

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN

Nahrungsmittelanbau im Dachgarten des KREIS-Hauses



Bachelorarbeit

von
Tabea Bircher

Bachelorstudiengang 2019

12.01.2023

Umweltingenieurwesen

Fachkorrektorinnen:

Devi Bühler

Florentina Gartmann

ZHAW Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

Impressum

Autorin:	Tabea Bircher
Titelbild:	Aufnahme des Dachgartens im KREIS-Haus von Tabea Bircher
Keywords:	Kreislaufwirtschaft, Dachlandwirtschaft, Urindüngung, Grauwassernutzung, Gemüsebau, Pflanzenbonitierung
Zitiervorschlag:	Bircher, T. (2023). <i>Nahrungsmittelanbau im Dachgarten des KREIS-Hauses</i> . Bachelorarbeit, ZHAW LSFM, Wädenswil, unveröffentlicht.
Institution:	Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen (IUNR) Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften Grüentalstrasse 14 Postfach CH-8820 Wädenswil

Zusammenfassung

Die Weltbevölkerung wächst weiter und immer mehr Menschen leben in urbanen Gebieten. Die Städte werden grösser und benötigen dafür häufig Landwirtschaftsflächen. Dieser Konflikt führt dazu, dass Lebensmittel weite Transportwege zurücklegen bis sie bei den Konsumenten ankommen. Um frisches und lokales Gemüse in Städten anzubauen sind neue Produktionsarten wie beispielsweise die Dachlandwirtschaft gefragt. Das KREIS-Haus in Feldbach am Zürichsee ist ein bewohnbares Praxislabor mit dem Ziel Wasser- und Nährstoffkreisläufe geschlossen zu halten.

Diese Arbeit untersucht den zirkulären Gemüseanbau im KREIS-Haus im Gemüsebeet des Wintergartens im 1. Obergeschoss. Beobachtet werden die Auswirkungen der Düngung mit Urinsalz und der Bewässerung mit aufbereitetem Abwasser (Grauwasser) auf die Pflanzenentwicklung und -qualität.

Während 22 Wochen wurden jeweils sechs Pflanzen von Peperoni, Tomaten, Gurken, Soja, Basilikum und Salat im KREIS-Haus angebaut und untersucht. Das Beet wurde im Frühjahr 2022 in zwei Flächen eingeteilt, eine Normalfläche und eine Kreisfläche. Die Normalfläche wurde mit BiorgaVegi gedüngt und mit Regenwasser bewässert. Die Kreisfläche mit Urinsalz und Grauwasser. Im Rhythmus von zwei Wochen wurden pro Kultur und Teilfläche drei Pflanzen bonitiert. Es wurden alle Stoffflüsse, die in das Gemüsebeet eingetragen wurden und der Boden mittels pH-Analyse, Körnung, XRF (Schwermetallbelastung), CHN, Corg und ICP auf die chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften analysiert. Zudem wurden die angebauten Pflanzen mit XRF und Pflanzensaftanalysen untersucht.

Die Pflanzenbonitur hat keine signifikanten Unterschiede zwischen der Normalfläche und der Kreisfläche aufgezeigt. Einige Pflanzen sind von Krankheiten und Schädlingen befallen worden und dadurch kaum gewachsen. Die Pflanzensaftanalyse zeigte erhöhte Werte auf beiden Flächen bei Stickstoff, Phosphor und Kupfer. Die XRF-Analysen zeigten auf der Kreisfläche teilweise eine leicht höhere Metallbelastung als auf der Normalfläche. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff und an totalem Kohlenstoffanteil im Boden nahm während des Versuches zu. Die Wasseranalysen zeigten erhöhte Werte an Bakterien im Grauwasser, auch der EC war im Grauwasser um fast siebenmal höher als im Regenwasser.

Insgesamt zeigt sich kein deutlicher Unterschied zwischen der Normalfläche und der Kreisfläche. Die Akkumulation durch Metalle im Boden kann sich negativ auf das Bodenökosystem und angebaute Pflanzen auswirken und sollte künftig weiter beobachtet werden. Ebenfalls ist der Eintrag von Stickstoff durch Grauwasser und Urinsalz weiter zu überprüfen, um die Düngung entsprechend anzupassen und so einen Stickstoffüberschuss zu vermeiden. Einige der angebauten Pflanzen haben sich im vorherrschenden Klima nicht wohlfühlt und sind dadurch anfälliger auf Krankheiten und Schädlinge geworden.

Abstract

The world's population continues to grow and more and more people live in urban areas. Cities are getting bigger and often require agricultural land. This conflict means that food has to travel long distances to reach consumers. In order to grow fresh and local vegetables in cities, new types of production are needed, such as rooftop farming. The KREIS-Haus in Feldbach on Lake Zurich is an inhabitable practical laboratory with the aim of keeping water and nutrient cycles closed.

This work examines the circular cultivation of vegetables in the KREIS-Haus in the vegetable patch of the winter garden on the 1st floor. The effects of fertilisation with urine salt and irrigation with treated wastewater (greywater) on plant development and quality are observed.

For 22 weeks, six plants each of peppers, tomatoes, cucumbers, soya, basil and lettuce were grown and studied in the KREIS-Haus. In spring 2022, the vegetable patch was divided into two areas, a normal area and a circle area. The normal area was fertilised with BiorgaVegi and irrigated with rainwater. The circular area was fertilised with urine salt and irrigated with greywater. Three plants per crop and subplot were assessed at two-week intervals. All material flows that were introduced into the vegetable bed and the soil were analysed for chemical and physical soil properties by means of pH analysis, grain size, XRF (heavy metal contamination), CHN, Corg and ICP. In addition, the cultivated plants were examined with XRF and plant juice analyses.

The plant sampling did not show any significant differences between the normal plot and the circle plot. Some plants were attacked by diseases and pests and therefore hardly grew. Plant juice analysis showed elevated levels of nitrogen, phosphorus and copper on both plots. The XRF analyses partly showed a slightly higher metal load on the circular plot than on the normal plot. The content of organic carbon and total carbon in the soil increased during the trial. The water analyses showed increased levels of bacteria in the greywater, and the EC was also almost seven times higher in the greywater than in the rainwater.

Overall, there was no clear difference between the normal area and the circular area. The accumulation of metals in the soil can have a negative impact on the soil ecosystem and cultivated plants and should be monitored further in the future. The input of nitrogen through greywater and urine salt should also be further monitored in order to adjust the fertilisation accordingly and thus avoid a nitrogen surplus. Some of the cultivated plants have not felt comfortable in the prevailing climate and have thus become more susceptible to diseases and pests.

Inhalt

Einleitung mit Zielsetzungen	1
1 Material und Methode	3
1.1 Versuchsaufbau	3
1.1.1 Düngeplanung	5
1.2 Analysemethoden	6
1.2.1 Bodenanalysen	6
1.2.2 Pflanzensaftanalyse	7
1.2.3 Düngeranalyse	7
1.2.4 Bonitur	7
1.2.5 Wasseranalysen	8
2 Resultate	10
2.1 Bodenbeschreibung	10
2.2 Pflanzensaftanalysen	12
2.3 Düngeranalysen	13
2.4 Pflanzenentwicklung	13
2.4.1 Umgebungsbedingungen im Dachgarten	19
2.5 Wasseranalysen	20
3 Diskussion	22
4 Fazit und Ausblick	25
5 Literaturverzeichnis	26
Abbildungsverzeichnis	28
Tabellenverzeichnis	28
Anhang I	29
Anhang II	32
Anhang III	39

Einleitung mit Zielsetzungen

Die weltweite Bevölkerung wächst stetig an und Menschen wohnen zunehmend in Städten und urbanen Umgebungen (United Nations, 2019). Die Städte werden grösser und dafür werden meistens Landwirtschaftsflächen überbaut. So entsteht ein Konflikt zwischen Nahrungsmittelproduktion und Wohnfläche (Malik & Ali, 2015). Dieser Konflikt führt zu Veränderungen in der Landwirtschaft und der Nahrungsmittelproduktion (Satterthwaite et al., 2010). Der Druck auf die bestehenden Flächen wird grösser und fordert eine immer effizienter Anbaustrategie auf den übrig gebliebenen Flächen. Deshalb sind neue Produktionsarten für frische und lokal produzierte Lebensmittel gefragt. Innovative Formen versuchen Architektur, Produktion und Design zu verbinden, um Lebensmittel in und auf Gebäuden in städtischen Gebieten zu produzieren. Diese neue Art der Lebensmittelproduktion wird auch als «ZFarming» bezeichnet (Specht et al., 2014). Sie versucht die Lebensmittelproduktion ressourcenschonender zu gestalten, in dem Siedlungs- und Industrieabfälle wie Abwasser, Abwärme oder organische Abfälle mehrfach genutzt werden (Specht et al., 2014).

Die Schliessung von Nährstoffkreisläufen ist ein wichtiger Aspekt bei einer nachhaltigen Bewirtschaftung von Produktionsflächen. Nährstoffe wie Phosphor sind eine endliche Ressource und sollten deshalb in einem Kreislaufsystem genutzt werden (Rosemarin et al., 2020). Die Landwirtschaft und insbesondere der Gemüsebau mit hohen Nährstoffansprüchen sollte bestrebt sein, Kreisläufe zu schliessen, um die Ernährung auch in Zukunft sicherstellen zu können (Toop et al., 2017). Die urbane Landwirtschaft ist in den letzten Jahren immer bekannter geworden und verbreitet sich in vielen Städten (Cockrall-King, 2012). Ziele der urbanen Landwirtschaft sind einerseits die Umweltauswirkungen verglichen mit konventioneller Landwirtschaft zu verkleinern und die Ernährungssicherheit zu steigern. Da dies in urbanen Gebieten auf engem Raum geschieht, spielt auch der soziale Aspekt eine wichtige Rolle (Van Tuijl et al., 2018). Der urbanen Landwirtschaft sind keine Grenzen gesetzt, ob auf Brachflächen, ungenutzten Gärten oder an Gebäudewänden, auf Flachdächern und in Gebäuden, überall können Lebensmittel produziert werden (Specht et al., 2014). Die Vorteile der Dachlandwirtschaft liegt darin, dass keine Freiflächen benötigt werden, sondern bereits bebaute Flächen genutzt werden, auch die Nutzung des Gebäudes wird nicht beeinträchtigt. Bereits gibt es viele produzierende Dachfarmen, jedoch sind dabei die Wasser- und Nährstoffkreisläufe kaum mit den Stoffströmen des Gebäudes verbunden. Das KREIS-Haus ist ein Praxislabor, welches das Ziel hat, geschlossene Wasser- und Nährstoffkreisläufe auf Gebäudeebene so weit wie möglich umzusetzen. Das KREIS-Haus steht für **Klima** und **Ressourcen-Effizientes Suffizienz Haus**. Das Projekt zeigt auf, wie eine funktionierende Kreislaufwirtschaft auf kleinstem Raum in Gebäuden umgesetzt werden kann. Kreislaufwirtschaft steht für die Reduzierung, Wiederverwendung und das Recycling von Produkten (Jun & Xiang, 2011). Auch diese Aspekte werden und wurden während der Planungs- und Bauphase im und am KREIS-Haus umgesetzt. Das KREIS-Haus dient als Versuchslabor, in dem verschiedene Kreisläufe praktisch umgesetzt werden. Das Haus kann komplett zerlegt werden und alle Teile können rezykliert werden. Das Haus ist in ein Wohnbereich und ein Wintergarten aufgeteilt, im Wintergarten befindet sich ein Beet mit Erde, diese stammt vom Aushub während des Hausbaus. Dieses Beet, auch als Dachgarten bezeichnet, kann bepflanzt werden und mit aufbereitetem Abwasser bewässert werden. Der Wintergarten kann noch mehr als nur Pflanzen wachsen lassen, er dient als zusätzliche Wärmeisolation für den Wohnbereich und das Beet sammelt die warme Luft für die Heizung. Die Nährstoffe aus den Fäkalien, Urin und den organischen Abfällen werden durch Kompostieren und der Herstellung von Urinsalz zurückgewonnen und für die Düngung der Pflanzen eingesetzt.

Um den Kreislauf der Nährstoffe ein Stück weiter zu schliessen untersucht diese Arbeit den zirkulären Gemüseanbau im KREIS-Haus im Gemüsebeet des Wintergartens. Konkret sollen die Düngung von Gemüse mit Nährstoffen aus Fäzes (verrotteter Wurmkompost) und Urin (Urinsalz) beobachtet werden und der Einfluss der Bewässerung mit aufbereitetem Abwasser von Bad und Küche (sog. Grauwasser) auf die Pflanzen und den Boden erforscht werden.

Folgende Forschungsfragen und *Hypothesen* sollen beantwortet und verifiziert werden:

- Mit was und mit wieviel muss der vorhandene Boden ergänzt werden, damit ein idealer Gemüseboden entsteht?
Der Boden muss mit Sand ergänzt werden, so dass ein leichter bis mittelschweren Boden entsteht, der sich optimal für den Gemüseanbau eignet.
- Welche Gemüsearten wachsen am besten im Dachgarten des KREIS-Hauses?
Gemüsearten, welche Halbschatten sowie warme Temperaturen (C4-Pflanzen) vertragen und keine tiefen Wurzeln ausbilden wachsen im Dachgarten am besten.
- Wie sollte die Düngung mittels organischer Abfälle (Wurmkompost der menschlichen Fäkalien und Urinsalz) erfolgen und inwiefern verändert dieser Eintrag das Substrat des Gemüsebeets?
Die Düngung wird gemäss der Düngerplanung durchgeführt, wobei für den Wurmkompost n Kompostwerte und für das Urinsalz Harnstoffwerte verwendet werden. Der Boden wird nährstoffreicher und salziger.

1 Material und Methode

In diesem Kapitel wird genauer auf den Versuchsaufbau und die verwendeten Methoden eingegangen.

1.1 Versuchsaufbau

Im Dachgarten des KREIS-Haus wurden von April bis September 2022 diverse Gemüsekulturen angepflanzt. Die Erde stammt von der Fläche des jetzigen Standorts des KREIS-Hauses. Zuvor war an diesem Standort ein kleiner Obstgarten. Das Beet ist auf dem Boden und hat eine Länge von 4.4 Meter, eine Breite von 2.2 Meter und ist 27 Zentimeter hoch. Die Beetwände bestehen aus Holzbrettern und sind mit einer Kunststoffolie abgedeckt, es existiert keine Entwässerungsmöglichkeit für das Beet.

Um den Einfluss der Düngung und Bewässerung in der Kreisfläche mit dem Anbau mittels biologischer Düngung zu vergleichen, wurde die Fläche in zwei gleich grosse Teilflächen aufgeteilt. Eine Teilfläche wurde mit Regenwasser und biologischem Dünger bewirtschaftet, dies ist die **Normalfläche**. Die andere Teilfläche, die **Kreisfläche**, wurde mit aufbereitetem Abwasser (Grauwasser) aus dem KREIS-Haus bewässert und mit Urinsalz von der Trockentrenntoilette gedüngt.

Die Bewässerung enthielt zwei getrennte Kreisläufe, welche jeweils mit einem Tropfschlauch, einem Anschlussstück und einem Bewässerungsventil von Gardena ausgestattet wurden. Die Steuerung der Bewässerung wurde durch das bereits vorhandene Steuerungssystem Loxone durchgeführt. Zusätzlich wurde ein Feuchtigkeitssensor im Boden installiert. Dieser war ebenfalls mit dem Steuerungssystem verbunden und gab beim Unterschreiten einer Bodenfeuchtigkeit von 48% den Impuls die Bewässerung für 2 Minuten zu starten.

Für die Bepflanzung wurden folgende Kulturen ausgewählt: Peperoni, Tomaten, Salat, Gurken, Soja und Basilikum. Weshalb diese Pflanzen gewählt wurden, wird nachfolgend erläutert. Die Pflanzen wurden wie in Abbildung 1 dargestellt gepflanzt. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht mit den wichtigsten Informationen der Kulturen. Die Pflanzen wurden in Reihen gepflanzt, um einerseits eine Vergleichbarkeit zwischen der Normalfläche und der Kreisfläche zu erhalten und andererseits, um in nächsten Versuchen die Kulturen einfach verschieben zu können. Dabei kann eine Fruchtfolge entstehen, was auf dieser Fläche mit der diversen Bepflanzung aber nicht zwingend notwendig ist.

Bei Bedarf wurden die biologischen Pflanzenschutzmittel Neem und Natural von Andermatt Biocontrol gegen Schädlinge eingesetzt.

Tabelle 1: Charakterisierung der angebauten Pflanzen (Freund, 2006)

Pflanze	Temperaturoptimum in °C	Befruchtungsart	Sonstiges
Peperoni	22-28	Selbstbefruchter, es werden eher wenig Hummeln benötigt.	Sehr wärmebedürftig, gleichmässige Wasserversorgung erforderlich.
Tomaten	20-22	Selbstbefruchter, benötigen eher viel Hummeln.	Hohe Lichtansprüche.
Salat	10-12	Keine Befruchtung.	Einfacher Anbau, kurze Kulturzeit.
Gurken	25-27	Parthenokarb → keine Befruchtung nötig.	Werden meist in Gewächshäuser angebaut.

Soja	25	Selbstbefruchter, benötigt Bestäuber.	C4-Pflanze
Basilikum	frostempfindlich	Keine Befruchtung.	

Peperoni sind ein beliebtes und gesundes Gemüse. Sie sind sehr wärmebedürftig und deshalb gut geeignet für den Indooranbau. Peperoni sind Selbstbefruchter, die Befruchtung ist im Vergleich zu den Tomaten besser, das heisst die Pflanzen müssen weniger geschüttelt werden und es braucht weniger Hummeln. Das Temperaturoptimum liegt bei 22-28°C. Peperoni benötigen eine sehr gleichmässige Wasserversorgung, Trockenheit und Wasserüberschuss können zum Abstossen der Blüten führen. Verträgliche Pflanzennachbarn sind Gurken.

Tomaten sind ein beliebtes Gemüse und gehören zu den wichtigsten Gewächshauskulturen in der Schweiz. Sie sind Selbstbefruchter, im Indooranbau jedoch sollten die Pflanzen täglich geschüttelt werden oder mithilfe von Hummeln bestäubt werden, um Früchte zu erhalten. Das Temperaturoptimum liegt zwischen 20-22°C. (Freund, 2006) Die Lichtansprüche der Tomaten sind hoch, was nicht ideal ist, um sie im KREIS-Haus anzubauen. Tomaten wachsen gerne neben Basilikum und Salat.

Salat ist ebenfalls ein beliebtes Gemüse, er bietet Ballaststoffe, welche für die Verdauung wichtig sind. Er ist einfach anzubauen und hat eine kurze Kulturzeit. Jedoch sollte auf die Temperaturen beim Indooranbau geachtet werden, die optimalen Werte liegen hier bei 10-12°C. Für den Freilandanbau sind keine Angaben vorhanden. Für den Versuch können die obigen Werte eine Hilfestellung sein, jedoch sind diese nicht mit dem Indooranbau im Sommer zu vergleichen.

Gurken sind ebenfalls ein beliebtes Sommergemüse, sie werden in der Schweiz meistens in Gewächshäusern angebaut und sind deshalb für den Versuch im KREIS-Haus geeignet. Das Temperaturoptimum liegt bei 25-27°C. Für die Bildung von Früchten ist keine Bestäubung nötig, denn die gewählte Gurkensorte ist parthenokarp. Geeignete Pflanzennachbarn sind Salat, Basilikum und Soja.

Die Sojabohne hat eine optimale Wachstumstemperatur von 25°C. Um Früchte zu erhalten sind Bestäuber notwendig. Die Sojabohne wurde ausgewählt, weil sie eine C4-Pflanze ist, das bedeutet, dass die Pflanze auch bei warmen und trockenen Bedingungen Photosynthese betreiben kann, ohne in einen Wasserstress zu geraten (Spektrum Akademischer Verlag, 2001).

