

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

**Beurteilung ausgewählter Tomatensorten gegenüber der Samtfleckenkrankheit
(*Cladosporium fulvum*)**



Bachelorarbeit

von

Odermatt Silvia

Bachelorstudiengang 2018

Abgabedatum: 13.01.2022

Studienrichtung: Umweltingenieurwesen

Fachkorrektoren:

Guido Kunz

Life Sciences und Facility Management

Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

Grüentalstrasse 14

8820 Wädenswil

Noémi Uehlinger

Sativa Rheinau AG

Klosterplatz 1

8462 Rheinau

Impressum

- Titelbild: Samtfleckenbefall einer Tomatenpflanze (Foto: Silvia Odermatt)
- Zitiervorschlag: Odermatt, S. (2022). Beurteilung ausgewählter Tomatensorten gegenüber der Samtfleckenkrankheit (*Cladosporium fulvum*). Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), Wädenswil, 60 Seiten, unveröffentlicht.
- Schlagworte: Samtfleckenkrankheit, *Cladosporium fulvum*, *Passalora fulva*, *Fulvia fulva*, leaf mould/leaf mold disease, monogene Resistenz, partielle Resistenz, alternative Resistenz, alternative Züchtungsansätze, Sortenversuch
- Adresse Institut: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen IUNR
Grüental, Postfach
8802 Wädenswil
- Kontakt: Silvia Odermatt


Zusammenfassung

Bei der Samtfleckenkrankheit handelt es sich um einen Befall, der durch den Pilz *Cladosporium fulvum* (Syn. *Passalora fulva*, *Fulvia vulva*) hervorgerufen wird. Dies ist ein Blattkrankheitserreger, der ausschliesslich die Gattung *Lycopersicon ssp.* befällt. Besonders in gedeckten Anbauverhältnissen, welche hohe Luftfeuchtigkeits- und Temperaturwerte hervorrufen, führt der Erreger immer häufiger zu grossen Ertragsausfällen. Als grundlegende Bekämpfungsmassnahmen gelten eine geregelte Kulturführung und der Anbau resistenter Sorten. Erste Resistenzzüchtungen wurden bereits im Jahr 1930 durchgeführt. Dabei wurden die von wilden Tomatensorten stammende Resistenzgene in ausgewählte Sorten eingekreuzt. Die hervorgerufene Resistenz beruht auf einer hypersensitiven Abwehrreaktion (HR), welche in der Regel vollständig wirkt. Auf natürliche Weise kommt es jedoch immer wieder zu Pilzmutationen und Bildung neuer Pilzrassen, was zur Überwindung der monogenen Resistenzen führt. Diese Art von Resistenz kann daher nicht als langfristig stabil bezeichnet werden. Als neuer Ansatz könnte die Einkreuzung des alternativen *Cf-Ecp2*-Resistenzgens oder die Einkreuzung mehrerer Resistenzgene je Sorte in Betracht gezogen werden. Polygene (bzw. partielle) Resistenzen gelten als stabiler, da ein Resistenzdurchbruch nur ein geringer Fitnessvorteil für den Erreger bedeutet. Über die Wirkungsweise dieser Abwehrreaktion gibt es zum heutigen Zeitpunkt kaum Literatur. Man weiss jedoch, dass eine befallsreduzierende Wirkung hervorgerufen werden kann.

In dieser Arbeit wurden 19 ausgewählte Tomatensorten unter praxisüblichen biologischen Bedingungen angebaut und Beurteilungen in Bezug auf den Samtfleckenbefall unterzogen. Zwischen den Sorten und den jeweiligen Resistenzarten konnten Unterschiede bezüglich des Befalls festgestellt werden. Die Versuchsergebnisse unterstützen die Aktualität dieses Züchtungsgebietes. Um das mögliche Potential der partiellen Resistenzzüchtung erfassen zu können, sind noch weitere wissenschaftliche Untersuchungen nötig, welche über mehrere Züchtungsgenerationen andauern.

Abstract

The leaf mould/leaf mold disease is an infestation caused by the fungus *Cladosporium fulvum* (syn. *Passalora fulva*, *Fulvia vulva*). This is a leaf disease pathogen that exclusively infects the genus *Lycopersicon ssp.* Especially in covered cultivation conditions, which cause high humidity and temperature values, the pathogen increasingly leads to large yield losses. The basic control measures are regulated crop management and the cultivation of resistant varieties. The first resistance breeding was carried out as early as 1930. Resistance genes from wild tomato varieties were crossed into selected varieties. The resulting resistance is based on a hypersensitive defence reaction (HR), which is usually completely effective. However, fungal mutations and the formation of new fungal races occur naturally, which leads to the overcoming of monogenic resistance. This type of resistance can therefore not be described as stable in the long term. As a new approach, the crossing of the alternative *Cf-Ecp2* resistance gene or the crossing of several resistance genes per variety could be considered. Polygenic (or partial) resistance is more stable, as a resistance breakthrough means only a small fitness advantage for the pathogen. At present, there is little literature on the mode of action of this defence reaction. However, it is known that an infestation-reducing effect can be induced.

In this study, 19 selected tomato varieties were cultivated under standard organic conditions and evaluated about velvet blotch infestation. Differences in infestation were found between the varieties and the respective resistance types. The trial results support the topicality of this breeding area. To be able to assess the potential of partial resistance breeding, further scientific investigations are necessary, which will continue over several breeding generations.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich bei der Durchführung des Feldversuches und der Erstellung der vorliegenden Bachelorarbeit tatkräftig unterstützt haben.

Ein besonderer Dank geht an:

- Guido Kunz (ZHAW) und Noémi Uehlinger (Sativa Rheinau AG) für die Übernahme der Betreuung, die wertvollen Tipps, die generelle Unterstützung und der Korrektur.
 - Die Sativa Rheinau AG und dem Team von Noémi Uehlinger für die Ermöglichung dieser Bachelorarbeit, die Organisation des Saatgutes, dessen Aussaat und Kultivierung in den ersten Wochen.
 - Die Zürcher Fachhochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), welche die Versuchsfläche und Infrastruktur zur Verfügung gestellt haben.
 - Philipp Lammer für die wertvollen Tipps bezüglich der Durchführung des Feldversuches und der Bonituren.
 - Die Mitarbeiter:innen des Gärtnerteams der ZHAW für die liebevolle Betreuung und Pflege der Tomatenpflanzen.
 - Dr. Monika Götz und ihrem Team des Julius Kühn-Instituts für die Entgegennahme der befallenen Pflanzenproben und der Rassenbestimmung.
 - Florian Schmelzer (Max Schwarz AG) für die zahlreichen Tipps bezüglich der Erfassung der Bachelorarbeit und der Ausleihe des Fachwörterbuches.
 - Meine Eltern, meinen Schwestern und meinem Freund für die moralische Unterstützung, sowie euren Einsatz beim Korrekturlesen.
-

Inhalt

Zusammenfassung	3
Abstract	4
Danksagung	5
Inhalt	1
Abkürzungsverzeichnis	8
1. Einleitung	9
1.1. Problemstellung	9
1.2. Zielsetzung und Forschungsfrage	10
2. Literaturteil	11
2.1. Die Tomate	11
2.1.1. Taxonomie und Botanik	11
2.1.2. Tomatenproduktion heute	12
2.2. Die Samtfleckenkrankheit	14
2.2.1. Der Erreger	14
2.2.2. Bekämpfungsmassnahmen	16
2.3. Resistenzzüchtung	17
2.3.1. Monogene Resistenz	17
2.3.2. Polygene Resistenz	18
3. Material und Methode	19
3.1 Versuch	19
3.1.1. Standort und Versuchsaufbau	19
3.1.2. Sorten	20
3.1.3. Kulturmassnahmen	24
3.1.4. Kreuzungen	26
3.2. Datenerhebung	27
3.2.1. Krankheitsbonitur	27
3.2.2. Ertrag	28
3.2.3. Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverlauf	29
3.3. Datenauswertung	29

3.3.1. Krankheitsbonitur	29
3.3.2. Ertrag	31
3.3.3. Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverlauf	32
4. Resultate	32
4.1. Befallsentwicklung und Sortenunterschiede	32
4.2. Ertrag	39
4.3. Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverlauf	40
5. Diskussion.....	41
5.1. Versuchsaufbau und -ablauf.....	41
5.2. Befallsentwicklung und Sortenunterschiede	42
5.3. Ertrag	45
6. Schlussfolgerung.....	45
7. Literaturverzeichnis	47
8. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	51
9. Anhang.....	53
Anhang 1: Tabelle mit durchgeführten Kulturmassnahmen	54
Anhang 2: Nützlingsplanung	55
Anhang 3: Boniturschlüssel.....	56
Anhang 4: Tabelle mit Befallsindizes je Sorte, Plot und Boniturtermin	57
Anhang 5: Resultat Varianzanalyse AUDPC-Werte	58
Anhang 6: Poster	59
Anhang 7: Plagiatserklärung	59

