

Sachbericht

zum Vorhaben

**Aufschrecken, Anlocken, Kartieren und selektives Bekämpfen von Schadinsekten
mittels mobiler LED-Laser-Kombifalle (LichtFalle) - Teilprojekt 3**

Zuwendungsempfänger:	DH Licht GmbH
Förderkennzeichen:	2818511C18
Projektlaufzeit:	21.02.2020-29.02.2024
Projektleiter und -koordinator:	Dr. Oliver S. Dörr

Inhalt

1.	Kurzdarstellung.....	3
1.1	Aufgabenstellung	3
1.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde.....	4
1.3	Planung und Ablauf des Vorhabens.....	5
1.4	Kurzfassung der Ergebnisse	6
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	6
2	Eingehende Darstellung.....	7
2.1	Verwendung der Zuwendung und wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises & Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	7
2.2	Erzielte Ergebnisse mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele	8
2.2.1	AP 1: Konstruktion von spektral-, intensitäts- und circadian-variablen LED-Leuchttafeln.....	8
2.2.2	AP4: Laserbasierte Bekämpfung von Schadinsekten auf der LED-Lichtfläche	13
2.2.3	AP 5: Bewertung der LED-Laser-Kombifalle im Praxisbetrieb	13
2.2.4	AP 6: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	14
2.2.5	Projekterweiterung Weiterentwicklung des Verbundvorhabens im Rahmen der Förderung von Projekten zum Vertical Farming (VF).....	14
2.3	Des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans	15
2.4	Des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	16
2.5	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen.....	16

1. Kurzdarstellung

1.1 Aufgabenstellung

Die Orientierung von herbivoren Schadinsekten ist gesteuert durch olfaktorische und visuelle Reize. Während der Geruchssinn eine Fernwirkung hat, nutzen die Schadinsekten, bspw. Weiße Fliege (*T. vaporariorum*) oder Trauermücken (*Sciaridae*), ihre Primitiv-Augen für die nähere Zielfindung. Beide Navigationssysteme sind komplex überlagert und steuern das Individualverhalten in Abhängigkeit weiterer ökologischer Faktoren. Das einfache Sehen der Insekten mithilfe eines nachgewiesenen tri- bzw. pentachromatischen Systems stützt dabei Vorgänge, bspw. bei geflügelten Individuen, wie das Losfliegen zum Aufsuchen einer neuen Nahrungsquelle bzw. das Landen auf einer Zielpflanze zum Fressen oder zur Eiablage. Dies kann genutzt werden, um lokal Präferenzen zu stimulieren, somit die Schadinsekten gezielt anzulocken und diese dann gezielt zu bekämpfen.

Dazu werden in Gewächshaus-Pflanzenbeständen u.a. Gelbtafeln als Fallen eingesetzt, um Spektrum und Dimension von Schadinsekten zu indizieren und darauf aufbauend Pflanzenschutzmaßnahmen, wie die Applikation von biologischen oder chemischen Wirkstoffen oder den Einsatz von Nützlingen, einzuleiten. Die eingesetzten Klebetafeln setzen einen statischen Lichtreiz einerseits durch die Farbwahl (meistens gelb) und andererseits durch die Positionierung im Gewächshaus und damit ihre Orientierung zum Sonnenstand. Dadurch ist ihre Wirkung nahezu unidirektional, insbesondere in Zeiten mit flachem Sonnenstand: nur die beleuchtete Seite kann durch Reflexion in den Pflanzenbestand die Orientierung der Schadinsekten beeinflussen. Darüber hinaus werden durch die Klebetafeln auch Nutzlinge (bspw. Schlupfwespen) und gelegentlich Bestäuber (bspw. Schmetterlinge) angelockt, die bei Kontakt ebenso gefangen werden. Weiterhin werden Leime verwendet, die zwar ohne Insektizide wirken, aber dennoch eine chemische Ressource darstellen. Auch werden die verwendeten Tafeln nach und nach mit gefangenen Insekten, mit Schmutzpartikeln und mit Pflanzenteilen bedeckt und verlieren so ihre anlockende Wirkung. Entsprechend ist das manuelle Aufstellen und Austauschen von Tafeln bzw. Bändern zeitintensiv. Die Nutzung der Tafeln zum Monitoring des auftretenden Schadinsekten-Befalls erfordert regelmäßige Kontrollen und entsprechende Fachkenntnisse für die Einleitung angepasster Pflanzenschutzmaßnahmen.