Basilikum ist ein passendes Bei-Kraut zu Tomaten und Peperoni. Er kommt gut mit warmen Temperaturen zurecht und eignet sich für den Anbau in Gewächshäusern. Neben Tomatenpflanzen wächst Basilikum gerne.

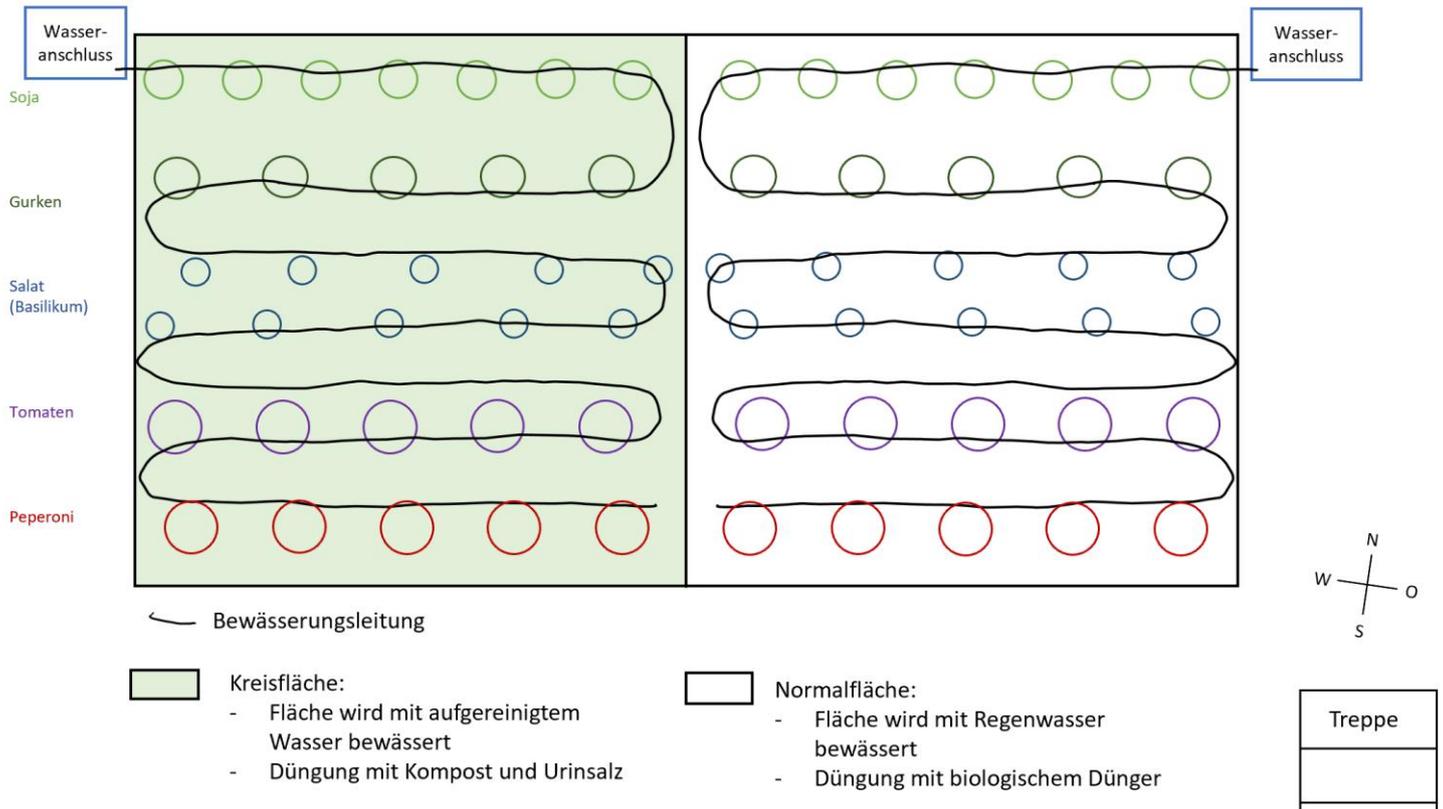


Abbildung 1: Situationsplan des Dachgartens mit Pflanzordnung

1.1.1 Düngeplanung

Aufgrund der Nährstoffbedarfe der geplanten Kulturen wurde die gesamte Menge für die jeweilige Fläche berechnet. Als Dünger wurde für die Kreisfläche Urinsalz verwendet, welcher von der Trocken-toilette aus dem KREIS-Haus stammt. Für die Vergleichsfläche wurde BiorgaVegi ausgewählt, da dies für den biologischen Anbau ein geeigneter Dünger ist. BiorgaVegi ist ein Langzeitdünger mit einem Stickstoffanteil von 5%, Phosphat 1%, Kaliumoxid 5% bei einer organischen Substanz von 70%.

Es wurden deutlich weniger Nährstoffe ausgebracht, als die Pflanzen gemäss Literatur benötigen, weil angenommen wurde, dass im Boden noch Nährstoffe vorhanden sind, um so eine mögliche Überdüngung zu verhindern.

Während des Versuchs wurde am 30. Juni 2022 Dünger ausgebracht. Die Menge von Urinsalz wurde aufgrund der Düngerempfehlung von Aurin berechnet (Vuna GmbH, 2019). Diese entspricht nicht der effektiv ausgebrachten Menge, da die Analyse des verwendeten Urinsalzes andere Werte ergeben hat als diejenigen von Aurin. Auch für BiorgaVegi wurde die Düngeempfehlung von 50-100 g/m² berücksichtigt (Hauert, o. J.). Die Kompostmenge wurde gemäss der GRUD berechnet (Carlen et al., 2017). Während des Versuchs wurde kaum Kompost produziert, weshalb kein Kompost ausgebracht wurde. In Tabelle 2 sind die wichtigsten Zahlen aufgelistet, der detaillierte Düngeplan ist im Anhang zu finden.

Tabelle 2: Vereinfachte Düngeplanung, Werte gelten pro Teilfläche.

	N [g]	P2O5 [g]	K2O [g]	Mg [g]
Nährstoffbedarf pro Teilfläche	198.98	89.60	309.72	53.76

Normalfläche

Geplant:				
200 g BiorgaVegi	10	2	10	0
Ausgebracht:				
200 g BiorgaVegi	10	2	10	0
Kreisfläche				
Geplant:				
240 ml Urinsalz	10.08	0.96	4.32	0
Geplant:				
4000 g Kompost	4	32	32	20
Ausgebracht:				
30 ml Urinsalz mit Wasser vermischt	9.6	0.8	0	0

1.2 Analysemethoden

1.2.1 Bodenanalysen

Für die Bodenanalysen vor dem Versuchsbeginn wurde eine Mischprobe vom gesamten Beet von Hand genommen. Diese wurde bei 105°C getrocknet und auf 2 mm gesiebt. Für die späteren Analysen wurden Mischproben von der jeweiligen Fläche ebenfalls von Hand entnommen und bei 105°C getrocknet und 2 mm gesiebt. Gemessen wurden der organische Kohlenstoff (Corg), der Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Stickstoffgehalt (CHN), die Körnung und der pH-Wert. Tabelle 3 zeigt eine Übersicht der verwendeten Analysen und der Probenbeschriftung. Die Probenbezeichnung ist so aufgebaut, dass die Proben der Normalfläche mit ungeraden Zahlen bezeichnet sind und diejenigen der Kreisfläche mit geraden Zahlen.

Tabelle 3: verwendete Analysemethoden für Boden- und Pflanzenproben

	Probenbeschriftung						
	Corg	CHN	Körnung	pH-Wert	XRF	Normalfläche	Kreisfläche
Boden vor Versuchsbeginn	X	X	X	X		B0	
Boden nach Düngung	X	X			X	B1	B2
Boden nach Versuchsende	X	X			X	B3	B4
Pflanzenprobe nach Düngung					X	P1	P2

Die Corg Analyse misst den Anteil des organischen Kohlenstoffgehalts der Probe. Diese Analyse wurde gemacht, um die längerfristige Entwicklung vom organischen Kohlenstoffgehalt im Boden zu beobachten. Die Gehalte von Kohlenstoff, Wasserstoff sowie Stickstoff im Boden (CHN-Analyse), wurden mit dem TruSpec Makro Analyser von Leco (Geleen, Niederlande) ermittelt. Die Körnung dient zur Bestimmung des Ton-, Sand- und Schluffgehalts in einer Bodenprobe. Anhand dieser Werte kann die Bodenart bestimmt werden.

Der pH-Wert wurde gemessen, um zu überprüfen, ob sich der pH-Wert des Bodens in einem Bereich befindet, welcher für den Gemüsebau geeignet ist. XRF (x-ray fluorescence) Messungen wurden zur Analyse der Schwermetalle durchgeführt. Diese Messung dient zur Überprüfung der Schwermetalle, welche möglicherweise im Boden vorhanden sind. Die Proben wurden mit Wachs zu einer Pille gepresst, um mit dem Spectro XEPOS (Kleve, Deutschland) analysiert werden zu können.

1.2.2 Pflanzensaftanalyse

Mit der Pflanzensaftanalyse werden Nährstoffelemente gemessen. Das Ziel dieser Messung ist die Auswirkung von den zwei verschiedenen Düngern auf die Pflanzen zu untersuchen.

Die Probenahme wurden gemäss dem Handbuch Analysepaket von NovaCrop (Oisterwijk, Niederlande) durchgeführt (NovaCrop, 2019). Es wurden von den Tomaten und Peperoni Blätter ohne Stil genommen. Es wurden ältere und junge Blätter für die Probe verwendet. Insgesamt wurden für jede Probe etwa 30 Blätter gesammelt. Es wurden pro Fläche je zwei Proben von Tomaten genommen und je eine Probe von Peperoni. Die Probenbezeichnung ist in Tabelle 4 ersichtlich.

Tabelle 4: Übersicht Probenahme Pflanzensaftanalyse

Tomaten	Probenname	Peperoni	Probenname
2 Proben Kreisfläche	T2.1, T2.2	1 Probe Kreisfläche	P2.1
2 Proben Normalfläche	T1.1, T1.2	1 Probe Normalfläche	P1.1

1.2.3 Düngeranalyse

Das Urinsalz wurde mit Ionenchromatografie analysiert. Das Urinsalz wurde mit Wasser im Verhältnis 1:3 vermischt mit einer Sprühflasche um den Pflanzenfuss ausgebracht, als sich die Pflanzen im Blütenstadium befanden. Dabei wurde darauf geachtet, dass bei jeder Pflanze gleich viele Sprühstösse gedüngt wurde. Auf der Normalfläche wurde BiorgaVegi von Hand ausgebracht und ebenfalls unmittelbar um die Pflanzen in der Erde verteilt und etwas eingearbeitet. Die Düngermenge wurde von Hand auf die einzelnen Pflanzen aufgeteilt.

1.2.4 Bonitur

Anhand eines Boniturschemas (siehe Anhang I) wurden die Pflanzen während der Versuchsdauer jede zweite Woche bonitiert. Für die Bonitierung wurden pro Fläche und Kultur jeweils drei Pflanzen zufällig ausgewählt. Die Höhe, Blattlänge und Blattbreite der Pflanzen wurde mit einem Doppelmeter gemessen, wie in Abbildung 2a und c dargestellt. Bei den Blüten wurden geöffnete Blüten gezählt, als Früchte galten bereits deutlich sichtbare Fruchtknoten, siehe Abbildung 4. Bei der Bonitierung der Krankheiten wurde jedes Blatt gezählt, welches deutliche Symptome zeigte (Abbildung 2). Ähnlich wurde bei der Schädlingsbeobachtung vorgegangen, da wurde jedes Blatt gezählt, welches mit mindestens drei Schädlingen befallen war. Die Auswertung der Pflanzenbonitur wurde mit dem Statistikprogramm Matlab durchgeführt, die Rohdaten und die verwendeten Skripts sind im Anhang zu finden.

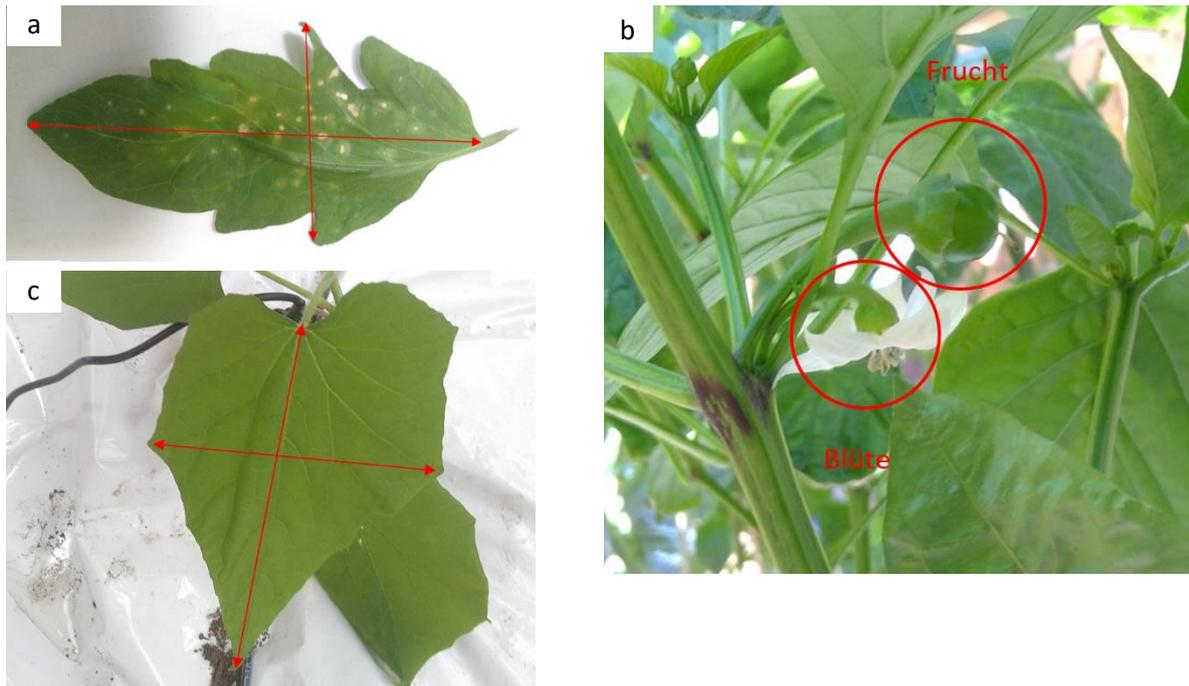


Abbildung 2: a zeigt ein Tomatenblatt mit Krankheitssymptomen und in Rot die gemessene Länge und Breite, b zeigt eine Frucht und eine Blüte einer Peperoni, c zeigt in Rot die gemessene Länge und Breite eines Gurkenblatts.

1.2.5 Wasseranalysen

Die beiden Wassertypen, welche für die Bewässerung des Beets verwendet wurden, Regenwasser und aufbereitetes Grauwasser, wurden regelmässig analysiert. Es wurden die Parameter in Tabelle 5 untersucht.

Tabelle 5: Auflistung der durchgeführten Wasseranalysen an Grauwasser und Regenwasser mit Beschreibung

Analyse	Beschreibung
Trübung	Zeigt den Verschmutzungsgrad von Wasser an.
pH	Ist ein Mass für den sauren oder basischen Charakter einer wässrigen Lösung
EC	Bildet die elektrische Leitfähigkeit ab, diese lässt auf die im Wasser gelösten Ionen schliessen.
O ₂	Zeigt den Sauerstoffgehalt im Wasser.
BSB (biochemische Sauerstoffbedarf)	Misst, wie viel gelöster Sauerstoff in einer bestimmten Zeit für den biologischen Abbau der organischen Abwasserinhaltsstoffe benötigt wird und ist somit ein indirektes Mass für die Summe der biologisch abbaubaren organischen Stoffe im Wasser.
CSB (chemischer Sauerstoffbedarf)	Misst wie viel Sauerstoff die Oxidation von organischen Stoffen im Wasser benötigt.
TP (Totaler Phosphorgehalt)	Zeigt den totalen Phosphorgehalt im Wasser an.
TN	Misst den totalen Stickstoffgehalt im Wasser.
TOC	Analysiert den totalen Kohlenstoffgehalt im Wasser.
Kationische Tenside	Menge an positiv geladener Molekülteile.
Anionische Tenside	Menge an negativ geladener Molekülteile.

Bakterien (*E. coli*, Coliforme,
Enterococo, *P.aeruginosa*)

Konzentration von den genannten Bakterien im Wasser.

AMK (aerobe mesophile
Keime)

Konzentration der aeroben mesophilen Keime, allgemeine Aussage
zum mikrobiologischen Zustand des Wassers.

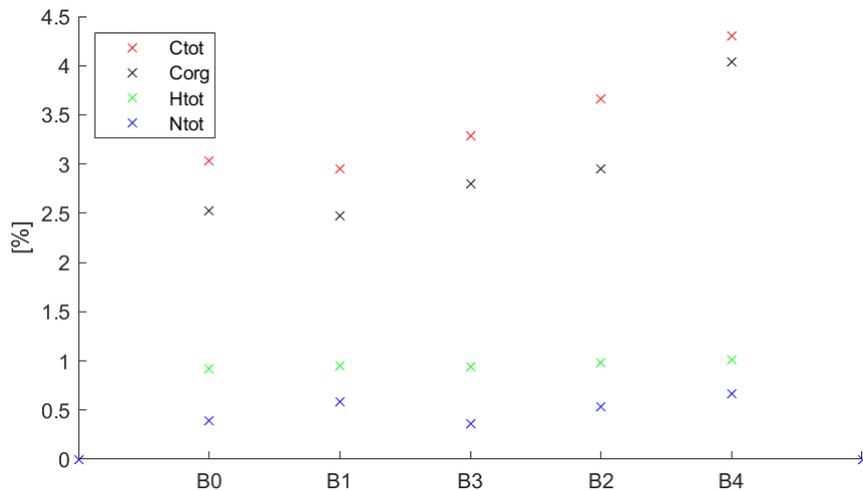


Abbildung 4: Auftragung der CHN-Analyse der Bodenproben B0: Boden Start, B1: Boden Normalfläche nach Düngung, B2: Boden Kreisfläche nach Düngung, B3: Boden Normalfläche nach Versuch, B4: Boden Kreisfläche nach Versuch.

In Abbildung 5 sind die mit XRF gemessenen Metallhäufigkeiten dargestellt. In der Grafik sind Chlor und diejenigen Metalle abgebildet, welche gemäss Verordnung über Belastung des Bodens über einen Richtwert verfügen (Bundesamt für Umwelt, 2016). Die weiteren Werte sind im Anhang II ersichtlich. Die Y-Achse ist aufgrund grosser Unterschiede bei den Werten logarithmisch dargestellt. Bei den Metallen Cr, Ni, Cu, Cd, Pb liegen die Messwerte der Bodenproben über dem Richtwert. Auffällig ist, dass jeweils die Proben B2 und B4 höher sind als die anderen Bodenproben. Diese beiden Proben wurden auf der Kreisfläche entnommen. Beide Proben B2 (Boden nach Düngung) und B4 (Boden nach Versuchsende) zeigen jeweils sehr ähnliche Werte. Die Werte der Pflanzenproben (P1 und P2) können nicht mit den Werten der Bodenproben oder dem Boden-Richtwert verglichen werden, es zeigt sich dennoch eine Tendenz, dass die Werte der Pflanzenproben auf der Kreisfläche höher sind als jene der Normalfläche. Der Gehalt an Chlor ist bei den Proben der Kreisfläche (B2, B4) höher als bei den Proben der Normalfläche (B1, B3). Dies zeigt sich auch bei den Pflanzenproben.