Abkürzungsverzeichnis

AUDPC	area under disease progress curve
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
<i>Cf/Cladosporium f.</i>	<i>Cladosporium fulvum</i>
engl.	englisch
evtl.	eventuell
HR	hypersensitive (Abwehr)Reaktion
JKI	Julius Kühn-Institut
TGRC	Tomato Genetics Resource Center
kg	Kilogramm
m ²	Quadratmeter
Max.	Maximum
Min.	Minimum
Mio.	Millionen
mm	Millimeter
NA	not available
NPK-Dünger	Stickstoff-Phosphor-Kalium-Dünger
Nr.	Nummer
Syn.	Synonym
∅	Durchschnitt
°C	Grad Celsius
%rh	Relative Luftfeuchtigkeit in Prozent

1. Einleitung

Die Tomate (*Solanum lycopersicum*) zählte im Jahr 2019 als beliebtestes Gemüse der Schweiz (Landwirtschaftlicher Informationsdienst, 2021). Der Konsum konnte in den letzten Jahren eine stetige Zunahme verzeichnen, vor allem die Cherry-Tomaten gewannen immer mehr an Beliebtheit. Herr und Frau Schweizer konsumierten im Jahr 2020 durchschnittlich knapp zehn Kilogramm Tomaten. Der eigentliche Konsum dürfte noch höher liegen, da bei dieser Statistik der Eigenanbau nicht eingerechnet wurde. Auch der weltweit Tomatenkonsum und dessen Produktion nahm in den letzten 20 Jahren massiv zu (Salim et al., 2020). Im Jahr 2018 wurden weltweit 180 Mio. Tonnen Tomaten produziert. Als weltweit grösster Produzent geht China hervor (Landwirtschaftlicher Informationsdienst, 2021). Viele Konsument:innen schätzen die grosse Vielfalt des Tomatensortiments. Dazu zählen auch viele alten Sorten, welche häufig einen anspruchsvollen Anbau aufweisen und gegenüber moderner Sorten nur wenige Resistenzen besitzen.

1.1. Problemstellung

Tomaten stammen ursprünglich aus den warmen Regionen Amerikas und haben einen hohen Wärme- und Lichtbedarf (Hornischer & Koller, 2005). In Mitteleuropa werden Tomaten daher fast ausschliesslich im gedeckten Anbau kultiviert. Die Schweizer Anbausaison erstreckt sich zwischen April und November (Landwirtschaftlicher Informationsdienst, 2020). Der gedeckte Anbau in Folien- und Gewächshäusern bringt jedoch nicht nur Vorteile mit sich (Bedlan et al., 2018). So herrschen in diesen Konstruktionen oftmals hohe Temperatur- und Luftfeuchtigkeitswert, welche das Wachstum von Pilzkrankheiten fördern (Koller & Gallmeister, 2011). So auch den Erreger der Samtfleckenkrankheit (engl. leaf mould/leaf mold disease) *Cladosporium fulvum* (de Wit, 2016). Der asexuelle und biotrophe Pilz kann bei starkem Befall zu erheblichen Ertragseinbussen führen (Bedlan et al., 2018). Zur Eindämmung des Befalls spielen Kulturführungsmassnahmen und der Anbau resistenter Sorten eine zentrale Rolle. Im Laufe der Züchtungsgeschichte wurden monogene Resistenzgene, die ursprünglich aus wilden Tomatensorten stammen, erfolgreich in die Kulturtomaten eingekreuzt (Blancard et al., 2012). Natürlich vorkommende Mutationen führen jedoch dazu, dass Resistenzen immer wieder durchbrochen werden. Dies ruft neue züchterische Arbeiten hervor (Kawaguchi & Suenaga-Kanetani, 2014). Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Gene nimmt immer weiter ab (Zhao et al., 2016). Ein neuer Ansatz könnte die polygene Resistenz darstellen (Miedaner, 2011). Diese beruht auf der Resistenz mehrere Gene. Dabei wird die Wirkung nicht durch ein einzelne Gens erzielt, sondern auf dessen Kombination. Ein Befall wird nicht vollständig verhindert, kann jedoch reduziert werden.

1.2. Zielsetzung und Forschungsfrage

Diese Arbeit basierte auf der Zusammenarbeit mit Sativa Rheinau AG. Ziel dieser Arbeit war es, in einem Feldversuch unter ökologischen Bedingungen 19 verschiedenen Tomatensorten anzubauen und quantitative Untersuchungen in Bezug auf die Samtfleckenkrankheit durchzuführen. Pro Sorten wurden je zwei Plots angebaut. Die Sorten wiesen entweder keine, monogene (quantitative) oder polygene (qualitative, partielle) Resistenzen auf. Des Weiteren wurde die alternative Resistenzquelle Ecp-2 in die die vorhandenen Pro Specie Rara Sorten eingekreuzt und bei einzelnen Sorten Ertragsdaten erhoben.

Daraus ergaben sich folgende Forschungsfragen:

1. Unterscheiden sich die 19 verschiedenen Sorten in ihrem Befall der Samtfleckenkrankheit?
2. Können anhand quantitativer Bonituren quantitative von qualitativen Resistenzen unterschieden werden?
3. Gibt es Befallsunterschiede von Populationen mit Ecp-2 Resistenz zu Populationen mit quantitativer Resistenz oder ohne Resistenzen?

2. Literaturteil

Das untenstehende Kapitel widerspiegelt den aktuellen Wissensstands der Kulturpflanze Tomate und der Samtfleckenkrankheit. Im ersten Teil steht die Tomate im Fokus. Es werden taxonomischen und botanischen Aspekte aufgegriffen und die aktuelle Situation der globalen Tomatenproduktion wiedergegeben. Im zweiten Teil steht die Samtfleckenkrankheit und dessen Erreger im Mittelpunkt. Nebst seiner Biologie, dem Verbreitungsgebiet und dessen Bedeutung in der heutigen Tomatenproduktion, wird auch näher auf die Resistenzzüchtung eingegangen. Abgerundet wird das Kapitel durch die Aufführung möglicher Bekämpfungsmassnahmen.

2.1. Die Tomate

2.1.1. Taxonomie und Botanik

Die Tomate (*Solanum lycopersicum*) gehört zur botanischen Familie der Nachtschattengewächse (*Solanaceae*) (Pavan et al., 2009). Diese umfasst ca. 4'000 verschiedene Arten und zeichnet sich durch ihre grosse morphologische und ökologische Vielfalt aus (Bergougnoux, 2014). Ihr Verbreitungsgebiet erstreckt sich über alle gemässigten und tropischen Zonen. Der Familie *Solanaceae* werden zahlreiche Kulturpflanzen von hoher wirtschaftlicher Bedeutung zugewiesen. Zu den wichtigsten Vertreter der Familie gehören die Kartoffel, Paprika, Aubergine und der Tabak. Die botanische Zuteilung einer Klasse änderte sich im Laufe der Geschichte. Heute gehört sie zusammen mit den 12 nächstverwandten Wildtomatenarten der Gattung *Solanum* an. Die Herkunft ist bis heute nicht eindeutig geklärt. Man geht davon aus, dass sie ihren Ursprung in der Andenregion Amerikas hat (Abbildung 1). Die Domestikation kann nach heutigem Wissensstands Mexiko oder Peru zugewiesen werden (Bauchet & Causse, 2012; Bergougnoux, 2014; Pavan et al., 2009; Salim et al., 2020).

Erste Nachweise in Europa gehen auf das Jahr 1544 in Spanien zurück (Bergougnoux, 2014). Zu diesem Zeitpunkt war die Domestikation bereits weit vorangeschritten (Pavan et al., 2009). Aufgrund ihrer Ähnlichkeit mit giftigen Vertreter der gleichen Familie, diente sie zur damaligen Zeit noch häufig als Zierpflanze

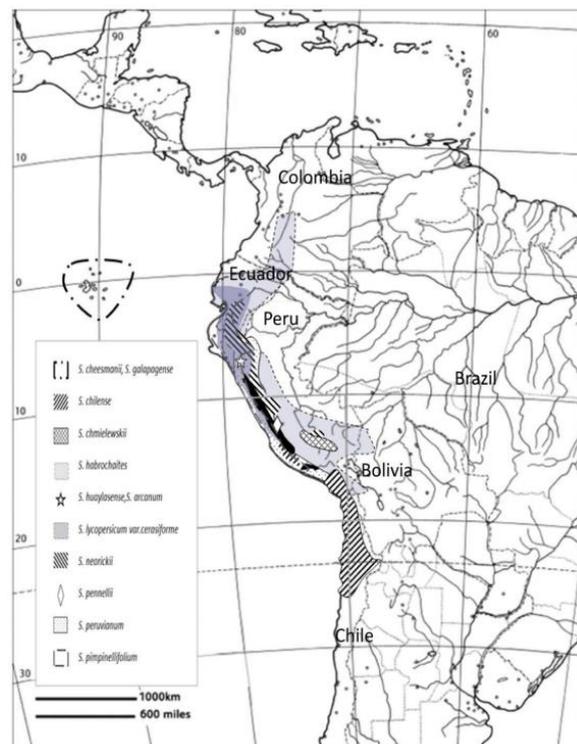


Abbildung 1: Geografische Verbreitung der Wildtomate *Solanum lycopersicum* (Bauchet & Causse 2012)

(Bergougnoux, 2014). In den darauffolgenden Jahrhunderten verbreitete sich die Tomate in ganz Europa und wurde weiter domestiziert. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts war bereits eine grosse Variation an Farben, Formen und Verwendungszwecken entstanden (Pavan et al., 2009).