Aufgabe des Vorhabens war es, mobile Systeme in verschiedenen Größen zu entwickeln, während der Flugzeiten gezielt Reize zum Auffliegen zu setzen, über LED-Technik eine spektral-, intensitäts- und circadian-variable Lichtfläche zu erzeugen, dadurch geflügelte Schadinsekten anzulocken, diese auf der Lichtfläche zu bestimmen und zu kartieren sowie mittels Lasertechnik zu bekämpfen. Basierend auf Forschungsergebnissen, u.a. seitens der Leibniz Universität Hannover, sind geeignete Farben und Intensitäten sowie die Kombination mit Gerüchen bekannt,

die das Flug- und Orientierungsverhalten beeinflussen. Die Unterscheidung von Insektenpezies ist mit bildgebenden Verfahren möglich, wodurch gleichzeitig ein Mapping von Ort und Zeitpunkt der Detektion verfolgt wird. Zur Bekämpfung der detektierten Schadinsekten wird ein Laserapplikationssystem entwickelt, das diese über einen Laserpuls selektiv bekämpft und Nicht-Ziel-Insekten schont. Die LED-Laser-Kombifalle wird auf einer zunächst ferngesteuerten später automatisch fahrenden Plattform aufgebaut und mit Maßnahmen zum Aufschrecken der Schadinsekten unterstützt, die in den Pflanzenbestand gerichtet sind.

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde

Im Bereich der Pflanzenproduktion ist es essenziell, Schädlingsbefall frühzeitig zu erkennen und gezielt zu bekämpfen, um nachhaltige und umweltfreundliche Methoden zu fördern. Traditionell werden farbige Leimtafeln zur Überwachung und Bekämpfung fliegender Schadinsekten eingesetzt, wobei ihre Effizienz durch den Einsatz von Semiochemikalien erhöht werden kann. Diese Tafeln locken Insekten durch visuelle und olfaktorische Reize an.

Seit etwa 15 Jahren gewinnt die Weiterentwicklung von Lichtfallen durch den Einsatz kostengünstiger und spektral variabler LED-Technologie an Bedeutung. Untersuchungen haben gezeigt, dass schmalbandige LEDs das Anlockverhalten von Schadinsekten wie der Gewächshaus-Weißen-Fliege positiv beeinflussen können. Durch die Integration von LEDs in farbige Monitoringfallen konnte die Effizienz der Fänge erheblich gesteigert werden. Aufgrund der Fortschritte in der LED-Technologie wird erwartet, dass klassische Gelbtafeln zukünftig durch effizientere LED-basierte Lockfallen ersetzt werden können.

Die Kombination von Lichtfallen mit Duftstoffen kann die Effizienz weiter erhöhen. Verschiedene Untersuchungen belegen, dass die Zugabe von thripsspezifischen Lockstoffen die Attraktivität farbiger Tafeln um ein Vielfaches steigern kann. Zudem könnte der Einsatz von gerichteten Druckluftimpulsen zur Beeinflussung des Insektenverhaltens beitragen, ohne dabei die Pflanzen zu schädigen.

Ein bedeutender Nachteil herkömmlicher Leimtafeln ist ihre mangelnde Selektivität und die notwendige regelmäßige Entsorgung. Alternativ wird die Lasertechnologie erforscht, die eine präzise und selektive Bekämpfung von Schadinsekten ermöglicht, ohne Pflanzen zu schädigen. Moderne Videobildverarbeitungs- und Trackingverfahren bieten zusätzlich das Potenzial für eine automatisierte und dynamische Überwachung der Insektenpopulationen.

Insgesamt zeigen die aktuellen Forschungsarbeiten und technologischen Entwicklungen, dass der Einsatz von LED-basierten Lichtfallen in Kombination mit Duftstoffen und moderner Bildverarbeitungstechnologie vielversprechende Zukunftsaussichten für die nachhaltige Schädlingsbekämpfung in der Pflanzenproduktion bietet.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Projekt Lichtfalle wurde mit den drei Projektpartnern Leibniz Universität Hannover (LUH), Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Götting KG & dem Laser Zentrum Hannover e. V. (LZH) erfolgreich durchgeführt.

Die DH Licht GmbH war im Wesentlichen für die Entwicklung der spektral regelbaren LED-Leuchttafel sowie der lichttechnischen Evaluierung verantwortlich.

Das Projekt wurde während der SARS-Cov-2 Pandemie durchgeführt. Dadurch kam es zu Behinderungen und Verzögerungen. Die Kontaktsperre führte auch dazu, dass viele Projekttreffen oder bilaterale Abstimmungen online durchgeführt wurden. Aufgrund Personalprobleme kam es bei einzelnen Arbeitspaketen zu Verzögerungen.

Das Projekt wurde zuerst für 36 Monate bewilligt und konnte kostenneutral verlängert werden. Anschließend wurde mit einem Aufstockungsantrag das Projekt bis zum 29.02.2024 erweitert, bei denen weitere Arbeitspakete bearbeitet wurden.