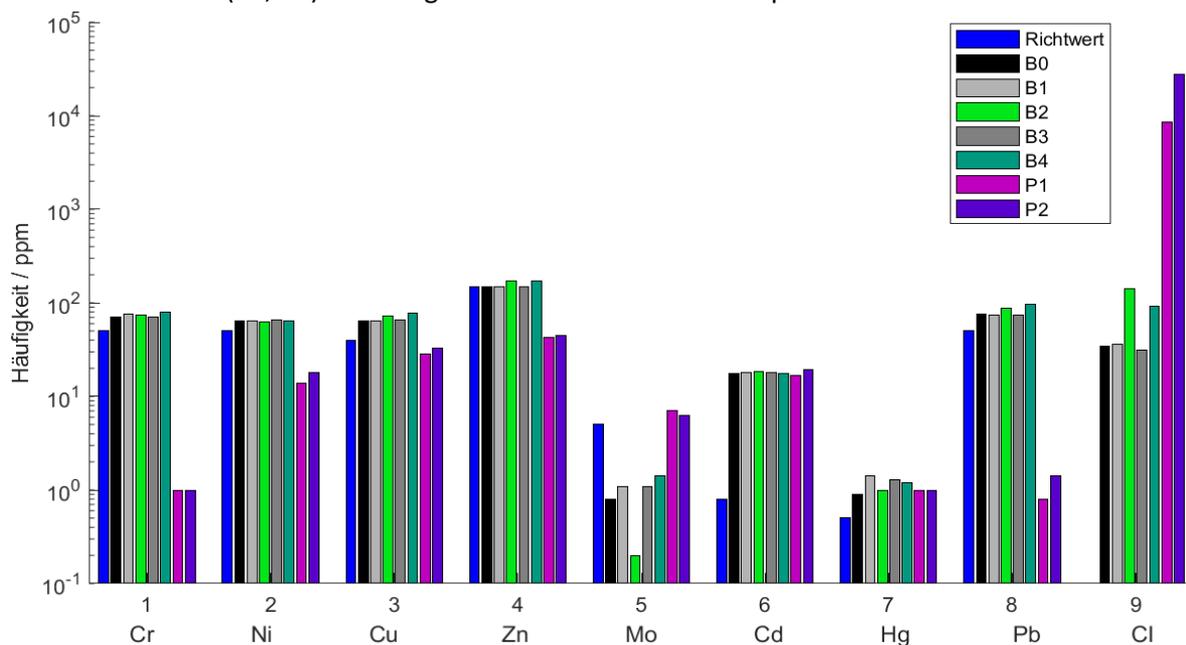


Abbildung 5: XRF Werte (Richtwert gemäss Verordnung über Belastung des Bodens, B0: Boden Start, B1: Boden Normalfläche nach Düngung, B2: Boden Kreisfläche nach Düngung, B3: Boden Normalfläche nach Versuch, B4: Boden Kreisfläche nach Versuch, P1: Pflanzen Normalfläche nach Düngung, P2: Pflanzen Kreisfläche nach Düngung)

2.2 Pflanzensaftanalysen

Tabelle 7 zeigt die Resultate der Pflanzensaftanalyse der untersuchten Tomaten und Peperoni. Die Werte, welche im Optimum liegen sind grün hinterlegt, diejenigen Werte, die darüber liegen sind rot und die Werte darunter gelb hinterlegt. Im Gegensatz zu den Tomaten wurden bei den Peperoni zwei Proben genommen, weil die Peperoni-Pflanzen weniger Blätter hatten als die Tomatenpflanzen. Die Analyse des Pflanzensaftes der Tomaten zeigt, dass einige Substanzen über dem Optimum liegen. Beispielsweise kommt bei Probe Normalfläche T1.2 rund das sechsfache der optimalen Ammonium-Ionen (NH_4) vor, bei der Kreisfläche sind es etwa viermal so viel. Auch die Nitratkonzentration (NO_3) liegt bei allen Proben über dem Optimum. Bei anderen Elementen wie dem Chlor (Cl) liegen die Werte bei zwei der analysierten Proben über dem Optimum (K T2.1, K T2.2) die übrigen zwei jedoch liegen recht genau im gewünschten Bereich. Ähnlich wie bei der Pflanzensaftanalyse der Tomaten sind bei den Resultaten der untersuchten Peperoni einige Werte zu erkennen, welche oberhalb des Optimums liegen, wie das beispielsweise erneut beim Nitrat (NO_3) oder beim Schwefel (S) zu erkennen ist. Zusätzlich kommen einige Spurenelemente in geringeren Mengen vor wie gewünscht. Dazu zählt zum Beispiel Phosphor (P). Der Unterschied zwischen den Kreislauf-Peperoni und Normal-Peperoni liegt beim Ammonium (NH_4) beim 1.5-Fachen, bei Chlor (Cl) beim 2-Fachen, und bei Bor (B) beim 1.8-Fachen. Beim Gehalt von Chlor (Cl) sind die Normalflächen bei den Tomaten und den Peperoni im Optimum und die Kreisflächen darüber. Die Werte im Zusammenhang mit Stickstoff liegen bei fast allen Proben über dem Optimum. Auch Kupfer ist bei allen Proben über dem Optimum.

Tabelle 7: Resultate der Pflanzensaftanalyse von Tomaten und Peperoni (N= Normalfläche, K= Kreisfläche)

Nährstoffe	Einheit	Tomaten				Peperoni			
		Optimum	K T2.1	K T2.2	N T1.1	N T1.2	Optimum	K P2.1	N P1.1
Total Sugars	%	0.3 – 1.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3 – 1	0.2	0.1
pH		5.6-6.0	5.7	5.6	5.5	5.8	5.6-5.9	5.6	5.5
EC	mS/cm	13-16.1	14.7	14.4	14.2	15.2	15.9-18.1	16.9	16.8
K	ppm	3625-4650	4408	4411	4078	4327	7425-9225	7545	7268
Ca	ppm	1700-5950	2477	2085	2577	2048	20-50	25	19
K/Ca			1.78	2.12	1.58	2.11		307.51	383.03
Mg	ppm	470-690	398	377	456	445	890-1470	627	732
Na	ppm	42-92	56	46	23	24	3-8	5	4
NH_4^+	ppm	50-110	419	415	338	683	40-90	63	39
NO_3^-	ppm	550-2580	2957	2690	3343	3383	1450-4180	6195	4839
N in Nitrat	ppm	124-582	667	607	755	764	327-944	1398	1092
N Total Nitrogen	ppm	1360-1770	2437	2477	2270	2333	1690-2230	2860	2205
Cl	ppm	790-1420	1642	1542	926	1161	90-400	711	363
S	ppm	1090-2330	1159	1059	1476	1249	570-940	962	1142
P	ppm	220-370	772	831	872	761	330-510	310	230

Si	ppm	9.4-16.4	16.8	16.5	17.6	19.3	3.9-9	4.9	4.3
Fe	ppm	1.15-1.9	1.09	0.9	0.77	0.89	2.85-5.05	1.21	1.89
Mn	ppm	10.3-24.4	2.36	2.42	3.56	2.44	13.1-33.2	2.69	3.88
Zn	ppm	1.1-1.95	0.98	0.95	0.57	0.64	8.65-16.1	8.26	11.29
B	ppm	3.2-7.9	6.23	5.98	6.76	5.95	1-4.4	0.85	1.58
Cu	ppm	0.5-1.15	2.59	2.57	3.15	3.14	0.45-1	2.63	3.04
Mo	ppm	0.2-0.5	0.12	0.11	0.5	0.17	0.15-0.4	0.15	0.18
Al	ppm		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		<0.5	<0.5
unter Optimum		Optimum		über Optimum					

2.3 Düngereanalysen

Die Werte der Urinsalzanalyse sind in Tabelle 8 aufgelistet. Zum Vergleich sind die Inhaltsstoffe von BiorgaVegi aufgeführt. Die Werte der Kationen sind höher als die der Anionen. Sulfat ist bei den Anionen am meisten vertreten, Kalium hat bei den Kationen den höchsten Wert. Ammonium kommt ebenfalls häufig vor.

Tabelle 8: Ergebnisse der Ionenchromatografie des Urinsalzes und die Inhaltsstoffe von BiorgaVegi in %

Urinsalz (%)		BiorgaVegi (%)	
Nitrit	0	Nitrat	0.02
Phosphat	0.002	Ammonium	1.1
Kalium	13.7	Stickstoff	5
Sulfat	0.5	Phosphat	1
Chlorid	Kein Wert	Kaliumoxid	5
Calcium	0.7	Organische Substanz	70
Natrium	3.5		
Magnesium	0		

2.4 Pflanzenentwicklung

Die direkte Aussaat von Basilikum und Soja ins Beet ist nicht gelungen. Salat und Basilikum wurden bonitiert, aber nicht ausgewertet, da die beiden Kulturen nur zweimal, beziehungsweise dreimal bonitiert wurden. Der Salat ist nach vier Wochen geschossen, da das Verhältnis von Wärme und Lichtangebot nicht optimal für das Pflanzenwachstum war. Die Basilikumpflanzen wurden innert zwei Wochen stark von Schädlingen befallen, vermutlich Thrips. Zudem war der ausgewählte Standort im Beet nicht optimal, zwischen den Tomaten und den Gurken mit wenig Licht, da beide Kulturen bereits viele Blätter gebildet hatten. Die Gurken und Sojapflanzen wurden aufgrund des starken Schädlingsbefalls nur bis Woche 9 bonitiert. Es wurden jeweils die Mittelwerte der ursprünglich bonitierten Werten geplottet.

Abbildung 6 zeigt, dass die Höhe der Gurken in beiden Flächen nicht linear verlief, zirka ab Woche 7 sinken die beiden Kurven. Dies liegt daran, dass die Pflanzen für die Bonitierung zufällig ausgewählt wurden und dadurch vermutlich kleinere Pflanzen vermessen wurden. Zudem sind die beiden Kurven fast identisch, was auf keinen Unterschied zwischen den Flächen hinweist. Die Kurven der Früchte und die der Blüten zeigten einen ähnlichen Verlauf. In allen Darstellungen stagniert die Kurve ab Woche 7. In Abbildung 7 ist der Befall mit Krankheiten an Gurkenblättern dargestellt. Ab Woche 6 ist ein Auftreten einer Krankheit erkennbar. Dabei könnte es sich um die Blattfleckenkrankheit ausgelöst durch *Pseudomonas syringae* handeln. Der Befallsdruck nahm bis zum Bonitierungsende der Gurken (Woche 9) auf beiden Flächen zu.

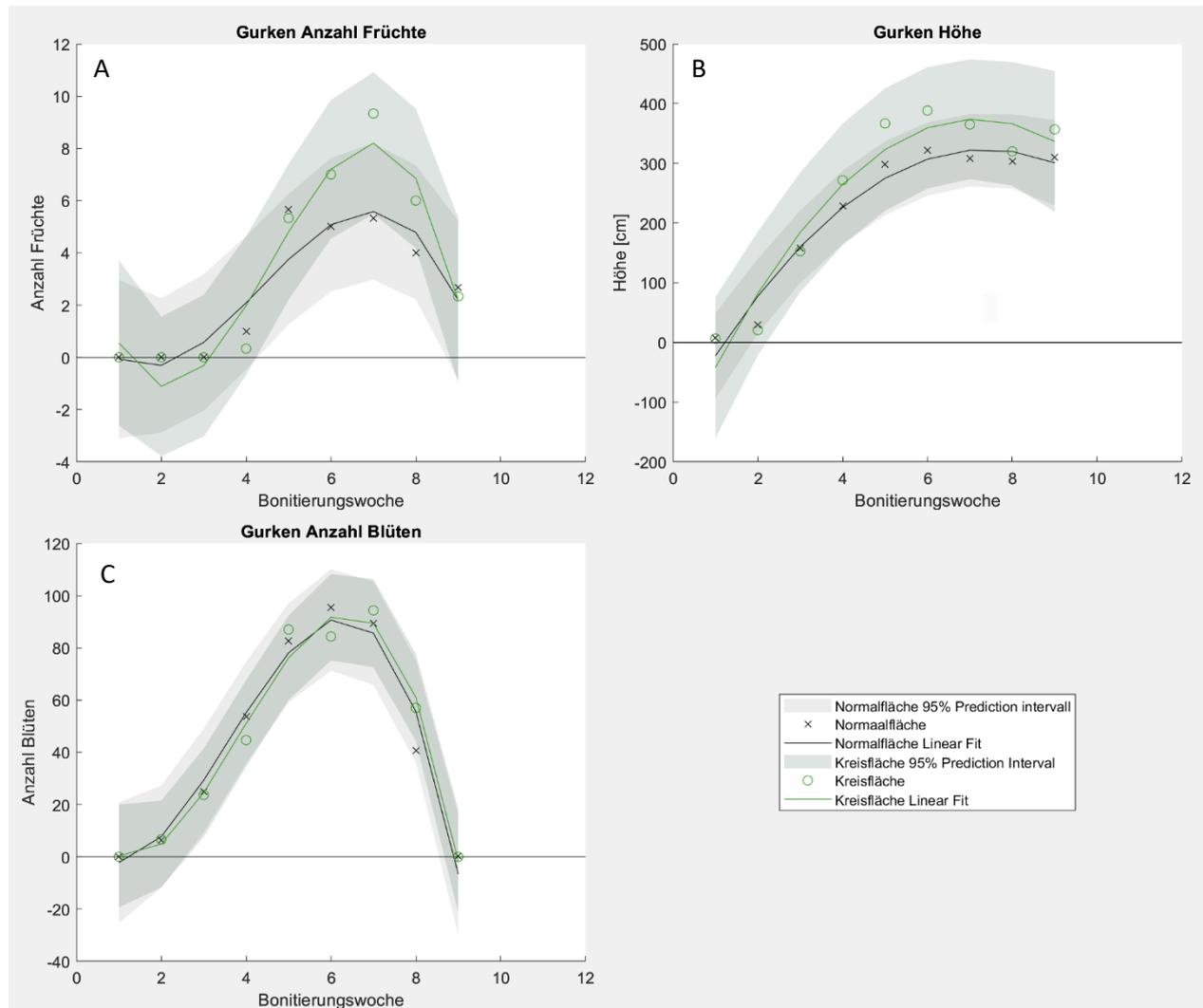


Abbildung 6: In Abhängigkeit der Bonitierungswoche: A Anzahl Früchte der Gurken, B Höhe der Gurke, und C Anzahl Blüten der Gurken

Abbildung 7 zeigt, dass ab Woche 3 erste Tomatenblätter mit einem Krankheitsbefall entdeckt wurden. Der Befall an den Tomaten der Kreisfläche und Normalfläche nahm leicht zu und blieb auf einem Niveau von ungefähr fünf Blättern pro Pflanze bis zum Ende des Versuches. Zu Beginn des Auftretens der Krankheit waren die Pflanzen der Kreisfläche stärker befallen, gegen Ende des Versuches waren die Pflanzen der Normalfläche stärker befallen. Bei den bonitierten Krankheitssymptomen handelte es sich sehr wahrscheinlich um die Dürrfleckenkrankheit, ausgelöst durch einen Pilz der Gattung *Alternaria*. Abbildung 8 zeigt ein lineares Wachstum der Tomaten, zwischen den beiden Flächen ist kein

signifikanter Unterschied erkennbar. Gegen Ende steigt die Kurve der Normalfläche leicht steiler an als die der Kreisfläche. Zudem ist erkennbar, dass am Anfang des Versuches noch keine Früchte gebildet wurden. Die Kurven steigen erst ab der achten Bonitierungswoche an. Ab diesem Zeitpunkt verlaufen die Kurven unterschiedlich, die Pflanzen der normalen Fläche haben tendenziell mehr Früchte als die Pflanzen der Kreislauffläche. Die Kurven der Blüten nehmen bis zur Mitte des Versuches zu und sinken danach langsam wieder ab. Es ist kein Unterschied zwischen den Kurven der Blüten zu erkennen, einzelne Datenpunkte von beiden Flächen reissen nach oben aus.

Das Wachstum der Peperoni verläuft sehr linear, in Abbildung 10 ist gegen Versuchsende ein leichter Unterschied zwischen der Kreisfläche, welche etwas höher ist, und der Normalfläche zu erkennen. Peperoni benötigen eine sehr gleichmässige Wasserversorgung. Trockenheit und Wasserüberschuss können zum Abstossen der Blüten führen. Dies war zu Beginn des Versuches aufgrund einer Bewässerungsstörung geschehen. Die Pflanzen haben erst ab der Woche 7 wieder Blüten gebildet. Die Peperoni wurden eintriebzig gezogen, dies bedeutet, dass der Haupttrieb der Pflanze stehen gelassen wird und die Seitentriebe entfernt wurden. Dies wurde aufgrund der Platzverhältnisse auf dem Beet gemacht. Die Peperoni wurden gegen Ende des Versuches teilweise von Blattläusen und Spinnmilben befallen. Früchte wurden wegen den genannten Gründen nur zu Versuchsende gebildet.

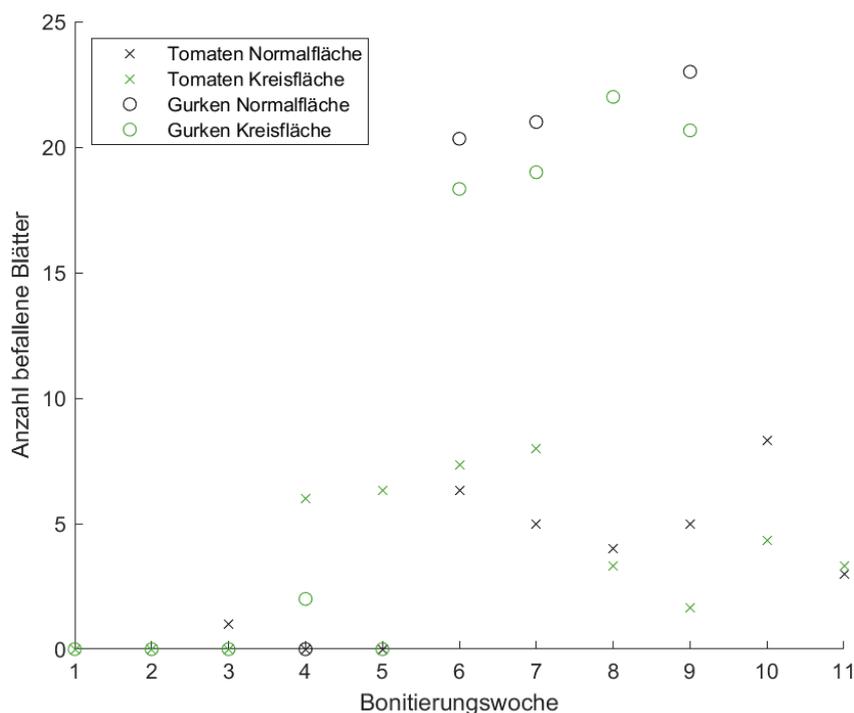


Abbildung 7: Anzahl mit Krankheitssymptomen befallene Blätter der Tomaten und Gurken

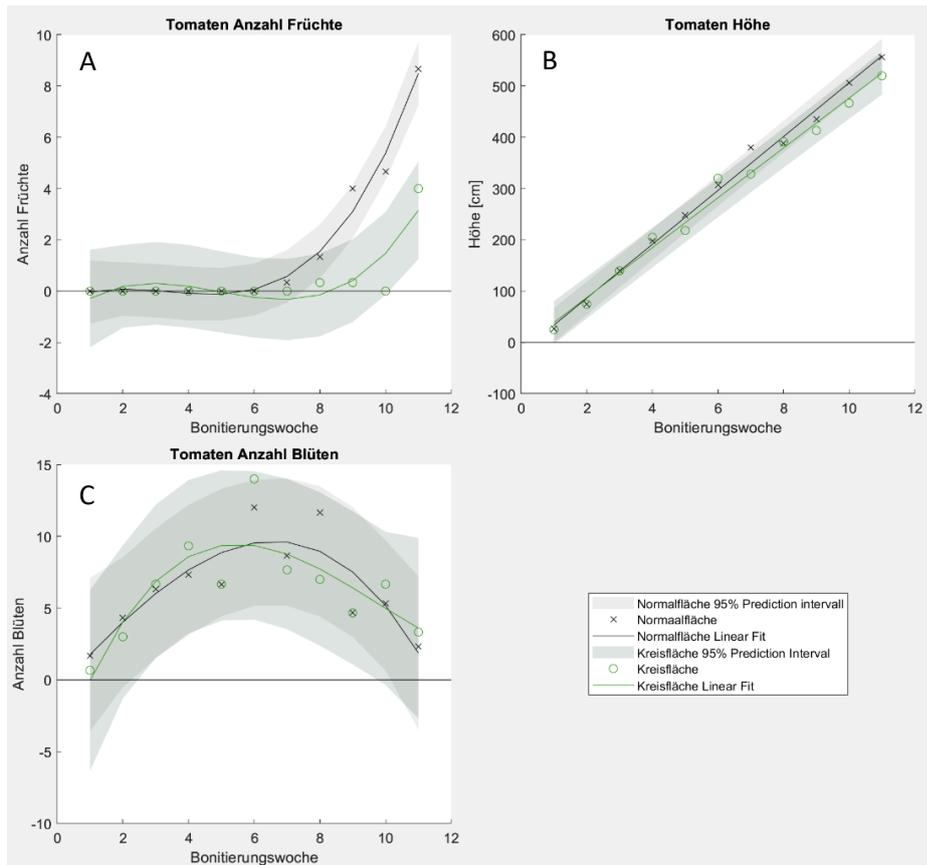


Abbildung 8: In Abhängigkeit der Bonitierungswoche. A Anzahl Früchte der Tomaten, B Höhe der Tomaten, C Anzahl Blüten der Tomaten

