

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN

DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT
Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen

BIOCONTROL
MANAGEMENT VON SCHÄDLINGEN UND NÜTZLINGEN



Praxisauftrag Grundlagen Biologische Landwirtschaft und Hortikultur 1

von

Chloé Diethelm | Lynda Forster | Julian Kraft | Katja Lange

Bachelorstudiengang 2022
Umweltingenieurwesen
Abgabedatum 12. Juni 2023
Korrektorin: Esther Fischer

Abstract

Diese Arbeit untersucht einerseits den Einfluss des Nützlingseinsatzes im Unterglasanbau auf die Entwicklung und Ausbreitung von Schädlingen und andererseits die Abhängigkeit der Schädlingsentwicklung von den klimatischen Bedingungen im Kulturlabor. Angebaut wurde Balkongemüse; Mais, Salat, Federkohl, Mangold, Tomaten, Auberginen, Paprika / Chili, Erbsen und Gurken. Anhand einer eigens entwickelten Monitoring-App wurde über einen Zeitraum von 6 Wochen 2-mal wöchentlich ein Monitoring durchgeführt. Dieses umfasste zum einen die Beurteilung der allgemeinen Pflanzengesundheit aller Pflanzen und die Erfassung visueller Auffälligkeiten, zum anderen wurden anfangs zufällig ausgewählte Pflanzen regelmässig auf Schädlinge untersucht. Ausgezählt wurden aufgrund ihres Vorkommens Blattläuse an Salaten, Raupen an den Tomaten und Thrips an den Auberginen. Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurden von Klimaloggern aufgezeichnet. Der Nützlingseinsatz zeigte für Thripse eine regulierende Wirkung, die Blattlauspopulation hingegen vermehrte sich stark. Die Klimadaten lassen eine Abhängigkeit der Nützlingswirkung auf die Blattlauspopulation von Höhe und Entwicklung der Tagestiefsttemperaturen vermuten. Der Raupenbefall konnte mit Spritzen von *Bacillus thuringiensis* vollständig bekämpft werden. Es ist anzunehmen, dass der Einsatz von Nützlingen im Gewächshaus nur in Kombination von vorbeugender, regelmässiger Ausbringung und situativer Anwendung von nützlingsverträglichen Spritzmitteln wirkungseffizient ist.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung / Aufgabenstellung	5
1.1	Forschungsfragen	5
1.2	Hypothesen.....	5
2	Gemüseanbau im Gewächshaus.....	6
2.1	Erwartete Schädlinge je Gemüseart	6
2.1.1	Mais	6
2.1.2	Salat.....	6
2.1.3	Federkohl.....	6
2.1.4	Stielmangold	6
2.1.5	Tomaten.....	7
2.1.6	Aubergine.....	7
2.1.7	Chili / Paprika.....	7
2.1.8	Gurken	7
2.1.9	Erbsen.....	7
2.1.10	Schädlinge im Überblick.....	8
2.2	Kurzbeschrieb ausgewählter Schädlingsarten	8
2.2.1	Blattläuse (<i>Aphididae</i>)	8
2.2.2	Thripse (<i>Thysanoptera</i>)	9
2.2.3	Spannerraupe (<i>Geometridae</i>).....	10
2.2.4	Eulenraupe/Eulen (<i>Noctuidae</i>)	10
2.3	Nützlingseinsatz	11
3	Material und Methoden.....	12
3.1	Übersicht und Anordnung der Gemüsepflanzen	12
3.2	Klimabedingungen im Gewächshaus	13
3.3	Methoden des Schädlings- / Nützlingsmonitorings	14
3.4	Zeitplan des Nützlingseinsatzes	14
3.5	Ausgebrachte Nützlingsarten	15
3.5.1	Schlupfwespen.....	15
3.5.2	Raubmilben	16
3.5.3	<i>Bacillus thuringiensis</i>	17
3.6	Monitoring-App.....	18
3.7	Statistik	20
3.7.1	Anova-Test.....	20
3.7.2	Mann-Kendall Trend Test.....	20
3.7.3	Wirksamkeit von VerdaProtect mit t-Test.....	21
4	Resultate	21

4.1	Schädlingsmonitoring	21
4.1.1	Blattläuse an den Salaten (Tisch 1.2).....	21
4.1.2	Raupen an den Tomaten.....	24
4.1.3	Thrips an Auberginen.....	25
4.1.4	Sonstige Schädlinge.....	26
4.2	Allgemeine Pflanzengesundheit	26
5	Diskussion.....	27
5.1	Verteilung der Blattläuse auf die Gemüsekulturen.....	27
5.2	Entwicklung der Blattlauspopulation an den Salaten	28
5.3	Raupen an den Tomaten.....	29
5.4	Thrips an den Auberginen	30
6	Fazit	31
7	Literaturverzeichnis	32
8	Abbildungsverzeichnis.....	34
9	Tabellenverzeichnis.....	34
10	Anhang	35
10.1	R-Code und Rohdaten	35
10.2	Überblick Monitoring.....	35
10.3	Überblick Klimadaten	37
10.3.1	Temperaturrentwicklung Tisch 1.2 (Salate)	37
10.3.2	Luftfeuchtigkeit Tisch 1.2 (Salate)	37
10.3.3	Temperaturrentwicklung Tischgruppe 2 (verschiedene Tomaten).....	38
10.3.4	Entwicklung der Luftfeuchtigkeit auf Tischgruppe 2 (verschiedene Tomaten)..	39

1 Einleitung / Aufgabenstellung

Im Rahmen eines Praxisauftrages werden praxisnahe Fragestellungen rund um den Pflanzenbau untersucht.

Dazu werden verschiedene Gemüsesorten im Gewächshaus kultiviert, die auch auf Balkonen und Terrassen angebaut werden können, denn urbanes Gärtnern hat in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen (Hirschfeld et al., 2022). Auch in der biologischen Landwirtschaft ist der Gewächshausanbau von Gemüse gängige Praxis.

Die Fragestellungen des in dieser Arbeit untersuchten Themas drehen sich um das Management von Schädlingen und Nützlingen.

Auch im Gewächshaus ist eine Pflanze nicht vor Schädlingen geschützt. Deshalb werden über die Dauer des Praxisauftrages verschiedene Gegenspieler ins Kulturlabor eingebracht, um das Auftreten von Schadorganismen zu minimieren bzw. zu verhindern.

Da die Praxisarbeit im Rahmen des Moduls «Grundlagen Biologische Landwirtschaft» durchgeführt wird, wird bewusst auf den Einsatz von Pestiziden und Insektiziden verzichtet. Stattdessen wird auf den Einsatz von Nützlingen gesetzt. «Die Möglichkeiten der biologischen Schädlingsbekämpfung in geschützten Räumen wurden in den letzten Jahren beträchtlich ausgeweitet. Der Einsatz von Nützlingen und biologischen Pflanzenschutzmitteln ist in vielen Kulturen mittlerweile Standard» (Albert ... [et al.], 2007).

Das Ziel dieser Arbeit ist, Nützlinge und Schadorganismen, sowie den Krankheitsbefall von Pflanzen über einen Zeitraum von 1 bis 2 Monaten systematisch zu überwachen und bei Bedarf Massnahmen zu ergreifen. Besondere Aufmerksamkeit ist dabei dem Klimaverlauf zu widmen, um Aussagen über den Zusammenhang zwischen Klima und Schädlings- bzw. Krankheitsbefall treffen zu können.

Das Monitoring wird in 2 Phasen vorgenommen. Die 1. Phase beinhaltet das Schädlingsmonitoring, die 2. Phase konzentriert sich auf die Pflanzengesundheit.

1.1 Forschungsfragen

Folgenden Fragen wird im Rahmen dieser Arbeit nachgegangen:

1. Wie breiten sich bestimmte Schädlinge im Kulturlabor aus?
2. Lässt sich eine Verbindung zwischen den Klimadaten im Labor und der Entwicklung des Schädlingsbefalls herstellen?
3. Wie wirkt sich der Nützlings-Einsatz auf die festgestellten Schädlinge aus?

1.2 Hypothesen

Ausgegangen wird von folgenden Annahmen, die es zu bestätigen oder zu widerlegen gilt:

1. Es gibt einen Zusammenhang zwischen Klimadaten und dem Schädlingsbefall.
2. Der festgestellte Schädling breitet sich ausgehend von einigen wenigen Pflanzen aus.
3. Der ausgebrachte Nützling kann dem Schädling wirkungsvoll entgegengesetzt werden.

2 Gemüseanbau im Gewächshaus

2.1 Erwartete Schädlinge je Gemüseart

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, schützen Gewächshäuser die Pflanzen nicht vor Schädlingen. Ein Indiz dafür ist auch die lange Ergebnisliste mit zahlreichen Artikeln und Büchern, welche man beispielsweise unter dem Stichwort «pest in glasshouses» im ZHAW swisscovery erhält.

Welche Schädlinge bei den im Rahmen dieser Praxisarbeit angebauten Gemüsesorten erwartet werden könnten, wird nachfolgend beschrieben.

2.1.1 Mais

Der wichtigste Schädling beim Mais ist der Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*). So liegt auch das Hauptaugenmerk der entomologischen Forschung im Maisanbau seit vielen Jahren auf der biologischen Bekämpfung des Maiszünslers (Agroscope - Mais, o. J.). Die Falter des Maiszünslers fliegen ab Ende Juni in die Gewächshäuser ein (Albert ... [et al.], 2007).

2.1.2 Salat

Der Salat ist vor allem anfällig auf Blattläuse und Schnecken. Schnecken sind im Kulturlabor eher nicht zu erwarten. Die wichtigsten Blattlausarten sind Grüne Gurkenblattlaus / Baumwollblattlaus, Schwarze Bohnenblattlaus und die Grünstreifige Kartoffelblattlaus. Auch die Minierfliege kann am Salat grossen Schaden anrichten (Albert ... [et al.], 2007).

2.1.3 Federkohl

Der Federkohl ist eine der Wirtspflanzen der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*). Dieser im Freiland an Kohlpflanzen [...] gefürchtete Schädling richtet keinen Schaden an und verschwindet bald wieder (Albert ... [et al.], 2007).

Es gibt verschiedene Schädlinge, die bei Kohlpflanzen auftreten können und weitaus grössere Schäden verursachen als die Kohlmottenschildlaus. Dazu gehören die Kleine Kohlfliege (*Delia brassicae*), die Mehlige Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*), die Kohleule (*Mamestra brassicae*), die Kohlmotte (*Plutella xylostella*) und der Grosse Kohlweissling (*Pieris brassicae*). Darüber hinaus können auch die Kohldrehherzmücke, Minierfliegen, Thripse, verschiedene Rüsselkäfer und Wanzen Schäden anrichten (Bernd, Böhmer & Walter, Wohanka, 2021).

2.1.4 Stielmangold

In der recherchierten Fachliteratur konnten keine Angaben zu Schädlingen bei Stielmangold gefunden werden. Bei der Recherche im Internet gaben verschiedene Gartencenter und Hobby-Gärtner-Seiten Blattläuse, Gemüseeule, Milben, Minierfliege, Weisse Fliegen und Rübenfliege als potenzielle Schädlingsarten an.

2.1.5 Tomaten

Tomaten können von einer Vielzahl von Schädlingen befallen werden. Bernd, Böhmer & Walter, Wohanka, (2021) nennen vor allem Blattläuse, Eulenraupen, Minierfliegen, Spinnmilben, Thripse und Weisse Fliege.

2.1.6 Aubergine

Die in der Literatur genannten möglichen Schädlinge an Auberginen sind vielfältig. Albert ... [et al.], (2007) zählen die Grüne Pfirsichblattlaus (*Myzus persicae*), die Grüne Gurkenblattlaus (*Aphis gossypii*), die Schwarze Bohnen- oder Rübenlaus (*Aphis fabae*), die Gemeine Spinnmilbe (*Tetranychus urticae*) sowie Weisse Fliegen als mögliche Schädlinge an Auberginen auf. Unter den Quarantäneorganismen auf der Webseite von Agroscope wird *Thrips palmi* unter anderem als Schädling für die Aubergine genannt. (Agroscope - Quarantäneorganismen, 2023)

2.1.7 Chili / Paprika

Blattläuse sind die Hauptschädlinge an Paprika, insbesondere im Gewächshaus. Neben Blattläusen wird aber auch das Vorkommen von Spinnmilben, Thripse und Weissen Fliegen beobachtet. (Bernd, Böhmer & Walter, Wohanka, 2021)

Albert ... [et al.], (2007) fügen diesen Schädlingen noch die Minierfliege sowie verschiedenste Schadschmetterlingsarten hinzu.

2.1.8 Gurken

Die meisten bei den vorherigen Gemüsearten genannten Schädlinge nutzen auch die Gurke als Wirtspflanze. Zu nennen sind vor allem Spinnmilben (*Tetranychus urticae*), Weisse Fliege / Mottenschildlaus (*Trialeurodes vaporariorum*), Blattläuse und Thripse. (Bernd, Böhmer & Walter, Wohanka, 2021)

2.1.9 Erbsen

Bei den Erbsen ist als Schädling vor allem die Grüne Erbsenblattlaus (*Acyrtosiphon pisum*) zu nennen. Die höchste Vermehrungsrate erreicht diese Blattlausart bei 20°C. Als weitere Schädlinge können Blattrandkäfer und Erbsenwickler genannt werden. (Bernd, Böhmer & Walter, Wohanka, 2021)

2.1.10 Schädlinge im Überblick

Die Tabelle 1 zeigt einen Überblick der Schädlinge, welche pro Gemüseart erwartet werden könnten. Die am häufigsten genannten Schädlingsarten sind gelb markiert:

Tabelle 1: Überblick Schädlinge pro Gemüseart (Albert ... [et al.], 2007)

Übersicht Schädlinge pro Gemüseart	Mais	Salat	Federkohl	Stielmangold	Tomaten	Aubergine	Chilli / Paprika	Gurken	Erbsen	am häufigsten genannte Schädlingsarten
Blattläuse allgemein	X	X		X	X	X	X	X	X	8
Gestreifte Kartoffelblattlaus	X						X			2
Grünfleckige Kartoffelblattlaus	X				X	X	X			4
Grüne Gurkenblattlaus / Baumwollblattlaus		X			X	X	X	X		5
Grüne Erbsenblattlaus									X	1
Grüne Pfirsichblattlaus						X	X			2
Mehlige Kohlblattlaus			X							1
Schwarze Bohnen- oder Rübenlaus		X				X				2
Blattrandkäfer								X		1
Erbsenwickler								X		1
Eulenraupen					X					1
Gamma-Eule							X			1
Gemüseeule				X			X			2
Grosser Kohlweissling			X							1
Hausmutter							X			1
Kleine Kohlfliege			X							1
Kohldrehherzmücke			X							1
Kohleule			X							1
Kohlmotte			X							1
Kohlmottenschildlaus			X							1
Maiszünsler	X						X			2
Minierfliege		X	X	X	X		X	X	X	7
Rübenfliege				X						1
Rüsselkäfer			X							1
Spinnmilben				X	X	X	X	X		5
Thrips			X		X	X	X	X		5
Wanzen			X							1
Weichhautmilbe						X				1
Weisse Fliege				X	X	X	X	X		5

2.2 Kurzbeschrieb ausgewählter Schädlingsarten

2.2.1 Blattläuse (*Aphididea*)

Die Blattläuse (*Aphididea*) gehören zur Unterordnung der Pflanzenläuse (*Sternorrhyncha*). In dieser Unterordnung gibt es wiederum zahlreiche verschiedene Gattungen und Familien, deren eindeutige Bestimmung lediglich mit dem Mikroskop und im Labor möglich ist. (Bernhard, Klausnitzer, 2011)

Sie treten in verschiedenen Formen auf, mit oder ohne Flügel, haarig oder nicht haarig mit unterschiedlichen Farben und Mustern. Diese Merkmale können zur Unterscheidung der Blattläuse herangezogen werden.