Bei der Tomate handelt es sich um eine krautige und mehrjährige Pflanze (Pavan et al., 2009). In den gemässigten Zonen wird sie mehrheitlich als einjährige Kultur angebaut. Die Haare an Stängeln und Blättern sondern den charakteristischen Tomatengeruch ab. Die Wuchsform ist sortentypisch und kann niederliegend oder aufrecht sein. Die Blätter sind meist gefiedert und umfassen sieben bis elf Teilblättchen. In wenigen Fällen bestehen sie aus einfachen Blättern, was als kartoffelblättrig bezeichnet wird (Abbildung 2). Die eins bis drei Zentimeter grossen Blüten sind gelb und zwittrig (Abbildung 3). Je fünf Kelch- und Kronblätter bilden die äussere Blütenhülle (Pavan et al., 2009). Die männliche Struktur besteht aus fünf verwachsenen Staubblättern. Das weibliche Pendant besteht aus drei verwachsenen Fruchtblättern. Die Frucht ist aus botanischer Sicht eine Beere. Die Samen sind rau, abgeflachten und scheibenförmig. Sie weisen ein sehr geringes Gewicht auf.



Abbildung 2: Einblättriges Tomatenblatt bei der Sorte ph49.



Abbildung 3: Fünfteilige Blüte der Tomatenpflanze.

2.1.2. Tomatenproduktion heute

Die Tomate gehört zu einen der wichtigsten und beliebtesten Gemüsearten der Welt (Salim et al., 2020). Im Jahr 2019 wurden weltweit auf einer Fläche von fünf Mio. Hektare rund 180 Mio. Tonnen Tomaten produziert (Abbildung 4). Damit hat sich die Erntemenge in den letzten

20 Jahren mehr als verdoppelt (Hirstein, 2021). Die Anbaufläche nahm in diesem Zeitraum um eine Mio. Hektar zu. Als weltweit grösster Tomatenproduzent geht China hervor, gefolgt von Indien und der Türkei (Abbildung 5). Im Jahr 2019 produzierten China mehr als ein Drittel der globalen Erntemenge. Die höchsten Durchschnittserträge pro Flächeneinheit werden jedoch nicht in China, sondern in Nordeuropa erzielt (Bergougnoux, 2014). In Europa werden aufgrund der klimatischen Bedingungen Tomaten intensiv unter Glas angebaut. Eine Vorreiterrolle nimmt dabei die Niederlande ein. Mit rund 50 Kilogramm pro Quadratmeter werden dort zehn Mal mehr Tomaten produziert als in China (AtlasBig, 2020). Daraus lässt sich schliessen, dass ein Grossteil der global produzierten Tomaten in extensiven Kultursystemen produziert werden. Eine Intensivierung in diesen Regionen kann zukünftig nicht ausgeschlossen werden.

Grössere Ernte

Weltweite Tomatenproduktion und Anbaufläche

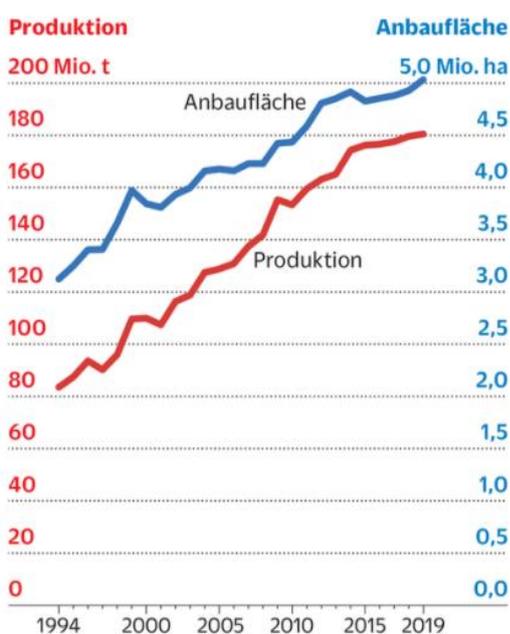


Abbildung 4: Darstellung der weltweiten Tomatenproduktion (Hirschein, 2021).

Made in China

Die 10 grössten Produzenten der Welt und die Schweiz

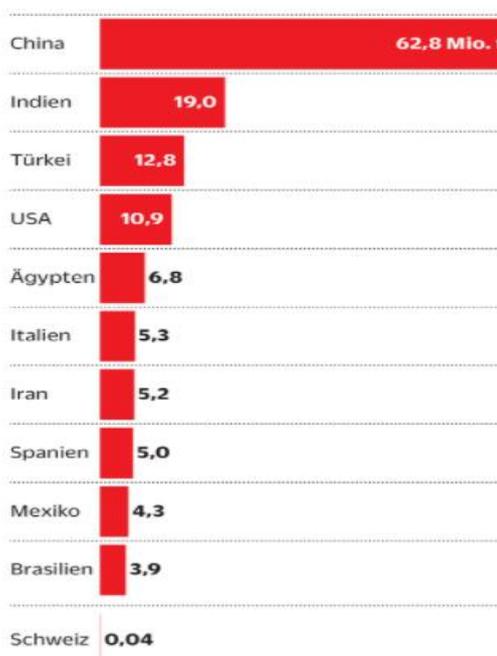


Abbildung 5: Darstellung der Erntemengen der zehn weltweit grössten Tomatenproduzenten und die Schweiz im Jahr 2019 (Hirschein, 2021).

In der Schweiz werden rund 90 Prozent aller Tomaten in Gewächshauskonstruktionen aus Glas oder Folien produziert (Breitinger, 2019). Die Anbauperiode erstreckt sich zwischen April und November (Landwirtschaftlicher Informationsdienst, 2020). Der Selbstversorgungsgrad im Jahr 2020 lag bei 52 Prozent. Gesamthaft wurden 42'400 Tonnen Tomaten importiert. Der Pro-Kopf-Konsum lag bei etwas mehr als neun Kilogramm Tomaten (Landwirtschaftlicher Informationsdienst, 2021). Ein Drittel davon waren Cherry-Tomaten, wessen Konsum in den letzten zehn Jahren immer mehr an Beliebtheit gewann (Abbildung 6). Bei den Cherry-Tomaten überstieg der Import die inländische Produktion (Landwirtschaftlicher Informationsdienst, 2019).

Hierbei gilt es zu erwähnen, dass der private Anbau im heimischen Garten oder auf dem Balkon nicht eingerechnet worden ist. Die tatsächliche Produktionsmenge und der Pro-Kopf-Konsum dürfte daher noch höher liegen. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass in den letzten Jahren immer mehr Tomaten produziert wurden. Dies widerspiegelt sich auch in der Flächenzunahme von Gewächs- und Folienhäusern (Landwirtschaftlicher Informationsdienst, 2020). In den letzten zehn Jahren haben sich diese Flächen mehr als verdoppelt.

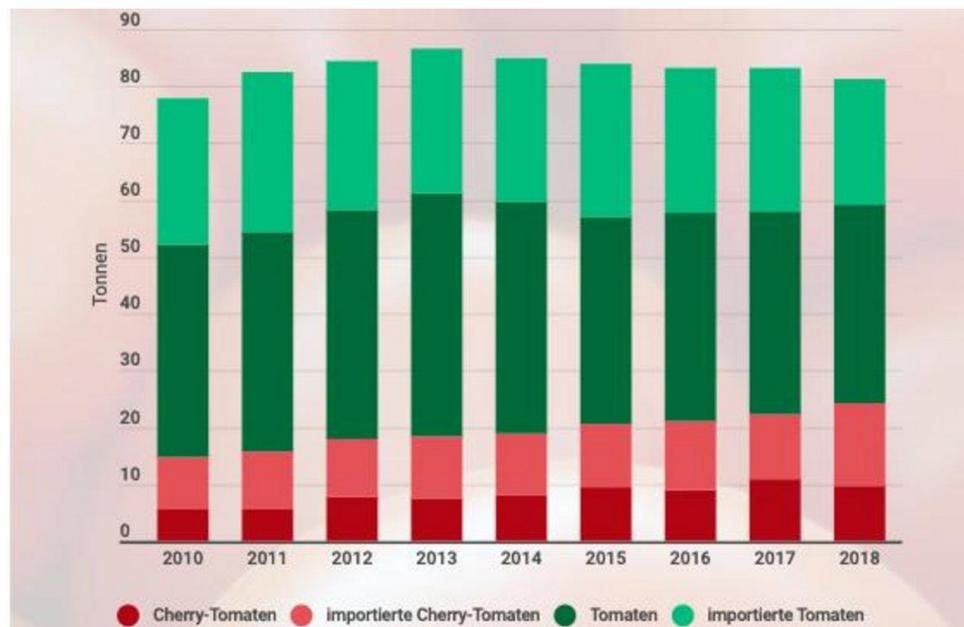


Abbildung 6: Menge der in der Schweiz produzierten Tomaten, sowie dessen Importen zwischen 2010 und 2018 (Bauernzeitung 2019).