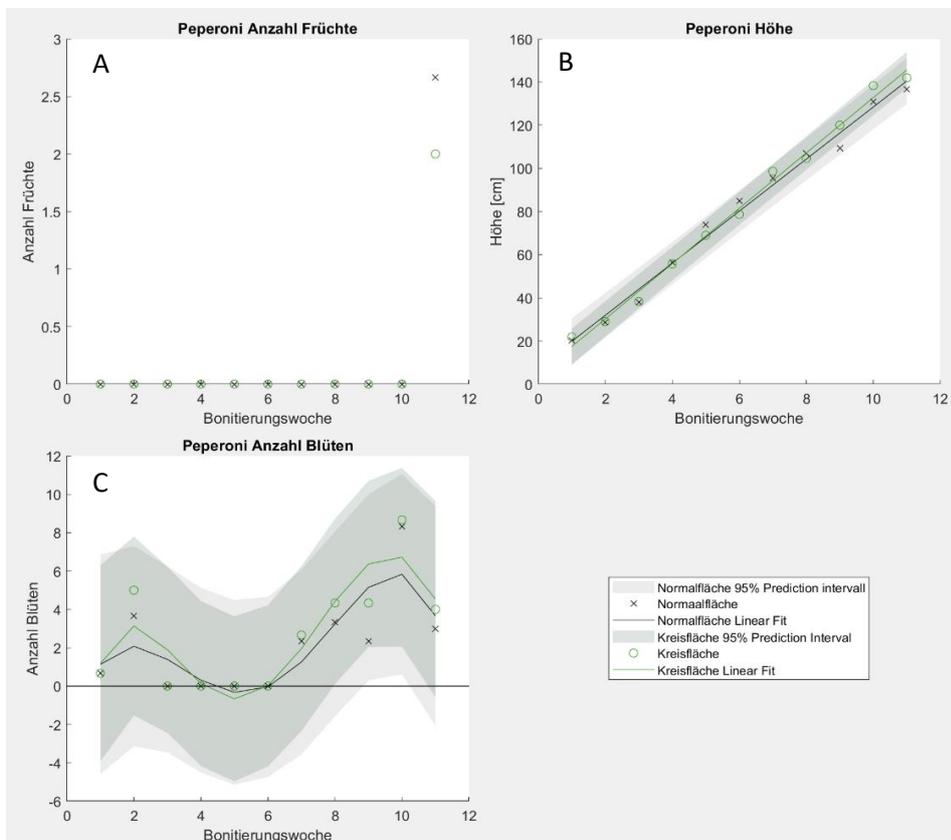


Abbildung 9: In Abhängigkeit der Bonitierungswoche: A Anzahl Früchte der Peperoni, B Höhe der Peperoni, C Anzahl Blüten der Peperoni

Die Sojapflanzen wurden in Woche 3 gepflanzt und ab Woche 4 bonitiert. Die Bonitierung dauerte aufgrund des starken Schädlingsbefalls ebenfalls nur bis Woche 9. Die Wachstumskurven in Abbildung 10 zeigen einen ähnlichen Verlauf wie jene der Gurken. Nach der Pflanzung wuchsen die Sojapflanzen bis Woche 6, danach sank die Kurve wieder ab. Blüten werden in Woche 6 am meisten gezählt, ab diesem Zeitpunkt sank auch die Anzahl Blüten. Früchte wurden auf beiden Flächen ähnlich viele gezählt.

In Tabelle 9 sind die Pflanzen mit den jeweiligen Schädlingen aufgelistet. Die Gurken und Peperoni wurden von Spinnmilben und Blattläusen befallen. Bei den Tomaten hat sich kein Schädlingsbefall gezeigt. Die Behandlungen gegen die Schädlinge sind in Tabelle 10 aufgelistet, es wurden die beiden biologischen Mittel Natural und Neemöl von Andermatt Biocontrol eingesetzt.

Abbildung 11 zeigt den Schädlingsbefall von Spinnmilben an den Gurken und Peperoni. Es ist zu erkennen, dass die ersten Spinnmilben bei den Peperoni von der Kreislauffläche aufgetreten sind. Ebenfalls sind die Peperoni von der Kreisfläche immer stärker befallen als diejenigen von der Normalfläche. Bei den Gurken ist das Gegenteil der Fall, der höhere Befall ist jeweils auf der Normalfläche anzutreffen.

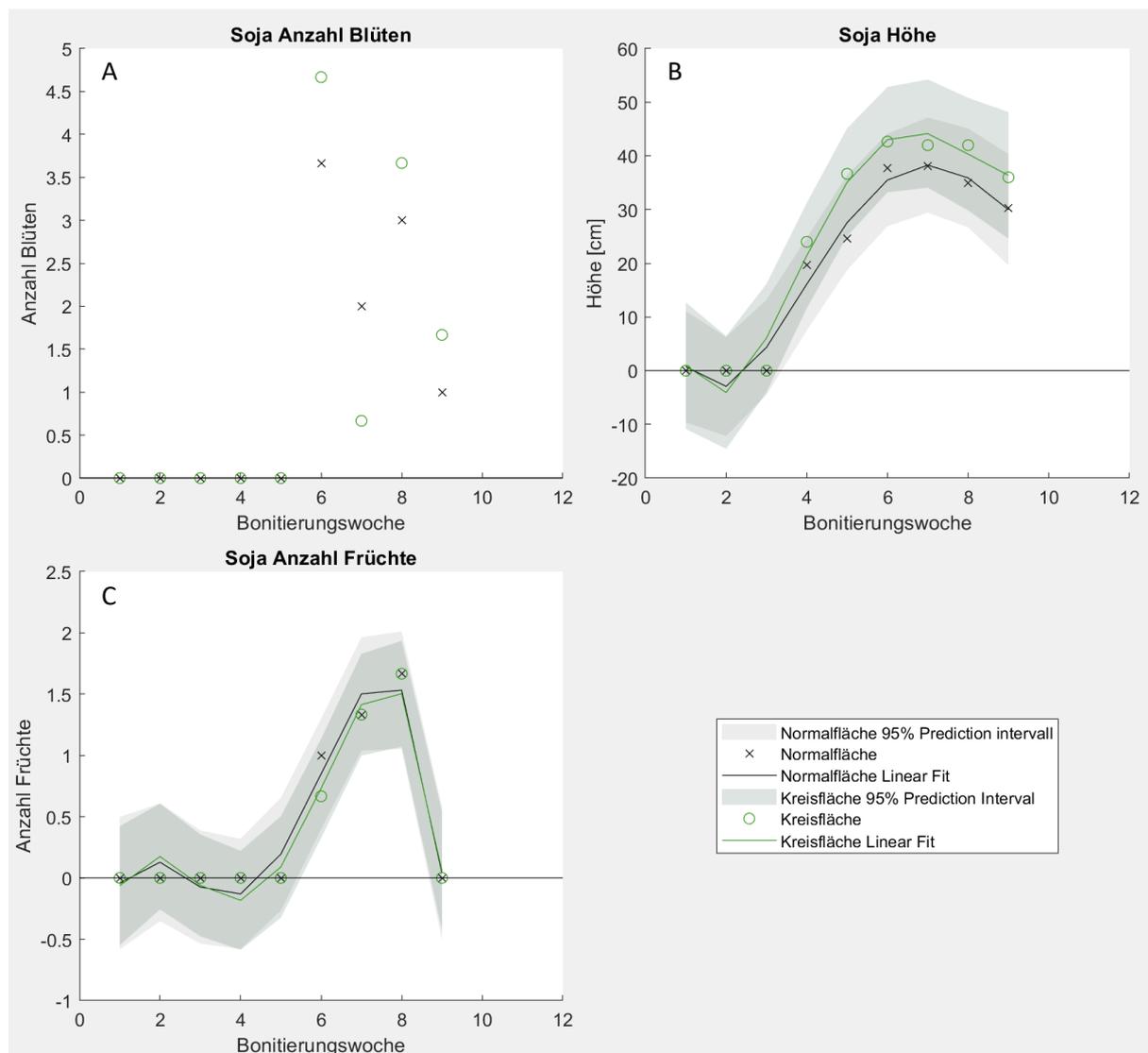


Abbildung 10: In Abhängigkeit der Bonitierungswoche: A Anzahl Früchte der Soja, B Höhe der Soja, C Anzahl Blüten der Soja

Tabelle 9: Kulturen mit den aufgetretenen Schädlingen und Krankheiten

Kultur	Schädlinge	Krankheiten
Basilikum	Thrips	
Gurken	Spinnmilben, Blattläuse	Blattfleckenkrankheit
Peperoni	Blattläuse, Spinnmilben	Dürrfleckenkrankheit
Soja	Spinnmilben	

Tabelle 10: Übersicht der Pflanzenschutzbehandlung während des Versuches

Datum	Pflanzenschutzbehandlung
7.7	Behandlung von Basilikum mit Neemöl gegen Thrips
14.7	Behandlung von Basilikum und Gurken mit Neemöl gegen Thrips und Läuse
28.7	Behandlung von Gurken und Peperoni mit Neemöl gegen Läuse und Spinnmilben
04.8	Behandlung von Gurken mit Natural gegen Spinnmilben
11.8	Behandlung von Gurken und Soja mit Neemöl gegen Spinnmilben
18.8	Behandlung von Gurken, Soja und Peperoni mit Natural gegen Spinnmilben und Läuse
25.8	Behandlung von Peperoni mit Natural gegen Spinnmilben und Läuse
8.9	Behandlung von Peperoni mit Neemöl gegen Spinnmilben und Läuse
15.9	Behandlung von Peperoni mit Natural gegen Spinnmilben und Läuse
22.9	Behandlung von Peperoni mit Natural gegen Spinnmilben und Läuse

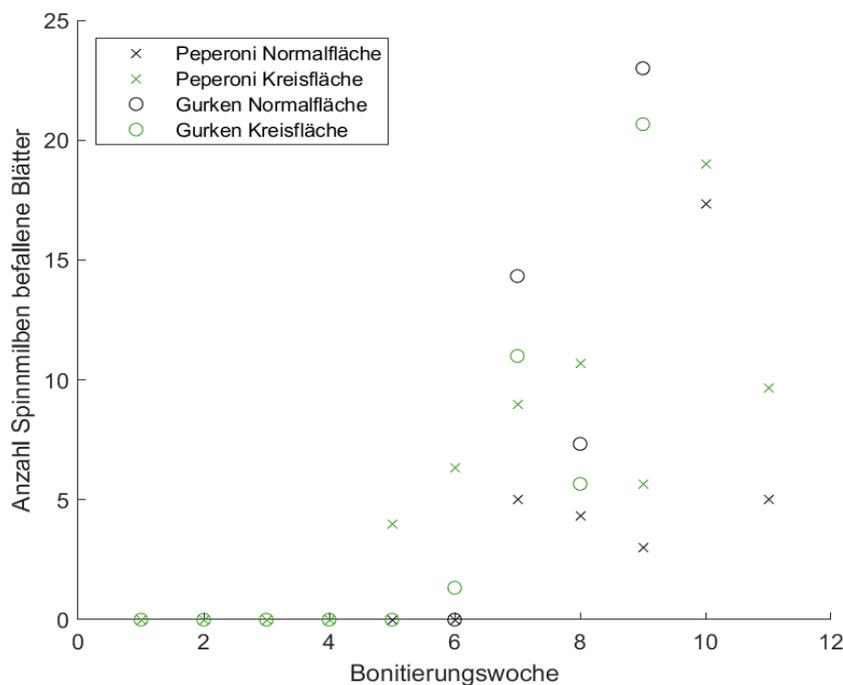


Abbildung 11: Anzahl der befallenen Blätter mit Spinnmilben der Gurken und Peperoni in Abhängigkeit der Bonitierungswochen

2.4.1 Umgebungsbedingungen im Dachgarten

Durch die Semitransparenten Solarzellen im Dach des KREIS-Hauses gelangt 38% des Lichts in den Dachgarten. Die Feuchtigkeitsdaten und Temperaturdaten im Dachgarten wurden ab dem 1. Juli 2022 aufgezeichnet. Die Feuchte wurde im Boden und in der Luft gemessen, in Abbildung 12 ist der Verlauf bis am 30. September 2022 abgebildet. Die Feuchtigkeitswerte im Boden sind bis auf drei grössere Veränderungen stabil, ab September schwanken sie stark. Mitte Mai 2022 hatte die Bewässerung eine Störung und hat das ganze Beet überflutet, dieses Ereignis ist nicht in der Messreihe enthalten. In Abbildung 13 ist der Verlauf der Temperatur bis am 30. September 2022 aufgezeichnet. Während des Sommers steigen die Temperaturen im Verlauf des Tages auf 35°C an und sinken in der Nacht auf etwa 21°C ab.

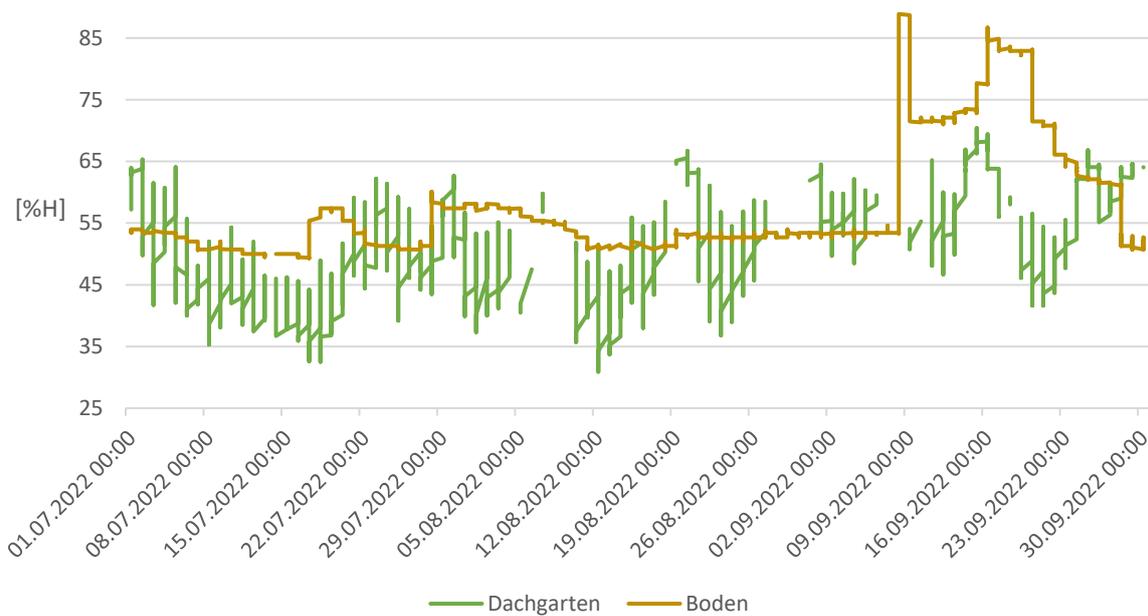


Abbildung 12: Feuchtigkeitsverlauf im Dachgarten und im Boden zwischen Juli und September 2022

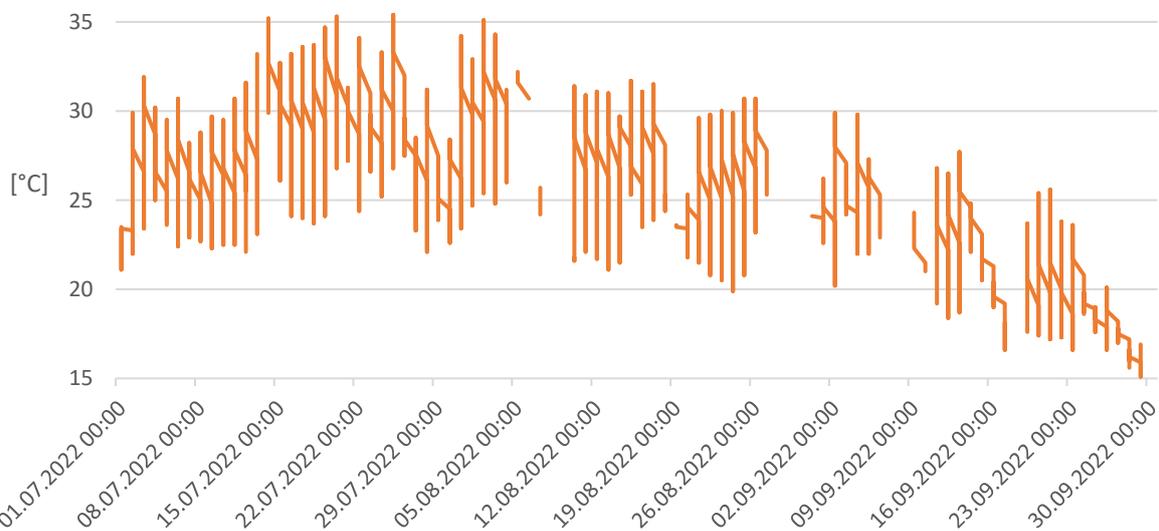


Abbildung 13: Temperaturverlauf im Dachgarten zwischen Juli und September 2022

2.5 Wasseranalysen

In Tabelle 11 sind die bearbeiteten Ergebnisse der Regenwasseranalyse und der Grauwasseranalyse aufgelistet. Die Rohdaten sind im Anhang II zu finden. Die Werte für den Toleranzbereich basieren auf der DIN 19650 "Bewässerung - Hygienische Belange von Bewässerungswasser" (1999) und stammen von Albrecht & Pflieger (2004). Auf diese Dokumentation wird auch von SwissGAP in Bezug auf Bewässerungsqualität hingewiesen. SwissGap ist ein Verein, welcher in der Schweiz internationale Standards für die landwirtschaftlichen Produktion von Früchten, Gemüse und Kartoffeln umsetzt.

Die Werte von der Trübung sind beim Regenwasser höher als beim aufbereiteten Grauwasser, beim chemische Sauerstoffbedarf (CSB) ebenfalls. Der pH-Wert liegt bei beiden Werten im Toleranzbereich. Der gesamte organisch gebundene Kohlenstoff (TOC) liegt beim Regenwasser und dem aufbereiteten Grauwasser im Toleranzbereich. Der Stickstoffgehalt ist bei beiden Wasserarten ähnlich, der Phosphorgehalt ist beim Regenwasser tiefer als beim aufbereiteten Grauwasser. Die elektrische Leitfähigkeit (EC) ist beim aufbereiteten Grauwasser um etwa siebenmal höher als beim Regenwasser, liegt noch im Toleranzbereich. Die *E. coli* Konzentration ist beim Grauwasser über 300-mal höher als beim Regenwasser und über der Toleranzgrenze. Insgesamt treten beim aufbereiteten Grauwasser höhere Konzentrationen an Bakterien auf. Kalzium ist im Grauwasser 15-mal mehr vorhanden als im Regenwasser, Magnesium 10-mal höher. Auch der Wert von Kalium ist im Grauwasser leicht höher als im Regenwasser. Der Kupfergehalt im Regenwasser ist leicht höher als der Toleranzbereich, die anderen Toleranzbereiche wurden aber nie überschritten.