Blattläuse schädigen die Pflanze einerseits durch den Entzug des Zellsafts und andererseits mit ihren Sekreten. Die Sekrete können unerwünschte Verkrüppelungen und Verfärbungen der Pflanze hervorrufen. Der Honigtau, den sie ausscheiden, lockt weitere Insekten an und bietet Pilzen einen idealen Nährboden. Zudem gelten Blattläuse als Überträger von

Viruskrankheiten und sind somit eine ständige Gefahr für die Pflanze. (Bernd, Böhmer & Walter, Wohanka, 2021)

Nachfolgend beschriebene Blattlausarten können im Unterglasanbau vorkommen.

Die Grüne Pfirsichblattlaus (*Myzus persicae*) ist nach ihrer hauptsächlichen Wirtspflanze benannt. Diese befällt sie vor allem im Winter. Im Frühjahr / Sommer bevorzugt sie eher krautige Pflanzen wie Paprika, Gurken, Auberginen und Tomaten. Am deutlichsten zu erkennen ist sie an den Antennen, die zwischen den Stirnhöckern hervorragen. Die hellen, etwas gekeulten Hinterleibsröhrchen sind am Ende mit einer leicht dunklen Zone eingeschnürt. Ganzjährig im Gewächshaus vorkommend, erscheint sie vor allem im Frühjahr als eine der ersten Blattläuse. (Albert ... [et al.], 2007)

Die Grünfleckige Kartoffelblattlaus (*Aulacorthum solani*) befällt im Gewächshaus schon im Frühjahr vor allem Salat, Paprika, Auberginen und Tomaten. Sie kennzeichnen sich durch einen birnenförmigen Körper und eine Länge zwischen 1.8 und 3 mm. Ihre Fühler, die auf Höckern sitzen, sind länger als der Körper. Ein sehr gutes Unterscheidungsmerkmal zu anderen Blattlausarten ist jeweils der dunkelgrüne Fleck am Ansatz der langen Hinterleibsröhrchen. (Albert ... [et al.], 2007)

Die Grünstreifige Kartoffelblattlaus (*Macrosiphum euphorbiae*) stammt ursprünglich aus Nordamerika, hat sich aber ebenfalls weltweit ausgebreitet. Die Art befällt viele verschiedene Pflanzen. Oft ist sie auf Salaten zu finden. Sie ernährt sich hauptsächlich von den Blattstielen und den frischen Blättern der Pflanze. Neben den direkten Schäden an der Pflanze ist die Grünstreifige Kartoffelblattlaus für die Übertragung von Pflanzenviren bekannt. (Beetge & Krüger, 2019)

Die Grüne Gurkenblattlaus (*Aphis gossypii*) ist vor allem im Baumwollanbau gefürchtet, befällt aber auch verschiedene Gurkengewächse. Die erwachsenen Gurkenblattläuse leben 2 bis 3 Wochen und können schon am 3. Tag bis zu 10 Jungläuse absetzen. Als wärmebedürftige Art tritt sie in unseren Gewächshäusern im Frühsommer und Sommer auf. An Gurken und Auberginen ist sie einer der Hauptschädlinge. Die Kolonien können binnen kurzer Zeit extrem gross werden. Innerhalb von nur einer Woche kann sie sich in Auberginen um den Faktor 4 und in Gurken um den Faktor 12 vervielfachen. (Albert ... [et al.], 2007)

2.2.2 Thripse (Thysanoptera)

Thripse sind Fransenflügler und haben eine Körperlänge von 1-2 mm. Damit gehören sie zu den kleinsten Pflanzenschädlingen. Durch ihre geringe Körpergrösse bleiben sie lange unbemerkt. Oft entdeckt man sie erst an dem von ihnen angerichteten Schaden. (Klaus, Schlüter et al., 2009)

Es gibt viele unterschiedliche Arten von Thripsen, auf die hier aber nicht genauer eingegangen wird.

Erste Anzeichen des Befalls sind weisse bis gelbe Punkte oder Flecken auf den Blättern. Ein Beispiel dafür ist in Abbildung 1 zu sehen. Bei grossem Befall werden die Blattunterseiten silbrig-weiss und junge Pflanzen verkrüppeln und welken.

Bekämpfen kann man Thripse z.B. durch Einsatz von Nützlingen, oder indem man ein feuchtes, kühles Klima erzeugt, welches die Thripse nicht mögen. Meistens findet man Thripse eher in Gewächshäusern, wo sie keine natürlichen Feinde haben. Auf offenem Feld werden sie selten zum Problem. (Philipp, Gut & Moritz, Bürki, 2022)



Abbildung 1: Thripsbefall an Auberginen (Bild Chloé Diethelm)

2.2.3 Spannerraupe (*Geometridae*)

Die Spanner gehören zur einer der grössten Familien der Schmetterlinge: die *Geometridae*. Die Larven dieser Schmetterlinge, auch Spannerraupen genannt, sind schlank und meist unbehaart. Sie kommen sowohl in grüner als auch brauner Färbung vor und sind eindeutig an ihrer Fortbewegungsart zu erkennen. Diese erfolgt typischerweise, indem sie erst mit den drei sich am Vorderleib befindlichen Beinpaaren vorrücken und anschliessend den Hinterleib mit zwei Beinpaaren nachschieben. Ein weiteres arttypisches Erkennungsmerkmal ist die Stellung der Raupe im Ruhezustand, siehe Abbildung 2. Dabei hält sie sich mit ihren vorderen und hinteren Beinpaaren nah beieinander am Blatt fest, den Bauchteil zum Buckel geformt. Die Verpuppung findet entweder in der Erde oder an der Erdoberfläche statt. (Fischer et al., 2019)



Abbildung 2: Spanner- oder Eulenraupe (Bild Chloé Diethelm)

2.2.4 Eulenraupe/Eulen (*Noctuidae*)

Eulen bilden die artenreichste Familie der Schmetterlinge. Die Larven, auch Eulenraupen genannt, sind äusserst polyphage, haben also ein breites Nahrungsspektrum. Somit können sie in vielen Kulturen grossen Schaden anrichten.

Die Eulenraupe ist gut sichtbar und kann daher schnell erkannt werden. Allerdings ähneln sich Spanner- und Eulenraupen sehr in ihrer Färbung; beide kommen in Grün- bis Braunabstufungen vor und sind unbehaart. Zu finden ist die Eulenlarve oft an der Unterseite der Blätter. Sie verfügt über drei Brustbeinpaare und, anders als die Spannerraupe, über 4

Bauchbeinpaare. Ein typisches Merkmal für Eulenraupen ist, dass sie sich bei Berührung zusammenrollen. (Klaus, Schläuter et al., 2009)

2.3 Nützlingseinsatz

Unter Nützlingen versteht man in der Landwirtschaft im engeren Sinne die natürlichen Feinde kulturschädigender Organismen. Dabei handelt es sich um Insekten, Spinnen, Milben, Nematoden und Krankheitserreger. Es wird unterschieden zwischen Nützlingen, welche bewusst in Kulturen eingesetzt werden und anderen Lebewesen wie Igel, Vögel, Eidechsen und weitere, die ebenfalls nützlich gegen Schädlinge sind. Es werden drei Gruppen von Nützlingen unterschieden: Räuber und Prädatoren, Parasitoide und Parasiten, Krankheitserreger. Räuberische Arten saugen die Schädlinge aus oder fressen diese als Ganzes und sind meist grösser als ihre Beute. Wichtig im Zusammenhang mit dieser Arbeit ist die Raubmilbe. Parasitoide sowie Parasiten leben im Innern ihres Wirts oder selten auf dessen Aussenseite. Ihre Nahrung besteht grösstenteils aus der Körperflüssigkeit des Wirtsorganismus. Im Gegensatz zu Parasitoiden, welche ihren Wirt zwangsläufig abtöten, wird dieser durch Parasiten lediglich geschädigt. Bei Parasiten wachsen in einem Wirtstier meist sehr viele Individuen heran, während bei Parasitoiden nur ein oder wenige Individuen pro Organismus gedeihen. Zu den Parasitoiden gehören unter anderem alle Schlupfwespen. Zu den Krankheitserregern zählen Bakterien, Viren, Pilze und Protozoen. Diese dringen in das Körperinnere des Schädlings ein und führen dort durch ihre Vermehrung zu dessen Schwächung oder Tod. (F.J. Häni et al., 2022) In dieser Praxisarbeit kommen keine Krankheitserreger zum Einsatz.

Um eine dauerhafte Reduktion der Schädlinge zu erreichen, wird zwischen zwei Anwendungsmethoden unterschieden. Einerseits gibt es die Überschwemmungsmethode, bei der mehr Nützlinge eingesetzt werden, als für eine Minimalbekämpfung notwendig sind und andererseits den regelmässigen Einsatz von Nützlingen, abgestimmt auf den bestehenden oder zu erwartenden Schädlingsdruck. Beide Methoden können vorbeugend oder zu Beginn des Befalls eingesetzt werden. Die Entscheidung, wie vorgegangen wird, hängt von der Kultur, der Gefährlichkeit und Bekämpfbarkeit des Schädlings, sowie dem Bekämpfungspotential des Nützlings ab. Je grösser dessen Potential ist, desto später kann er eingesetzt werden. Sind die Bedingungen für den Nützling jedoch suboptimal, empfiehlt sich eine vorbeugende und regelmässige Massnahme. Sind Kulturen sehr anfällig, werden oft vorbeugende Schritte favorisiert. Bei saisonal auftretenden Schädlingen wie Blattläusen ist der Einsatz von Nützlingen bei beginnendem Befall angemessen. In bestimmten Fällen ist es sinnvoll, einzelne Blattlausherde gezielt mit einem nützlingsverträglichen Insektizid zu behandeln, bevor weitere Pflanzen befallen werden. Ein anschliessender Nützlingseinsatz sichert die Bekämpfungsmethode ab. (Albert ... [et al.], 2007)

3 Material und Methoden

3.1 Übersicht und Anordnung der Gemüsepflanzen

Die Gemüsepflanzen wurden über den gesamten Beobachtungszeitraum im Gewächshaus gehalten. Auf einer Fläche von ca. 50 m² waren diese in Blumentöpfen unterschiedlicher Grösse auf 12 Tischen verteilt. Die Tische massen je 1,80 x 1,80 m und waren in 3 Reihen zu je 4 Tischen angeordnet. Abbildung 3 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt die Anordnung der 3 Tischgruppen sowie die Anordnung und Nummerierung der Tische innerhalb der Tischgruppen.

Die Kulturen verteilten sich auf den Tischen wie folgt:

Tisch 1.1			Tisch 1.2	Tisch 1.3	Tisch 1.4	S 1		
Mais					Stielmangold			
					Federkohl			
					Salate			
Tisch 2.1			Tisch 2.2	Tisch 2.3	Tisch 2.4	S 1		
Totem	Totem	Totem	Totem	Totem	Totem	Tomaten	Tomaten	Tomaten
						Tumbling Tom	Tumbling Tom	Sibirische Frühe
						Sibirische Frühe	Sibirische Frühe	Sibirische Frühe
Tisch 3.1			Tisch 3.2	Tisch 3.3	Tisch 3.4	S 2		
Aubergine			Tomaten/Melothria	Chilli/Paprika	Gurken/Erbsen			
			Tomaten/Melothria	Chilli/Paprika	Gurken/Erbsen			
			Aubergine					

Tischgruppe 1 (Blau): Tisch 1.1 bis 1.4
Tischgruppe 2 (Violett): Tisch 2.1 bis 2.4
Tischgruppe 3 (Grün): Tisch 3.1 bis 3.4

Legende: 2.5 l-Topf S 1 Substrat 1 = Ricoter 283
3 l-Topf S 2 Substrat 2 = Ricoter kokosfrei
5 l-Topf

Abbildung 3: Versuchsplan Balkongemüse, (M. Hutter, M. Jäger, 2023)

Wie in Abbildung 3 dargestellt, wurden für die Tomaten unterschiedlich grosse Töpfe innerhalb der gleichen Sorte verwendet. Zudem wurden die Pflanzen auf Tisch 2.1 aus Tischgruppe 2 Trockenstress ausgesetzt. Alle anderen Pflanzen waren an eine Tröpfchenbewässerung angeschlossen.

Bei Tischgruppe 3 wurde für die jeweils rechte Tischhälfte ein kokosfreies Substrat verwendet.

Abbildung 4 gibt einen Einblick ins Kulturlabor und zeigt die Anordnung der Tische sowie das ungefähre Alter der Pflanzen bei Versuchsbeginn.



Abbildung 4: ZHAW Kulturlabor GC 183 (Foto: Katja Lange)

3.2 Klimabedingungen im Gewächshaus

Die im Kulturlabor installierte Heizung begann zu heizen, sobald die Temperatur auf 10°C fiel. Dadurch sollte sichergestellt werden, dass die Temperatur niemals unter 10°C sinkt. Dies wird auch in der Temperaturauswertung sichtbar.

Bei Bedarf konnte das Kulturlabor über das Öffnen des Dachfensters gelüftet werden. Zudem war eine automatische Beschattung eingerichtet, welche bei zu viel Sonneneinstrahlung zum Einsatz kam.