Die DH Licht GmbH war in drei Arbeitspaketen beteiligt. Darüber hinaus fanden Arbeiten seitens der DH Licht GmbH in Rahmen der Projekterweiterung im letzten Projektjahr statt:

- *AP 1: Konstruktion von spektral-, intensitäts- und circadian-variablen LED-Leuchttafeln*
- *AP 4: Laserbasierte Bekämpfung von Schadinsekten auf der LED-Lichtfläche*
- *AP 5: Bewertung der LED-Laser-Kombifalle im Praxisbetrieb*
- *AP 6: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung*

Projekterweiterung Weiterentwicklung des Verbundvorhabens Änderungsantrag im Rahmen der Förderung von Projekten zum Vertical Farming (VF)

- *VFAP1: Recherche*
- *VFAP2: Einfluss des Anbaus in Mehrlagenregalsystemen auf das Licht Falle System*

Die wesentlichen konstruktiven Arbeiten fanden in AP1 statt, bei denen die spektral regelbaren LED-Leuchttafeln entwickelt und konstruiert wurden.

Meilenstein M1: „Herstellung mind. einer 30 x 30 cm² großen LED- Lichtfalle mit mind. einem für ein Schadinsekt spezifischem Lichtregime“ konnte von Seiten der DH Licht GmbH planungsgemäß abgeschlossen werden.

Aufgrund personeller Probleme konnte die letzte der drei geplanten LED-Leuchttafeln erst Anfang 2023 gebaut werden.

Arbeiten seitens der DH Licht GmbH im Rahmen der Projekterweiterung zum Thema Vertikal Farming konnten planungsgemäß abgeschlossen werden. Hier fanden die wesentlichsten

Arbeiten seitens der DH Licht GmbH in VFAP2 statt, bei denen spektral regelbare LED-Pflanzenleuchten zur Simulation von verschiedenen Lichtrezepten konstruiert wurden.

1.4 Kurzfassung der Ergebnisse

Die DH Licht GmbH spielte eine zentrale Rolle bei der Entwicklung und Evaluierung eines innovativen Systems zur Schädlingsbekämpfung in Gewächshäusern. Ziel des Projekts war die Entwicklung einer spektral regelbaren LED-Leuchttafel, die gezielt Schadinsekten wie die Weiße Fliege (*T. vaporariorum*) anlocken sollte. Diese Insekten orientieren sich sowohl durch olfaktorische als auch visuelle Reize, wobei die LED-Technologie als Ersatz für klassische Gelbtafeln genutzt wurde, um ihre visuellen Orientierungssysteme zu beeinflussen und sie somit effektiv anzulocken. Bei dem Projekt war die Leibniz Universität Hannover (Evaluation der Schädlingsverhaltens), Laserzentrum Hannover (Bekämpfung der Schadinsekten mit Hilfe von Laserstrahlen) und die Firma Göttingen (Adaptation der Mobile Plattform) beteiligt.

Die DH Licht GmbH war verantwortlich für die lichttechnische Evaluierung und die Entwicklung der LED-Leuchttafel, die in ihrer spektralen Zusammensetzung flexibel ist. Diese Flexibilität ermöglichte es, die Tafeln an unterschiedliche Schadinsektenarten anzupassen und deren Flugverhalten gezielt zu steuern. Dies stellte eine innovative und nachhaltige Methode dar, um Schadinsekten zu detektieren, zu kartieren und schließlich zu bekämpfen. Die Lichtfalle wurde sowohl im Gewächshaus als auch in geschlossenen Mehrlagenkulturanlagen getestet. Es wurde eine höhere Wirkungsweise gegenüber klassischen Gelbtafeln nachgewiesen.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Seitens der DH Licht GmbH gab es außerhalb des Lichtfallen Konsortiums keine direkte Zusammenarbeit.

2 Eingehende Darstellung

2.1 Verwendung der Zuwendung und wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises & Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Personalkosten:

Zur Realisierung der geleisteten Arbeitspakete waren Personalkosten notwendig. Im dem Projektvorhaben wurden vier Personen miteingebunden.

Ein wissenschaftlicher Mitarbeiter hat die Projektleitung übernommen und koordinierte das Forschungsvorhaben. Er war zudem auch an der Entwicklung und wissenschaftlichen Evaluierung, sowie lichttechnische Planung und Berechnung verantwortlich. Hauptaufgaben:

- *Evaluierung und Planung der LED-Leuchttafeln insbesondere zur Auswahl und Leistung der LEDs*
- *Erstellung von verschiedenen lichttechnischen Plänen zur Abschätzung der Lichtverteilung*
- *Recherche zum Bereich Vertikal Farming*
- *Auswertung der Ergebnisse*

Ein Produktmanager war für die Umsetzung der Konstruktion sowie Entwicklung verantwortlich:

- *Entwicklung und Design*
- *Überprüfung Konstruktiver Arbeiten*
- *Implementierung Nutzer-Schnittstelle zur Steuerung der LED-Leuchttafeln*

Technisches Personal war für die technische Umsetzung der Projektziele verantwortlich. Zu den wesentlichsten Aufgaben zählten:

- *Konstruktion der LED-Leuchttafeln und LED-Pflanzenleuchten*
- *Programmierung und Adressierung der LED-Treiber*
- *Implementierung der Regelungstechnik*
- *Austestung der Funktionsfähigkeit der LED-Leuchttafeln und LED-Pflanzenleuchten während der Projektlaufzeit und Austausch von Komponenten im Bedarfsfall*