Tabelle 11: Bearbeitete Ergebnisse der Wasseranalysen vom aufbereiteten Grauwasser und vom Regenwasser, die Toleranzwerte stammen von Albrecht & Pflieger (2004).

		Grauwasser			Regenwasser			Toleranzbereich
		Mittelwert	Standardabweichung	Anzahl Proben	Mittelwert	Standardabweichung	Anzahl Proben	
Trübung	FNU	1.47	0.93	18	7.07	4.79	18	
pH		7.9	0.75	19	6.75	0.46	19	5.0 - 9.5
EC	µS/cm	282.09	49.85	19	41.08	18.85	19	2000
O ₂	mg/L	6.02	1.84	19	5.71	2.38	19	
BSB	mg/L	4.23	2.69	6				
CSB	mg/L	13.61	7.67	20	23.27	16.62	20	
TP	mg/L	0.4	0.17	17	0.06	0.07	17	
TN	mg/L	1.98	0.85	15	1.64	0.23	9	
TOC	mg/L	5.95	2.48	9	8.34	5.33	6	< 10
Tenside kationisch	mg/L	0.75	0.49	8	0.34	0.25	8	
Tenside anionisch	mg/L	0.26	0.47	8	0.13	0.07	8	
<i>E. coli</i>	KBE/ml	1064.0 7	3151.18	9	2.96	8.89	9	< 200
Coliforme	KBE/ml	6006.6 7	5851.59	5	864.58	1728.06	8	
Enterococci	KBE/ml	1320	690.87	4	645.56	484.2	3	
AMK	KBE/ml	745	698.92	8	612.5	438.3	8	

<i>P. aerugi- nosa</i>	KBE/ml						0	
Ca und K	mg/l	7.43	4.22	14	1	0	14	
Ba	mg/l	0.11	0.02	14	0.01	0	14	
Ca	mg/l	13.23	4.21	14	0.85	0.59	14	
Cu	mg/l	0.01	0.01	14	0.13	0.08	14	< 0.1
Fe	mg/l	0.01	0.01	14	0.04	0.03	14	< 1.5
K	mg/l	17.26	3.19	14	10.64	9.3	14	< 200
Mg	mg/l	2.57	0.78	14	0.23	0.14	14	
Mn	mg/l	0.07	0	14				< 1.5
Ni	mg/l	0.01	0	14				< 0.04
Pb	mg/l				0.01	0	14	< 0.1
Sr	mg/l	0.06	0.02	14				
Zn	mg/l	0.01	0.01	14	0.03	0.02	14	< 0.3
Über Toleranzbereich								

3 Diskussion

Die Bodenanalysen haben ergeben, dass sich der Boden im Dachgartenbeet für den Gemüsebau eignet. Dieses Ergebnis wird durch den gelungenen Anbau der Kulturen unterstützt, die Kulturen sind gewachsen und haben ein gesundes Wurzelwerk gebildet. Es ist jedoch zu beachten, dass viele Pflanzen im Verlauf des Versuches mit nicht optimalem Wachstum, Krankheiten und Schädlingen konfrontiert wurden.

Die CHN-Analyse hat ergeben, dass der Wasserstoff- und Stickstoffgehalt der beiden unterschiedlich bewirtschafteten Flächen nach einer Anbausaison auf ähnlichem Niveau bleibt. Der Kohlenstoffgehalt sowie der organische Kohlenstoff haben auf der Kreisfläche stark zugenommen. Die Studie von Kramer (2004) zum Umsatz und Stabilisierung von organischem Kohlenstoff kam zum Schluss, dass der Kohlenstoffumsatz im Boden primär von der Menge eingetragener Pflanzenrückstände in den Boden abhängt und auch die verfügbare Menge an Stickstoff entscheidend ist. Die Menge eingetragener Pflanzenrückstände ist auf beiden Flächen vergleichbar, der Unterschied könnte auf die Menge an Stickstoff zurückzuführen sein, welcher bei der Düngung eingetragen wurde. Es ist jedoch zu beachten, dass der Kohlenstoffgehalt im Boden eine dynamische Komponente darstellt, welche von weiteren Faktoren wie den vorhandenen Mikroorganismen und der Verweilzeit von der organischen Bodensubstanz abhängt, die in dieser Arbeit nicht untersucht wurden.

Die Ergebnisse der Metallanalyse zeigen die Tendenz, dass die Werte auf der Kreisfläche höher sind als auf der Normalfläche. Die höheren Werte sind bei den Proben nach der Düngung und nach Versuchsende gemessen worden. Dies deutet darauf hin, dass der Eintrag der Metalle durch die Düngung oder durch das Grauwasser in den Boden eingetragen wurde, eine Kombination ist auch möglich. Bei der Wasseranalyse wurden die Metalle analysiert, es zeigte sich aber keine eindeutige Tendenz zu höheren Werten im Grauwasser. Das Urinsalz wurde nicht auf Metalle untersucht, deshalb kann hier kein Rückschluss gezogen werden.

Die Sanierungswerte von Schwermetallen gemäss der Verordnung über Belastung des Bodens (VBBo) werden bei keinem Metall erreicht (Bundesamt für Umwelt, 2016). Das Erreichen der Sanierungswerten würde gemäss der VBBo bedeuten, dass die Nutzung des Bodens verboten wird, wenn möglich sollen Massnahmen ergriffen werden, welche die Bodenbelastung senken damit der Boden wieder genutzt werden kann. Der Sanierungswert von Cadmium (Cd) 30 ppm wird knapp nicht erreicht, dieser Wert hat sich während des Versuchs kaum geändert, was darauf hinweist, dass der Boden schon vorbelastet war. Die Schwermetallbelastung des Bodens kann sich negativ auf die mikrobielle Biomasse und die Enzymaktivitäten auswirken. Enzyme, die sich am C-Kreislauf beteiligen sind weniger stark betroffen als Enzymaktivitäten im Zusammenhang mit dem N-, P- und S-Kreislauf (Kandeler et al., 1996). Diese Erkenntnis könnte sich auch auf die Werte des organischen Kohlenstoffs anwenden lassen und eine mögliche Erklärung bieten, weshalb sich der Kohlenstoffanteil stark erhöht hat, der Stickstoffanteil jedoch kaum. Das widerspricht jedoch der Tatsache, dass sich nur die Kohlenstoffwerte auf der Kreisfläche markant erhöht haben und diejenigen auf der Normalfläche kaum. Wo doch die Metallbelastung auf beiden Flächen ähnlich hoch ist.

Der Gehalt an Chlor ist auf der der Kreisfläche eindeutig höher als auf der Normalfläche, dies zeigen die XRF Analysen des Bodens und die Pflanzensaftanalyse. Eine aktuelle Studie im Zusammenhang mit kontinuierlichem Chlor-Eintrag in Böden hat kurzfristig keine negativen Auswirkungen auf die mikrobielle Bodenlebewesen festgestellt. Langfristig sind leichte Auswirkungen die Zusammensetzung des Bodenlebens und auf das Pflanzenwachstum wie Sprosslänge möglich (Yu et al., 2022).

Der Phosphor- und Stickstoffgehalt ist im Grauwasser leicht höher als im Regenwasser, die Pflanzensaftanalysen zeigen beim totalen Stickstoffgehalt ebenfalls höhere Werte auf der Kreisfläche an. Die Düngieranalyse des Urinsalzes zeigt auch erhöhte Werte von Nitrat und Ammonium. Die Pflanzensaftanalyse zeigt beim Ammonium ebenfalls höhere Werte auf der Kreisfläche als auf den Normalflächen. Die Nitratwerte zeigen jedoch das Gegenteil. Das Ammonium in der Kreisfläche könnte demnach vom Urinsalz eingetragen worden sein, und den gesamten Stickstoffgehalt in der Kreisfläche angehoben haben.

Nicht optimale Umweltbedingungen können bei Pflanzen Stress auslösen. Dies wiederum macht die Pflanzen anfälliger für Krankheiten und Schädlinge. Wichtige abiotische Stressfaktoren, welche in diesem Versuch potenziell vorkommen könnten, sind mechanische Belastung, Wassermangel, Salzbelastung, Hitze, mangelnde Lichtverhältnisse und UV-Strahlung (Schopfer et al., 2010). Auch mechanische Belastung ausgelöst durch das regelmässige Bonitieren von Pflanzenteilen, welche dazu bewegt und verschoben wurden, könnten einen Einfluss gehabt haben. Ein Wassermangel ist nicht offensichtlich, da die automatische Bewässerung mit einem Bodenfeuchtemessgerät reguliert wird. Die Tropfbewässerung gibt überall gleich viel Wasser ab. Mitte Mai hat die Bewässerung unkontrolliert Wasser abgegeben und das ganze Beet mit Wasser gefüllt, dieses Ereignis könnte bei einigen Pflanzen einen Stress ausgelöst haben. Bei den Peperoni sind nach diesem Ereignis die Blüten abgefallen und erst in Woche sieben wieder gebildet worden. Salzstress ist bei den Pflanzen aufgrund des hohen NaCl-Gehalts im Boden möglich, während des Versuches sind dagegen keine Symptome an den Pflanzen aufgetreten. Das Verhältnis von Licht und Temperatur kann sich auf das Pflanzenwachstum auswirken (Jansen, 1998). Da durch die semitransparenten Solarzellen nur 38% des Lichts in den Dachgarten gelangen und die Temperaturen während der Versuchsdauer zwischen 15°C und 35°C lagen, ergab sich ein Missverhältnis zwischen Lichtangebot und Temperatur. Das Verhältnis von wenig Licht und hohen Temperaturen hat sich am Längenwachstum der Tomaten und Gurken deutlich gezeigt, beide Kulturen bildeten dünne Stängel und weite Internodien. Tiefe Lichtintensität in Kombination mit hoher Temperatur hat nicht nur Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum, sondern auch auf den Kohlenstoffhaushalt und die Assimilation der Pflanzen (Vasseur et al., 2011). Die niedrigere Lichtintensität durch die semi-transparenten Solarpanelen könnte einen Vorteil für den Tomatenanbau in Gebieten mit hoher Sonnenstrahlung sein. Wie mehrere Studien belegen, hat die Reduktion der Lichtintensität positive Auswirkungen auf die Pflanzengesundheit, die Fruchtbildung und den verkäuflichen Ertrag (Ilić et al., 2012; Masabni et al., 2016).

Für Direktsaaten, welche eine flächige Bewässerung im Anfangsstadium benötigen, ist das Bewässerungssystem nicht geeignet, welches nur punktuell Wasser ausbringt. Deshalb wurden das Basilikum und die Sojabohnen in Töpfen vorgezogen und anschliessend ausgepflanzt. Die Sojapflanzen wurden ausgepflanzt, als die Gurken bereits eine Höhe von etwa einem Meter erreicht und Blätter gebildet hatten. Diese Schattenwand erschwerte den Sojapflanzen von Anfang an ein optimales Wachstum. Eine Untersuchung zu den Auswirkungen von Schatten auf das Wachstum von Sojabohnen zeigt, dass Blätter von Schattenpflanzen kleiner und dünner waren (Wu et al., 2017). Die Stängellänge und der Stängeldurchmesser der Schattenpflanzen waren ebenfalls kleiner als bei Sonnenpflanzen. Diese Beschreibungen treffen auch auf die Sojapflanzen in diesem Versuch zu, folglich benötigen Sojapflanzen einen Sonnenplatz im Beet.

Der Salat ist nach vier Wochen geschossen, da das Verhältnis von erhöhter Temperatur und wenig Licht für diese Kultur nicht optimal war. Anstelle des Salats wurden die nun pflanzbereiten Basilikumpflanzen eingepflanzt. Sie wurden innert zwei Wochen stark von Schädlingen (Thrips) befallen. Der Standort und der Pflanzzeitpunkt waren nicht optimal, da zwischen den bereits grossen Tomatenpflanzen wenig Licht durchschien.

Der Wachstumsstopp der Gurken fällt mit dem Krankheitsbefall und dem Schädlingsbefall zusammen, was auf einen Zusammenhang schliessen lässt. Zudem wurde beobachtet, dass die Schädlinge die jüngsten Blätter stark befallen und dadurch das Wachstum stark gehemmt haben. Die Anzahl Früchte nahm mit dem höheren Befall durch Schädlinge und Krankheit ab. Das zeigte auch eine Studie von Park & Lee (2005). Der Befall durch Spinnmilben verringerte die Blattproduktivität, wo durch schliesslich der Ertrag abnehme. Diese Erkenntnis zeigt, dass ein Schädlingsbefall möglichst früh erkannt und anschliessend bekämpft werden sollte, um die Pflanzengesundheit und den Ertrag zu erhalten.

Der Anstieg von Früchten bei den Tomaten ist auf die im Verlauf der Anbauphase intensivierte Handbestäubung zurückzuführen. Die Pflanzen auf der Kreisfläche bildeten zum Ende des Versuches mehr Früchte als die Tomaten auf der Normalfläche. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die Kreisfläche in den Morgenstunden mehr Sonnenlicht als die Normalfläche erhielt. Ausserdem standen die Pflanzen auf der Normalfläche im Schatten der Pflanzen von der Kreisfläche. Ein Versuch von Cockshull et al. (1992) weist darauf hin, dass die Anzahl Früchte mit der Sonneneinstrahlung positiv korreliert, das unterstützt die gemachten Erkenntnisse, dass diejenigen Pflanzen mit mehr Sonnenlicht mehr Früchte produziert haben.

4 Fazit und Ausblick

Ein deutlicher Unterschied zwischen den beiden Flächen bleibt nach dieser ersten Anbausaison aus. Trotzdem sind einzelne Differenzen erkennbar. Einige Erkenntnisse lassen sich aufgrund der gewählten Analysemethoden nicht vollständig erklären, wie beispielsweise die Metallbelastungen im Boden. Die Auswertung der Bonitierung basiert auf einem kleinen Datensatz. Um die Aussagekraft zu verbessern, sind mehr Messungen erforderlich. Für weitere Versuche könnten detailliertere Analysen von Wasser, Dünger und Boden eine Option sein, um deren Einfluss auf das Bodenökosystem besser zu verstehen und den Einfluss auf die Pflanzenqualität abzuschätzen.

Die Resultate sind nach diesem ersten Versuch in Hinblick auf die Veränderung des Bodens noch wenig aussagekräftig, interessant wird die Entwicklung der Flächen über mehrere Jahre hinweg sein.

Bei künftigen Versuchen ist ein besseres Schädlings- und Bestäubungsmanagement empfehlenswert. Da kann überlegt werden, ob mit Bestäubern, wie Hummeln gearbeitet wird oder andere Lösungen wie Bestäubung durch das Bewegen der Pflanzen mittels Luft angewandt werden. Zudem sollten auch die Schädlings- und Krankheitssymptome besser beobachtet werden und genau analysiert werden. Ein Einsatz von Nützlingen kann helfen, den Schädlingsdruck geringer zu halten und so auch die Ausbreitung von Krankheiten minimieren. Die Pflanzung von vorgezogenen Pflanzen hat sich aufgrund der Tropfbewässerung als geeigneter dargestellt als eine Direktsaat. Allgemein sind Pflanzen mit einem begrenzten Höhenwachstum und solche die keine tiefen Wurzeln bilden gut geeignet für das Dachbeet. Für weitere Erkenntnisse, welche Kulturen gut mit dem im KREIS-Haus herrschenden Klima zurechtkommen, sind Versuche über das ganze Jahr empfehlenswert. So können auch die Wintertemperaturen beobachtet werden. Möglicherweise lassen sich Sommerkulturen bereits im Frühjahr anbauen.

In dieser Arbeit wurde das gesamte Ökosystem vom Beet angeschaut. Interessant sind gezieltere Beobachtungen wie zum Beispiel die Auswirkung der Bewässerung auf das Bodenleben und die Wurzelaktivitäten der Pflanzen. Auch der Zusammenhang zwischen der Pflanzengesundheit und dem Eintrag von Stoffen durch die Bewässerung bietet eine weitere Beobachtungsmöglichkeit.

5 Literaturverzeichnis

- Albrecht, M., & Pflieger, I. (2004). Empfehlung für die Untersuchung und Bewertung von Wasser zur Bewässerung von gärtnerischen und landwirtschaftlichen Fruchtarten in Thüringen. <https://www.tll.de/ainfo/pdf/eh2o0104.pdf>
- Bundesamt für Umwelt. (2016). Verordnung über Belastung des Bodens. https://fedlex.data.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/cc/1998/1854_1854_1854/20160412/de/pdf-a/fedlex-data-admin-ch-eli-cc-1998-1854_1854_1854-20160412-de-pdf-a.pdf
- Carlen, C., Flisch, R., Gilli, C., Huguenin-Elie, O., Kuster, T., Latsch, A., Mayer, J., Neuwiler, R., Richner, W., Sinaj, S., & Spring, J.-L. (2017). Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz. Agroscope.
- Cockrall-King, J. (2012). Food and the city: Urban agriculture and the new food revolution. Prometheus Books.
- Cockshull, K. E., Graves, C. J., & Cave, C. R. J. (1992). The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science*, 67(1), 11–24. <https://doi.org/10.1080/00221589.1992.11516215>
- Freund, M. (2006). Gemüsebau unter Glas (Bd. 3). INFORAMA Seeland.
- Hauert. (o. J.). Biorga Vegi. <https://www.hauert.com/ch-de/angebot/unternehmen/produkte/detail/biorga-vegi-20-kg>
- Ilić, Z. S., Milenković, L., Stanojević, L., Cvetković, D., & Fallik, E. (2012). Effects of the modification of light intensity by color shade nets on yield and quality of tomato fruits. *Scientia Horticulturae*, 139, 90–95. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.03.009>
- Jansen, H. (Hrsg.). (1998). Gärtnerischer Pflanzenbau: Grundlagen des Anbaus unter Glas und Kunststoffen ; 96 Tabellen (3., neubearb. Aufl). Ulmer.
- Jun, H., & Xiang, H. (2011). Development of Circular Economy Is A Fundamental Way to Achieve Agriculture Sustainable Development in China. *Energy Procedia*, 5, 1530–1534. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.03.262>
- Kandeler, F., Kampichler, C., & Horak, O. (1996). Influence of heavy metals on the functional diversity of soil microbial communities. *Biology and Fertility of Soils*, 23(3), 299–306. <https://doi.org/10.1007/BF00335958>
- Kramer, C. (2004). Umsatz und Stabilisierung von organischem Kohlenstoff in Böden [Friedrich-Schiller-Universität]. <https://core.ac.uk/reader/224765270>
- Malik, R., & Ali, M. (2015). The impact of urbanization on agriculture sector: A case study of Peshawar, Pakistan. *Journal of resources development and management*, 8, 79–85.
- Masabni, J., Sun, Y., Niu, G., & Del Valle, P. (2016). Shade Effect on Growth and Productivity of Tomato and Chili Pepper. *HortTechnology*, 26(3), 344–350. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.26.3.344>
- NovaCrop. (2019). Handbuch analysepaket. <https://novacropcontrol.nl/de/methode/handbuecher>
- Park, Y.-L., & Lee, J.-H. (2005). Impact of Twospotted Spider Mite (Acari: Tetranychidae) on Growth and Productivity of Glasshouse Cucumbers. *Journal of Economic Entomology*, 98(2), 457–463. <https://doi.org/10.1093/jee/98.2.457>
- Renger, M., Bohne, K., Facklam, M., Harrach, T., Riek, W., Schäfer, W., Wessolek, G., & Zacharias, S. (2008). Ergebnisse und Vorschläge der DBG-Arbeitsgruppe „Kennwerte des Bodengefüges“ zur Schätzung bodenphysikalischer Kennwerte.