In der Mitte jedes Tisches wurde ein Klimalogger installiert, der im 15-Minuten-Takt Temperatur und Luftfeuchtigkeit aufzeichnete. Ein solcher Klimalogger wird in Abbildung 5 gezeigt. Da im Verlauf des Schädlingsmonitorings vor allem Blattläuse an den Salaten auf Tisch 1.2 und Frass-Schäden bei den Tomaten auf allen Tischen der Tischgruppe 2 auftraten,

wurden die Klimadaten speziell für diese Standorte ausgewertet.



Um den Einfluss der Klimadaten auf die einzelnen Kulturen und Bereiche des Gewächshauses diskutieren zu können, war eine statistische Auswertung nötig. Dazu wurde der Anova-Test angewendet. Geprüft wurden einerseits die Tische 2.1 bis 2.4 der Tischgruppe 2 auf signifikante räumliche Unterschiede des Klimas. Andererseits wurde das Klima auf Tisch 1.2 der Tischgruppe 1 auf eine zeitliche Entwicklung, einen Trend, geprüft.

Abbildung 5: Klimalogger (Foto: Katja Lange)

3.3 Methoden des Schädlings- / Nützlingsmonitorings

Der Beginn des Schädlingsmonitorings fiel in die Kalenderwoche 12 und erstreckte sich über einen Zeitraum von 6 Wochen. Die Kontrollen sollten nach Möglichkeit immer von derselben Person durchgeführt werden, um untereinander vergleichbare Kontrollergebnisse zu erzielen. (Albert ... [et al.], 2007)

Daher wurde die Forschungsgruppe von 4 Personen für das Monitoring in 2 Zweiergruppen aufgeteilt. Eine Gruppe übernahm das Monitoring einmal wöchentlich am Montag, die zweite Gruppe ebenfalls einmal wöchentlich am Donnerstag. So wurden die Pflanzen regelmässig 2-mal wöchentlich auf Schädlinge und allgemeine Pflanzengesundheit überprüft.

Die Ergebnisse wurden mit einer in R-Shiny eigens für diese Arbeit entwickelten Monitoring-App erfasst. So standen diese bereits elektronisch für Auswertungen zur Verfügung. Die App wird unter 3.6 genauer beschrieben.

Die Befalls-Überwachung wird auch Bonitur genannt. Beim langsamem Entlanggehen an den Gewächshäusern sucht man nach auffälligen Blattschädigungen oder entnimmt nach dem Zufallsprinzip Topfpflanzen, um sie auf einen Schädlingsbefall und Nützlingsbesatz zu untersuchen. (Albert ... [et al.], 2007) Die Ergebnisse werden in ein Boniturblatt eingetragen. Im Falle dieser Arbeit erfolgte die Erfassung der Ergebnisse über die oben erwähnte Applikation.

Auch schreiben Albert ... [et al.], (2007), dass sich in der Praxis die Kontrolle von 1 bis 5 % des Pflanzenbestandes als ausreichend erwiesen hat. Bei kleineren Beständen empfiehlt die Fachliteratur, bis zu 10% der Pflanzen zu bonitieren. Im Kulturlabor standen auf 50m² insgesamt 704 Pflanzen, welche sich auf 10 verschiedene Gemüsekulturen verteilten, wobei die Tomaten die Kultur mit den zahlreichsten Pflanztopfen ausmachten.

Für die Bonitur erfolgte die Bezeichnung der Topfpflanzen je Tisch vertikal nach Buchstaben und horizontal nach Zahlen, so dass sich Bezeichnungen von A1 bis beispielsweise H9 ergaben. Je Tisch wurden mit dem Zufallsgenerator so viele Pflanzen ausgewählt, dass sowohl jeder Buchstabe als auch jede Zahl einmal berücksichtigt wurden.

Daraus ergaben sich 101 zu kontrollierende Pflanzen. Dies entsprach einer Bonitur von ca. 14%.

Zur Überwachung der Pflanzengesundheit wurden hingegen alle Pflanzen begutachtet. Dokumentiert wurden Auffälligkeiten wie Wachstum, Blattfarbe, Pflanze straff oder welk, Frass-Schäden etc...

3.4 Zeitplan des Nützlingseinsatzes

In Produktionsbetrieben sollte das Ziel des Nützlingseinsatzes die dauerhafte Reduktion auf ein unschädliches Mass bis hin zur vollständigen Ausrottung der Schädlinge sein, sodass Schäden möglichst gar nicht entstehen. (Albert ... [et al.], 2007) Daher wurden im Kulturlabor der ZHAW ausgewählte Nützlinge bereits vorbeugend ausgebracht. Diese Massnahme liess Auswirkungen auf das Schädlings- / Nützlingsmonitoring erwarten und wurde entsprechend berücksichtigt.

Tabelle 2Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. zeigt den präventiven Nützlingseinsatz nach Datum und Art. Zudem wurde aufgrund von beobachteten Frass-Spuren und Raupen am 04.04.2023 kurativ das für Tomaten zugelassene Spritzmittel Dipel ES gegen Raupenbefall ausgebracht.

Tabelle 2: Geplanter Nützlingseinsatz von Biocontrol Andermatt (Informationen von Janine Bossi)

Art	Bezeichnung	Kalenderwoche	13	15	17
		Info	30.03.2023	13.04.2023	27.04.2023
7538C	Encarsia Sticker 500 Puppen (K) 50 pro Karte	gegen Weisse Fliege	1	1	1
1517C	VerdaProtect 200 m ²	gegen Blattläuse	1	1	1
40C	Amblyseius swirskii 25'000	geg Thrips / Weichhautmilben	1		1

3.5 Ausgebrachte Nützlingsarten

Für die Berechnung der Nützlingsmengen für Gemüsekulturen dient meistens die Brutto-Grundfläche des Gewächshauses als Grundlage. (Albert ... [et al.], 2007) Im gesamten Kulturlabor wurden folgende Nützlinge gemäss des von Biocontrol Andermatt erstellten Nützlingsplans zur Abdeckung der häufigsten Schädlingsarten ausgebracht: Schlupfwespenmischung VerdaProtect (*Aphidius colemani*, *Aphidius matricariae*, *Aphidius ervi*, *Praon volucre*, *Aphelinus abdominalis*, *Ephedrus cerasicola*), Schlupfwespe *Encarsia formosa*, Raubmilbe *Amblyseius swirskii*. Zudem wurde im Verlauf des Versuches, aufgrund eines Raupenbefalls an Tomatenpflanzen, das Spritzmittel Dipel ES mit dem enthaltenen Toxin von *Bacillus thuringiensis* gespritzt.

3.5.1 Schlupfwespen

Im Kulturlabor wurden die Schlupfwespen für 2 Anwendungsbereiche eingesetzt. Diese sind nachfolgend beschrieben.

VerdaProtect

Die Mischung 'VerdaProtect' enthält ausgewählte parasitäre Schlupfwespenarten (*Aphidius spec.*, *Praon volucre*, *Aphelinus abdominalis*, *Ephedrus cerasicola*), spezialisiert auf diverse Blattlausarten (Biocontrol Suisse Andermatt - Insektenregulierung, 2023). Platziert wurde das Röhrchen mit den Nützlingen in der Mitte jedes Tisches, wie in Abbildung 6 gezeigt. Die meisten Schlupfwespen besitzen Flügel, so auch alle in der Mischung enthaltenen Arten. Mit einer Grösse von wenigen Millimetern braucht es ein geschultes Auge zur Erkennung. Ihr Körper ist schlank und meist schwarz und das Weibchen besitzt einen Legestachel zur Eiablage, der im Ruhezustand nicht sichtbar ist. Die Larven sind von madenförmigem Aussehen ohne Kopfkapsel. Sie wachsen im Innern des Wirts heran, in diesem Fall der Blattlaus, und nutzen diese als Nahrungsquelle während der vier Larvenstadien. Es entwickelt sich stets nur eine Wespe pro Blattlauswirt, auch bei mehrfacher Eiablage. Die Verpuppung findet meist im Blattlausinneren statt, wobei ein Kokon ausgebildet wird und die typische Blattlausmumie zur Folge hat. Im Gegensatz dazu verpuppt sich die in 'VerdaProtect' enthaltene Gattung *Praon* zwischen toter Blattlaus und Pflanze. Im adulten Stadium ernährt sich *Praon* hauptsächlich von Honigtau und Nektar, wohingegen die *Aphelinidae* das Blut ihrer Wirte auflecken, nachdem sie diese angestochen haben. (F.J. Häni et al., 2022), (Albert ... [et al.], 2007)

In ihrem Eiablageverhalten unterscheiden sich *Aphidius spec.* von den *Aphelinidae*. Als typische Haltung eines *Aphidiidae*-Weibchens wird der schmale Hinterleib bauchwärts zwischen den Beinchen hindurch in Richtung des Blattlauskörpers gestreckt. Das Einstechen dauert nur wenige Sekunden. Ein *Aphelinidae*-Weibchen hingegen nähert sich dem Wirt rückwärts mit ausgestrecktem Legestachel, den Hinterleib nach oben gebogen. Die Eiablage dauert mit bis zu einer Minute wesentlich länger. (F.J. Häni et al., 2022), (Albert ... [et al.], 2007) Die Bedeutung von Schlupfwespen für die biologische Schädlingsbekämpfung liegt in

ihrer ausgeprägten Wirtsspezifität, dem guten Wirtsfindungsvermögen und der hohen Fruchtbarkeit. Besonders geeignet sind sie bei geringen Blattlausdichten, da sich ihre Ernährung in der adulten Phase nicht oder nur teilweise auf Blattläuse stützt. Durch die zeitige Ausbringung im Frühjahr sind sie in der Lage, den Aufbau einer Blattlauspopulation durch Parasitierung nachhaltig zu beeinträchtigen. Allerdings dauert ihre Entwicklungszeit länger als jene der Blattläuse, wodurch sich das rasche Ausbreiten letzterer durch Schlupfwespen allein nicht stoppen lässt. (F.J. Häni et al., 2022), (Albert ... [et al.], 2007)



Abbildung 6: Einsatz von VerdaProtect im Kulturlabor (Foto: Katja Lange)

Encarsia formosa

Encarsia formosa gehört zur Schlupfwespenfamilie der *Aphelinidae*. Es handelt sich hier im Gegensatz zu den in VerdaProtect enthaltenen Arten um einen Parasitoiden für die Weisse Fliege. *Encarsia formosa* ist lediglich 0.6 mm gross. Als adulte Schlupfwespe ernährt sie sich von der Gewebsflüssigkeit der Weissen Fliege, genannt Host Feeding. Dies hindert den Schädling zusätzlich in seiner Ausbreitung. Die Eier werden im Innern der Larve der Weissen Fliege abgelegt. Innert ca. 10 Tagen entwickelt sich eine schwarze Puppe aus der befallenen Schädlingslarve, nach weiteren 10 Tagen erfolgt der Schlupf einer adulten Erzwespe. Ein *Encarsia*-Weibchen kann innerhalb eines Lebenszyklus zwischen 50 und 100 Eier ablegen. Die Erzwespe kann in kleinen Mengen vorbeugend, aber auch nach erstem Schädlingsauftreten eingesetzt werden. Ist die Schädlingsdichte hoch, ist eine Bekämpfung mit höheren Einsatzmengen nötig. Es empfiehlt sich, die Ausbringung im Wochenabstand zu wiederholen. Die Schlupfwespen benötigen Temperaturen über 18°C in der Nacht. Ausgebracht werden Karten zu 50 Puppen. Zum vorbeugenden Einsatz werden 1-5 Tiere pro m² empfohlen, bei Befall sind 5 Tiere pro m² auszubringen. (Albert ... [et al.], 2007), (Biocontrol Suisse Andermatt - Insektenregulierung, 2023)

3.5.2 Raubmilben

Amblyseius swirskii

Milben und Raubmilben im Speziellen gehören zu den Spinnentieren, allerdings ist ihr Körper nicht mehrteilig wie bei den Webspinnen, sondern einteilig. *Amblyseius swirskii* besitzt einen kugelig-ovalen transparenten Körper ohne Behaarung. Milben verfügen über vier Beinpaare und haben weder Flügel noch Fühler. Sie vermehren sich über Eier und bringen pro Jahr mehrere Generationen hervor. Es gibt sowohl herbivore, parasitäre als auch räuberische

Milbenarten. Als Raubmilbe ernährt sich *Amblyseius swirskii* hauptsächlich von den Larven der Thrips, Weissen Fliege und Tabakmottenschildlaus aber auch von anderen Schädlingslarven, z.B. der Weichhautmilbe. Bei geringer Larvendichte kann *Amblyseius swirskii* auf Pollen als Nahrung umstellen, wodurch sie sich zur prophylaktischen Anwendung eignet. Sie lebt oberirdisch und bevorzugt nächtliche Gewächshaustemperaturen über 15°C. In Kombination mit *Encarsia formosa* stellt sie eine wirksame Bekämpfung der Weissen Fliege dar. Bei Auftreten von Thrips als Hauptschädling wird die Raubmilbenart *Amblyseius cucumeris* empfohlen, welche jedoch nicht Teil dieser Praxisarbeit ist. Die Ausbringung der Raubmilbe *Amblyseius swirskii* erfolgt im 5 Wochen Abstand. Die Tiere werden in einer Vermiculit Streudose geliefert, das Substrat anschliessend breitflächig und gleichmässig über den Pflanzen verstreut, wie in Abbildung 7 gezeigt. Unter warmen, humiden Bedingungen erfolgt eine rasche Vermehrung; die Milbe benötigt lediglich 7 Tage vom Ei zum Adultus. (F.J. Häni et al., 2022), (Biocontrol Suisse Andermatt - Insektenregulierung, 2023)



Abbildung 7: *Amblyseius swirskii* auf Aubergine (Foto: Katja Lange)

3.5.3 *Bacillus thuringiensis*

Das Bakterium *Bacillus thuringiensis* ist ein biologisches Pflanzenschutzmittel mit selektiver Wirkung gegen Schadschmetterlingsraupen, Stechmückenlarven oder Kartoffelkäferlarven. Es wird entsprechend in die Pathotypen A, B und C eingeteilt. *Bacillus thuringiensis* ist natürlicherweise vor allem in Böden verbreitet und enthält einen Toxin-Kristall, der die Darmwand des Ziel-Insekts zerstört. Bereits nach wenigen Stunden stellt die Raupe die Nahrungsaufnahme ein und verendet schliesslich innerhalb 2 – 5 Tagen an einer Sepsis, wobei erste Effekte nach drei Tagen sichtbar werden. Am besten greift die Applikation des Toxins im Larvenstadium. Es besteht keine Kreuzresistenz zu anderen Insektiziden. In diesem Versuch wurde ein Stamm des Pathotyps A gegen Schadschmetterlingsraupen appliziert. Ein Vorteil des Präparats ist die hervorragende spezifische Wirkung, wodurch Nutzlinge nicht geschädigt werden. Allerdings setzt dies ein genaues Beobachten der Kulturen sowie fundiertes Wissen über Schädlingsarten voraus. Rückstände auf der Pflanze gibt es keine. Der Einsatz sollte bei Temperaturen über 12°C mit einer Anwendungskonzentration von 0.06 – 0.1% erfolgen. Falls kein Absterben der Raupen zu beobachten ist, erfolgt eine Anwendungswiederholung nach 10 Tagen. (Bezug auf Mail von Alex Mathis) (Albert ... [et al.], 2007)

3.6 Monitoring-App

Für das Monitoring der Schädlinge und Nützlinge sowie der Pflanzengesundheit wurde eine App verwendet, welche speziell für diesen Zweck der Projektarbeit entwickelt wurde. Diese wird im Folgenden genauer beschrieben.