Materialkosten:

In dem Projektvorhaben wurden drei LED-Leuchttafeln konstruiert sowie LED-Leuchten zur Pflanzenbelichtung für den Vertikal Farming Teil des Projekts. Dafür waren verschiedene Materialien notwendig. Die LED-Leuchttafeln und LED-Pflanzenleuchten bestehen aus spektraleinstellbaren LEDs. Die Auswahl der zu verbauenden LEDs wurde hinsichtlich der jeweiligen Schadinsekten ausgesucht bzw. üblichen Wellenlängen im Bereich des Vertical Farming. Es wurden pro LED-Leuchttafel und LED-Pflanzenleuchten jeweils vier verschiedene LED-Chiptypen (blau, grün, gelb und UV bzw. blau, rot, weiß und dunkelrot) verwendet. Dafür wurden für das Vorhaben Leiterplatten konstruiert und u.a. entwickelt. Die LEDs werden über Treiber gesteuert, die für das Vorhaben abgestimmt wurden. Die LEDs werden über ein hochwertiges Aluminiumgehäuse gekühlt, das für das Projektvorhaben entwickelt wurde. Um die LEDs vor einem Eindringen von Staub und Wasser zu schützen, wurden verschiedene Abdeckungsmaterialien getestet. Verbrauchsmaterialien wie Kabel, Schrauben, Dichtungsmaterialien oder Ersatzbauteile sowie Materialien für die Regelungstechnik wurden benötigt

Reisekosten:

Zur Durchführung der Arbeitspakete waren Arbeiten vor Ort an der LUH erforderlich. Reisekosten fielen zudem für Projekttreffen an.

2.2 Erzielte Ergebnisse mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

2.2.1 AP 1: Konstruktion von spektral-, intensitäts- und circadian-variablen LED-Leuchttafeln

Das Projekt zielte darauf ab, fortschrittliche und umweltfreundliche Methoden zur Überwachung und Bekämpfung von Schadinsekten in der Pflanzenproduktion zu entwickeln. Der Schwerpunkt seitens der DH Licht GmbH lag auf der Entwicklung und Optimierung von LED-basierten Lichtfallen, die in Kombination mit Duftstoffen und automatisierter Bekämpfung mittels Laserstrahlung eingesetzt werden sollten. Im Folgenden werden die erzielten Ergebnisse im Vergleich zu den vorgegebenen Zielen detailliert beschrieben.

2020: Planungs- und Entwicklungsphase

In der ersten Jahreshälfte 2020 wurden hauptsächlich planerische Arbeiten durchgeführt, die in der zweiten Jahreshälfte technisch umgesetzt wurden. Erste Prototypen der LED-Leuchttafeln standen im 1. Quartal 2021 zur Verfügung.

Die LED-Leuchttafeln wurden in vier Einzelleuchten unterteilt, die unabhängig voneinander angesteuert werden können. Diese Einzelleuchten bestehen aus Kühlkörpern, LED-Platinen und einer Steuerungselektronik und wurden an einem Montagerahmen befestigt, der wiederum an der kleinen automatischen Transporteinheit (KATE) der Firma Götting AG montiert ist (Abb. 1).

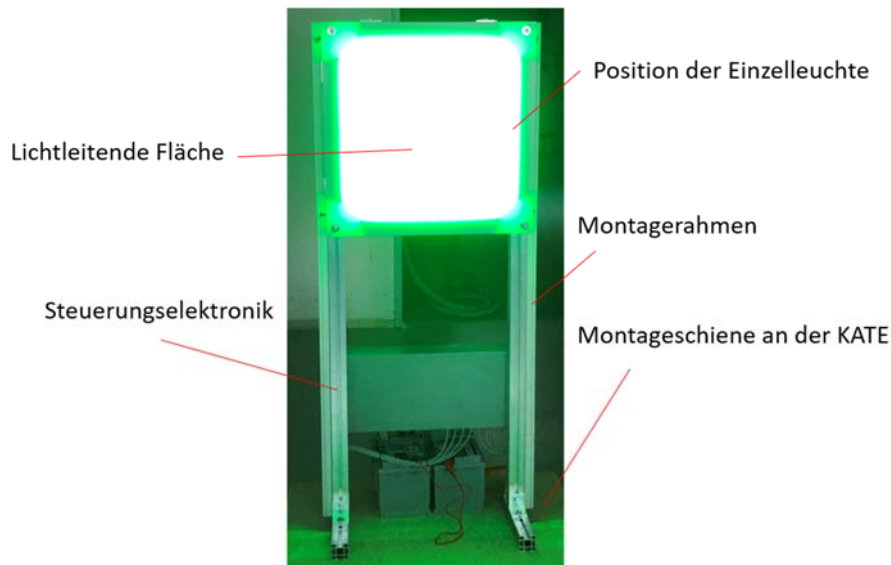


Abb. 1: Aufbau der LED-Leuchttafel

Für die Einzelleuchten wurde ein Kühlkörper entworfen, der den Anforderungen der benötigten Lichtleistung angepasst wurde. Die Kühlkörper bestehen aus eloxierten Aluminium-Strangpressprofilen mit integrierten Kühlrippen, um eine effiziente Wärmeabgabe zu ermöglichen. Die Wärmeabgabe der Kühlkörper wurde zunächst simuliert und konnte, nachdem erste Prototypen der Einzelleuchten verfügbar waren (Dezember 2020), messtechnisch verifiziert werden.