2.2. Die Samtfleckenkrankheit

2.2.1. Der Erreger

Bei der Samtfleckenkrankheit handelt es sich um einen Befall des Pilzes *Cladosporium fulvum* (Syn. *Passalora fulva*, *Fulvia vulva*) (de Wit, 2016). Dieser asexuelle Pilz befällt ausschliesslich die Gattung *Lycopersicon ssp.*, zu der auch die Kulturtomate zählt (Thomma et al., 2005). Zugeordnet wird er der Familie *Mycosphaerellaceae* (Sackpilze) und dem Stamm der Schlauchpilze (*Ascomycota*). Es handelt es sich dabei um einen Blattkrankheitserreger, der insbesondere in Gewächshäusern und in einfachen Folienhäusern mit eingeschränkter Klimaführung sein Unwesen treibt (Kawaguchi & Suenaga-Kanetani, 2014). Blattstiele, Stängel, Blüten und Früchte weisen nur gelegentlich Symptome auf. Werden Blüten befallen, färben sich diese schwarz und fallen ab. Der Pilz ist sowohl samen- wie auch bodenbürtig und kann saprophytisch in Form von Sklerotien auf Pflanzenresten überdauern oder durch kontaminiertes Saatgut in den Bestand gelangen (Bedlan et al., 2018; Kawaguchi & Suenaga-Kanetani, 2014). Eine Überdauerung auf Gewächshauskonstruktionen und Geräten ist ebenfalls möglich (Bedlan et al., 2018; Thomma et al., 2005). Des Weiteren kann der Erreger über Wasser von

erkrankten Beständen eingetragen werden. Eine Überdauerung des Pathogens ist bis zu einem Jahr möglich.

Ein Ausbruch der Krankheit kann zuerst an den älteren Blättern beobachtet werden. Von da aus breitet sich die Krankheit nach oben aus (Blancard et al., 2012). Für die Erstinfektion sind Konidien des Pilzes verantwortlich. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von mindestens 85 Prozent und einer Temperatur zwischen 24°C und 26°C keimen diese innerhalb von 24 bis 28 Stunden (Bedlan et al., 2018; Blancard et al., 2012; Johnson et al., 2015). Die Inkubationszeit beträgt 10 bis 15 Tage. Es werden Ausläuferhyphen gebildet, welche sich ungerichtet auf der Blattoberfläche ausbreiten (Thomma et al., 2005). Nach einer Zeitraum von drei Tagen dringen sie durch die Stomatas ins Blatt ein und breitet sich im Apoplast aus. Das Pathogen wächst weiter richtig Leitbündel und lebt schliesslich vom apoplastischem Zucker und den Aminosäuren (Ökmen & De Wit, 2013). Zehn Tage nach der Infektion haben sich bereits stehende Hyphen gebildet. Anschliessend erfolgt die Entwicklung von Luftmyzelien. Zum Schluss treten durch die Stomatas auf der Blattunterseite Konidienträger aus, auf denen sich Konidien der sekundären Infektion bilden. Durch diesen Vorgang werden Stomatas blockiert (Thomma et al., 2005). Wichtige Funktionen wie die Respiration können nicht mehr korrekt ablaufen. Es kommt zu Welkeerscheinungen und Blattkräuselungen. Gleichzeitig wird die photosynthetische Leistungen vermindert, was Ertragsverluste mit sich bringt. Erste Krankheitssymptome lassen sich frühestens eine Woche nach der Erstinfektion ermitteln (Thomma et al., 2005). An der Blattoberfläche entstehen diffuse blassgrüne oder -gelbliche Flecken. Später vergrössern sich diese und werden zu markanten gelben Flecken (Abbildung 7). Auf der Blattunterseite bilden sich an diesen Stellen weisse Schimmelpilzbeläge, welche sich bei der Sporulation braun verfärben (Abbildung 8). Den charakteristischen Samtbelag auf der Unterseite setzt sich aus Pilzmyzel, Konidienträgern und Konidien zusammen (Bedlan et al., 2018).

Der Pilz stammt wie seine Wirtspflanze aus Südamerika. Die erste Beschreibung der Samtfleckenkrankheit geht auf das Jahr 1883 zurück (Persiel, 1967; Thomma et al., 2005). Zuerst breitete sich dieser in Nordamerika und anschliessend in der ganzen Welt aus. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts erreichte das Pathogen das europäische Festland (Bedlan et al., 2018). Der erste Befall in Deutschland wurde im Jahr 1910 verzeichnet (Persiel, 1967). Heute tritt er vor allem an Standorte mit feuchten und mittelwarmen Sommern auf (Foolad & Panthee, 2012). Auch ein gedeckter Anbau in Tunnels oder Gewächshäusern bietet dem Pilz optimale Wachstumsbedingungen (Babadoost, 2011). Um grosse Ernteverluste verhindern zu können, müssen frühe Befälle verhindert werden.



Abbildung 7: Samtfleckenbefall mit den charakteristischen markanten Flecken auf der Blattoberseite.



Abbildung 8: Samtfleckenbefall mit dem charakteristischen Samtblag auf der Blattunterseite.

2.2.2. Bekämpfungsmassnahmen

Nebst dem Anbau von resistenten Sorten ist die Kulturführung der wichtigste Aspekt, um das Auftreten von *Cladosporium f.* zu verhindern. Grundsätzlich gilt es, die Luftfeuchtigkeit möglichst unter 85 Prozent zu halten (Blancard et al., 2012, 2012; Vieweger & Hauenstein, 2021). Durch regelmässiges Lüften, den Einsatz einer Tröpfchenbewässerung und die Vermeidung von Kondenswasserbildung durch Zuheizen, können langeanhaltende Blattnässe verhindert werden. In modernen Gewächshäusern können mithilfe der Lüftungs- und Heizungstechnik optimale Bedingungen geschaffen werden. Eine gute Luftzirkulation durch regelmässiges Ausgeizen und Entblättern dämmt den Ausbruch weiter ein. Nebst den Kulturführungsmassnahmen sind hygienische Aspekte ebenfalls von grosser Bedeutung. Pflanzenrückstände gilt es restlos zu entfernen und anschliessend zu vernichten. Gewächshauskonstruktionen und Geräte können einer Dämpfung bei 57 °C unterzogen werden (Jones & Jones, 2014). Infizierte Samen werden für 25 Minuten in 50 °C heisses Wasser getaucht (Blancard et al., 2012).

Greifen die vorbeugenden Massnahmen nicht, besteht die Möglichkeit Pflanzenschutzmittel einzusetzen. Die Pflanzenschutzempfehlung für den Biogemüsebau empfiehlt die gleiche Vorgehensweise wie bei der Bekämpfung des Echten Mehltaus (Vieweger & Hauenstein, 2021). Praxisversuche zeigten, dass durch Gemenge von verschiedene Stoffen eine besser Wirkung hervorgerufen werden konnten (Koller & Gallmeister, 2011). Eine signifikant verzögernde Wirkung konnte mit den Wirkstoffen Kaliumbicarbonat, Fenchelöl und Kupfer erzielt werden

(Bedlan et al., 2018). Eine gänzliche Bekämpfung ist zum heutigen Zeitpunkt im biologischen Anbau nicht möglich.

2.3. Resistenzzüchtung

Die ersten Züchtungsversuche gehen auf das Jahr 1930 zurück (Persiel, 1967). Im Laufe der Zeit ist es Züchter:innen immer wieder gelungen, neue Resistenzgene zu entdecken und sie erfolgreich in ausgewählte Sorten einzukreuzen (Jones & Jones, 2014). Die Gene stammten ursprünglich aus Wildformen der Tomate (Blancard et al., 2012). Durch natürliche Mutationen des Pilzes werden diese Resistenzgene immer wieder überwunden, was fortlaufend neue züchterische Arbeiten erfordert (Kawaguchi & Suenaga-Kanetani, 2014). Die genetischen Resistenzen können grundsätzlich in monogene und polygene unterschieden werden.