Unter diesem Link kann die App angeschaut und ausprobiert werden:

<https://rstudio.zhaw.ch/rsconnect/content/1b666be3-48a2-4c27-a834-e228f57dde0e>

Der Startbildschirm, gezeigt auf Abbildung 8, orientiert über die Situation im Gewächshaus und sieht die Erfassung des Beobachters vor. Das Datum und die Uhrzeit der Beobachtung werden automatisch vom Laptop / Tablet gezogen.

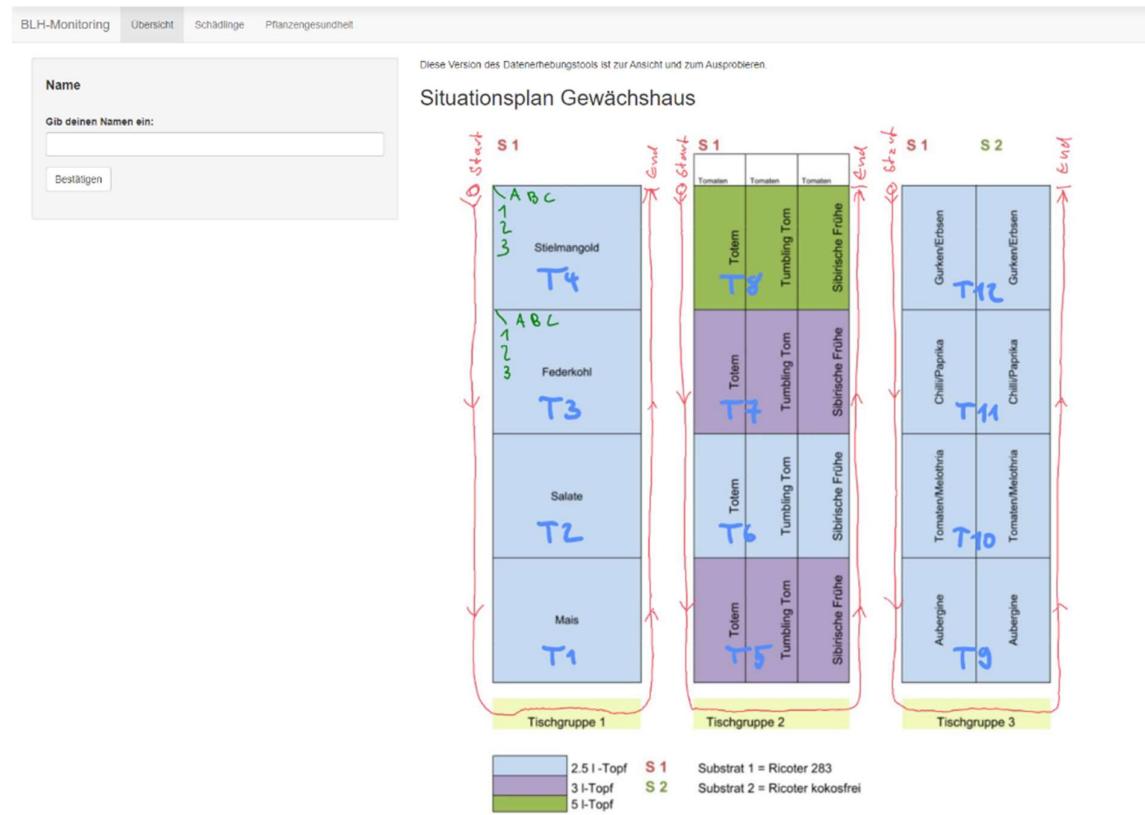


Abbildung 8: Monitoring-App - Übersicht

Das Schädlingsmonitoring erfolgte anfangs an allen markierten Pflanzen auf allen Tischen. Abbildung 9 zeigt einen Ausschnitt der erfassten Daten. Im Verlauf der Wochen zeigten sich vor allem Blattläuse am Salat, Raupen an den Tomaten und Thrips an den Auberginen. Daraufhin wurde das Schädlingsmonitoring auf diese drei Gemüsearten beschränkt.

Erfassen eines Datensatzes

Was untersuchst du? Blattläuse an Salaten

Bei welcher Pflanze bist du? T2 - B1

Wenn du einen Eintrag speicherst wechselt diese Eingabe automatisch zur nächsten Pflanze in der Liste.

Blattläuse zählen wie gewohnt.

0
 1 - 2
 3 - 5
 6 - 10
 11 - 20
 21 - 50
 50 <

du kannst eine Bemerkung hinzufügen

Speichern > Next

Daten

Show 10 entries

ID	time	name	pflanze	art	kategorie
497	2023-04-24 12:39:35	Julian	T2 - F6	Blattläuse	21 - 50
496	2023-04-24 12:38:08	Julian	T2 - H8	Blattläuse	11 - 20
495	2023-04-24 12:37:37	Julian	T2 - D7	Blattläuse	11 - 20
494	2023-04-24 12:37:29	Julian	T2 - C9	Blattläuse	21 - 50
492	2023-04-24 12:33:54	Julian	T2 - A5	Blattläuse	11 - 20
491	2023-04-24 12:33:31	Julian	T2 - A2	Blattläuse	6 - 10
490	2023-04-24 12:31:08	Julian	T2 - B1	Blattläuse	6 - 10
489	2023-04-19 13:15:27	Julian	T9 - F1	Trips	bis 50
488	2023-04-19 13:15:09	Julian	T9 - E5	Trips	bis 25
487	2023-04-19 13:14:54	Julian	T9 - H6	Trips	bis 25

Showing 1 to 10 of 494 entries

Previous 1

Hier kannst du Einträge wieder löschen:

Abbildung 9: Monitoring-App - Schädlinge

Bei den Blattläusen und den Raupen wurde der Schätzungsschlüssel angewandt, der auf Abbildung 11 zu sehen ist. Dieser hat sich nur für die Salate als praktisch erwiesen. Bei den Tomatenpflanzen wurden bei den befallenen Pflanzen immer nur 1-2 Raupen festgestellt.

Erfassen eines Datensatzes

Was untersuchst du? Blattläuse an Salaten

Bei welcher Pflanze bist du? T2 - B1

Wenn du einen Eintrag speicherst wechselt diese Eingabe automatisch zur nächsten Pflanze in der Liste.

Blattläuse zählen wie gewohnt.

0
 1 - 2
 3 - 5
 6 - 10
 11 - 20
 21 - 50
 50 <

du kannst eine Bemerkung hinzufügen

Abbildung 11: Schätzungsschlüssel Blattläuse und Raupen

Für die Schätzung des Thrips-Befalls bei den Auberginen wurden die befallenen Blätter der jeweiligen Pflanze in Prozent erfasst, zu sehen in Abbildung 10.

Erfassen eines Datensatzes

Was untersuchst du? Trips bei den Auberginen

Bei welcher Pflanze bist du? T9 - A2

Wenn du einen Eintrag speicherst wechselt diese Eingabe automatisch zur nächsten Pflanze in der Liste.

Bei den Trips zählen wir die befallenen Blätter und geben sie in % an.

0
 bis 25
 bis 50
 bis 75
 bis 100

du kannst eine Bemerkung hinzufügen

Abbildung 10: Schätzungsschlüssel Thrips

Die allgemeine Pflanzengesundheit wurde über den gesamten Beobachtungszeitraum immer vollständig kontrolliert bzw. erfasst. Die Oberfläche dafür ist auf Abbildung 12 abgebildet.

The screenshot shows a web-based monitoring application for plant health. At the top, there's a navigation bar with tabs: 'BLH-Monitoring', 'Übersicht', 'Schädlinge', and 'Pflanzengesundheit'. The main area is divided into two sections: 'Erfassen einer allgemeinen Beobachtung' (left) and 'Daten' (right).

Erfassen einer allgemeinen Beobachtung:

- 'was möchtest du erfassen?' dropdown set to 'Frassschäden'.
- 'An welchem Tisch bist du?' dropdown set to 'Tisch 1'.
- 'Welche Pflanzen sind betroffen?' section with a grid of letters A through H and numbers 1 through 7. All cells are empty.
- 'Du kannst eine Bemerkung hinzufügen:' text input field.
- 'Eingabe speichern' button.

Daten:

ID	time	name	beobachtung	tisch	pflanzen
465	2023-04-19 12:57:31	Julian	Weile Blätter	Tisch 6	A8
464	2023-04-19 12:57:31	Julian	Weile Blätter	Tisch 6	A5
463	2023-04-19 12:56:00	Julian	Weile Blätter	Tisch 7	H3
462	2023-04-19 12:50:03	Julian	Weile Blätter	Tisch 3	E9
450	2023-04-19 12:46:14	Julian	Weile Blätter	Tisch 2	E3
454	2023-04-19 12:46:14	Julian	Weile Blätter	Tisch 2	D7
453	2023-04-19 12:44:24	Julian	Gecknöld	Tisch 1	96
452	2023-04-19 17:56:09	Chlöe	zurückgebliebene Pflanzen	Tisch 12	96
451	2023-04-19 17:56:09	Chlöe	zurückgebliebene Pflanzen	Tisch 12	84
450	2023-04-19 17:55:45	Chlöe	Verkrüppete Blätter	Tisch 12	85

Showing 1 to 10 of 450 entries. Previous [1].

Hier kannst du Einträge wieder löschen: (Delete) button with entry 'Bsp.: 1,4,5,9'.

Daten als CSV herunterladen: (Download CSV) button.

Abbildung 12: Abschnitt der Monitoring-App für die Pflanzengesundheit

3.7 Statistik

Im Rahmen dieser Arbeit werden einige statistische Verfahren angewandt. Diese werden hier kurz gelistet und erklärt.

3.7.1 Anova-Test

Um zu untersuchen, ob die Entwicklung des Raupenbefalls an den Tomaten mit räumlichen Klimaunterschieden zusammenhängt, wurde ein Anova-Test mit R durchgeführt. Dieser sollte zeigen, ob es signifikante Unterschiede in der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit gab. Die Rohdaten für den Test wurden den Klimaloggern entnommen, welche auf jedem Tisch mittig platziert waren. Aus den gemessenen Daten wurden pro Tisch die Mittelwerte für Temperatur und Luftfeuchtigkeit berechnet und auf statistisch signifikante Unterschiede geprüft. Das Signifikanzniveau wurde mit 0.05 festgelegt. Ein signifikanter Unterschied ist dann gegeben, wenn die H₀-Hypothese einen p-Wert von grösser 0.05 zeigt. Die Formel für die Berechnung des p Wertes ist in der Auswertung ersichtlich.

3.7.2 Mann-Kendall Trend Test

Um festzustellen, ob es einen Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Blattlauspopulation und den Klimabedingungen im Kulturlabor gibt, wurde ein Mann-Kendall Trend Test durchgeführt. Als Datenbasis dafür dienten wieder die Rohdaten aus dem Klimalogger, der mittig auf dem Tisch mit den Salaten platziert war. Für den Test wurden die

jeweiligen Tagesmittelwerte für Temperatur und Luftfeuchtigkeit berechnet und auf einen Trend hin geprüft. Wie bereits beim Anova-Test wurde auch für den Mann-Kendall Test ein Signifikanzniveau von 0.05 festgelegt. Ein Trend liegt vor, wenn der p Wert der H0-Hypothese grösser 0.05 beträgt.

3.7.3 Wirksamkeit von VerdaProtect mit t-Test

Zur Prüfung der Wirksamkeit von VerdaProtect wurde ein t-Test durchgeführt. Dafür wurden die Daten der Auszählungen an den Tagen vor und nach der Applikation von VerdaProtect miteinander verglichen. Die Auswahl der Daten wurde wie auf Abbildung 13 dargestellt getroffen. Daraus ergaben sich zwei Stichproben zu je 27 Datenpunkten, die miteinander verglichen wurden. Auch für diesen Test wurde wieder ein Signifikanzniveau von 0.05 festgelegt. Die H0 Hypothese besagt, dass VerdaProtect keine Wirksamkeit zugeschrieben werden kann. Eine Wirksamkeit von VerdaProtect wird bei einem p Wert unter 0.05 angenommen.

Daten für t-Test		
Vormonitoring	Applikation	Nachmonitoring
2023-03-27	2023-03-30	2023-04-03
2023-04-11	2023-04-13	2023-04-19
2023-04-24	2023-04-27	2023-05-02

Abbildung 13: Ausgewählte Daten für t-Test

4 Resultate

Dieses Kapitel umfasst die Resultate des Schädlingsmonitorings, der Beurteilung der Pflanzengesundheit sowie die Ergebnisse der Klimadatenauswertung für ausgewählte Tische.

4.1 Schädlingsmonitoring

Während des im Rahmen dieser Arbeit durchgeföhrten Monitorings zwischen Ende März und Anfang Mai konnten folgende Schädlinge im Kulturlabor festgestellt werden:

- verschiedene Blattlausarten am Salat
- Gemüseeule und/oder Spannerraupe an den Tomaten
- Thrips bei den Auberginen

4.1.1 Blattläuse an den Salaten (Tisch 1.2)

Ein nennenswerter Blattlausbefall wurde nur an den Salaten verzeichnet, einige sehr wenige Blattläuse kamen auch an Tomaten und Auberginen vor.

Die Entwicklung der Blattlauspopulation über den Beobachtungszeitraum zeigt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden**. Tabelle 3, der grafische Verlauf ist in Abbildung 14 zu sehen.

