractiveness to *Pieris brassicae*.
- Rechner, O., Poehling, H.-M. (2014): UV exposure induces resistance against herbivorous insects in broccoli. *Journal of Plant Diseases and Protection* 121 (3), 125-132. DOI 10.1007/BF03356500
- Rechner, O., Neugart, S., Schreiner, M., Wu, S., Poehling, H.-M. (2016): Different Narrow-band Light Ranges Alter Plant Secondary Metabolism And Plant Defense Response To Aphids. *Journal of Chemical Ecology* 42(10), 989–1003. DOI 10.1007/s10886-016-0755-2
- Rechner O., Neugart S., Schreiner M., Wu S., Poehling H.-M. (2017): Can narrow-bandwidth light from UV-A to green alter secondary plant metabolism and increase *Brassica* plant defenses against aphids? *PLoS ONE* 12(11): e0188522. DOI 10.1371/journal.pone.0188522
- Rechner O. (2017): Increasing Plant Defense Mechanisms against Herbivorous Insects by Tailored Narrow-Bandwidth Supplementary Light. Dissertation, Leibniz Universität Hannover.
- Schreiner, M., Mewis I., Huyskens-Keil, S., Jansen, M.A.K., Zrenner, R., Winkler, J.B., O'Brien, N., Krumbain, A. (2012): UV-B-Induced Secondary Plant Metabolites - Potential Benefits for Plant and Human Health. *Critical Reviews in Plant Sciences* 31, 229-240.
- Zavala J.A., Mazza C.A., Dillon F.M., Chludil H.D., Ballare C.L. (2015): Soybean resistance to stink bugs (*Nezara viridula* and *Piezodorus guildinii*) increases with exposure to solar UV-B radiation and correlates with isoflavonoid content in pods under field conditions. *Plant, Cell and Environment* 38, 920–928.
- Zavala J.A., Scopel A.L., Ballare C.L. (2001): Effects of ambient UV-B radiation on soybean crops: Impact on leaf herbivory by *Anticarsia gemmatilis*. *Plant Ecology* 156, 121–130.