2.3.1. Monogene Resistenz

Die monogene Resistenz beruht auf der Wirkung eines einzelnen Genes, wirkt rassenspezifisch und ist abhängig von äusseren Umwelteinflüssen (Becker, 2019). Bei der Abwehrreaktion handelt es sich um eine Gen-für-Gen-Interaktion, welche auf einer hypersensitiven Reaktion beruht (Miedaner, 2011; Thomma et al., 2005). Diese zeigt sich durch einen lokalen Zelltod, der eine weitere Ausbreitung des Pathogens verhindert. Die hypersensitive Abwehrreaktion funktioniert nur dann, wenn die Tomatensorte das entsprechende Resistenzgen besitzen und die Pilzrasse zusätzlich das passende Avirulenzgen (Arv) trägt. Ein Befall kann grösstenteils vollumfänglich verhindert werden. Das erste dominante Resistenzgen wurde in den 1930er Jahren in der Kulturtomate *Solanum lycopersicum* entdeckt und nach dem Erreger *Cladosporium fulvum* benannt (Langford, 1937). Es trägt den Namen Cf-1. Die Durchnummerierung der Gene erfolgt nach der Reihenfolge ihrer Entdeckung. Die Nomenklatur der Pilzrassen wird in Europa entsprechend den Cf-Resistenzgenen gestaltet. Weitere Entdeckungen stammten aus Wildtomatenarten (de Wit, 2016). Erste Züchtungsversuche mit Kulturtomatensorten wurden in Ländern USA, Australien oder Deutschland vorgenommen (Fischer, 1937; Langford, 1937). Dabei wurde das Cf-2 Resistenzgen eingekreuzt und die Sorte «Vetomold» gezüchtet (Langford, 1937). Die Resistenz wurde schnell durchbrochen und neuen Genen mussten gefunden werden. Bis in die 70er Jahre wurden nur eins oder zwei Gene in die Züchtungsversuche integriert. Diese Resistenzen wurden innert weniger Jahren durchbrochen (de Wit, 2016; Scott & Gardner, 2007). Von da an setzten man auf die Einkreuzung mehrere Gene. Bei der Pyramidisierung wird auf mindestens drei Cf-Gene gesetzt. Als besonders effektiv gelten die Gene Cf-2, -4, -5 und -9. Es zeigte sich, dass Cf-9 praktisch gegenüber allen *Cladosporium*-Rassen schützen kann (Thomma et al., 2005). Seit ca. 10 Jahren konnte immer häufiger beobachtet werden, dass es in Mitteleuropa häufig zu Resistenzdurchbrüchen kam (de Wit, 2016). Untersuchungen zeigten, dass es sich dabei um Rassen handeln, welche die Cf-2 und Cf-9

Resistenz durchbrochen haben. Vor allem im nördlichen Europa wurde *Cf-9* für viele kommerziellen Sorten genutzt. Um in Zukunft resistente Sorten züchten zu können, wird stetig nach neuen Resistenzgenen gesucht, da die Anzahl noch zur Verfügung stehende immer weiter abnimmt (Zhao et al., 2016). Neue Züchtungen basieren auf den Genen *Cf-13*, *-19* und *-25*. Eine alternative Züchtungsmethode basiert auf der Einkreuzung des *Cf-Ecp2*-Gens (Lammer, 2014). Dieses Gen, welches von der Universität Wageningen (Niederlande) erforscht wurde, gilt als weitaus stabiler. Die Wirkungsweise besteht darin, dass die Erkennungsreaktion an einem Effektorprotein ansetzt, welches massgeblich für die Pathogenität des Erregers verantwortlich ist. Es besteht zwar möglich diese monogene Resistenz zu überwinden, gemäss Theorie kann die Pflanze jedoch nicht erfolgreich befallen werden.

Beim Kauf von Saatgut werden Resistenzen im Sortenbeschrieb angegeben. Diese Bezeichnungen beziehen sich nicht auf die Resistenzgenetik, sondern auf die Pathotypen, gegen welche sie resistent sind. In der Praxis werden üblicherweise die Rassengruppen A, B, C, D und E verwendet (Bedlan et al., 2018). Bei vereinzelt Firmen ist die Codierung C1 bis C5 anzutreffen, wobei C1 beispielsweise resistent gegenüber der Pathotypengruppe A ist (Tabelle 1). Alle vorkommenden Pathotypen wurden dafür in fünf verschiedenen Pathotypengruppen aufgeteilt. Dabei ist die Rasse 2.4.5 virulent auf die Tomatensorten mit den Resistenzgenen *Cf-2*, *-4* und *-5*.

*Tabelle 1: Codesystem der Firmen zur Zuordnung der Pathotypen in Code-Sektionen, Pathotypgruppen, Rassen und Resistenzgene. *Codes die von Firmen verwendet werden (Wagner, 2016).*

Code-Sektion*	Pathotypgruppe*	Rassen	Gene
C1	A	2	<i>Cf-1</i>
C2	A, B, D	2, 4 und 5	<i>Cf-2</i> , <i>Cf-4</i>
C3	A, B, C	2, 4, 1.2.4 und 2.4	<i>Cf-5</i>
C4	A, B, C, D	2, 4, 1.2.4 und 5	<i>Cf-2</i> , <i>Cf-4</i> , <i>Cf-5</i>
C5	A, B, C, D, E	2, 4, 1.2.4, 2.4, 5 und 2.4.5	<i>Cf-9</i>

2.3.2. Polygene Resistenz

Im Gegensatz zur monogenen Resistenz, beruht die polygene Resistenz auf der Kombinationswirkung mehrerer Gene (Becker, 2019). Jedes einzelne Gen leistet einen Teilbeitrag zur Resistenz. Bei einer Überwindung bedeutet dies nur ein kleiner Fitnessvorteil für den Erreger. Es handelt sich um keine vollständige, sondern befallsreduzierende Wirkung. Die Pflanze kann grösstenteils noch als gesund betitelt werden. Im Vergleich zur monogenen Resistenz bleibt hier die HR-Reaktion aus. Bis zum heutigen Zeitpunkt gibt es kaum wissenschaftliche Veröffentlichungen zu dessen Wirkungsweise. Es können aber durchaus andere Arten von Abwehrmechanismen erwartet werden. So zum Beispiel die Induktion von dickwandigen Zellwandablagerungen. Diese Art von Resistenz ist rassenunspezifisch und dauerhaft (Miedaner, 2011). Als Nachteil kann die Abhängigkeit von der Umwelt in Betracht gezogen werden.

3. Material und Methode

Die vorliegende Arbeit und dessen Feldversuch wurde von der Saatgutfirma Sativa Rheinau AG bestellt, die ein Züchtungsprojekt in Zusammenarbeit mit Pro Specie Rara und Coop durchführt. Verschiedenste Tomatensorten wurden angebaut, um ihre Anfälligkeit gegenüber der Samtfleckenkrankheit zu beurteilen und zu vergleichen. Der Versuch fand unter praxisüblichen biologischen Bedingungen statt. Auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln wurde gänzlich verzichtet. Im untenstehenden Kapitel wird der Versuch, die Datenerhebung und die anschließende Datenauswertung genauer erläutert.

3.1 Versuch

Zu Beginn des Kapitels wird näher auf den Versuch eingegangen und dessen Standort und Aufbau detailliert charakterisiert. Auch die verwendeten Sorten und die durchgeführten Kulturmassnahmen werden genau umschrieben. Des Weiteren wird die Durchführung einzelner Kreuzungsvorgänge erläutert.

3.1.1. Standort und Versuchsaufbau

Der Versuchsstandort liegt in der Gemeinde Wädenswil im Kanton Zürich auf dem Campus Grüental der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (Abbildung 9). Diese liegt am linken Zürichseeufer auf ca. 520 Metern über Meer. Für den Versuch wurde von der Hochschule der linke Teil des Folientunnels eins zur Verfügung gestellt (Abbildung 10). Der Versuch wurde in der Saison 2021 durchgeführt.



Abbildung 9: Kartenausschnitt des Versuchsortes und dessen Umgebung (GIS-Browser ZH, 2021)



Abbildung 10: Ansicht des Versuchstunnels von aussen.

Der Folientunnel wies eine Bruttogrundfläche von 42 x 9.50 Meter auf. Die linke Hälfte wurde mit vier Tomatenreihen bestückt. Die Randreihe wurde vom Versuch ausgenommen. Negative Randeffekte sollten den Versuch nicht beeinträchtigen. In der Mitte wurde eine Doppelreihe

gepflanzt (Reihe 1 und 2, Abbildung 11). Der Reihenabstand konnte dadurch von 120 cm auf 60 cm reduziert und die Fläche effektiv genutzt werden. Die Pflanzen in diesen beiden Reihen wurden 25 cm versetzt gepflanzt. Innerhalb der Reihen wurde ein Pflanzabstand von 50 cm gewählt. Zur Erfassung physikalischer Werte wurden vier Datenlogger gesetzt. Diese wurden in der ersten und dritten Reihe, jeweils nach der dritten Pflanzen von vorne und hinten platziert (rote Punkte, Abbildung 11).