Die Aufzeichnung der Blattlauspopulationen an den Salaten zeigte einen leichten Befall zu Beginn des Monitorings (KW 12) mit jeweils 1-2 Organismen pro Pflanze, wobei nicht alle Salate befallen waren. Die Anzahl der Blattläuse stieg unter leichten Schwankungen innerhalb von zwei Wochen auf das Vier- bis Fünffache an und erfuhr dann einen leichten Einbruch in der dritten Beobachtungswoche (KW 14). In der darauffolgenden Woche (KW 15) wurde ein

rasanter Populationszuwachs auf ein Vielfaches der vorherigen Zahlen verzeichnet. Während 8 Tagen stagnierten die Zahlen mehrheitlich mit einer leichten Abnahme am 19.04.2023, gefolgt von einem erneuten, markanten Populationswachstum innert 5 Tagen.

Nicht nur die Abundanz der Blattläuse an einzelnen Pflanzen nahm im Verlauf der Beobachtungen zu, sondern auch die Anzahl der befallenen Salate stieg von 50% auf 100% der beobachteten Exemplare.

Mais, Gurken, Erbsen, Paprika, Stielmangold und Federkohl, welche ebenfalls zu den Wirtspflanzen der Blattläuse zählen, wiesen keine Blattläuse auf.

Tabelle 3: Entwicklung des Blattlausbefalls am Salat

Tisch 2 - Salate - Blattläuse															
Beobachter	Wochentag	KW	Datum Monitoring	T2-A2	T2-A5	T2-B1	T2-C9	T2-D7	T2-E2	T2-F6	T2-G3	T2-H8	Durchschnittliche Anzahl Blattläuse	Nützlingseinsatz gegen Blattläuse	
Katja und Chloé	Donnerstag	12	23.03.2023	-	1 - 2	1 - 2	1 - 2	-	-	-	-	1 - 2	6	VerdaProtect 200 m ²	
Julian und Lynda	Montag	13	27.03.2023	-	1 - 2	-	1 - 2	-	-	-	-	6 - 10	1 - 2	13	
Katja und Chloé	Donnerstag	13	30.03.2023	-	-	-	6 - 10	-	-	-	-	1 - 2	-	10	
Julian und Lynda	Montag	14	03.04.2023	1 - 2	11 - 20	-	1 - 2	-	1 - 2	3 - 5	3 - 5	-	28		
Katja und Chloé	Donnerstag	14	06.04.2023	-	6 - 10	1 - 2	-	-	1 - 2	1 - 2	-	-	13		
Julian und Lynda	Dienstag	15	11.04.2023	21 - 50	21 - 50	11 - 20	11 - 20	1 - 2	-	-	-	1 - 2	105		
Katja und Chloé	Donnerstag	15	13.04.2023	21 - 50	> 50	11 - 20	11 - 20	6 - 10	-	-	-	1 - 2	-	125	VerdaProtect 200 m ²
Julian und Lynda	Mittwoch	16	19.04.2023	6 - 10	6 - 10	6 - 10	6 - 10	3 - 5	3 - 5	21 - 50	6 - 10	11 - 20	102		
Julian und Lynda	Montag	17	24.04.2023	6 - 10	11 - 20	6 - 10	21 - 50	11 - 20	21 - 50	21 - 50	11 - 20	11 - 20	185		
		17	27.04.2023											VerdaProtect 200 m ²	
Katja	Dienstag	18	02.05.2023	> 50	> 50	21 - 50	21 - 50	11 - 20	6 - 10	11 - 20	21 - 50	6 - 10	254		

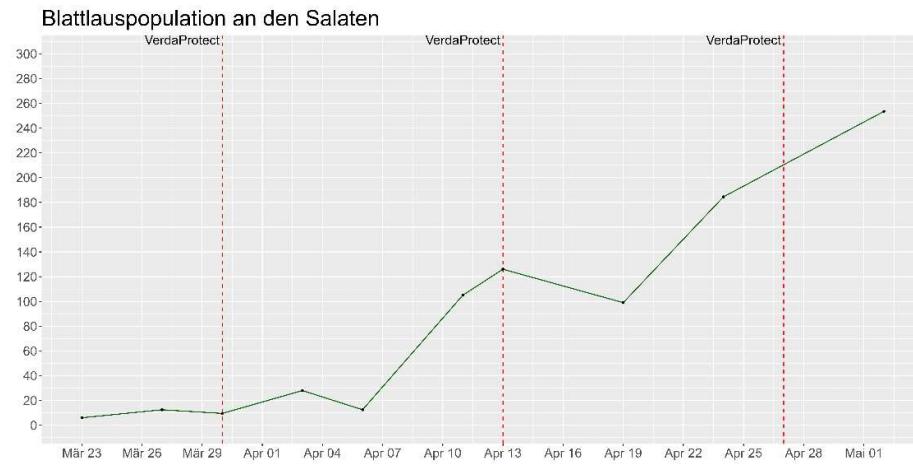


Abbildung 14: grafischer Verlauf der Entwicklung der Blattlauspopulation

Mittels Mikroskopie wurden die Grünfleckige Kartoffelblattlaus (*Aulacorthum solani*), gezeigt in Abbildung 15 und die Grünstreifige Kartoffelblattlaus (*Macrosiphum euphorbiae*), gezeigt in Abbildung 16 angenommen.



Abbildung 15: Grünfleckige Kartoffelblattlaus
(Foto: Esther Fischer)



Abbildung 16: Grünstreifige Kartoffelblattlaus
(Foto: Esther Fischer)

Betreffend Klimadaten wurde ausgewertet, ob ein Trend im Temperaturverlauf zu erkennen ist. Dazu wurde ein Mann-Kendall Trend Test für den Tisch 1.2 durchgeführt.

Die Abbildung 17 zeigt, dass für die Feuchtigkeit beim Trend Test ein p Wert von deutlich über 0.05 ausgegeben wurde. Das bedeutet, dass sich die Feuchtigkeit über die Kulturdauer nicht signifikant in eine Richtung entwickelt hat. Für die Temperatur hingegen liegt der p Wert bei 0.005. Hier können wir davon ausgehen, dass dieser Entwicklung ein Trend zu Grunde liegt.

MK-Trend Test Feuchtigkeit				
statistic	p.value	parameter	method	alternative
-0.721	0.471	41	Mann-Kendall trend test	two.sided

MK-Trend Test Temperatur				
statistic	p.value	parameter	method	alternative
2.812	0.005	41	Mann-Kendall trend test	two.sided

Abbildung 17: Resultate Trend Test

Während es Sinn ergibt, die Entwicklung der Blattlauspopulation im Zusammenhang mit der Temperatur zu untersuchen, ist eine Untersuchung im Zusammenhang mit der Feuchtigkeit nicht angezeigt.

Da zu beobachten war, dass die Blattlauspopulation trotz Nützlingseinsatz exorbitant zugenommen hat, wurde ein t-Test betreffend die Wirksamkeit von VerdaProtect durchgeführt.

Wie Abbildung 18 entnommen werden kann, hat der t-Test für die Wirksamkeit von VerdaProtect einen sehr hohen p Wert von 0.795 ergeben. Mit den hier vorliegenden Daten und der gewählten Methode konnte die Wirksamkeit von VerdaProtect nicht bestätigt werden.

t-Test VerdaProtect							
estimate	statistic	p.value	parameter	conf.low	conf.high	method	alternative
-2.907	-0.836	0.795	26	-8.841	Inf	Paired t-test	greater

Abbildung 18: Resultat t-Test

4.1.2 Raupen an den Tomaten

Auf Tischgruppe 2 befanden sich ausschliesslich Tomatenpflanzen, jedoch 3 unterschiedliche Sorten. «Totem» und «Sibirische Frühe», jeweils an der Aussenseite der Tische, zeichnen sich beide durch grosse, breite Blätter aus. «Tumbling Tom», immer in der Mitte des Tisches platziert, weist hingegen kleine schmale Blätter auf.

Erste Frass-Schäden und kleine Raupen wurden in KW 13 beobachtet, in Abbildung 20 blau dargestellt. Betroffen waren lediglich die beiden Sorten «Totem» und «Sibirische Frühe».

Innerhalb einer Woche zeigte sich gemäss lachsfarbenen Feldern in Abbildung 20Abbildung 20 eine Verdopplung der betroffenen Pflanzen, vor allem auf den Tischen 2.1 und 2.2. Nach dem Ausbringen des Mittels Dipel ES eine Woche nach dem ersten Befall, konnte ein Absterben der Raupen innerst weniger Tage festgestellt werden.

In den darauffolgenden Monitorings, dunkelgrüne und gelbe Felder in Abbildung 20, wurden nur punktuell neue Frass-Schäden entdeckt, jedoch ohne sichtbare Raupen. Bei der letzten Untersuchung, hellgrüne Farbe in der Abbildung 20, wurden keine Raupen und keine neuen Frass-Spuren entdeckt.

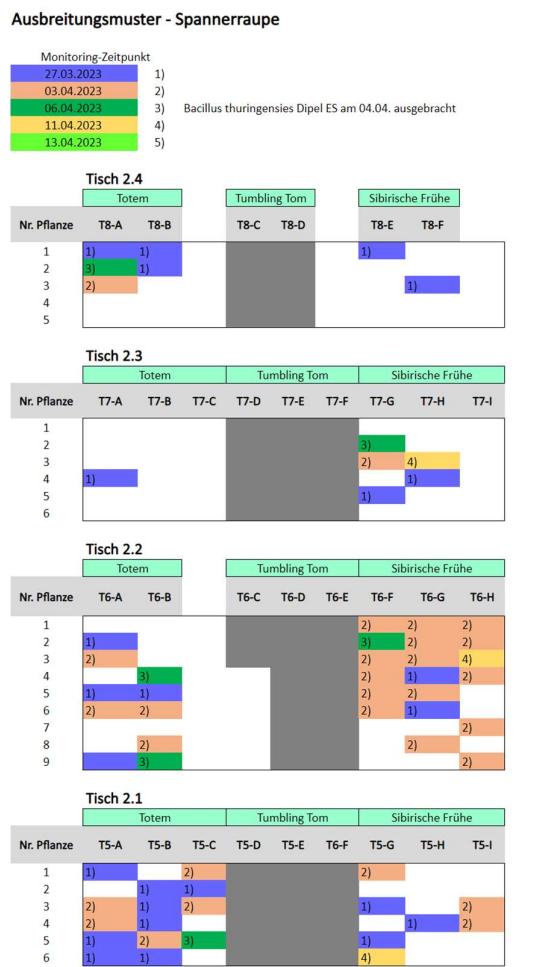


Abbildung 20: Entwicklung des Raupenbefalls an den Tomaten

Kontrollpflanze

Die Pflanze T5-I4 auf Tisch 2.1 wurde nicht mit Dipel ES behandelt. Sie diente als Kontrollpflanze. Bis zum Ende des Beobachtungszeitraums war diese Pflanze weiterhin von einer Raupe besiedelt. Diese wird in Abbildung 19 gezeigt. Alle anderen Tomaten-Pflanzen blieben nach der Behandlung mit Dipel ES frei von Schädlingen.



Abbildung 19: Raupe an Kontrollpflanze (Foto: Katja Lange)

Im Gesamtüberblick zeigte sich ein bevorzugter Befall von «Sibirische Frühe» auf Tisch 2.2 und von «Totem» auf Tisch 2.1. Die Tomaten auf den Tischen 2.3 und 2.4 wiesen das geringste Schadbild auf.

Die Auswertung der Klimadaten für Tischgruppe 2 erfolgte mit dem Anova-Test. Wie der Abbildung 21 entnommen werden kann, hat der Anova-Test für die Temperatur und für die

Feuchtigkeit einen p Wert ergeben, der in beiden Fällen deutlich über dem festgelegten Wert von 0.05 liegt. Das heisst, es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Klimadaten der einzelnen Logger auf Tischgruppe 2.

Anova Test Feuchtigkeit					
term	df	sumsq	meansq	statistic	p.value
table	1	91.524	91.524	0.558	0.455
Residuals	20406	3346870.944	164.014	NA	NA

Anova Test Temperatur					
term	df	sumsq	meansq	statistic	p.value
table	1	19.775	19.775	1.135	0.287
Residuals	20406	355540.700	17.423	NA	NA

Abbildung 21: Resultate Anova-Test

4.1.3 Thrips an Auberginen

Die Entwicklung von Thrips an den Auberginen über den Beobachtungszeitraum von 6 Wochen ist in Tabelle 4 dokumentiert.

In der zweiten Monitoring-Woche (KW 13) wurde ein erstes Auftreten von Thripsen an den Auberginen erfasst. Der Befall betraf etwas mehr als die Hälfte der untersuchten Pflanzen mit jeweils maximal 25% der Gesamtanzahl Blätter der Pflanze. Diese Zahlen stagnierten während einer Woche. Innerhalb der folgenden Woche (KW 15) liess sich an einigen Auberginenexemplaren ein leichter Anstieg auf 50% der Blätter verzeichnen. Dies bedeutet eine Zunahme der Anzahl betroffener Blätter, auch bei gleichbleibenden 25% der restlichen beobachteten Auberginen. Unter Betrachtung der Einzelblätter, nicht der Pflanze als Ganzes, zeigte sich während des gesamten Beobachtungszeitraums ein leichter bis mittlerer Befall, jedoch unterschiedlich von Blatt zu Blatt.

Das letzte Monitoring nach sieben Wochen (KW 18) verzeichnete einen Rückgang des Befalls. Die Pflanzen waren in der letzten Beobachtungswoche (KW 18) gegenüber der vierten Monitoring Woche (KW 15) doppelt so gross mit weitaus grösseren Blättern. Ein neuer Befall mit Thrips konnte nicht beobachtet werden.

Federkohl, Tomaten, Paprika und Gurken sind ebenfalls Wirtspflanzen, auf denen Thrips vorkommen können. Bei diesen liess sich über den gesamten Beobachtungszeitraum kein Befall feststellen.