- Rosemarin, A., Macura, B., Carolus, J., Barquet, K., Ek, F., Järnberg, L., Lorick, D., Johannesdottir, S., Pedersen, S. M., Koskiaho, J., Haddaway, N. R., & Okruszko, T. (2020). Circular nutrient solutions for agriculture and wastewater – a review of technologies and practices. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 45, 78–91. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.09.007>
- Satterthwaite, D., McGranahan, G., & Tacoli, C. (2010). Urbanization and its implications for food and farming. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2809–2820. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0136>
- Schopfer, P., Brennicke, A., & Mohr, H. (2010). *Pflanzenphysiologie* (7. Aufl). Spektrum, Akad. Verl. Schrey. (2012). Bodenartendreieck. https://www.gd.nrw.de/zip/bo_Bestimmungsschluessel-Bodenart.pdf
- Specht, K., Siebert, R., Hartmann, I., Freisinger, U. B., Sawicka, M., Werner, A., Thomaier, S., Henckel, D., Walk, H., & Dierich, A. (2014). Urban agriculture of the future: An overview of sustainability aspects of food production in and on buildings. *Agriculture and Human Values*, 31(1), 33–51. <https://doi.org/10.1007/s10460-013-9448-4>
- Spektrum Akademischer Verlag. (2001). C4-Pflanzen. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/c4-pflanzen/2680>
- Toop, T. A., Ward, S., Oldfield, T., Hull, M., Kirby, M. E., & Theodorou, M. K. (2017). AgroCycle – developing a circular economy in agriculture. *Energy Procedia*, 123, 76–80. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.269>
- United Nations. (2019). World urbanization prospects: The 2018 revision. United Nations.
- Van Tuijl, E., Hospers, G.-J., & Van Den Berg, L. (2018). Opportunities and Challenges of Urban Agriculture for Sustainable City Development. *European Spatial Research and Policy*, 25(2), 5–22. <https://doi.org/10.18778/1231-1952.25.2.01>
- Vasseur, F., Pantin, F., & Vile, D. (2011). Changes in light intensity reveal a major role for carbon balance in Arabidopsis responses to high temperature: Light modulates plant response to high temperature. *Plant, Cell & Environment*, 34(9), 1563–1576. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2011.02353.x>
- Vuna GmbH. (2019). Aurin Dünger. <https://vuna.ch/aurin/>
- Wu, Y., Gong, W., & Yang, W. (2017). Shade Inhibits Leaf Size by Controlling Cell Proliferation and Enlargement in Soybean. *Scientific Reports*, 7(1), 9259. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10026-5>
- Yu, Y., Zhang, Q., Zhang, Z., Xu, N., Li, Y., Jin, M., Feng, G., Qian, H., & Lu, T. (2022). Assessment of residual chlorine in soil microbial community using metagenomics. *Soil Ecology Letters*, 5(1), 66–78. <https://doi.org/10.1007/s42832-022-0130-x>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Situationsplan des Dachgartens mit Pflanzordnung	5
Abbildung 2: a zeigt ein Tomatenblatt mit Krankheitssymptomen und in Rot die gemessene Länge und Breite, b zeigt eine Frucht und eine Blüte einer Peperoni, c zeigt in Rot die gemessene Länge und Breite eines Gurkenblatts.....	8
Abbildung 3: Deutsches Körnungsdreieck mit eingezeichneten Hilfslinien zur Bestimmung des Bodentyps (Lt2)	10
Abbildung 4: Auftragung der CHN-Analyse der Bodenproben B0: Boden Start, B1: Boden Normalfläche nach Düngung, B2: Boden Kreisfläche nach Düngung, B3: Boden Normalfläche nach Versuch, B4: Boden Kreisfläche nach Versuch	11
Abbildung 5: XRF Werte (Richtwert gemäss Verordnung über Belastung des Bodens, B0: Boden Start, B1: Boden Normalfläche nach Düngung, B2: Boden Kreisfläche nach Düngung, B3: Boden Normalfläche nach Versuch, B4: Boden Kreisfläche nach Versuch, P1: Pflanzen Normalfläche nach Düngung, P2: Pflanzen Kreisfläche nach Düngung).....	11
Abbildung 6: In Abhängigkeit der Bonitierungswoche: A Anzahl Früchte der Gurken, B Höhe der Gurke, und C Anzahl Blüten der Gurken.....	14
Abbildung 7: Anzahl mit Krankheitssymptomen befallene Blätter der Tomaten und Gurken	15
Abbildung 8: In Abhängigkeit der Bonitierungswoche. A Anzahl Früchte der Tomaten, B Höhe der Tomaten, C Anzahl Blüten der Tomaten.....	16
Abbildung 9: In Abhängigkeit der Bonitierungswoche: A Anzahl Früchte der Peperoni, B Höhe der Peperoni, C Anzahl Blüten der Peperoni	16
Abbildung 10: In Abhängigkeit der Bonitierungswoche: A Anzahl Früchte der Soja, B Höhe der Soja, C Anzahl Blüten der Soja	17
Abbildung 11: Anzahl der befallenen Blätter mit Spinnmilben der Gurken und Peperoni in Abhängigkeit der Bonitierungswochen.....	18
Abbildung 12: Feuchtigkeitsverlauf im Dachgarten und im Boden	19
Abbildung 13: Temperaturverlauf im Dachgarten zwischen Juli und September 2022.....	19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakterisierung der angebauten Pflanzen (Freund, 2006).....	3
Tabelle 2: Vereinfachte Düngeplanung, Werte gelten pro Teilfläche.	5
Tabelle 3: verwendete Analysemethoden für Boden- und Pflanzenproben	6
Tabelle 4: Übersicht Probenahme Pflanzensaftanalyse	7
Tabelle 5: Auflistung der durchgeführten Wasseranalysen an Grauwasser und Regenwasser mit Beschreibung .	8
Tabelle 6: Ergebnisse der Bodenanalysen vor Versuchsbeginn	10
Tabelle 7: Resultate der Pflanzensaftanalyse von Tomaten und Peperoni (N= Normalfläche, K= Kreisfläche).....	12
Tabelle 8: Ergebnisse der Ionenchromatografie des Urinsalzes und die Inhaltstoffe von BiorgaVegi in %.....	13
Tabelle 9: Kulturen mit den aufgetretenen Schädlingen und Krankheiten.....	18
Tabelle 10: Übersicht der Pflanzenschutzbehandlung während des Versuches.....	18
Tabelle 11: Bearbeitete Ergebnisse der Wasseranalysen vom aufbereiteten Grauwasser und vom Regenwasser, die Toleranzwerte stammen von Albrecht & Pflieger (2004).	20

Anhang I

Boniturschema

Datum:

Uhrzeit:

Wetter:

Gurken	Kreisfläche			Normalfläche		
Gesamteindruck (gesund, schlapp)						
Blattgrün (dunkelgrün, hellgrün, gelb)						
Krankheiten (was)						
Krankheiten (befallene Blätter)						
Schädlinge (was)						
Schädlinge (Anzahl p. Pfl.)						
Blattlänge [cm]						
Blattbreite [cm]						
Verhältnis Blattlänge/breite						
Anzahl Blüten						
Anzahl Früchte						
Höhe der Pflanze [cm]						
Bemerkungen / sonstiges						

Tomaten	Kreisfläche			Normalfläche		
Gesamteindruck (gesund, schlapp)						
Blattgrün (dunkelgrün, hellgrün, gelb)						
Krankheiten (was)						
Krankheiten (befallene Blätter)						
Schädlinge (was)						
Schädlinge (Anzahl p. Pfl.)						
Blattlänge [cm]						
Blattbreite [cm]						
Verhältnis Blattlänge/breite						
Anzahl Blüten						
Anzahl Früchte						
Höhe der Pflanze [cm]						
Bemerkungen / sonstiges						

Salat	Kreisfläche			Normalfläche		
Gesamteindruck (gesund, schlapp)						
Blattgrün (dunkelgrün, hellgrün, gelb)						
Krankheiten (was)						
Krankheiten (befallene Blätter)						
Schädlinge (was)						
Schädlinge (Anzahl p. Pfl.)						
Blattlänge [cm]						
Blattbreite [cm]						
Verhältnis Blattlänge/breite						
Pflanzendurchmesser [cm]						
Bemerkungen / sonstiges						

--	--	--	--	--	--	--

Peperoni	Kreisfläche			Normalfläche		
Gesamteindruck (gesund, schlapp)						
Blattgrün (dunkelgrün, hellgrün, gelb)						
Krankheiten (was)						
Krankheiten (befallene Blätter)						
Schädlinge (was)						
Schädlinge (Anzahl p. Pfl.)						
Blattlänge [cm]						
Blattbreite [cm]						
Verhältnis Blattlänge/breite						
Anzahl Blüten						
Anzahl Früchte						
Höhe der Pflanze [cm]						
Bemerkungen / sonstiges						

Soja	Kreisfläche			Normalfläche		
Gesamteindruck (gesund, schlapp)						
Blattgrün (dunkelgrün, hellgrün, gelb)						
Krankheiten (was)						
Krankheiten (befallene Blätter)						
Schädlinge (was)						
Schädlinge (Anzahl p. Pfl.)						
Blattlänge [cm]						
Blattbreite [cm]						
Verhältnis Blattlänge/breite						
Anzahl Blüten						
Anzahl Früchte						
Höhe der Pflanze [cm]						
Bemerkungen / sonstiges						

Basilikum	Kreisfläche			Normalfläche		
Gesamteindruck (gesund, schlapp)						
Blattgrün (dunkelgrün, hellgrün, gelb)						
Krankheiten (was)						
Krankheiten (befallene Blätter)						
Schädlinge (was)						
Schädlinge (Anzahl p. Pfl.)						
Blattlänge [cm]						
Blattbreite [cm]						
Verhältnis Blattlänge/breite						
Anzahl Blüten						
Anzahl Früchte						
Höhe der Pflanze [cm]						
Bemerkungen / sonstiges						

Düngeplan

Nährstoffbedarf in Gramm und Teilfläche

	N	P2O5	K2O	Mg
Gurken	115.4	57.7	153.8	30.8
Soja	0	0.9	1.9	0.2
Kopfsalat	8.0	3.0	14.0	2.0
Peperoni	25.6	8.0	40.0	4.8
<i>Basilikum</i>				
Tomaten	50.0	20.0	100.0	16.0
Total	198.98	89.60	309.72	53.76
<i>Biorga [g] geplant</i>				
	200	10	2	10
Differenz in [g]	188.98	87.60	299.72	53.76
Ausgebracht:				
200g BiorgaVegi	10	2	10	0
<i>Urindünger gemäss Aurin [ml] geplant</i>				
	240	10.08	0.96	4.32
4000	4	32	32	20
Differenz in g	184.905	56.636	273.397	33.760
Ausgebracht:				
30ml Urinsalzgemisch	9.6	0.8	0	0

Tabelle der deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft

Bodenart	Luftkapazität Luftgehalt beim FÄ Gobporen					Feldkapazität Wassergehalt beim FÄ					nutzbare Feldkapazität Wassergehaltsdifferenz zwischen FÄ und pF 4,2					FÄ* pF*
	Trockenrohdichte (g/cm ³):**															
Kurz- zeichen	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	
Ss	-	39	31	24	-	-	12	12	12	-	-	9	9	9	-	1,9
Sl2	-	28	22	17	11	-	23	21	19	18	-	15	13	11	10	2,0
Sl3	-	26	20	14	9	-	25	23	22	20	-	15	13	12	10	2,0
Sl4	-	23	18	12	7	-	28	25	24	22	-	15	12	11	9	2,1
Slu	-	22	16	10	4	-	29	27	26	25	-	18	15	14	13	2,1
St2	-	30	25	20	14	-	21	18	16	15	-	13	10	8	7	2,1
St3	-	22	17	13	8	-	29	26	23	21	-	15	12	9	7	2,2
Su2	-	30	23	18	12	-	21	20	18	17	-	16	15	13	12	2,1
Su3	-	25	19	14	9	-	26	24	22	20	-	19	17	15	13	2,1
Su4	-	24	18	12	7	-	27	25	24	22	-	20	18	17	15	2,1
Ls2	24	20	13	8	3	34	31	30	28	26	13	15	14	12	10	2,1
Ls3	24	21	15	9	4	34	30	28	27	25	13	14	12	11	9	2,1
Ls4	23	22	16	10	5	33	29	27	26	24	13	14	12	11	9	2,1
Lt2	23	19	13	8	-	35	32	30	28	-	15	12	10	8	-	2,2
Lt3	20	16	10	5	-	38	35	33	31	-	14	11	9	7	-	2,3
Lts	21	17	11	6	-	37	34	32	30	-	16	13	11	9	-	2,2
Lu	21	18	11	6	-	37	34	32	30	-	18	15	13	11	-	2,2
Uu	22	17	11	6	-	36	34	32	30	-	25	23	21	19	-	2,1
Uls	27	21	14	9	-	31	30	29	27	-	20	19	18	16	-	2,1
Us	26	20	14	9	-	32	31	29	27	-	22	21	19	17	-	2,1
Ut2	26	20	14	8	-	32	31	29	28	-	21	20	18	17	-	2,2
Ut3	24	19	12	6	-	34	33	31	30	-	20	19	17	16	-	2,2
Ut4	23	17	12	4	-	35	34	33	31	-	18	17	16	14	-	2,2
Tt	9	6	3	-	-	49	45	41	-	-	13	11	7	-	-	2,5
Tl	12	8	4	2	-	46	43	39	35	-	14	12	8	6	-	2,5
Tu2	12	8	4	2	-	46	43	39	35	-	15	13	9	6	-	2,5
Tu3	15	11	7	3	-	43	39	36	33	-	17	14	12	10	-	2,4
Tu4	18	13	9	4	-	40	37	33	31	-	18	15	13	11	-	2,3
Ts2	15	11	6	2	-	43	40	37	34	-	15	13	10	8	-	2,5
Ts3	19	15	12	6	-	39	35	31	30	-	17	14	10	9	-	2,3
Ts4	22	18	14	8	-	36	33	29	28	-	17	14	11	10	-	2,2

Quelle: (Renger et al., 2008)

Anhang II

Rohdaten

CHN und Corg

	Normalfläche			Kreisfläche	
	Start (B0)	B1	B3	B2	B4
Corg [%]	2.51	2.46	2.79	2.93	4.06
	2.53	2.47	2.81	2.96	4.02
CHN					
Ctot	3.04	2.94	3.27	3.64	4.28
	3.01	2.95	3.30	3.67	4.32
Htot	0.92	0.95	0.93	0.97	1.00
	0.91	0.94	0.94	0.98	1.01
Ntot	0.24	0.60	0.38	0.53	0.67
	0.53	0.55	0.34	0.53	

XRF

in ppm

Element	B0	B1	B2	B3	B4	P1	P2
Na	6186.67	6202.5	6392.5	6643.3	6376.667	6600	13135
Mg	13796.7	13425	13880	13433	14213.33	6896.75	9502.25
Al	60136.7	60710	57662.5	59140	56973.33	568.275	790.75
Si	299500	298350	285900	302233	280666.7	1287.6	1488.25
P	2305.33	2247	2450.5	2276.7	2562.333	8783	8722.75
S	801.733	859.3	1009.05	1141.3	1094	11562.5	11352.5
Cl	34.3333	33.35	143.2	31.133	91.9	8557.5	27200
K	10646.7	10562.5	10197.5	10570	10210	49472.5	61107.5
Ca	26630	23445	30785	25447	33320	33497.5	45462.5
Ti	3419.33	3430.75	3428	3469.7	3237.333	11.9	18.075
V	70.0667	54.25	66.625	61.8	60.03333	9.25	13.25
Cr	70.0333	77.225	82.1	70.2	79.06667	1.5	1
Mn	1092	1104.5	1095	1097.7	1073	41.875	50.125
Fe	28233.3	28320	27882.5	28187	27486.67	161.05	197.725
Co	10.3667	17.15	14.2	12.7	16.36667	3	3
Ni	63.6	64.35	63.35	65.3	63.7	13.675	17.45
Cu	63.8333	63.525	73.675	65	77.36667	28.675	32.125
Zn	147.767	150.575	174.125	149.4	172.6333	42.7	44.2
Ga	14.0667	14.125	14.5	14.133	15.23333	0.425	0.4
Ge	0.73333	0.725	1.125	1.1	0.5	0.5	0.5
As	14.2	12.925	11.95	13.133	11.66667	0.5	0.4
Se	0.3	0.2	0.333333	0.2667	0.233333	0.5	0.5
Br	11.0333	11.225	12.2	11.533	11.96667	10.975	4.775
Rb	76.0667	74.575	74.35	74.767	73.23333	23.35	21.35
Sr	82.5333	78.025	89.3	83.3	92.4	34.55	52.125
Y	24.1333	24.475	23.8	24.4	23.03333	0.5	0.5
Zr	164.067	160.175	166.775	163.13	145.5667	1	0.775
Nb	6.7	6.45	6.025	7.5	6.266667	0.675	0.725
Mo	0.93333	1.075	0.8	1.0333	1.233333	7.15	6.675
Ag	20.2333	22.375	20.7	23.167	21.83333	20.475	25.5
Cd	17.5333	18.5	18.85	18.067	17.4	17	19.55
Sn	27.8	29.85	29.075	29.367	32.6	21.725	23
Sb	30.1333	29.65	31.025	31	29.8	26.975	26.725
Te	37.2667	41.075	43.125	43	40.9	35.95	40.175
I	27.3667	27.35	26.075	30.2	27.4	16.075	19.65
Cs	29.0333	4	26.4	33.533	40.9	4	45.4
Ba	282.667	298.5	297.75	302.33	311.6667	27.5	12.85
La	52.6667	41.5	2	46	39.33333	2	2
Ce	34	2	43	2	2	2	3.5
Hf	1.63333	1.75	2.425	2.3333	1.466667	1	1
Ta	26.5333	26.2	26.1	26.6	24.13333	18.4	22.625
W	1.3	1.225	1.275	1.2	1.2	0.9	1
Hg	0.9	1.275	1.1	1.1	1.233333	1	0.775
Tl	0.73333	0.5	0.525	0.6	0.45	0.375	0.85
Pb	75.9667	75.175	88.55	73.5	96.06667	0.875	1.325
Bi	1	1	1	1	1	1	1
Th	9.2	9.425	9.35	9.3333	8.933333	1.5	2.15
U	1.43333	1.575	1.85	2.0333	2.3	0.95	0.8

Bonitierung

Gurken

Datum	Höhe N [cm]	Höhe K [cm]	Blüten N [Anzahl]	Blüten K [Anzahl]	Früchte N [Anzahl]	Früchte K [Anzahl]	Schäd- linge N [Anzahl]	Schäd- linge K [Anzahl]	Krankhei- ten N [Anzahl]	Krankhei- ten N [Anzahl]
28.04.2022	6.3	6.4	0	0	0	0	0	0	0	0
28.04.2022	8.5	6.5	0	0	0	0	0	0	0	0
28.04.2022	8	6.1	0	0	0	0	0	0	0	0
12.05.2022	23	20	7	5	0	0	0	0	0	0
12.05.2022	28	17	4	8	0	0	0	0	0	0
12.05.2022	36	25	8	7	0	0	0	0	0	0
26.05.2022	175	150	28	23	0	0	0	0	0	0
26.05.2022	175	135	25	26	0	0	0	0	0	0
26.05.2022	125	173	22	22	0	0	0	0	0	0
08.06.2022	200	285	41	39	3	1	0	0	0	6
08.06.2022	240	270	63	43	0	0	0	0	0	0
08.06.2022	247	260	57	52	0	0	0	0	0	0
23.06.2022	310	420	83	88	6	7	0	0	0	0
23.06.2022	290	380	87	92	7	3	0	0	0	0
23.06.2022	295	300	78	81	4	6	0	0	0	0
07.07.2022	370	315	82	96	5	5	0	4	18	20
07.07.2022	285	410	99	75	6	7	0	0	19	18
07.07.2022	310	440	105	82	4	9	0	0	24	17
21.07.2022	330	325	89	107	2	8	16	13	19	19
21.07.2022	290	415	98	83	9	3	10	14	21	18
21.07.2022	305	355	81	93	5	17	17	6	23	20
04.08.2022	280	320	42	72	2	3	6	7	20	22
04.08.2022	310	330	39	46	6	2	8	6	22	21
04.08.2022	320	310	41	53	4	13	8	4	24	23
18.08.2022	320	330	0	0	2	2	21	19	21	19
18.08.2022	300	410	0	0	2	2	23	20	23	20
18.08.2022	310	330	1	0	4	3	25	23	25	23