Die vier Einzelleuchten enthalten jeweils vier Lichtkanäle (UV-A, Blau, Grün, Gelb), deren Lichtfarben bzw. Wellenlängen mit der Universität Hannover abgestimmt wurden (Abb. 2).



Abb. 2: Mit den vier regelbaren Kanälen können unterschiedliche Lichtregime erzeugt werden, um verschiedene Schadinsekten anzulocken. Foto: LZH

Diese Lichtfarben zeigen eine physiologisch nachgewiesene Wirksamkeit auf Ziel-Insekten wie die Weiße Fliege und Thripse. Für die LED-Leuchttafel wurden vier verschiedene LED-Platinen entworfen, die jeweils unterschiedliche Effizienzen der LEDs berücksichtigen, um bei allen Lichtkanälen den gleichen Photonenfluss zu erzielen.

Die Steuerungselektronik ermöglicht eine Regelung der Lichtintensitäten der vier Kanäle über DALI (Digital Addressable Lighting Interface). Die LED-Treiber sind in einem separaten Steuerungskasten integriert. Eine über Bluetooth ansteuerbare Elektronik ermöglicht die Regelung der Lichtfallen über Smartphones und Tablets (Abb. 3).

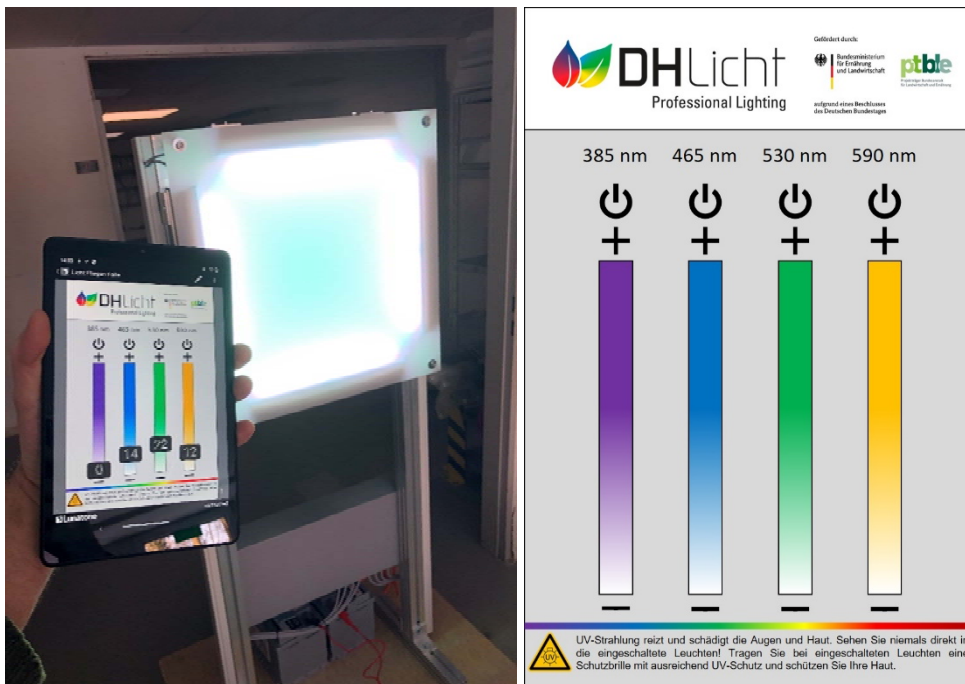


Abb. 3: Steuerung der spektralen Lichtqualität und Lichtintensität der vier Kanäle (385 nm, 465 nm, 530 nm & 590 nm) per Bluetooth Steuergerät (In der Lichtfalle verbaut, nicht sichtbar) und Tablet.

Der Montagerahmen, der zur Befestigung der vier Einzelleuchten und Endmontage an der KATE dient, wurde Ende 2020 konturiert. An dem Montagerahmen wurde auch die Steuerungselektronik, das Kamerasystem von IoTec sowie der Laser des Laser Zentrums Hannover befestigt.