Tabelle 4: Entwicklung des Thripsbefalls an Auberginen

Tisch 9 - Aubergine - Thrips											Nützlingseinsatz gegen Thrips	
Beobachter	KW	Wochentag	Datum Monitoring	T9-A2	T9-B6	T9-C4	T9-D3	T9-E5	T9-F1	T9-G7	T9-H6	
Katja und Chloé	12	Donnerstag	23.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	Amblyseius swirskii
Julian und Lynda	13	Montag	27.03.2023									
Katja und Chloé	13	Donnerstag	30.03.2023	< 25%	< 25%	< 25%	-	-	-	< 25%	< 25%	
Katja und Chloé	14	Donnerstag	06.04.2023	< 25%	< 25%	< 25%	-	-	< 25%	< 25%	< 25%	
Julian und Lynda	15	Dienstag	11.04.2023	< 25%	< 25%	< 25%	-	-	< 50%	< 50%	< 50%	
Katja und Chloé	15	Donnerstag	13.04.2023	< 25%	< 25%	< 25%	-	-	< 50%	< 50%	< 50%	
			27.04.2023									
Katja	18	Dienstag	02.05.2023	< 25%	< 25%	-	-	-	< 25%	< 25%	-	Amblyseius swirskii

4.1.4 Sonstige Schädlinge

Keinen allgemeinen Schädlingsbefall zeigten Mais, Federkohl, Stielmangold und Erbsen. Bei den Gurken und Paprika ist unklar, worauf die in der allgemeinen Pflanzengesundheit erwähnten Blattverkrüppelungen zurückzuführen sind. Dort lässt sich ein Schädling daher nicht ausschliessen.

4.2 Allgemeine Pflanzengesundheit

Dieser Abschnitt stützt sich auf die Betrachtung der gesammelten Daten direkt in der Monitoring App. Die Pflanzengesundheit wurde allgemein als sehr gut beurteilt.

Im Gesamtüberblick wurden im Zeitraum des Monitorings keine gravierenden, rasch oder flächenartig auftretenden Auffälligkeiten in der allgemeinen Gesundheit des Balkongemüses festgestellt. Bei einigen Stielmangold- und Tomatenpflanzen traten im Kulturverlauf helle, meist kleine Flecken auf den Blättern auf (siehe Abbildung 23), welche nicht eindeutig als Krankheit identifiziert werden konnten, die aber die Pflanzen nicht in ihrem Wachstum zu beeinträchtigen schienen.

Ab Untersuchungswoche 2 (KW 13) wurden Frass-Schäden vorwiegend an den äusseren Reihen der Tomatenpflanzen der Tischgruppe 2 und vereinzelt an Mangold auf Tisch 1.4 erfasst. Zu erwähnen ist ebenfalls das Auftreten von Blattverkrüppelungen ab der vierten Woche (KW 15) auf Tisch 3.3 an Paprika und vereinzelt auch an Gurken auf Tisch 3.4.

Auf den Tischen 2.3 und 3.3 wurden an einzelnen Tomaten und einigen Paprika transparente Stellen auf der Blattoberseite beobachtet (siehe Abbildung 22).



Abbildung 22: Transparente Stellen
(Foto: Chloé Diethelm)



Abbildung 23: Blattflecken (Foto: Katja Lange)

Ab KW 15 fielen einige zurückgebliebene Mangold- und Federkohlpflanzen, sowie welche Blätter an einzelnen Tomatenpflanzen, Salaten und Federkohl der Tischgruppen 1 und 2 auf.

5 Diskussion

5.1 Verteilung der Blattläuse auf die Gemüsekulturen

Blattläuse haben unterschiedliche Wirtspflanzen. Die meisten der angebauten Balkongemüse im Gewächshaus zählen dazu. Dennoch waren Blattläuse fast ausschliesslich an den Blattsalaten zu finden.

Tabelle 5 zeigt eine Zusammenstellung aus (Albert ... [et al.], 2007) zum saisonal abhängigen Auftreten von verschiedenen Blattlausarten. Es gibt Blattläuse, die wärmeliebend sind und daher erst ab Frühsommer / Sommer auftreten. Vereinzelt konnten am Standort der Salate Temperaturen zwischen 28°C und 31°C gemessen werden, im Mittel lag die Temperatur aber bei 18°C.

Es könnte angenommen werden, dass die auf den Blattsalaten festgestellten Blattläuse dort die für sich optimalen Klimabedingungen vorgefunden haben. Um eine definitive Aussage darüber machen zu können, wäre es notwendig, die Arten der Blattläuse auf den Blattsalaten genau zu bestimmen und die Klimadaten für die anderen Wirtspflanzen auszuwerten.

Tabelle 5: saisonales Auftreten von Blattläusen (Albert ... [et al.], 2007)

Übersicht Schädlinge pro Gemüseart	Auftreten ab wann												Salat	Federkohl	Tomaten	Aubergine	Chilli / Paprika	Gurken	Erbse
	allgemein	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N							
Grünstreifige Kartoffelblattlaus	hauptsächlich im Frühjahr, selten im Herbst												X				X		
Grünfleckige Kartoffelblattlaus	hauptsächlich im Frühjahr												X		X	X	X		
Grüne Gurkenblattlaus / Baumwollblattlaus	Frühsommer und Sommer (benötigt warme Temperaturen)												X		X	X	X		
Grüne Erbsenblattlaus	ab Frühjahr																		X
Grüne Pfirsichblattlaus	ab Frühjahr ganzjährig															X	X		
Mehlige Kohlblattlaus	ab Ende Mai													X					

Die Salate wurden zwischen Mais und Federkohl platziert – 2 Kulturen, welche weniger anfällig sind für Blattläuse. Der wichtigste Schädling beim Mais ist der Maiszünsler. Der Federkohl ist eine Wirtspflanze für die Mehlige Kohlblattlaus, welche erst ab Ende Mai zu erwarten ist. Auch wenn eine genaue Bestimmung der beobachteten Blattlausarten bei den Salaten nicht vorgenommen wurde, konnte die Mehlige Kohlblattlaus aufgrund ihres spezifischen Aussehens ausgeschlossen werden.

Nur etwa einen Meter entfernt von den Salaten befanden sich zahlreiche Tomatenpflanzen. Diese sind vor allem anfällig für die Grünfleckige Kartoffelblattlaus und die Grüne Gurkenblattlaus. Letztere ist erst ab Frühsommer zu erwarten. (Albert ... [et al.], 2007)

Um eine Aussage treffen zu können, ob der Abstand zwischen Salaten und Tomaten ein Grund für den ausschliesslichen Befall der Salate war, könnte eine stark von Blattläusen befallene Salatpflanze zwischen die Tomatenpflanzen platziert werden.

Für eine Beurteilung, ob Salate gegenüber Tomaten von Blattläusen bevorzugt werden, bedürfte es einer Anordnung von Salaten und Tomaten zusammen auf einer Tischgruppe als unmittelbare Nachbarn.

5.2 Entwicklung der Blattlauspopulation an den Salaten

Über den gesamten Beobachtungszeitraum von 6 Wochen ist die Blattlauspopulation stark angestiegen, anfangs moderat, dann zweimal sprunghaft nach einem minimalen Rückgang.

Bis zum 04.04.2023 war ein leichter Anstieg der Anzahl Blattläuse zu verzeichnen. Dieser brach zwischen dem 04.04.2023 und 06.04.2023 um 50% ein. Die Beobachtung könnte zum einen auf den Einsatz des Nützlingsmittels «VerdaProtect 200m²» am 04.04.2023 zurückzuführen sein. Zum anderen könnte dies mit den kurzfristigen klimatischen Veränderungen im Kulturlabor zusammenhängen.

Abbildung 24 zeigt den Temperaturverlauf und den Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeit auf Tisch 1.2 über den gesamten Beobachtungszeitraum.

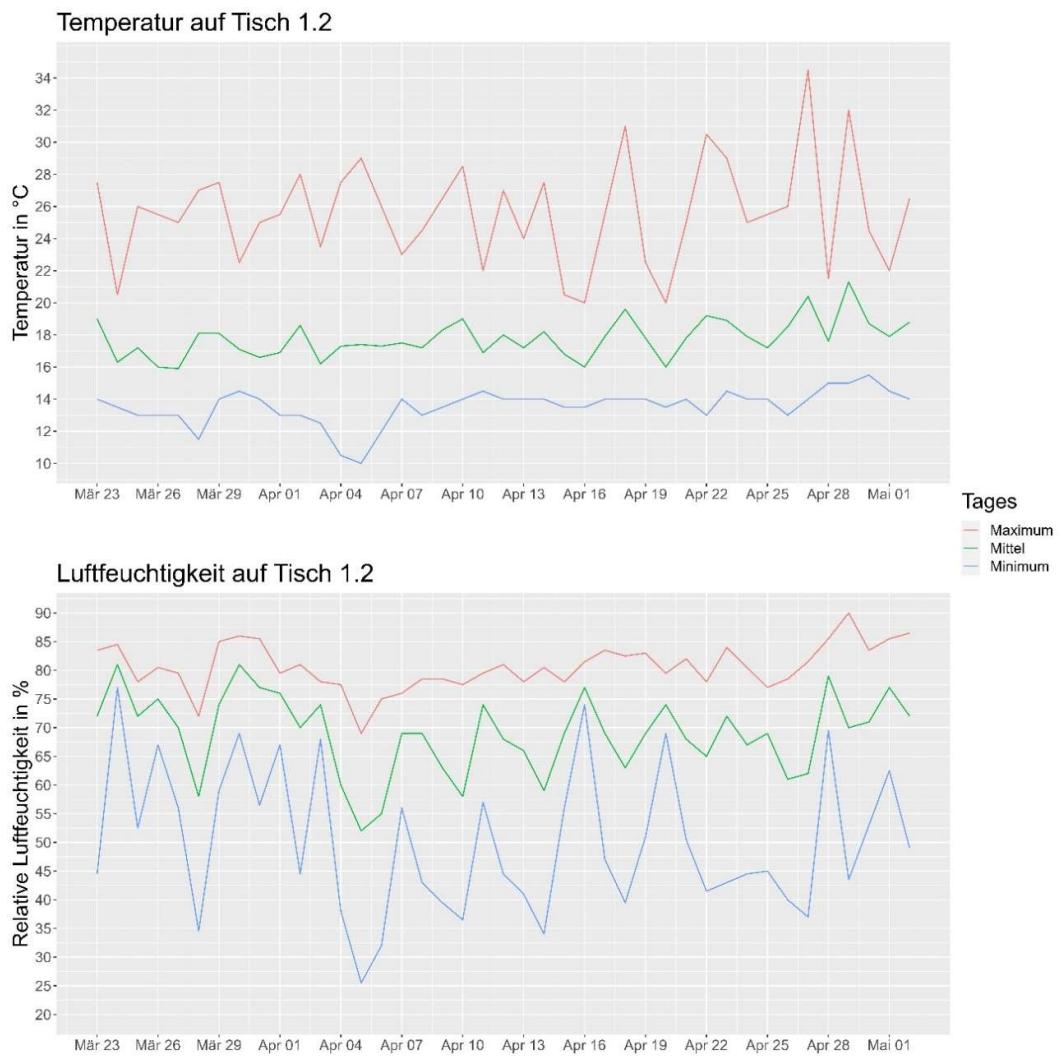


Abbildung 24 Klimadaten Tisch 1.2 (zvg. Julian Kraft)

Das Tagesminimum fiel vom 30.03.2023 bis zum 05.04.2023 fast linear von 15°C auf 10°C, jedoch stieg die Anzahl Blattläuse während diesem Temperaturabfall noch stetig leicht an.

Die relative Luftfeuchtigkeit nahm zwischen dem 03.04.2023 und 05.04.2023 stark ab und sank von einem Tagesminimum von 70% auf ein Tagesminimum von 25%.

Luftfeuchtigkeit und Temperatur sanken während des gesamten Beobachtungszeitraumes nie mehr unter die am 05.04.2023 gemessenen Tiefstwerte.

Da die Anzahl Blattläuse trotz sinkender Tagestiefstemperatur und sinkender Luftfeuchtigkeit immer noch stetig leicht anstieg, kann davon ausgegangen werden, dass der Rückgang der Blattläuse zwischen dem 04.04. und 06.04. auf den Nützlingseinsatz zurückzuführen ist. Möglicherweise begünstigten die niedrigen Tagestiefstemperaturen und die niedrige Luftfeuchtigkeit die Wirkung der Nützlinge.

Gemäss dem Klimalogger auf Tisch 1.2 stieg zwischen dem 05.04.2023 und 07.04.2023 die Tagestiefstemperatur von 10°C auf 14°C und fiel seither nie mehr unter 13°C. Mit dem Anstieg der Tagestiefstemperaturen fiel auch ein starker Anstieg der Anzahl Blattläuse bis zum 14.04.2023 zusammen. Für die mittleren und höchsten Tagestemperaturen liess sich zwischen dem 27.03.2023 und 14.04.2023 kein Abwärts- oder Aufwärtstrend feststellen. Diese lagen im genannten Zeitraum immer zwischen 16°C und 19°C bzw. 22°C und 28°C.

Diese Beobachtung lässt eine Abhängigkeit der Entwicklung der Anzahl Blattläuse von der Tagestiefstemperatur vermuten.

Am 13.04.2023 wurde nochmals «VerdaProtect 200m²» ausgebracht. Wie bereits nach dem ersten Einsatz von VerdaProtect am 04.04.2023 konnte ein Rückgang der Blattläuse registriert werden, diesmal jedoch nur um 20%.

Während der erste Einsatz mit einer markanten Temperaturabnahme und Abnahme der Luftfeuchtigkeit zusammenfiel, liessen sich zwischen dem 14.04.2023 und 18.04.2023 keine auffallenden Unterschiede in Temperatur und Luftfeuchtigkeit feststellen.

Vermutet wird, dass die optimaleren Klimabedingungen für die Blattläuse dem Nützlingseinsatz entgegenstanden. Eine weiterführende Untersuchung könnte zeigen, ob der Nützlingeffekt von «VerdaProtect» bei steigenden Temperaturen abnimmt.

Die Annahme, dass dem so ist, konnte mit dem 3. Einsatz von «VerdaProtect» am 27.04.2023 bekräftigt werden. Trotz Nützlingseinsatz stieg die Anzahl Blattläuse stetig steil an. Untermauert wird die Annahme durch den im Mann-Kendall-Test bestätigten Aufwärtstrend der Temperaturen und die durch den t-Test nachgewiesene Unwirksamkeit von VerdaProtect.

Eine abschliessende Annahme, welche zu prüfen wäre, ist, dass die Blattläuse sich bei höheren Temperaturen schneller vermehren als die ausgebrachten Schlupfwespen.

5.3 Raupen an den Tomaten

Wie bereits unter Punkt 4.1 Schädlingsmonitoring beschrieben, wurden Raupen an den Tomatensorten «Totem» und «Sibirische Frühe» festgestellt. Die zwischen beiden Sorten platzierte «Tumbling Tom» blieb gänzlich frei von einem Raupenbefall. Der Grund wird in der Grösse der Blätter vermutet. Während «Totem» und «Sibirische Frühe» eher grosse und breite Blätter ausbilden, zeichnet sich «Tumbling Tom» durch schmale, längliche Blätter aus.