Tomaten

Datum	Höhe N [cm]	Höhe K [cm]	Blüten N [Anzahl]	Blüten K [Anzahl]	Früchte N [Anzahl]	Früchte K [Anzahl]	Krankhei- ten N [Anzahl]	Krankhei- ten N [Anzahl]
28.04.2022	27	26	1	0	0	0	0	0
28.04.2022	27	24	1	0	0	0	0	0
28.04.2022	25.5	24.5	3	2	0	0	0	0
12.05.2022	72	79	5	1	0	0	0	0
12.05.2022	77	70	4	5	0	0	0	0
12.05.2022	75	74	4	3	0	0	0	0

26.05.2022	141	145	6	9	0	0	2	0
26.05.2022	139	138	7	5	0	0	1	0
26.05.2022	139	136	6	6	0	0	0	0
08.06.2022	190	190	7	8	0	0	0	5
08.06.2022	200	210	10	10	0	0	0	7
08.06.2022	205	215	5	10	0	0	0	6
23.06.2022	250	260	7	11	0	0	0	6
23.06.2022	245	140	5	2	0	0	0	8
23.06.2022	248	255	8	7	0	0	0	5
07.07.2022	290	315	17	21	0	0	4	9
07.07.2022	320	325	10	10	0	0	8	7
07.07.2022	310	320	9	11	0	0	7	6
21.07.2022	360	395	12	6	1	0	5	5
21.07.2022	380	390	8	7	0	0	4	8
21.07.2022	400	200	6	10	0	0	6	11
04.08.2022	420	370	8	9	1	0	6	2
04.08.2022	385	385	8	5	2	0	4	3
04.08.2022	360	420	19	7	1	1	2	5
18.08.2022	440	370	5	7	2	0	4	1
18.08.2022	430	410	4	3	4	0	6	2
18.08.2022	435	460	5	4	6	1	5	2
08.09.2022	510	390	5	7	7	0	8	5
08.09.2022	470	520	6	6	5	0	8	4
08.09.2022	540	490	5	7	2	0	9	4
22.09.2022	600	440	0	3	11	1	0	2
22.09.2022	440	480	3	4	10	1	6	3
22.09.2022	630	640	4	3	5	10	3	5

Peperoni

Datum	Höhe N [cm]	Höhe K [cm]	Blüten N [Anzahl]	Blüten K [Anzahl]	Früchte N [Anzahl]	Früchte K [Anzahl]	Schäd- linge N [Anzahl]	Schäd- linge K [Anzahl]
28.04.2022	19	22	1	1	0	0	0	0
28.04.2022	21	21.5	0	0	0	0	0	0
28.04.2022	21	22	1	1	0	0	0	0
12.05.2022	25	30	2	9	0	0	0	0
12.05.2022	34	30	3	2	0	0	0	0
12.05.2022	27	27	6	4	0	0	0	0
26.05.2022	30	40	0	0	0	0	0	0
26.05.2022	44	39	0	0	0	0	0	0
26.05.2022	40	36	0	0	0	0	0	0
08.06.2022	60	55	0	0	0	0	0	0
08.06.2022	57	53	0	0	0	0	0	0
08.06.2022	52	59	0	0	0	0	0	0
23.06.2022	60	69	0	0	0	0	0	12
23.06.2022	80	68	0	0	0	0	0	0

23.06.2022	82	70	0	0	0	0	0	0
07.07.2022	73	80	0	0	0	0	0	6
07.07.2022	90	77	0	0	0	0	0	7
07.07.2022	92	79	0	0	0	0	0	6
21.07.2022	88	104	2	2	0	0	6	7
21.07.2022	112	101	3	3	0	0	4	12
21.07.2022	86	91	2	3	0	0	5	8
04.08.2022	118	110	5	6	0	0	7	12
04.08.2022	88	105	3	4	0	0	4	9
04.08.2022	115	99	2	3	0	0	2	11
18.08.2022	103	128	2	3	0	0	5	4
18.08.2022	100	117	4	3	0	0	2	5
18.08.2022	125	115	1	7	0	0	2	8
08.09.2022	115	145	12	6	0	0	24	15
08.09.2022	140	137	6	11	0	0	22	25
08.09.2022	138	133	7	9	0	0	6	17
22.09.2022	147	143	3	6	4	3	7	8
22.09.2022	115	142	4	3	2	1	5	10
22.09.2022	148	141	2	3	2	2	3	11

Soja

Datum	Höhe N [cm]	Höhe K [cm]	Blüten N [Anzahl]	Blüten K [Anzahl]	Früchte N [Anzahl]	Früchte K [Anzahl]
28.04.2022	0	0	0	0	0	0
28.04.2022	0	0	0	0	0	0
28.04.2022	0	0	0	0	0	0
12.05.2022	0	0	0	0	0	0
12.05.2022	0	0	0	0	0	0
12.05.2022	0	0	0	0	0	0
26.05.2022	0	0	0	0	0	0
26.05.2022	0	0	0	0	0	0
26.05.2022	0	0	0	0	0	0
08.06.2022	22	31	0	0	0	0
08.06.2022	30	19	0	0	0	0
08.06.2022	20	9	0	0	0	0
23.06.2022	37	11	0	0	0	0
23.06.2022	40	45	0	0	0	0
23.06.2022	33	18	0	0	0	0
07.07.2022	44	41	4	5	0	1
07.07.2022	45	60	5	6	2	1
07.07.2022	39	12	2	3	1	0
21.07.2022	47	12.5	1	0	0	2
21.07.2022	35	61	3	1	2	0
21.07.2022	44	41	2	1	2	2

04.08.2022	45	13	1	5	0	2
04.08.2022	46	51	5	4	2	2
04.08.2022	35	41	3	2	3	1
18.08.2022	31	12	0	1	0	0
18.08.2022	38	40	2	2	0	0
18.08.2022	39	39	1	2	0	0

Wasseranalyse

Datum	Trübung	pH	EC	O ₂	BSD	CSB	TP	TN	TOC	Tenside kati- onisch	Tenside an- ionisch	E. coli	Coliforme	Enterococci	AMK	P. aeruginosa
	FNU		µS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	KBE/ 100ml	KBE/ 100ml	KBE/ 100ml	KBE/ml	KBE/ml
Grauwasser																
06.07.22	1.14	9.19	260	7.92		12.6	0.133	1.46								
15.07.22	1.72	8.64	350	7.34		9.14	0.195	2.23								
22.07.22	0.85	8.37	362	5.57		13.2	0.375	2.07								
29.07.22	2.02	8.73	225	8.05		10.2	0.197	1.05								
05.08.22	3.23	8.12	252	5.32		31.7	0.333	1.59								
12.08.22	2.23	7.98	373	4.73		31.1	0.455	1.00								
19.08.22	1.69	8.96	264	5.65		8.85	0.489	2.43								
26.08.22	1.2	8.47	335	5.57		10.6	0.594	3.47								
02.09.22	2.62	8.74	294	8.05		6.69	0.165	2.36								
15.07.22						16.9						9467	2500		310	
22.07.22		6.8	318	4.7		11.0										
29.07.22	0.9	7.5	301	5.0	6.7	9.8		2.0	2.3			0	510		1247	
05.08.22	0.9	7.5	297	4.7	2.9	10.2	0.63		5.2	0.83	0.02	0			0	
12.08.22	0.5	7.6	288	5.6		7.4	0.61	3.4	5.7	0.74	0.01					
19.08.22	0.9	7.4	284	4.9		5.1	0.63		6.4	1.11	0.03	110				
26.08.22	0.5	7.6	269	5.6	7.3	11.9	0.47	2.7	4.2	1.65	0.14	0	2757		283	
02.09.22	3.8	7.3	244	1.5	5.7	27.7	0.37	2.2	10.1	0.66	1.40	0	10033	2267	1933	
12.09.22	0.8	6.6	200	7.4		15.1	0.47		9.5	0.75	0.21	0		1033	0	
19.09.22	0.9	7.2	224	9.9	2.3	13.3	0.46	1.2	5.5	0.14	0.14	0		1333	1110	
26.09.22	0.6	7.5	220	6.9	0.6	9.7	0.28	0.5	4.7	0.13	0.13	0	14233	647	1077	0
Regenwasser																
28.04.22	5.66	6.83	100	5.1		10.5	0.007	1.27								
05.05.22	5.39	7.14	45.1	4.36		17	0.003	1.72								
12.05.22	14.4	6.88	64.8	8.08		14.4	0.002	1.54								
20.05.22	18	7.02	43.8	8.22		12.2	0.014	1.6								
26.05.22	13.8	7.19	48.9	7.67		23.2	0.001	1.87								
02.06.22	10.7	6.97	48.7	4.86		23.7	0.017	1.99								
09.06.22	5.66	7.44	36.9	6.48		11.7	0.009	1.73								
17.06.22	5.77	7.23	52.2	6.92		65.4	0.02	1.68								
24.06.22	4.75	7.38	53	6.98		8.53	0.069	1.35								
15.07.22						50.6						0	5100		193	

Anhang III

Matlabskripte

CHN und Corg

```
%% Daten einlesen
%Corg

Daten = readmatrix("Corg.csv");
Daten_corg = Daten(1:height(Daten),2)

hold on
names = {' '; 'B0'; 'B1'; 'B3'; 'B2'; 'B4'; ' '};
plot(Daten_corg,'bx')
set(gca,'xtick',[1:7],'xticklabel',names)
ylabel('Corg [%]')
hold off

%%
%CHN
Daten = readmatrix("Corg.csv");
Daten_c = Daten(1:height(Daten),3)
Daten_h = Daten(1:height(Daten),4)
Daten_n = Daten(1:height(Daten),5)

hold on
names = {' '; 'B0'; 'B1'; 'B3'; 'B2'; 'B4'; ' '};
plot(Daten_c,'bx')
plot(Daten_h,'rx')
plot(Daten_n,'gx')
set(gca,'xtick',[1:7],'xticklabel',names)
ylabel('CHN [%]')
legend({'Ctot','Htot','Ntot'],'Location','northwest')
hold off
```

XRF

```
Daten = readmatrix("XRF_m.csv");

hold on
b = bar(Daten);
newcolors = [0 0 1; 0 0 0; 0.7 0.7 0.7 ; 0 0.9 0.1; 0.5 0.5 0.5; 0 0.6 0.5; 0.75,
0, 0.75; 0.35 0 0.8];
colororder(newcolors)
legend({'Richtwert','B0','B1','B2','B3','B4','P1','P2'],'Location','northeast')
ylabel('Häufigkeit / ppm')
xlabel('Cr Ni Cu Zn Mo Cd Hg Pb')
hold off
```

Bonitierung Gurken

```
%% Daten einlesen
Hoehe = readmatrix('Gurken2.csv');
Blueten = readmatrix('Gurken_Blüten.csv');
```

```

Fruechte = readmatrix('Gurken_Fruechte.csv');

%% Daten in richtiges format bringen
x = (1:1:9)';
Hoehe_n = Hoehe(1:height(Hoehe),2);
Hoehe_k = Hoehe(1:height(Hoehe),3);
Blueten_n = Blueten(1:height(Blueten),2);
Blueten_k = Blueten(1:height(Blueten),3);
Fruechte_n = Fruechte(1:height(Fruechte),2);
Fruechte_k = Fruechte(1:height(Fruechte),3);

%% Mittelwert berechnen
for i = 1:height(x)
HMean_n(i) = mean(Hoehe_n(i*3-2:i*3,1));
HMean_k(i) = mean(Hoehe_k(i*3-2:i*3,1));
end
HMean_n = HMean_n';
HMean_k = HMean_k';

for i = 1:height(x)
BMean_n(i) = mean(Blueten_n(i*3-2:i*3,1));
BMean_k(i) = mean(Blueten_k(i*3-2:i*3,1));
end
BMean_n = BMean_n';
BMean_k = BMean_k';

for i = 1:height(x)
FMean_n(i) = mean(Fruechte_n(i*3-2:i*3,1));
FMean_k(i) = mean(Fruechte_k(i*3-2:i*3,1));
end
FMean_n = FMean_n';
FMean_k = FMean_k';

%Höhe
%Normalfläche
T = fit(x,HMean_n,'poly2');
[p,S] = polyfit(x,HMean_n,2);
[y_fit_Hn,delta_Hn] = polyval(p,x,S);
%Kreisfläche
T = fit(x,HMean_k,'poly2');
[p,S] = polyfit(x,HMean_k,2);
[y_fit_Hk,delta_Hk] = polyval(p,x,S);
% Blüten
T = fit(x,BMean_n,'poly3');
[p,S] = polyfit(x,BMean_n,3);
[y_fit_Bn,delta_Bn] = polyval(p,x,S);
% Fit Kreislauffläche
T = fit(x,BMean_k,'poly3');
[p,S] = polyfit(x,BMean_k,3);
[y_fit_Bk,delta_Bk] = polyval(p,x,S);
%Früchte
T = fit(x,FMean_n,'poly3');
[p,S] = polyfit(x,FMean_n,3);
[y_fit_Fn,delta_Fn] = polyval(p,x,S);
% Fit Kreislauffläche
T = fit(x,FMean_k,'poly3');
[p,S] = polyfit(x,FMean_k,3);
[y_fit_Fk,delta_Fk] = polyval(p,x,S);

```

```

%% Plotten
lightgreen = [0.1 0.3 0.2];
darkgrey = [0.5 0.5 0.5];
t = tiledlayout(2,2);
a = [0 12];
b = [0 0];

%Früchte
nexttile
%Normal
upper_xFn = (x);
upper_yFn = (y_fit_Fn+2*delta_Fn);
lower_xFn = (x);
lower_yFn = (y_fit_Fn-2*delta_Fn);
%Normal
patch([lower_xFn;upper_xFn(end:-1:1)], [lower_yFn;upper_yFn(end:-1:1)], darkgrey,
'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
hold on;
plot(x,FMean_n,'kx')
plot(x,y_fit_Fn,'k-')
%Kreislauf
upper_xFk = (x);
upper_yFk = (y_fit_Fk+2*delta_Fk);
lower_xFk = (x);
lower_yFk = (y_fit_Fk-2*delta_Fk);
%Kreislauf
patch([lower_xFk;upper_xFk(end:-1:1)], [lower_yFk;upper_yFk(end:-1:1)], light-
green, 'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
plot(x,FMean_k,'o', 'Color','[0.2 0.6 0.1]')
plot(x,y_fit_Fk,'-', 'Color','[0.2 0.6 0.1]')
ylabel('Anzahl Früchte')
xlabel ('Bonitierungswoche')
line(a,b,'Color','black')
title('Gurken Anzahl Früchte')
hold off

%Höhe
nexttile
%Normal
upper_xHn = (x)
upper_yHn = (y_fit_Hn+2*delta_Hn)
lower_xHn = (x)
lower_yHn = (y_fit_Hn-2*delta_Hn)
%Normal
patch([lower_xHn;upper_xHn(end:-1:1)], [lower_yHn;upper_yHn(end:-1:1)], darkgrey,
'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
hold on;
plot(x,HMean_n,'kx')
plot(x,y_fit_Hn,'k-')
%Kreislauf
upper_xHk = (x)
upper_yHk = (y_fit_Hk+2*delta_Hk)
lower_xHk = (x)
lower_yHk = (y_fit_Hk-2*delta_Hk)
%Kreislauf
patch([lower_xHk;upper_xHk(end:-1:1)], [lower_yHk;upper_yHk(end:-1:1)], light-
green, 'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
plot(x,HMean_k,'o', 'Color','[0.2 0.6 0.1]')
plot(x,y_fit_Hk,'-', 'Color','[0.2 0.6 0.1]')
ylabel('Höhe [cm]')

```

```

line(a,b,'Color','black')
xlabel ('Bonitierungswoche')
title('Gurken Höhe')
hold off
%Blüten
nexttile
%Normal
upper_xBn = (x)
upper_yBn = (y_fit_Bn+2*delta_Bn)
lower_xBn = (x)
lower_yBn = (y_fit_Bn-2*delta_Bn)
%Normal
patch([lower_xBn;upper_xBn(end:-1:1)], [lower_yBn;upper_yBn(end:-1:1)], darkgrey,
'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
hold on;
plot(x,BMean_n,'kx')
plot(x,y_fit_Bn,'k-')
%Kreislauf
upper_xBk = (x)
upper_yBk = (y_fit_Bk+2*delta_Bk)
lower_xBk = (x)
lower_yBk = (y_fit_Bk-2*delta_Bk)
%Kreislauf
patch([lower_xBk;upper_xBk(end:-1:1)], [lower_yBk;upper_yBk(end:-1:1)], light-
green, 'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
plot(x,BMean_k,'o', 'Color','[0.2 0.6 0.1]')
plot(x,y_fit_Bk,'-', 'Color','[0.2 0.6 0.1]')
line(a,b,'Color','black')
ylabel('Anzahl Blüten')
xlabel ('Bonitierungswoche')
title('Gurken Anzahl Blüten')
hold off
t.Padding = 'compact';
t.TileSpacing = 'compact';
legend('Normalfläche 95% Prediction intervall','Normalfläche', 'Normalfläche Lin-
ear Fit', 'Kreisfläche 95% Prediction Interval','Kreisfläche','Kreisfläche Linear
Fit','Location','Layout')
lgd = legend;
lgd.Layout.Tile = 4;

```

Bonitierung Tomaten

```

%% Daten einlesen
Hoehe = readmatrix('Tomaten.csv');
Blueten = readmatrix('Tomaten_Blueten.csv');
Fruechte = readmatrix('Tomaten_Frucht.csv');

%% Daten in richtiges format bringen
x = (1:1:11)';
Hoehe_n = Hoehe(1:height(Hoehe),2);
Hoehe_k = Hoehe(1:height(Hoehe),3);
Blueten_n = Blueten(1:height(Blueten),2);
Blueten_k = Blueten(1:height(Blueten),3);
Fruechte_n = Fruechte(1:height(Fruechte),2);
Fruechte_k = Fruechte(1:height(Fruechte),3);

%% Mittelwert berechnen (Standardabweichung)
for i = 1:height(x)
HMean_n(i) = mean(Hoehe_n(i*3-2:i*3,1));
HMean_k(i) = mean(Hoehe_k(i*3-2:i*3,1));
end

```

```

HMean_n = HMean_n';
HMean_k = HMean_k';

for i = 1:height(x)
BMean_n(i) = mean(Blueten_n(i*3-2:i*3,1));
BMean_k(i) = mean(Blueten_k(i*3-2:i*3,1));
end
BMean_n = BMean_n';
BMean_k = BMean_k';

for i = 1:height(x)
FMean_n(i) = mean(Fruechte_n(i*3-2:i*3,1));
FMean_k(i) = mean(Fruechte_k(i*3-2:i*3,1));
end
FMean_n = FMean_n';
FMean_k = FMean_k';

%% Daten fitten
%%Höhe
T = fit(x,HMean_n,'poly1');
[p,S] = polyfit(x,HMean_n,1);
[y_fit_Hn,delta_Hn] = polyval(p,x,S);

% Fit Kreislauffläche
T = fit(x,HMean_k,'poly1');
[p,S] = polyfit(x,HMean_k,1);
[y_fit_Hk,delta_Hk] = polyval(p,x,S);

% Blüten
T = fit(x,BMean_n,'poly3');
[p,S] = polyfit(x,BMean_n,3);
[y_fit_Bn,delta_Bn] = polyval(p,x,S);

% Fit Kreislauffläche
T = fit(x,BMean_k,'poly3');
[p,S] = polyfit(x,BMean_k,3);
[y_fit_Bk,delta_Bk] = polyval(p,x,S);

%Früchte
T = fit(x,FMean_n,'poly3');
[p,S] = polyfit(x,FMean_n,3);
[y_fit_Fn,delta_Fn] = polyval(p,x,S);

% Fit Kreislauffläche
T = fit(x,FMean_k,'poly3');
[p,S] = polyfit(x,FMean_k,3);
[y_fit_Fk,delta_Fk] = polyval(p,x,S);

%% Plotten
lightgreen = [0.1 0.3 0.2];
darkgrey = [0.5 0.5 0.5];

t = tiledlayout(2,2);

a = [0 12];
b = [0 0];

%Früchte
nexttile
%Normal