Die lichtleitende Fläche besteht aus einem Acrylglas, das vor den Leuchten montiert wird und eine homogene Lichtverteilung ermöglichen soll. Eine Seite der Fläche ist mattiert, um eine Reflexion des Lasers zu verhindern, was die Arbeitssicherheit verbessert. Die andere Seite ist transparent, um eine homogene Lichtverteilung für die LED-Leuchttafeln zu gewährleisten. Acht verschiedene Materialien wurden auf Lichtdurchlässigkeit, Lichthomogenität und Reflexion getestet. Die Bewertung der reflektiven Eigenschaften erfolgte zusätzlich durch das LZH und wurde im Februar 2021 abgeschlossen. Eine geeignete lichtleitende Fläche wurde anschließend auf die Größe der Lichtfalle angefertigt und integriert.

2021: Inbetriebnahme und erste Tests

Im 1. Quartal 2021 wurde die erste LED-Leuchttafel konstruiert, die aus vier Einzelleuchten besteht, die unabhängig voneinander angesteuert werden können. Jede dieser Einzelleuchten besteht aus Kühlkörpern, LED-Platinen und Endkappen. Die vier Einzelleuchten wurden an einem Montagerahmen befestigt, der wiederum an der KATE montiert werden kann. Die Lichtfalle enthält eine Steuerungselektronik zur spektralen Regelung der einzelnen Kanäle.

Spektrale Lichtmessungen wurden vorgenommen und die geplante Lichtqualität und Lichtintensität mit den real gemessenen Werten verglichen. Die Tests der Materialeigenschaften von verschiedenen lichtleitenden Flächen wurden abgeschlossen und ein Material für die lichtleitende Fläche ausgewählt. Die Lichtfalle kann vier verschiedene regelbare Lichtkanäle mit den Wellenlängen 385 nm, 465 nm, 530 nm und 590 nm emittieren. Mit den vier regelbaren Kanälen können unterschiedliche Lichtszenarien erzeugt werden, um verschiedene Schadinsekten anzulocken.

Die Lichtfalle 1 wurde zum LZH in Hannover transportiert, wo die spektrale Regelung mittels Bluetooth Steuergerät und Tablet vorgestellt wurde. Anschließend wurde die Lichtfalle Version 1 auf das Kamerasystem der Firma IoTec in Osnabrück kalibriert. Dabei stellte sich heraus, dass die Lichtverteilung bzw. Homogenität der einzelnen Lichtkanäle auf der lichtleitenden Fläche für die Detektion der Schadinsekten mittels Kamerasystem nicht ausreichend ist. Daraufhin wurde die Lichtfalle 2 konstruiert, die eine andere Abstrahlcharakteristik zur besseren Lichtverteilung aufweist.

Bei der Lichtfalle 2 emittieren die vier Einzelleuchten nicht seitlich, sondern direkt auf die Rück-Innenseite der Lichtfalle (Abb. 4). Durch die Reflektion der Rück-Innenseite wird das Licht passiv auf die lichtleitende Fläche geworfen, um eine homogenere Lichtverteilung zu erreichen. Die

Einzelleuchten wurden abgewinkelt an den Rahmen befestigt und der optimale Abstrahlwinkel durch Lichtmessungen validiert. Der Montagerahmen wurde dafür neu konstruiert.



Abb. 4: Versuchsaufbau zur Austestung der besseren Lichthomogenität auf der lichtleitenden Fläche.

Die Lichtfalle 2 wurde im November 2021 für die Austestung an die Universität Hannover geliefert. Ein Projekttreffen fand statt, bei dem die LED-Leuchttafel allen Projektteilnehmern vorgestellt wurde. Nach dem Projekttreffen wurde beschlossen, dass die Lichtfalle 2 von Hannover zu IoTec zur Kalibrierung geliefert werden soll, bevor eine Austestung der Lichtfalle hinsichtlich physiologischer Wirksamkeit erfolgt. Die Lichtfalle 2 wurde erfolgreich kalibriert und die neue Konstruktion hinsichtlich der Lichthomogenität freigegeben. Die Lichtfalle 1 wurde konstruktiv angepasst, sodass sie die gleichen Eigenschaften wie Lichtfalle 2 enthält. Die modifizierte Lichtfalle 1 wurde zur Universität Hannover ausgeliefert, um die Lichtfalle auf die Wirkungsweise hinsichtlich der Anlockung der Schadinsekten auszutesten.

2022: Optimierung und Leistungsstabilität

Tests zur Bewertung der Leistungsstabilität wurden abgeschlossen, ebenso wie Testungen der Wärmeleistung. Zwei Lichtfallen wurden einsatzbereit gemacht, jedoch konnte der Bau der dritten Lichtfalle aufgrund von Personalproblemen nicht vollständig abgeschlossen werden. Die dritte Lichtfalle wurde im Frühjahr 2023 fertiggestellt.

Die Lichtfalle wurde erstmals mit 2x 12 V Batterien betrieben, was einen autonomen Betrieb über die KATE ermöglichte. Die Leistungen der jeweiligen vier Kanäle wurden mit den Projektpartnern abgestimmt. Ein technischer Defekt an einer Lichtfalle im Juni 2022 wurde durch den Austausch eines defekten Wechselrichters behoben.