Da sich immer alle drei Sorten auf den Tischen der Tischgruppe 2 befanden, können klimatische Abhängigkeiten zwischen dem Befall von «Tumbling Tom» und den beiden

anderen Tomatensorten ausgeschlossen werden. Alle drei Sorten waren über den gesamten Beobachtungszeitraum gleichen klimatischen Bedingungen ausgesetzt.

Klimaabhängig könnte jedoch die Ausbreitung der Raupe innerhalb von «Totem» und «Sibirische Frühe» sein.

Auch wenn der Anova-Test für die gesamte Tischgruppe 2 keine signifikanten Unterschiede in Temperatur und Luftfeuchtigkeit zwischen den einzelnen Tischen aufzeigen konnte, gab es doch Unterschiede in den Höchstwerten für Temperatur und Luftfeuchtigkeit pro Tisch. Eine Übersicht der Höchst- und Tiefstwerte für Temperatur und Luftfeuchtigkeit zeigt Tabelle 6.

Tabelle 6: Übersicht der Höchst- und Tiefstwerte für Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit bei Tomaten

Tischnummer	Höchst-temperatur	Tiefst-temperatur	Höchstwert rel. Luftfeuchte	Tiefstwert rel. Luftfeuchte
2.1	31	10	93	24
2.2	31.5	9.5	97	28.5
2.3	29	10	90.5	27.5
2.4	28	10	90	29.5

Den zahlreichsten Befall mit Raupen zeigten die Tische 2.1 und 2.2. Diese beiden Tische wiesen eine ca. 2°C höhere Höchsttemperatur auf als die Tische 2.3 und 2.4. Auch für die relative Luftfeuchtigkeit wurde bei den Tischen 2.1 und 2.2 ein höherer Wert gemessen als bei den Tischen 2.3 und 2.4.

Inwiefern diese klimatischen Bedingungen tatsächlich die Ausbreitung der Raupen beeinflusst haben, kann nur vermutet, aber nicht abschliessend beurteilt werden. Nach dem Einsatz des Pflanzenschutzmittels sind keine Raupen mehr aufgetreten.

Unklar ist auch die Bestimmung der Art der Raupen. In Frage kommen Eulen-Raupe oder Spanner-Raupe. Das eingesetzte Pflanzenschutzmittel Dipel ES mit dem Toxin von *Bacillus thuringiensis* wirkt gegen beide Raupenarten.

Eine einzige Tomatenpflanze wurde von der Behandlung mit dem Pflanzenschutzmittel ausgeschlossen. Anhand dieser Pflanze konnte kontrolliert werden, ob das Pflanzenschutzmittel wirkte. Bis zum Abschluss des Beobachtungszeitraumes wurde an der Kontrollpflanze eine ca. 3-4 cm lange Raupe beobachtet. Für die Eulen-Raupe würde sprechen, dass sie sich in einer Blattrolle verpuppte. Spanner-Raupen verpuppen sich hingegen in der Erde oder an der Erdoberfläche. Die Gamma-Eule wird bis zu 4cm lang, tritt vereinzelt bereits im Frühjahr auf, besitzt nur zwei Bauchbeinpaare und bewegt sich spannerartig fort. (Albert ... [et al.], 2007) Daher käme auch sie in Frage für die Frass-Schäden an den Tomatenkulturen.

5.4 Thrips an den Auberginen

Die anfänglich beobachtete Zunahme von Thrips bei den Auberginen nahm über den Beobachtungszeitraum wieder ab. Es kann angenommen werden, dass hier der Nützlingseinsatz wirkungsvoll war.

Dass in der letzten Kontrollwoche einige Pflanzen keinen Befall mehr zeigten, kann mit deren Wachstum zusammenhängen. Während des Beobachtungszeitraums sind die Pflanzen gewachsen und haben sowohl neue Blätter ausgebildet als auch alte Blätter verloren.

6 Fazit

Ein Zusammenhang zwischen Klimadaten und Schädlingsbefall lässt sich nur bei den Blattläusen am Salat vermuten. Hier zeigte sich mit dem Anstieg der Tagestiefstemperaturen eine deutliche Zunahme der Blattläuse.

Auf die Ausbreitung der Schädlinge, ausgehend von einigen wenigen Pflanzen, konnte kein Hinweis gefunden werden.

Die Hypothese, dass die ausgebrachten Nützlinge dem Schädling wirkungsvoll entgegengesetzt werden können, kann zumindest für die Auberginen bestätigt werden. Hier konnten die Raubmilben den Thrips-Befall deutlich senken.

Das Pflanzenschutzmittel «VerdaProtect» scheint nur bedingt wirkungsvoll gegen Blattläuse zu sein. Während sich bei niedrigeren Temperaturen und einer kleinen Blattlauspopulation noch ein abnehmender Effekt nach dem Einsatz von VerdaProtect zeigte, konnte bei hohen Temperaturen und einer grossen Blattlauspopulation keine Wirkung mehr beobachtet werden. Mit den gesammelten Daten und statistischen Auswertungen konnte dem VerdaProtect über alle drei Applikationen keine Wirkung nachgewiesen werden.

7 Literaturverzeichnis

Agroscope - Mais. (o. J.). *Schädlinge des Mais* [Rechtliche Grundlagen des Bundes].

Abgerufen 28. April 2023, von

<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/ackerbau/kulturarten/mais/ravageurs-mais.html>

Agroscope - Quarantäneorganismen. (2023, April 28). *Thrips palmi*.

<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/pflanzenschutz/agroscope-pflanzenschutzdienst/geregelte-schadorgnismen/quarantaeneorganismen/thrips-palmi.html>

Albert ... [et al.]. (2007). *Biologischer Pflanzenschutz im Gewächshaus: Die Alternative für geschützte Räume*. Stuttgart (Hohenheim) : Ulmer.

Beetge, L., & Krüger, K. (2019). Drought and heat waves associated with climate change affect performance of the potato aphid Macrosiphum euphorbiae. *Scientific Reports*, 9(1), 3645. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37493-8>

Bernd, Böhmer & Walter, Wohanka. (2021). *Krankheiten & Schädlinge an Zierpflanzen, Obst und Gemüse* (3. Aufl.). Ulmer.

Bernhard, Klausnitzer. (2011). *Exkursionsfauna von Deutschland: Bd. Band 2: Wirbellose: Insekten* (11. Aufl.). Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg.

Biocontrol Suisse Andermatt - Insektenregulierung. (2023, Mai 25). *Insektenregulierung*.
<https://www.biocontrol.ch/de-ch/amblyseius-swirskii--p23282?variant=14234>

Fischer, T. C., Michalski, A., & Hausmann, A. (2019). Geometrid caterpillar in Eocene Baltic amber (Lepidoptera, Geometridae). *Scientific Reports*, 9(1), 17201.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-53734-w>

F.J. Häni, G. Popow, A. Schwarz, U. Voegeli, & H. Reinhard. (2022). *Pflanzenschutz im nachhaltigen Ackerbau: Lehr- und Praxishandbuch für prozessorientiertes Lernen und Handeln* (10., vollständig überarbeitete und ergänzte Auflage). Zollikofen : Edition Imz.

Hirschfeld, Jonas Flötotto, Vivien Franck, Andreas Horn, Toni Karge, Lea Kliem, Miriam Kuhlmann, , Milena Lang, Benoit Leleu, , Felix Lodes, Angela Million, Christa Müller, Joachim Petzold, Gisela Prystav, Catharina Püffel, & Viviann Remmel, Julianne Roth, Sebastian Schubert, Sven Stinner, Gregor Weise, Malte Welling. (2022). *Der Wert urbaner Gärten und Parks: Was Stadtgrün für die Gesellschaft leistet. Berlin.* Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH.

Klaus, Schlüter, Jens, Aumann, & Horst, Börner. (2009). *Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* (8. Aufl.). Springer Berlin, Heidelberg.

Philipp, Gut & Moritz, Bürki. (2022). *Pflanzenschutz an Zier- und Nutzpflanzen: Krankheiten und Schädlinge erkennen, vorbeugen und richtig behandeln* (9. Aufl.). Verlag Eugen Ulmer.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Thripsbefall an Auberginen (Bild Chloé Diethelm).....	10
Abbildung 2: Spanner- oder Eulenraupe (Bild Chloé Diethelm)	10
Abbildung 3: Versuchsplan Balkongemüse, (M. Hutter, M. Jäger, 2023)	12
Abbildung 4: ZHAW Kulturlabor GC 183 (Foto: Katja Lange).....	13
Abbildung 5: Klimalogger (Foto: Katja Lange)	13
Abbildung 6: Einsatz von VerdaProtect im Kulturlabor (Foto: Katja Lange).....	16
Abbildung 7: Amblyseius swirskii auf Aubergine (Foto: Katja Lange).....	17
Abbildung 8: Monitoring-App - Übersicht	18
Abbildung 9: Monitoring-App - Schädlinge.....	19
Abbildung 10: Schätzungsschlüssel Thrips.....	19
Abbildung 11: Schätzungsschlüssel Blattläuse und Raupen.....	19
Abbildung 12: Abschnitt der Monitoring-App für die Pflanzengesundheit	20
Abbildung 13: Ausgewählte Daten für t-Test.....	21
Abbildung 14: grafischer Verlauf der Entwicklung der Blattlauspopulation.....	22
Abbildung 15: Grünfleckige Kartoffelblattlaus (Foto: Esther Fischer)	23
Abbildung 16: Grünstreifige Kartoffelblattlaus (Foto: Esther Fischer).....	23
Abbildung 17: Resultate Trend Test	23
Abbildung 18: Resultat t-Test	23
Abbildung 19: Raupe an Kontrollpflanze (Foto: Katja Lange).....	24
Abbildung 20: Entwicklung des Raupenbefalls an den Tomaten.....	24
Abbildung 21: Resultate Anova-Test	25
Abbildung 21: Transparente Stellen (Foto: Chloé Diethelm)	26
Abbildung 22: Blattflecken (Foto: Katja Lange).....	26
Abbildung 24 Klimadaten Tisch 1.2 (zvg. Julian Kraft)	28
Abbildung 33: Temperaturverlauf Tisch 1.2	37
Abbildung 34: Luftfeuchtigkeit Tisch 1.2	37
Abbildung 35: Temperaturverlauf Tischgruppe 2	38
Abbildung 36: Luftfeuchtigkeit Tischgruppe 2	39

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick Schädlinge pro Gemüseart (Albert ... [et al.], 2007).....	8
Tabelle 2: Geplanter Nützlingseinsatz von Biocontrol Andermatt (Informationen von Janine Bossi).....	15
Tabelle 3: Entwicklung des Blattlausbefalls am Salat	22
Tabelle 4: Entwicklung des Thripsbefalls an Auberginen.....	26
Tabelle 5: saisonales Auftreten von Blattläusen (Albert ... [et al.], 2007)	27
Tabelle 6: Übersicht der Höchst- und Tiefstwerte für Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit bei Tomaten.....	30

10 Anhang

10.1 R-Code und Rohdaten

Der R-Code und die Rohdaten zur Erstellung der Grafien und der Statistischen Auswertungen sind unter diesem Link zu finden:

<https://github.com/juliankraft/ZHAW-Projektarbeit-PA-5.3-Biocontrol>

10.2 Überblick Monitoring

Tisch 1 - Mais										
Beobachter	Wochentag	Datum Monitoring	T1-A3	T1-B4	T1-C7	T1-D7	T1-E1	T1-H6	T1-G5	T1-F2
Katja und Chloé	Donnerstag	23.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-
Julian und Lynda	Montag	27.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-
Katja und Chloé	Donnerstag	30.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-

Tisch 2 - Salate - Blattläuse														
Beobachter	Wochentag	KW	Datum Monitoring	T2-A2	T2-A5	T2-B1	T2-C9	T2-D7	T2-E2	T2-F6	T2-G3	T2-H8	Durchschnittliche Anzahl Blattläuse	Nützlingseinsatz gegen Blattläuse
Katja und Chloé	Donnerstag	12	23.03.2023	-	1 - 2	1 - 2	1 - 2	-	-	-	-	1 - 2	6	VerdaProtect 200 m ²
Julian und Lynda	Montag	13	27.03.2023	-	1 - 2	-	1 - 2	-	-	-	6 - 10	1 - 2	13	
Katja und Chloé	Donnerstag	13	30.03.2023	-	-	6 - 10	-	-	-	-	-	-	10	
Julian und Lynda	Montag	14	03.04.2023	1 - 2	11 - 20	-	1 - 2	-	1 - 2	3 - 5	3 - 5	-	28	
Katja und Chloé	Donnerstag	14	06.04.2023	-	6 - 10	1 - 2	-	-	1 - 2	1 - 2	-	-	13	
Julian und Lynda	Dienstag	15	11.04.2023	21 - 50	21 - 50	11 - 20	11 - 20	1 - 2	-	-	-	1 - 2	105	
Katja und Chloé	Donnerstag	15	13.04.2023	21 - 50	> 50	11 - 20	11 - 20	6 - 10	-	-	-	-	125	
Julian und Lynda	Mittwoch	16	19.04.2023	6 - 10	6 - 10	6 - 10	6 - 10	3 - 5	3 - 5	21 - 50	6 - 10	11 - 20	102	VerdaProtect 200 m ²
Julian und Lynda	Montag	17	24.04.2023	6 - 10	11 - 20	6 - 10	21 - 50	11 - 20	21 - 50	21 - 50	11 - 20	11 - 20	185	
Katja	Dienstag	18	02.05.2023	> 50	> 50	21 - 50	21 - 50	11 - 20	6 - 10	11 - 20	21 - 50	6 - 10	254	VerdaProtect 200 m ²

Tisch 3 - Federkohl												
Beobachter	Wochentag	Datum Monitoring	T3-A3	T3-A6	T3-B7	T3-C2	T3-D9	T3-E5	T3-F8	T3-G6	T3-H1	Kommentar
Katja und Chloé	Donnerstag	23.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Julian und Lynda	Montag	27.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Katja und Chloé	Donnerstag	30.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	trockene, braune, papyrusartige Stelle am Blatt

Tisch 4 - Stielmangold												
Beobachter	Wochentag	Datum Monitoring	T4-A4	T4-A8	T4-B6	T4-C1	T4-D4	T4-E7	T4-F9	T4-G2	T4-H5	Kommentar
Katja und Chloé	Donnerstag	23.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Julian und Lynda	Montag	27.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Katja und Chloé	Donnerstag	30.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	verkrüppeltes Blatt