```

```

upper_xFn = (x);
upper_yFn = (y_fit_Fn+2*delta_Fn);
lower_xFn = (x);
lower_yFn = (y_fit_Fn-2*delta_Fn);
%Normal
patch([lower_xFn;upper_xFn(end:-1:1)], [lower_yFn;upper_yFn(end:-1:1)], darkgrey,
'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
hold on;
plot(x,FMean_n,'kx')
plot(x,y_fit_Fn,'k-')
%Kreislauflauf
upper_xFk = (x);
upper_yFk = (y_fit_Fk+2*delta_Fk);
lower_xFk = (x);
lower_yFk = (y_fit_Fk-2*delta_Fk);
%Kreislauflauf
patch([lower_xFk;upper_xFk(end:-1:1)], [lower_yFk;upper_yFk(end:-1:1)], light-
green, 'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
plot(x,FMean_k,'o', 'Color','[0.2 0.6 0.1]')
plot(x,y_fit_Fk,'-', 'Color','[0.2 0.6 0.1]')
ylabel('Anzahl Früchte')
xlabel ('Bonitierungswoche')
line(a,b,'Color','black')
title('Tomaten Anzahl Früchte')
hold off

%Höhe
nexttile
%Normal
upper_xHn = (x)
upper_yHn = (y_fit_Hn+2*delta_Hn)
lower_xHn = (x)
lower_yHn = (y_fit_Hn-2*delta_Hn)
%Normal
patch([lower_xHn;upper_xHn(end:-1:1)], [lower_yHn;upper_yHn(end:-1:1)], darkgrey,
'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
hold on;
plot(x,HMean_n,'kx')
plot(x,y_fit_Hn,'k-')
%Kreislauflauf
upper_xHk = (x)
upper_yHk = (y_fit_Hk+2*delta_Hk)
lower_xHk = (x)
lower_yHk = (y_fit_Hk-2*delta_Hk)
%Kreislauflauf
patch([lower_xHk;upper_xHk(end:-1:1)], [lower_yHk;upper_yHk(end:-1:1)], light-
green, 'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
plot(x,HMean_k,'o', 'Color','[0.2 0.6 0.1]')
plot(x,y_fit_Hk,'-', 'Color','[0.2 0.6 0.1]')
ylabel('Höhe [cm]')
line(a,b,'Color','black')
xlabel ('Bonitierungswoche')
title('Tomaten Höhe')
hold off

%Blüten
nexttile
%Normal
upper_xBn = (x)
upper_yBn = (y_fit_Bn+2*delta_Bn)

```

```

lower_xBn = (x)
lower_yBn = (y_fit_Bn-2*delta_Bn)
%Normal
patch([lower_xBn;upper_xBn(end:-1:1)], [lower_yBn;upper_yBn(end:-1:1)], darkgrey,
'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
hold on;
plot(x,BMean_n,'kx')
plot(x,y_fit_Bn,'k-')
%Kreislauflauf
upper_xBk = (x)
upper_yBk = (y_fit_Bk+2*delta_Bk)
lower_xBk = (x)
lower_yBk = (y_fit_Bk-2*delta_Bk)
%Kreislauflauf
patch([lower_xBk;upper_xBk(end:-1:1)], [lower_yBk;upper_yBk(end:-1:1)], light-
green, 'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
plot(x,BMean_k,'o', 'Color','[0.2 0.6 0.1]')
plot(x,y_fit_Bk,'-', 'Color','[0.2 0.6 0.1]')
line(a,b,'Color','black')
ylabel('Anzahl Blüten')
xlabel('Bonitierungswoche')
title('Tomaten Anzahl Blüten')
hold off

t.Padding = 'compact';
t.TileSpacing = 'compact';

legend('Normalfläche 95% Prediction intervall','Normalfläche', 'Normalfläche Lin-
ear Fit', 'Kreisfläche 95% Prediction Interval','Kreisfläche','Kreisfläche Linear
Fit','Location','Layout')
lgd = legend;
lgd.Layout.Tile = 4;

```

Bonitierung Peperoni

```

%% Daten einlesen
Hoehe = readmatrix('Peperoni.csv');
Blueten = readmatrix('Peperoni_Blüeten.csv');
Fruechte = readmatrix('Peperoni_Früchte.csv');

%% Daten in richtiges format bringen
x = (1:1:11)';
Hoehe_n = Hoehe(1:height(Hoehe),2);
Hoehe_k = Hoehe(1:height(Hoehe),3);
Blueten_n = Blueten(1:height(Blueten),2);
Blueten_k = Blueten(1:height(Blueten),3);
Fruechte_n = Fruechte(1:height(Fruechte),2);
Fruechte_k = Fruechte(1:height(Fruechte),3);

%% Mittelwert berechnen (Standardabweichung)
for i = 1:height(x)
HMean_n(i) = mean(Hoehe_n(i*3-2:i*3,1));
HMean_k(i) = mean(Hoehe_k(i*3-2:i*3,1));
end
HMean_n = HMean_n';
HMean_k = HMean_k';
for i = 1:height(x)
BMean_n(i) = mean(Blueten_n(i*3-2:i*3,1));
BMean_k(i) = mean(Blueten_k(i*3-2:i*3,1));
end

```

```

BMean_n = BMean_n';
BMean_k = BMean_k';
for i = 1:height(x)
FMean_n(i) = mean(Fruechte_n(i*3-2:i*3,1));
FMean_k(i) = mean(Fruechte_k(i*3-2:i*3,1));
end
FMean_n = FMean_n';
FMean_k = FMean_k';

%% Daten fitten und plotten
%Fit Normalfläche
%Höhe
T = fit(x,HMean_n,'poly1');
[p,S] = polyfit(x,HMean_n,1);
[y_fit_Hn,delta_Hn] = polyval(p,x,S);
% Fit Kreislauffläche
T = fit(x,HMean_k,'poly1');
[p,S] = polyfit(x,HMean_k,1);
[y_fit_Hk,delta_Hk] = polyval(p,x,S);

% Blüten
T = fit(x,BMean_n,'poly5');
[p,S] = polyfit(x,BMean_n,5);
[y_fit_Bn,delta_Bn] = polyval(p,x,S);
% Fit Kreislauffläche
T = fit(x,BMean_k,'poly5');
[p,S] = polyfit(x,BMean_k,5);
[y_fit_Bk,delta_Bk] = polyval(p,x,S);

%Früchte
T = fit(x,FMean_n,'poly2');
[p,S] = polyfit(x,FMean_n,2);
[y_fit_Fn,delta_Fn] = polyval(p,x,S);
% Fit Kreislauffläche
T = fit(x,FMean_k,'poly2');
[p,S] = polyfit(x,FMean_k,2);
[y_fit_Fk,delta_Fk] = polyval(p,x,S);

%% Plot
t = tiledlayout(2,2);

%Früchte
nexttile
hold on
plot(x,FMean_n,'kx')
plot(x,FMean_k,'o', 'Color',[0.2 0.6 0.1])
ylabel('Anzahl Früchte')
xlabel('Bonitierungswoche')
title('Peperoni Anzahl Früchte')
hold off

%Höhe
nexttile
%Normal
upper_xHn = (x)
upper_yHn = (y_fit_Hn+2*delta_Hn)
lower_xHn = (x)
lower_yHn = (y_fit_Hn-2*delta_Hn)
%Normal

```

```

patch([lower_xHn;upper_xHn(end:-1:1)], [lower_yHn;upper_yHn(end:-1:1)], darkgrey,
'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
hold on;
plot(x,HMean_n,'kx')
plot(x,y_fit_Hn,'k-')
%Kreislauf
upper_xHk = (x)
upper_yHk = (y_fit_Hk+2*delta_Hk)
lower_xHk = (x)
lower_yHk = (y_fit_Hk-2*delta_Hk)
%Kreislauf
patch([lower_xHk;upper_xHk(end:-1:1)], [lower_yHk;upper_yHk(end:-1:1)], light-
green, 'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
plot(x,HMean_k,'o', 'Color','[0.2 0.6 0.1]')
plot(x,y_fit_Hk,'-', 'Color','[0.2 0.6 0.1]')
ylabel('Höhe [cm]')
xlabel ('Bonitierungswoche')
title('Peperoni Höhe')
hold off

a = [0 12];
b = [0 0];

%Blüten
nexttile
%Normal
upper_xBn = (x)
upper_yBn = (y_fit_Bn+2*delta_Bn)
lower_xBn = (x)
lower_yBn = (y_fit_Bn-2*delta_Bn)
%Normal
patch([lower_xBn;upper_xBn(end:-1:1)], [lower_yBn;upper_yBn(end:-1:1)], darkgrey,
'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
hold on;
plot(x,BMean_n,'kx')
plot(x,y_fit_Bn,'k-')
%Kreislauf
upper_xBk = (x)
upper_yBk = (y_fit_Bk+2*delta_Bk)
lower_xBk = (x)
lower_yBk = (y_fit_Bk-2*delta_Bk)
%Kreislauf
patch([lower_xBk;upper_xBk(end:-1:1)], [lower_yBk;upper_yBk(end:-1:1)], light-
green, 'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
plot(x,BMean_k,'o', 'Color','[0.2 0.6 0.1]')
plot(x,y_fit_Bk,'-', 'Color','[0.2 0.6 0.1]')
line(a,b,'Color','black')
ylabel('Anzahl Blüten')
xlabel ('Bonitierungswoche')
title('Peperoni Anzahl Blüten')
hold off

t.Padding = 'compact';
t.TileSpacing = 'compact';
legend('Normalfläche 95% Prediction intervall','Normalfläche', 'Normalfläche Lin-
ear Fit', 'Kreisfläche 95% Prediction Interval','Kreisfläche','Kreisfläche Linear
Fit','Location','Layout')
lgd = legend;
lgd.Layout.Tile = 4;

```

Bonitierung Soja

```

%% Daten einlesen
Hoehe = readmatrix('Soja_Hoehe.csv');
Blueten = readmatrix('Soja_Blüeten.csv');
Fruechte = readmatrix('Soja_Fruechte.csv');

%% Daten in richtiges format bringen
x = (1:1:9)';
Hoehe_n = Hoehe(1:height(Hoehe),2);
Hoehe_k = Hoehe(1:height(Hoehe),3);
Blueten_n = Blueten(1:height(Blueten),2);
Blueten_k = Blueten(1:height(Blueten),3);
Fruechte_n = Fruechte(1:height(Fruechte),2);
Fruechte_k = Fruechte(1:height(Fruechte),3);

%% Mittelwert berechnen
for i = 1:height(x)
HMean_n(i) = mean(Hoehe_n(i*3-2:i*3,1));
HMean_k(i) = mean(Hoehe_k(i*3-2:i*3,1));
end
HMean_n = HMean_n';
HMean_k = HMean_k';

for i = 1:height(x)
BMean_n(i) = mean(Blueten_n(i*3-2:i*3,1));
BMean_k(i) = mean(Blueten_k(i*3-2:i*3,1));
end
BMean_n = BMean_n';
BMean_k = BMean_k';

for i = 1:height(x)
FMean_n(i) = mean(Fruechte_n(i*3-2:i*3,1));
FMean_k(i) = mean(Fruechte_k(i*3-2:i*3,1));
end
FMean_n = FMean_n';
FMean_k = FMean_k';

%% Daten fitten und plotten
%Fit Normalfläche
%Höhe
T = fit(x,HMean_n,'poly4');
[p,S] = polyfit(x,HMean_n,4);
[y_fit_Hn,delta_Hn] = polyval(p,x,S);
% Fit Kreislauffläche
T = fit(x,HMean_k,'poly4');
[p,S] = polyfit(x,HMean_k,4);
[y_fit_Hk,delta_Hk] = polyval(p,x,S);

% Blüten
T = fit(x,BMean_n,'poly5');
[p,S] = polyfit(x,BMean_n,5);
[y_fit_Bn,delta_Bn] = polyval(p,x,S);
% Fit Kreislauffläche
T = fit(x,BMean_k,'poly5');
[p,S] = polyfit(x,BMean_k,5);
[y_fit_Bk,delta_Bk] = polyval(p,x,S);

%Früchte
T = fit(x,FMean_n,'poly4');

```

```

[p,S] = polyfit(x,FMean_n,4);
[y_fit_Fn,delta_Fn] = polyval(p,x,S);
% Fit Kreislauffläche
T = fit(x,FMean_k,'poly4');
[p,S] = polyfit(x,FMean_k,4);
[y_fit_Fk,delta_Fk] = polyval(p,x,S);

%% Plot
a = [0 12];
b = [0 0];

t = tiledlayout(2,2);

%Blüten
nexttile
%Normal
upper_xBn = (x)
upper_yBn = (y_fit_Bn+2*delta_Bn)
lower_xBn = (x)
lower_yBn = (y_fit_Bn-2*delta_Bn)
%Normal
hold on;
plot(x,BMean_n,'kx')
%Kreislauf
upper_xBk = (x)
upper_yBk = (y_fit_Bk+2*delta_Bk)
lower_xBk = (x)
lower_yBk = (y_fit_Bk-2*delta_Bk)
%Kreislauf
plot(x,BMean_k,'o', 'Color',[0.2 0.6 0.1])
line(a,b,'Color','black')
ylabel('Anzahl Blüten')
xlabel('Bonitierungswoche')
title('Soja Anzahl Blüten')
hold off

%Höhe
nexttile
%Normal
upper_xHn = (x)
upper_yHn = (y_fit_Hn+2*delta_Hn)
lower_xHn = (x)
lower_yHn = (y_fit_Hn-2*delta_Hn)
%Normal
patch([lower_xHn;upper_xHn(end:-1:1)], [lower_yHn;upper_yHn(end:-1:1)], darkgrey,
'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');

hold on;
plot(x,HMean_n,'kx')
plot(x,y_fit_Hn,'k-')
%Kreislauf
upper_xHk = (x)
upper_yHk = (y_fit_Hk+2*delta_Hk)
lower_xHk = (x)
lower_yHk = (y_fit_Hk-2*delta_Hk)
%Kreislauf
patch([lower_xHk;upper_xHk(end:-1:1)], [lower_yHk;upper_yHk(end:-1:1)], light-
green, 'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
plot(x,HMean_k,'o', 'Color',[0.2 0.6 0.1])

```

```

plot(x,y_fit_Hk, '-', 'Color',[0.2 0.6 0.1])
line(a,b,'Color','black')
ylabel('Höhe [cm]')
xlabel('Bonitierungswoche')
title('Soja Höhe')
hold off

%Früchte
nexttile
%Normal
upper_xFn = (x);
upper_yFn = (y_fit_Fn+2*delta_Fn);
lower_xFn = (x);
lower_yFn = (y_fit_Fn-2*delta_Fn);
%Normal
patch([lower_xFn;upper_xFn(end:-1:1)], [lower_yFn;upper_yFn(end:-1:1)], darkgrey,
'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');

hold on;
plot(x,FMean_n,'kx')
plot(x,y_fit_Fn,'k-')
%Kreislauf
upper_xFk = (x);
upper_yFk = (y_fit_Fk+2*delta_Fk);
lower_xFk = (x);
lower_yFk = (y_fit_Fk-2*delta_Fk);
%Kreislauf
patch([lower_xFk;upper_xFk(end:-1:1)], [lower_yFk;upper_yFk(end:-1:1)], light-
green, 'facealpha',0.15, 'edgecolor','none');
plot(x,FMean_k,'o', 'Color',[0.2 0.6 0.1])
plot(x,y_fit_Fk,'-', 'Color',[0.2 0.6 0.1])
ylabel('Anzahl Früchte')
xlabel('Bonitierungswoche')
line(a,b,'Color','black')
title('Soja Anzahl Früchte')
hold off

t.Padding = 'compact';
t.TileSpacing = 'compact';
legend('Normalfläche 95% Prediction intervall','Normalfläche', 'Normalfläche Lin-
ear Fit', 'Kreisfläche 95% Prediction Interval','Kreisfläche','Kreisfläche Linear
Fit','Location','Layout')
lgd = legend;
lgd.Layout.Tile = 4;

```

Schädlinge Gurken und Peperoni

```

%% Daten einlesen
Peperoni = readmatrix('Peperoni_Spinnmilben.csv');
Gurken = readmatrix('Gurken_Schädlinge.csv');

%% Daten in richtiges Format bringen
x = (1:1:11)';
x1 = (1:1:9)';
Peperoni_n = Peperoni(1:height(Peperoni),2);
Peperoni_k = Peperoni(1:height(Peperoni),3);
Gurken_n = Gurken(1:height(Gurken),2);
Gurken_k = Gurken(1:height(Gurken),3);

%% Mittelwert berechnen

```

```

for i = 1:height(x)
PMean_n(i) = mean(Peperoni_n(i*3-2:i*3,1));
PMean_k(i) = mean(Peperoni_k(i*3-2:i*3,1));
end
PMean_n = PMean_n';
PMean_k = PMean_k';
for i = 1:height(x1)
GMean_n(i) = mean(Gurken_n(i*3-2:i*3,1));
GMean_k(i) = mean(Gurken_k(i*3-2:i*3,1));
end
GMean_n = GMean_n';
GMean_k = GMean_k';

%% Plot
hold on
plot(PMean_n,'kx')
plot(PMean_k,'x', 'Color',[0.2 0.6 0.1]')
plot(GMean_n,'ko')
plot(GMean_k,'o', 'Color',[0.2 0.6 0.1]')
%title('Spinnmilben Gurken und Peperoni')
ylabel('Anzahl Spinnmilben befallene Blätter')
xlabel('Bonitierungswoche')
legend('Peperoni Normalfläche','Peperoni Kreisfläche','Gurken Normalfläche','Gur-
ken Kreisfläche','Location','northwest')
hold off

```

Krankheiten Gurken und Tomaten

```

%% Daten einlesen
Peperoni = readmatrix('Tomaten_Krankheiten.csv');
Gurken = readmatrix('Gurken_Krankheiten.csv');

%% Daten in richtiges Format bringen
x = (1:1:11)';
x1 = (1:1:9)';
Peperoni_n = Peperoni(1:height(Peperoni),2);
Peperoni_k = Peperoni(1:height(Peperoni),3);
Gurken_n = Gurken(1:height(Gurken),2);
Gurken_k = Gurken(1:height(Gurken),3);

%% Mittelwert berechnen
for i = 1:height(x)
PMean_n(i) = mean(Peperoni_n(i*3-2:i*3,1));
PMean_k(i) = mean(Peperoni_k(i*3-2:i*3,1));
end
PMean_n = PMean_n';
PMean_k = PMean_k';
for i = 1:height(x1)
GMean_n(i) = mean(Gurken_n(i*3-2:i*3,1));
GMean_k(i) = mean(Gurken_k(i*3-2:i*3,1));
end
GMean_n = GMean_n';
GMean_k = GMean_k';
%% Plot
hold on
plot(PMean_n,'kx')
plot(PMean_k,'x', 'Color',[0.2 0.6 0.1]')
plot(GMean_n,'ko')
plot(GMean_k,'o', 'Color',[0.2 0.6 0.1]')
ylabel('Anzahl befallene Blätter')

```

```
xlabel('Bonitierungswoche')  
legend('Tomaten Normalfläche','Tomaten Kreisfläche','Gurken Normalfläche','Gurken  
Kreisfläche','Location','northwest')  
hold off
```