2023: Abschluss und Evaluierung

Die dritte Lichtfalle wurde konstruiert und zur Leibniz Universität Hannover transportiert. Damit

sind alle drei Lichtfallen einsatzfähig und AP1 wurde somit erfolgreich abgeschlossen.

Die Entwicklung und Optimierung der LED-basierten Lichtfallen verliefen erfolgreich, wobei die Integration von Duftstoffen und die Automatisierung der Überwachungssysteme signifikante Fortschritte aufwiesen. Insbesondere die Verbesserung der Lichtverteilung und die Effizienzsteigerung durch die Verwendung der LED-Technologie bieten eine vielversprechende Perspektive für die nachhaltige Schädlingsbekämpfung in der Pflanzenproduktion. Der Einsatz von autonomen Fahrsystemen und modernen Bildverarbeitungstechnologien ermöglicht eine präzisere und effizientere Überwachung und Bekämpfung von Schadinsekten, was zu einer insgesamt umweltfreundlicheren und nachhaltigeren Pflanzenproduktion führt.

2.2.2 AP4: Laserbasierte Bekämpfung von Schadinsekten auf der LED-Lichtfläche

Im Verlauf des Projektes wurden wesentliche Anpassungen an der ursprünglichen Planung vorgenommen, um die Funktionalität und Sicherheit der Lichtfalle zu verbessern. Insbesondere wurde die Positionierung der Einzelleuchten verändert: Statt direkt hinter der lichtleitenden Fläche sind sie nun seitlich angebracht. Diese Modifikation bietet den Vorteil, dass die LED-Leuchten vor den Laserstrahlen geschützt sind, was die Sicherheit erhöht und potenzielle Einflüsse der Laserbestrahlung auf die LEDs minimiert.

Die Entscheidung, die Einzelleuchten seitlich zu positionieren, führte dazu, dass die ursprünglich geplante Bewertung eines möglichen Einflusses der punktuellen Laserbestrahlung auf die LEDs (AP 4: Laserbasierte Bekämpfung von Schadinsekten auf der LED-Lichtfläche) nicht mehr durchgeführt werden musste. Stattdessen ergaben sich neue Arbeitsbereiche, insbesondere die Optimierung der Lichtverteilung und die Feinabstimmung der Steuerung der Lichtkanäle, die zusätzliche Ressourcen erforderten.

Die neue Positionierung der Einzelleuchten stellt sicher, dass die LED-Leuchttafel optimal funktioniert und gleichzeitig die Lebensdauer der LEDs verlängert wird.

2.2.3 AP 5: Bewertung der LED-Laser-Kombifalle im Praxisbetrieb

Im Rahmen des AP 5 wurden die Lichtfallen umfassend ausgetestet. Dabei standen die Selektivität des Kill-Verfahrens sowie die Auswirkungen auf die Populationsentwicklung der Insekten im Fokus der Bewertung.

Die Lichtfalle wurde im Versuchsbetrieb der Leibniz Universität Hannover (LUH) aufgebaut und intensiv auf ihre Wirkungsweisen hin untersucht und optimiert. Erste Austestungen zeigten vielversprechende Ergebnisse, wobei die Wirksamkeit der Lichtfalle nachgewiesen werden konnte.

Die Austestungen an der LUH bestätigten final eine höhere Wirksamkeit der LED-Lichtfalle im

Vergleich zu klassischen Gelbtafeln. Die LUH führt derzeit abschließende Auswertungen durch, deren Ergebnisse bald veröffentlicht werden.

Zur Evaluierung der Praxistauglichkeit wurden die Lichtfallen aufgrund der Lasersicherheit nicht bei anderen Testbetrieben eingesetzt.

2.2.4 AP 6: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Für die Firma DH Licht stellt die LED-Lichtfalle eine potenzielle Erweiterung ihres Produktportfolios dar. Eine umfassende Kalkulation für eine mögliche Kleinserienproduktion wurde ausgearbeitet, um die LED-Leuchttafeln kostengünstig und wirtschaftlich herzustellen.

Der genaue Wirkungsradius einer Lichtfalle ist noch nicht abschließend bestimmbar. Eine mobile Falle könnte aufgrund ihres größeren Radius Vorteile bieten, jedoch sind mobile Plattformen generell sehr kostspielig. Lichtfallen mit Laser zur Bekämpfung sind zudem besonders teuer und erfordern hohe Arbeitsschutzaufgaben. Zur wirtschaftlicheren Nutzung könnte die Lichtfalle stationär und ohne Laser zur reinen Monitoring-Funktion sowie als verbesserte Klebetafel mit Licht eingesetzt werden. Der Verkaufspreis einer Lichtfalle sollte maximal 2.000 € betragen.