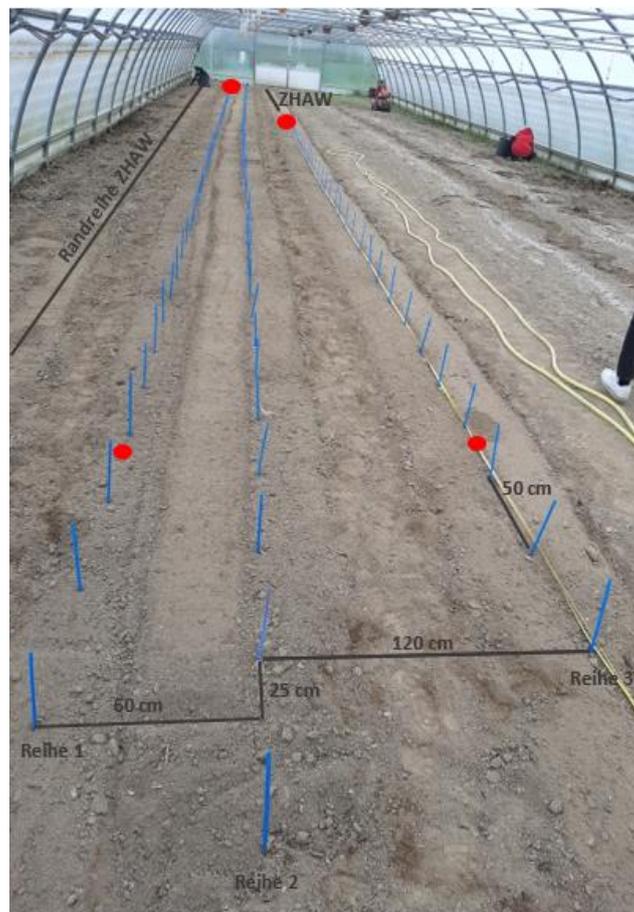


Abbildung 11: Versuchsaufbau mit den drei Tomatenreihen.

3.1.2. Sorten

Der Versuch umfasste 19 verschiedene Tomatensorten (Tabelle 2). Die Sortenwahl wurde von Sativa Rheinau AG, in Absprache mit dem österreichischen Verein Arche Noah, der sich auch mit Resistenzzüchtung gegen *Cladosporium* beschäftigt, vorgenommen. Dabei handelt es sich um eine Teilmenge der angebauten Sorten an ihrem Standort in Rheinau. Die Nummerierung der Sorten ist daher nicht fortlaufend. Die Sorten Berner Rose und Albenga sind Sativa-Stämme (Pro Specie Rara Sorten), von denen bekannt ist, dass sie keine Resistenz gegen *Cladosporium f.* besitzen. Die Züchtungslinien Belafonte und Mango wurden vom Verein Arche Noah zur Verfügung gestellt und besitzen die monogene *Cf-Ecp2* Resistenz. Die Sorten Black Zebra und Orange à gros fruit wurde als Vergleichssorten zu den zwei Arche Noah Sorten in den Versuch aufgenommen. Letztere dienen als potenziell neue Sorten für die Sativa Rheinau

AG und sollten auf den agronomische Aspekte des Ertrags gesichtet werden. Mit den Sorten Moneymaker war ein anfälliger Standard vertreten. Roterno F1 und Campari F1 gelten als resistente Standards. Bei den Nummern 21-31 stand der Fokus ganz auf der *Cladosporium*-Resistenz. Bei einigen Sorten sind gewisse Resistenzen aus Praxiserfahrungen bekannt. Hier ging es darum zu beurteilen, ob die Pflanzen erkranken oder nicht und wie sie die Erkrankung im Laufe der Saison entwickelt.

Tabelle 2: Sortenliste mit Saatherkunft und Eigenschaften bzw. Zweck der jeweiligen Sorten.

Nr.	Sortenname	Saat-Herkunft	Eigenschaft/Zweck
1	Berner Rose (to42) 	Sativa	Referenz
4	Belafonte CO-5-1-6 	Fairleben 2020	Ecp2-Resistenz
5	Black Zebra (to46) 	Sativa	Vergleichssorte zu Belafonte
6	Mango 2-1-3-1-7 	KLEINeFARM 2019	Ecp2-Resistenz
7	Orange à gros fruit (to84) 	Sativa	Vergleichssorte zu Mango

14	<p>Cuore di Bue Albenga (to64)</p> 	Sativa	Referenz
19	<p>Moneymaker (to17)</p> 	Sativa	Anfälliger Standard
20	<p>Roterno F1</p> 	Raijk Zwann	Resistenter Standard (Cf-6 ?)
21	<p>De Berao Braun</p> 	Handel	Partielle Resistenz ?
22	<p>Campari F1</p> 	Handel	Resistenter Standard ?
23	<p>LA2443 « Stirling Castle»</p> 	TGRC	Cf-1 Resistenz
24	<p>LA2445 «V-121»</p> 	Tomato Genetics Resource Center	Cf-3 Resistenz

25	<p>LA2446 «Purdue 135»</p> 	Tomato Genetics Resource Center	Cf-4 Resistenz
26	<p>LA2444 «Vetomold»</p> 	Tomato Genetics Resource Center	Cf-2 Resistenz
27	<p>ph49</p> 	Oldendorfer Saatzucht	Partielle Resistenz ?
28	<p>ph50</p> 	Oldendorfer Saatzucht	Partielle Resistenz ?
29	<p>x21</p> 	Oldendorfer Saatzucht	Partielle Resistenz ?
30	<p>x22</p> 	Oldendorfer Saatzucht	Partielle Resistenz ?

31	Resi 	Culinaris	Partielle Resistenz ?
----	---	-----------	-----------------------

Pro Sorte wurden zwei Plots angelegt, um den Einfluss von sehr lokal ändernden Anbaubedingungen zu umgehen. Die Anzahl Pflanzen je Sorte variierte aufgrund der Verfügbarkeit des Saatgutes und des variierenden Keimerfolges. In den untenstehenden Tabelle 3 ist die Sorteneinteilung je Reihe ersichtlich.

Tabelle 3: Pflanzplan je Reihe. In der Klammer sind die Plotnummer und die Anzahl der Pflanzen ersichtlich.

Reihe 1	Reihe 2	Reihe 3
Berner Rose (P1;6)	Campari F1 (P2;4)	ph49 (P1;5)
Belafonte (P1; 6)	De Beraro Braun (P2; 5)	ph50 (P1; 4)
Black Zebra (P1; 5)	Roterno F1 (P2;5)	x21 (P1; 5)
Mango (P1; 5)	Moneymaker (P2; 5)	x22 (P1; 5)
Orange à gros fruit (P1, 5)	Cuor di bue albenga (P2; 5)	ph49 (P2; 5)
Cuor di bue albenga (P1; 6)	Orange à gros fruit (P2, 5)	ph50(P2; 5)
Moneymaker (P1; 5)	Mango (P2; 4)	x21 (P2; 6)
Roterno F1 (P1;5)	Black Zebra (P2; 5)	x22 (P2; 4)
De Beraro Braun (P1; 5)	Belafonte (P2; 6)	Resi (P1; 6)
Campari F1 (P1;4)	Berner Rose (P2;6)	Resi (P2; 6)
LA 2443 (P1;5)	LA 2446 (P2; 2)	ZHAW: 13 Pflanzen
LA 2444 (P1;2)	LA 2445 (P2; 2)	
LA 2445 (P1; 3)	LA 2444 (P2; 2)	
LA 2446 (P1;2)	LA 2443 (P2; 5)	

Zu Beginn wurden die Sorten in zwei Gruppen aufgeteilt. Der erste Plot der Sorten 1 bis 22 wurde in die erste Reihe gepflanzt. In umgekehrter Reihenfolge erfolgte die Pflanzung des zweiten Plots in der zweiten Reihe. Die Pflanzen aus der LA-Linien des TGRC dienten zur Auffüllung der einzelnen Reihen im hinteren Bereich. In der dritten Reihen wurden die restlichen Sorten der Oldendorfer Saatzucht und die Nachsaat der Sorte Resi gepflanzt. Resi hatte als einzige Sorte die beiden Plots nebeneinander. Es war nicht sicher, ob die Nachsaat gelingen würde, deshalb wurde noch ein Platz frei gelassen. Die dritte Reihe wurde noch mit Pflanzen der ZHAW vervollständigt.