Tisch 9 - Aubergine - Thrips												
Beobachter	KW	Wochentag	Datum Monitoring	T9-A2	T9-B6	T9-C4	T9-D3	T9-E5	T9-F1	T9-G7	T9-H6	Nützlingseinsatz gegen Thrips
Katja und Chloé	12	Donnerstag	23.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	Amblyseius swirskii
Julian und Lynda	13	Montag	27.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	
Katja und Chloé	13	Donnerstag	30.03.2023	< 25%	< 25%	< 25%	-	-	-	< 25%	< 25%	Amblyseius swirskii
Katja und Chloé	14	Donnerstag	06.04.2023	< 25%	< 25%	< 25%	-	-	< 25%	< 25%	< 25%	
Julian und Lynda	15	Dienstag	11.04.2023	< 25%	< 25%	< 25%	-	-	< 50%	< 50%	< 50%	
Katja und Chloé	15	Donnerstag	13.04.2023	< 25%	< 25%	< 25%	-	-	< 50%	< 50%	< 50%	
			27.04.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	
Katja	18	Dienstag	02.05.2023	< 25%	< 25%	-	-	-	< 25%	< 25%	-	Amblyseius swirskii

Tisch 8 - Tomaten - Spanner

Beobachter	Wochentag	Datum Monitoring	T8-A5	T8-B3	T8-C2	T8-D5	T8-E1	T8-F4
Katja und Chloé	Donnerstag	23.03.2023	-	-	-	-	-	-
Julian und Lynda	Montag	27.03.2023	-	-	-	-	-	-
Katja und Chloé	Donnerstag	30.03.2023	-	-	-	-	-	-
Julian und Lynda	Montag	03.04.2023	-	-	-	-	1 - 2	-
Katja und Chloé	Donnerstag	06.04.2023	-	-	-	-	1 - 2	-
Julian und Lynda	Dienstag	11.04.2023	-	-	-	-	-	-
Katja und Chloé	Donnerstag	13.04.2023	-	-	-	-	-	-

Tisch 7 - Tomaten - Spanner

Beobachter	Wochentag	Datum Monitoring	T7-A3	T7-B5	T7-C6	T7-D1	T7-E4	T7-F6	T7-G1	T7-H2	T7-I4
Katja und Chloé	Donnerstag	23.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	1 - 2
Julian und Lynda	Montag	27.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Katja und Chloé	Donnerstag	30.03.2023	-	-	-	-	1 - 2	1 - 2	-	-	1 - 2
Julian und Lynda	Montag	03.04.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	1 - 2
Katja und Chloé	Donnerstag	06.04.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	1 - 2
Julian und Lynda	Dienstag	11.04.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Katja und Chloé	Donnerstag	13.04.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tisch 6 - Tomaten - Spanner

Beobachter	Wochentag	Datum Monitoring	T6-A7	T6-B8	T6-C6	T6-D2	T6-E5	T6-F4	T6-G9	T6-H3	T6-H1
Katja und Chloé	Donnerstag	23.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Julian und Lynda	Montag	27.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Katja und Chloé	Donnerstag	30.03.2023	-	-	-	-	1 - 2	1 - 2	-	1 - 2	1 - 2
Julian und Lynda	Montag	03.04.2023	-	-	-	-	-	-	-	1 - 2	1 - 2
Katja und Chloé	Donnerstag	06.04.2023	-	-	-	-	1 - 2	-	-	-	-
Julian und Lynda	Dienstag	11.04.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Katja und Chloé	Donnerstag	13.04.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tisch 5 - Tomaten - Spanner

Beobachter	Wochentag	Datum Monitoring	T5-A4	T5-B6	T5-C2	T5-D3	T5-E5	T6-F6	T5-G1	T5-H4	T5-I3
Katja und Chloé	Donnerstag	23.03.2023	-	-	1 - 2	-	-	-	-	1 - 2	-
Julian und Lynda	Montag	27.03.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Katja und Chloé	Donnerstag	30.03.2023	-	1 - 2	-	-	-	-	1 - 2	1 - 2	1 - 2
Julian und Lynda	Montag	03.04.2023	1 - 2	1 - 2	1 - 2	-	-	-	1 - 2	1 - 2	1 - 2
Katja und Chloé	Donnerstag	06.04.2023	-	1 - 2	1 - 2	-	-	-	-	-	-
Julian und Lynda	Dienstag	11.04.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Katja und Chloé	Donnerstag	13.04.2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-

10.3 Überblick Klimadaten

10.3.1 Temperaturrentwicklung Tisch 1.2 (Salate)

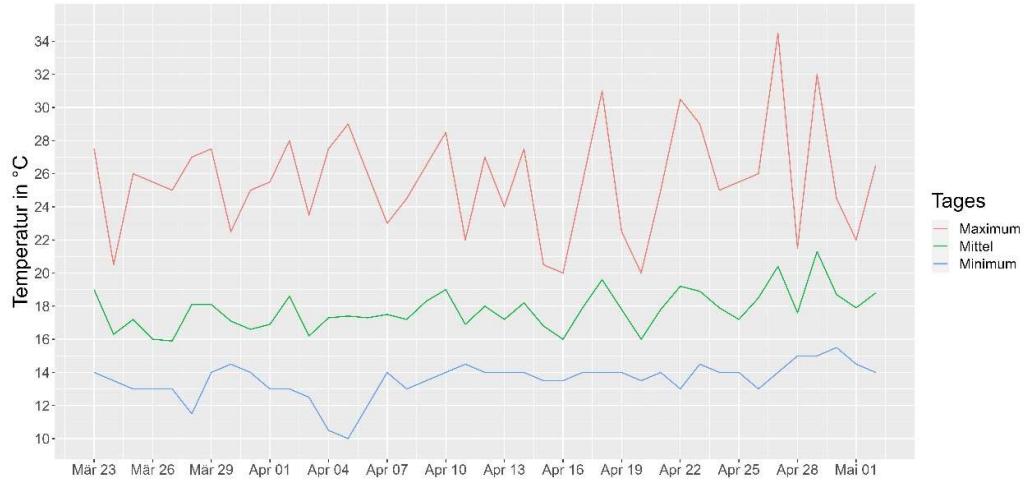


Abbildung 25: Temperaturverlauf Tisch 1.2

10.3.2 Luftfeuchtigkeit Tisch 1.2 (Salate)

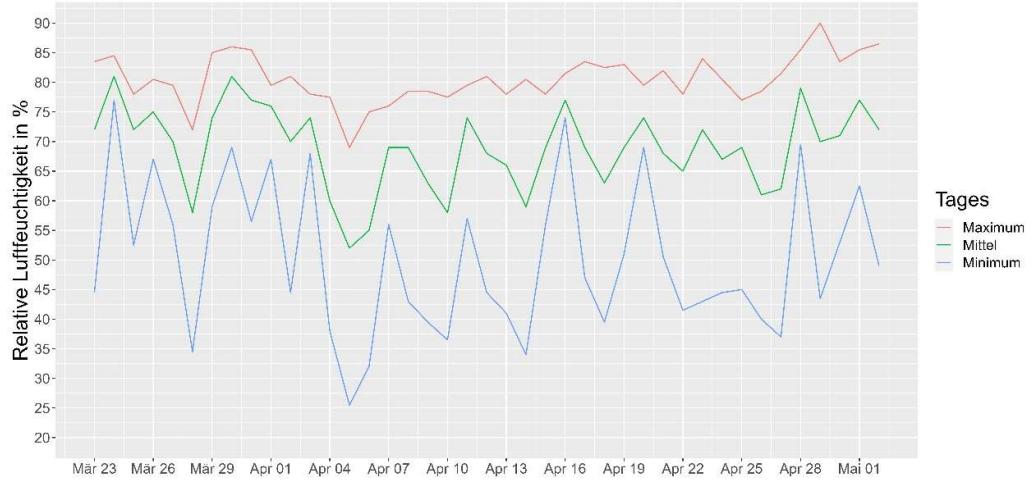


Abbildung 26: Luftfeuchtigkeit Tisch 1.2

10.3.3 Temperaturrentwicklung Tischgruppe 2 (verschiedene Tomaten)

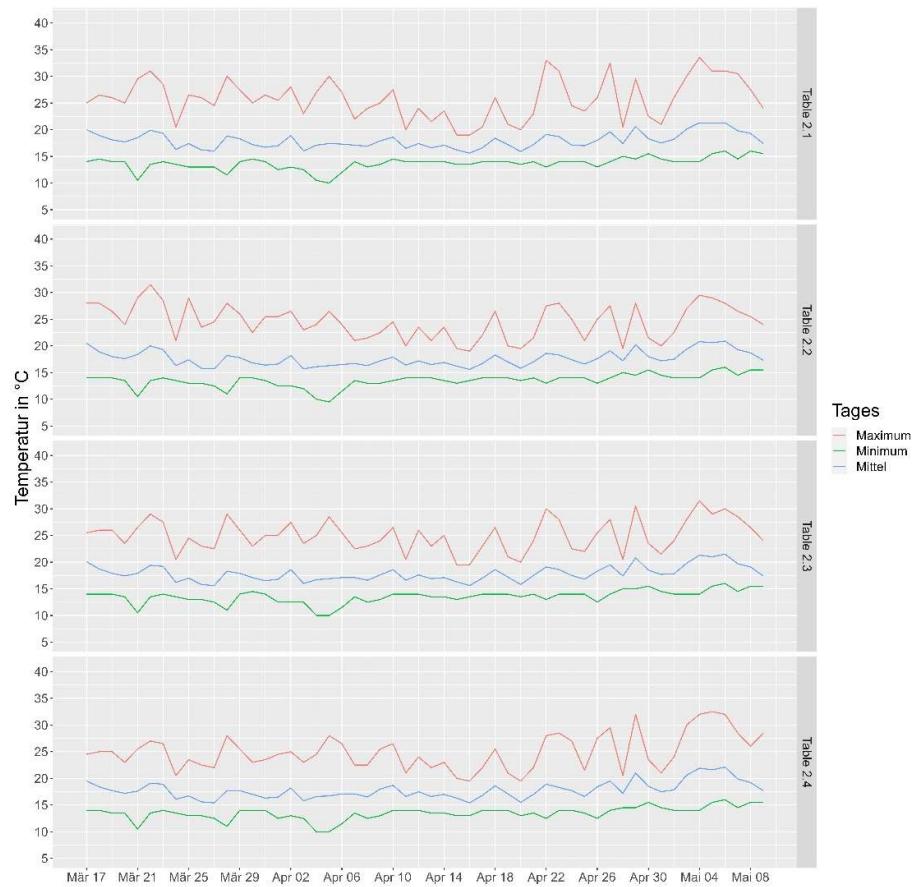


Abbildung 27: Temperaturverlauf Tischgruppe 2

10.3.4 Entwicklung der Luftfeuchtigkeit auf Tischgruppe 2 (verschiedene Tomaten)

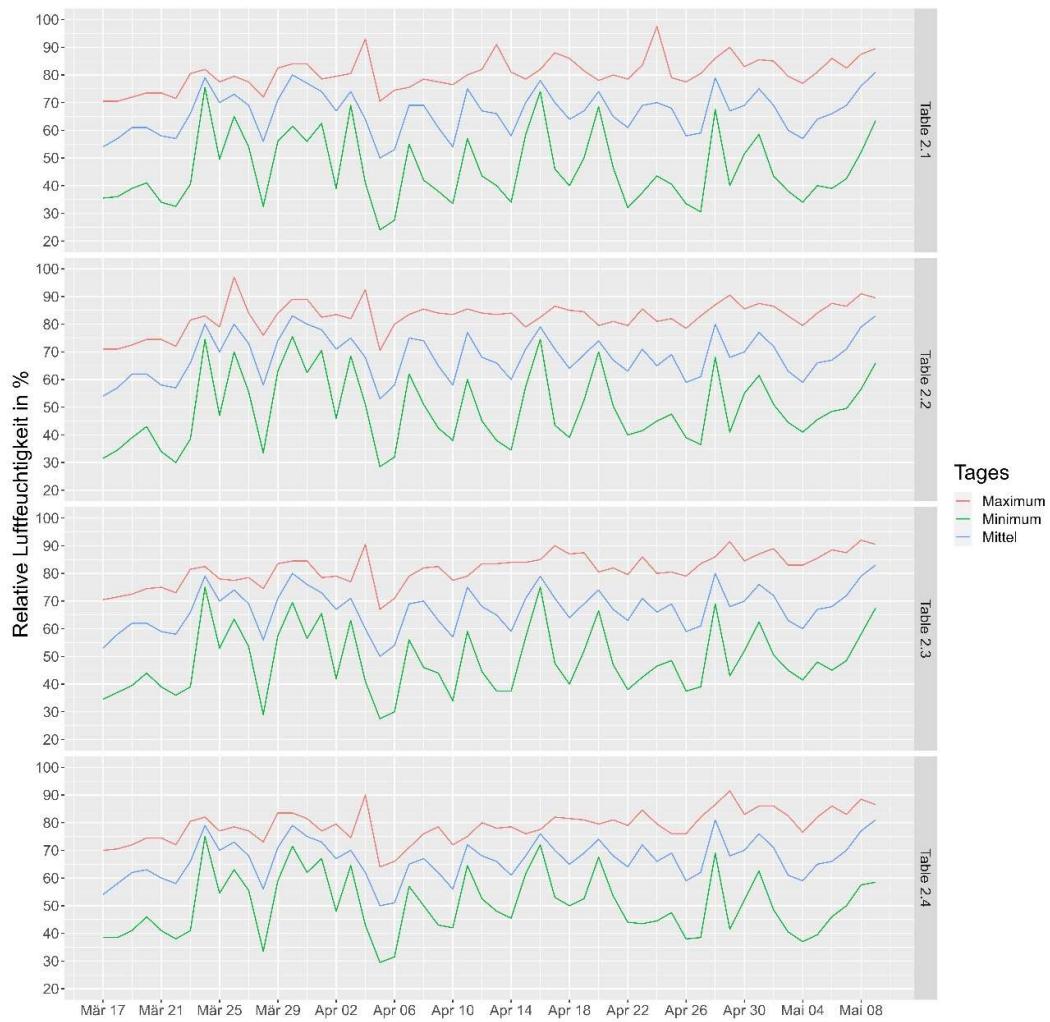


Abbildung 28: Luftfeuchtigkeit Tischgruppe 2