Die Anbaufläche unter Glas in Deutschland betrug im Jahr 2023 insgesamt etwa 1.275 Hektar, wobei Tomatenanbauflächen den größten Anteil mit 373,76 Hektar ausmachten, gefolgt von Salatgurken mit etwa 244,01 Hektar (Quelle: Statista, Anbaufläche von Gemüse unter Glas in Deutschland 2023, veröffentlicht von Sandra Ahrens, 11.03.2024). Für die rund 1.300 ha überdachte Anbaufläche wird eine Marktdurchdringung von 2 % in den ersten 3 Jahren nach Produkteinführung angestrebt. Dabei kann von einer Abdeckung von ca. 500 m² pro Lichtfalle, also der Größe eines durchschnittlichen Gewächshauses ausgegangen werden. Somit führt die Ausstattung von ca. 520 Lichtfallen mit DH Licht Beleuchtungssystemen, bei einem Stückpreis dieser Komponenten von etwa 1.000 €, zu einem Umsatz von 0,52 Mio. € zu Beginn.

2.2.5 Projekterweiterung Weiterentwicklung des Verbundvorhabens im Rahmen der Förderung von Projekten zum Vertical Farming (VF)

VFAP1: Recherche

Die Literaturrecherchen zum Thema Vertikal Farming wurden erfolgreich abgeschlossen. Sie dienten als Grundlage für die Weiterentwicklung und Konstruktion der spektral regelbaren LED-Leuchten im Rahmen des Projekts.

VFAP2: Einfluss des Anbaus in Mehrlagenregalsystemen auf das Licht Falle System

Auf Grundlage der abgeschlossenen Literaturrecherche wurden 12 spektral regelbare LED-Leuchten entwickelt, die vier verschiedene Lichtkanäle (blaues Licht, rotes Licht, dunkelrotes Licht und weißes Licht) emittieren können. Mittels Lichtsimulationen wurden die erforderlichen

Lichtintensitäts- und Lichthomogenitäts-Anforderungen umgesetzt.

Die steuerbare Leistungselektronik der LED-Leuchten wurde in einem externen Schaltkasten installiert und ein detaillierter Verdrahtungsplan wurde erstellt.

Eine speziell konfigurierte Software ermöglicht die Steuerung der Leuchten über einen DALI-Controller, wobei jede Leuchte individuell adressierbar ist. Die konstruktiven Arbeiten wurden im Juni 2023 abgeschlossen und die LED-Leuchten waren seit ihrer Inbetriebnahme durch die Leibniz Universität Hannover (LUH) im Einsatz (Abb. 5).



Abb. 5.: Eingestelltes Blaues, Rotes und weißes Licht in den getesteten Mehrlagenkulturanlagen zur Abschreckung der weißen Fliege, Foto LUH

Es konnte die Wirksamkeit der Lichtfalle auch in Mehrlagenkulturanlagen erfolgreich nachgewiesen werden.

2.3 Des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Der voraussichtliche Nutzen und die Verwertbarkeit der Ergebnisse des Projekts sind vielschichtig und versprechen signifikante Fortschritte in der biologischen Schädlingsbekämpfung und der Optimierung von Anbausystemen. Durch die Entwicklung und erfolgreiche Implementierung spektral regelbarer LED-Leuchten, insbesondere für Mehrlagenkulturanlagen, wird nicht nur die Effizienz der Schädlingsbekämpfung verbessert, sondern auch die Ressourcennutzung optimiert. Dies trägt zur ökonomischen und ökologischen Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft bei.

Die Verwendung dieser Technologie ermöglicht eine präzisere Kontrolle über Lichtintensität und -spektrum, was essenziell ist für die gezielte Anlockung und Abtötung von Schadinsekten. Die erfolgreiche Integration der Lichtfalle in Gewächshausumgebungen sowie deren Potenzial für den Einsatz in weiteren Anbaukontexten zeigt die breite Anwendbarkeit und den Nutzen über das Projekt hinaus.

Die entwickelten Lichtfallen könnten eine Perspektive für eine Erweiterung des Produktportfolios der DH Licht GmbH bieten. Eine in einem Folgeprojekt wird angestrebt die Lichtfallen auch für einen Einsatz außerhalb von Gewächshäusern anzupassen.

2.4 Des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Während der Durchführung des Projektvorhabens sind uns keine Ergebnisse bei anderen Stellen bekannt geworden.

2.5 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Wissenschaftliche Veröffentlichungen seitens der DH Licht GmbH waren im Rahmen des Lichtfallen Projektes nicht vorgesehen. Das Projekt wurde der Öffentlichkeit unter folgenden Punkten vorgestellt:

- Ein kurzer Bericht über das Lichtfallen Projekt wurde im DH Licht Katalog 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 (S. 19-21, <https://www.dhlicht.de/katalog-2024>) sowie DH Licht Homepage (<https://www.dhlicht.de/lichtfalle/>) veröffentlicht.
- Auf der Internationalen Pflanzen Messe (IPM) 2024 wurde das Projekt gartenbaurelevanten Kunden auf dem DH Licht Messestand vorgestellt.