3.1.3. Kulturmassnahmen

Während der Saison waren kulturspezifische Massnahmen durchgeführt. Ein Überblick der vorgenommenen Arbeiten ist im Anhang 1 zu entnehmen. Um den Unkrautdruck und die Verdunstung zu mindern, wurde der Boden mit Stroh bedeckt. In einem wöchentlichen Intervall wurden Seitentriebe und die untersten Blätter entfernt (Ausgeizung bzw. Entblätterung). Alte und kranke Blätter wurden somit entfernt. Dies wirkt sich positiv auf die Durchlüftung aus. Als

Anbindehilfe wurden Schnüre verwendet, welche nach oben hin mit einer Spule ausgestattet waren. An der Spule war ein Haken angebracht, welcher oben am Spanndraht eingehängt werden konnte. Die Schnüre wurden mit Hilfe von Clips an den Pflanzen befestigt. Wuchsen Pflanzen über den Spanndraht hinaus, wurde Schnur abgewickelt und die Pflanze runtergelassen. Der entblätterte Teil kam horizontal auf den Boden zu liegen. Die Spitzen der Pflanzen wurden ab Anfang September entfernt. Die noch entstehende Früchte würden bis zum Kulturende nicht mehr ausreifen, entziehen der Pflanze jedoch noch Energie. Die Bewässerung erfolgte anhand eines Tröpfchen-Bewässerungssystems. Jede Reihe war mit einem Schlauch ausgestattet, welche in regelmässigen Abständen Löchern aufwies, wo das Wasser austreten konnte (Abbildung 12). Die Bedienung musste von Hand ausgelöst werden. An einem Wasserzähler konnten die Wassermenge und dessen Druck eingestellt werden (Abbildung 13). Nach Erreichen dieser Menge wurde die Abschaltautomatik ausgelöst. Während der gesamten Kulturzeit wurde die automatische Öffnungsautomatik der Fenster bei 20 °C eingestellt. Ausserdem wurde der Versuch mit einem Nützlingseinsatz ergänzt. Der Einsatzplan ist im Anhang 2 zu entnehmen.



Abbildung 12: Tröpfchenbewässerung in den Reihen.



Abbildung 13: Wasserzähler, mit der die Bewässerung im Tunnel gesteuert wurde.

Die Düngung erfolgte ausschliesslich in flüssiger Form via Bewässerungssystem. Bis die Mehrheit der Sorten blühten, wurde mit dem Stickstoffdünger AminoBasic gedüngt. Dieser erhält neun Prozent Stickstoff und wurde in einer Dosierung von 0,1 Prozent verabreicht. Anschliessend wurde auf den flüssigen NPK-Dünger AminoCompleat mit einer Dosierung von 0,2 Prozent umgestellt. Beide Düngemittel stammen von der Firma Andermatt Biocontrol. Die

Düngung erfolgt in einem wöchentlichen Intervall. In den ersten beiden Augustwochen wurde zweimal wöchentlich gedüngt, um einen Wachstumsschub hervorzurufen. Der Düngerbedarf der Kultur wurde anhand der zur Verfügung gestellten Bodenanalysen und den Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlichen Kulturen in der Schweiz der Agroscope errechnet. Dabei wurde mit einer durchschnittlichen Erntemenge von 12 kg pro m² ausgegangen.

3.1.4. Kreuzungen

Für weiterführende züchterische Arbeiten dienten die Sorten Belafonte und Mango als Pollenspender. Gekreuzt wurden sie mit den Sorten Berner Rose und Cuore di Bue Albenga. Ziel war es, das alternative Cf-Ecp2-Resistenzgen einzukreuzen. Die benötigten Materialien für den Kreuzungsvorgang sind in der Abbildung 14 abgeleitet. Als erster Schritt wurden Pollen gesammelt. Dafür wurde eine Stimmgabel in Schwingung versetzt, indem sie an ein Metallrohr geschlagen wurde. Anschliessend wurde die Gabel an die offene Blüte gehalten. Durch die Vibrationen konnten die Pollen herausgelöst werden. Die runterfallenden Pollen wurden mit Hilfe eines Papierees aufgefangen. Als Pollenempfänger dienten vollständig ausgebildete, aber noch geschlossene Blüten. Mithilfe einer Pinzetten wurden die Blüte geöffnet und die Blütenhülle und Staubblätter entfernt. Der Narbe konnte nun in die gesammelten Pollen getaucht werden. Alternativ könnten Pollen auch mit Hilfe eines Pinsels auf die Narbe aufgetragen werden. Nach Abschluss des Kreuzungsvorganges wurde die Kreuzung beschriftet und mit Hilfe eines Netzes verhüllt. Dies verhindert, dass noch weitere Pollen auf die Narbe gelangen könnten. Nach jedem Vorgang muss das Material mit Alkohol desinfiziert und von Pollenrückständen befreit werden. Nach erfolgreicher Kreuzung wuchsen Früchte heran. Die Kreuzungen erstrecken sich über den Zeitraum vom 5. Juli bis 30. August 2021.

Das Saatgut wurde aus den reifen Früchten entnommen. Die geernteten Früchte wurden dafür aufgeschnitten, die Samen mit Hilfe eines Kaffeelöffels ausgeschabt und in Glas gegeben (Abbildung 15). Es wurde ein wenig Wasser dazugeben und schliesslich verschlossen. Das Glas blieb bei Zimmertemperatur für circa drei Tage stehen. Es entstand ein Gärungsprozess, die Samen lösen vom Fruchtfleisch und sanken zu Boden. Anschliessend wurden die Samen in ein Sieb gegeben und mit Wasser abgewaschen. Zum Trocknen wurden sie auf ein Stück Zeitungspapier ausgelegt. Das Saatgut wurde Sativa Rheinau AG zur Verfügung gestellt und wurden bereits Ende November 2021 in einem sardinischen Gewächshaus ausgesät. Bei den vorherrschenden Klimabedingungen lassen sich Tomaten auch im «Winter» anbauen. Der Züchtungsvorgang kann dadurch deutlich verschnellert werden. Auch hier wird wiederum Saatgut gewonnen, welches in der Saison 2022 in Rheinau verwendet werden kann. Dort werden Rückkreuzungen mit den Typ-Eltern und weitere Sichtungsversuche durchgeführt.



Abbildung 14: Material zur Durchführung des Kreuzungsvorgangs.



Abbildung 15: Material zur Gewinnung von Tomaten-Saatgut.

3.2. Datenerhebung

In der Anfälligkeit gegenüber der Samtfleckenkrankheit wurden Sortenunterschiede erwartet. Damit Vergleiche gezogen werden konnten, wurden quantitative Bonituren erhoben. Die Kultur wurde wöchentlich auf einen möglichen Befall kontrolliert. Am 2. August konnten erste vereinzelte Flecken auf den Unterseiten gesichtet werden. Die Bonituren erfolgten dann anschließend in einem Intervall von zwei Wochen. Die Abschlussbonitur erfolgte am 27. September. Insgesamt wurden fünf Bonituren durchgeführt. Der Befall von weiteren Pathogenen verunmöglichten spätere Bonituren, da *Cladosporium f.* nicht mehr eindeutig erkennbar war. Auffälligkeiten wurden anhand von Fotos und Notizen festgehalten

3.2.1. Krankheitsbonitur

Alle Bonituren wurden von der Verfasserin selbst übernommen. Als Grundlage diente der Bonitur-Schlüssel (Anhang 3) einer vorangegangenen Masterarbeit (Zibi, 2019). Samtflecken wurden nur als solche identifiziert, wenn ein eindeutiger Sporenrasen auf der Blattunterseite ersichtlich war. Aufhellungen an der Blattoberseite könnten verschiedenen Ursachen zugeordnet werden. Pro Einzelpflanzen wurden die drei Werte Befallsintensität, Befallshöhe und Gesamthöhe erhoben. Die Datenerhebung erfolgte im gleichen Schema wie in der oben genannten Masterarbeit.

Um die Befallsintensität jeder Einzelpflanze darstellen zu können, wurde jeweils auf zwei festgelegten Bonitürhöhen die befallenen Blattfläche in Prozent geschätzt. Es handelte sich dabei um eine visuelle Schätzung. Vor der eigentlichen Bonitur galt es die beiden Parameter höchstgelegene Samtfleck (Hmax in cm) und die durchschnittliche Entblätterungshöhe des Bestandes (Hmin in cm) für den gesamten Bestand zu messen und festzulegen (Abbildung 16). Die

beiden Bonitürhöhen (Hb1 und Hb2) konnten anschliessen durch die Anwendung der untenstehenden Formel ermittelt werden.

$$Hb1 = Hmin + \frac{Hmax - Hmin}{3}$$

$$Hb2 = Hmax - \frac{Hmax - Hmin}{3}$$

Es wurden anschliessend zwei Blätter ausgewählt, wessen Mittelpunkte sich jeweils am nächsten zur festgelegten Bonitürhöhe befanden. Anschliessend wurde die Befallsintensität der Blättern anhand des Sporenrasens auf der Unterseite visuell in Prozent geschätzt und notiert (Abbildung 17). Für die Festlegung der Befallshöhe wurde der Abstand vom Boden bis zum höchstgelegenen Samtfleckenrasen auf der Blattunterseite gemessen. Der Wert wurde mit Hilfe eines Massbandes (zehn Zentimeter Stufen) für jede Einzelpflanze erhoben und widerspiegelt die vertikale Ausbreitung des Befalls. Bei der Gesamthöhe wurde die vollumgängliche Höhe jeder Einzelpflanze gemessen und dient der Darstellung der relativen Befallshöhe. Auch hier wieder mit einem Massband und in Stufen von zehn Zentimetern.



Abbildung 16: Darstellung der Gesamthöhe und der Entblätterungshöhe an einer Tomatenpflanze

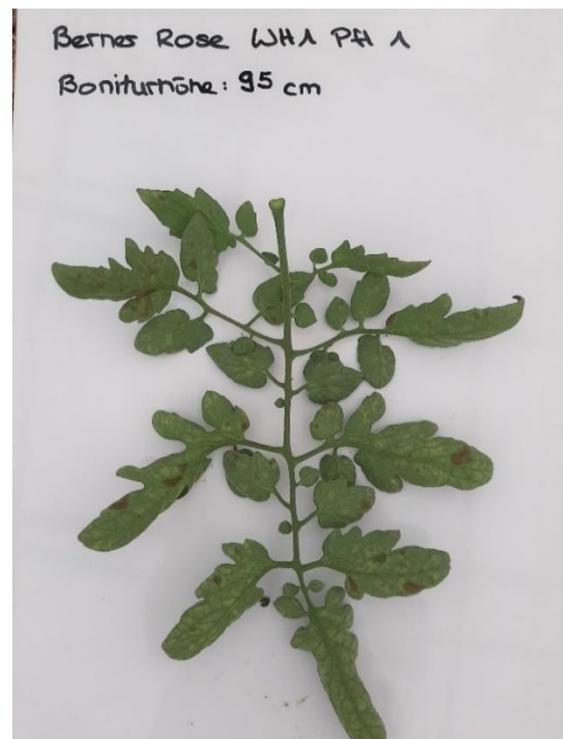


Abbildung 17: Sichtung der Blattunterseite zur visuellen Schätzung des Samtfleckenbefalls in Prozent.

3.2.2. Ertrag

Bei den ausgewählten Sorten Berner Rose, Belafonte, Black Zebra, Mango und Orange à gros fruit wurde der Ernteertrag erhoben. Bei der Ernte wurde der verkaufsfähige Anteil (kg und Anzahl Früchte), sowie die Ausschussware (kg und Anzahl Früchte) pro Plot erhoben. Die Ernte erfolgte je nach Bedarf 1 bis 2 Mal wöchentlich. Die Ernte sowie dessen Datenerfassung

erfolgte im Zeitraum vom 23. Juli bis zum 28. September 2021 und wurden von Mitarbeiter:innen der ZHAW übernommen.

3.2.3. Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverlauf

Während der gesamten Versuchsperiode wurde Daten zur Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) und relativen Luftfeuchtigkeit (% rh) periodisch alle 20 Minuten erfasst. Dazu wurden vier Datenlogger EL-USB-2+ der Firma Lascar verwendet (Abbildung 18). Die Logger wurden in die Zeilen eins und drei gesetzt, jeweils vorne und hinten nach der dritten Pflanzen. Die Logger wurden in eine Halterung mit einem Kunststoffrohr gegeben, welches mit einer Alufolie umgeben war (Abbildung 19). Diese soll die Logger vor direkter Sonneneinstrahlung schützen. Das ganze Konstrukt war so konzipiert, dass die Höhe im Laufe der Kulturzeit angepasst werden konnte. Die Höhe der Logger wurde im unteren Bereich der Pflanze gehalten, da der Ausbruch der Krankheit im unteren Pflanzenbereich stattfindet. So können die Bedingungen in dieser Höhe wiedergegeben werden. In der Tabelle 4 sind die entsprechenden Höhen aufgeführt.

Tabelle 4: Höhe der Logger an den jeweiligen Daten.

Datum	Höhe der Logger
05.05.2021	12 cm
21.05.2021	20 cm
19.06.2021	35 cm
05.07. 2021	50 cm



Abbildung 18: Verwendeter Datenlogger EL-USB-2+ der Firma Lascar.



Abbildung 19: Haltung der Datenlogger.

3.3. Datenauswertung

3.3.1. Krankheitsbonitur

Für die Auswertung der Boniturdaten wurden die vier erhobenen Werte je Einzelwerte in einen Index verrechnet, welcher auch die vertikale Ausbreitung berücksichtigt. Der Index ermöglicht es zudem, der Befall jeder Einzelpflanze in einem Einzelwert auszudrücken. Dadurch lassen sich einfacher Vergleiche ziehen. Für jeden Boniturtermin wurde pro Einzelpflanze ein

Befallsindex erhoben, welcher zwischen 0 (befallsfrei) und 100 (kompletter Befall) lag. Für die Berechnung dienten folgende Formeln:

$$\text{Gesamthöhe} - \text{Entblätterungshöhe} = \text{beblätterte Höhe}$$

$$\frac{\text{Bonitürhöhe 1} - \text{Entblätterungshöhe}}{\text{beblätterte Höhe}} * \text{Befallsintensität 1} = \text{Index Bonitürhöhe 1}$$

$$\frac{\text{Bonitürhöhe 2} - \text{Bonitürhöhe 1}}{\text{beblätterte Höhe}} * \text{Befallsintensität 2} = \text{Index Bonitürhöhe 2}$$

$$\frac{\text{Befallshöhe} - \text{Bonitürhöhe 2}}{\text{beblätterte Höhe}} * 0.5 * \text{Befallsintensität 2} = \text{Index Befallshöhe}$$

$$\text{Index Bonitürhöhe 1} + \text{Index Bonitürhöhe 2} + \text{Index Befallshöhe} = \text{Befallsindex gesamt}$$

Es wurde davon ausgegangen, dass die Blattmasse an der Pflanze gleichmässig verteilt ist. Zudem geht man von einem linearen Befall von unten nach oben aus. Zwischen der Bonitürhöhe zwei und der Befallshöhe wurden keine Daten erhoben. Durch die Multiplizierung der Hälfte der Befallsintensität 2 wurde der Befall zwischen den beiden Höhen ermittelt. Der Bereich zwischen der Befallshöhe und der Gesamthöhe wird als befallsfrei angesehen, und floss nicht in die Indexberechnung ein.

In der Umsetzung traten Einzelfälle auf, bei denen die Indexberechnung mit den folgenden Formel nicht möglich war. In folgenden Situationen wurden folgendermassen vorgegangen:

1. Die Gesamthöhe der Pflanze wies ein geringerer Wert als die Bonitürhöhe 2 auf
Die Berechnung für die Befallsintensität 2 konnte nicht durchgeführt werden. Es wurde ein NA-Wert notiert (not available). Die Berechnung zwischen der Bonitürhöhe 1 und der Befallshöhe wurde trotzdem berechnet. Der Index der Befallshöhe würde dafür mit den Werten Bonitürhöhe 1 und Befallsintensität 1 statt Bonitürhöhe 2 und Befallsintensität 2 berechnet.
2. Auf der Bonitürhöhe 1 waren aufgrund Erkrankung oder Kulturmassnahmen keine Blätter vorhanden.

In diesem Fall war die Errechnung der Befallsintensität 1 nicht möglich und es wurde wiederum ein NA-Wert eingetragen und die Formel neu angepasst:

$$\text{Gesamthöhe} - \text{Bonitürhöhe 1} = \text{beblätterte Höhe}$$

$$\frac{\text{Bonitürhöhe 2} - \text{Bonitürhöhe 1}}{\text{beblätterte Höhe}} * \text{Befallsintensität 2} = \text{Befallsintensität 2}$$

$$\text{Index Bonitürhöhe 2} + \text{Index Befallshöhe} = \text{Befallsindex gesamt}$$

Die errechneten Daten wurden anschliessend als Balken- und Streudiagramm grafisch dargestellt. Um den Befall über alle Boniturtermine in einer Zahl ausdrücken zu können wird häufig die Fläche unter einer Befallskurve (AUDPC, area under disease progress curve) verwendet (Simko & Piepho, 2012). Dabei werden alle Trapezflächen zwischen zwei Boniturterminen addiert. In der Abbildung 20 ist der Berechnungsvorgang anhand zweier Trapezflächen erläutert. Als t wurden die Zeitintervalle in Wochen bezeichnet und i gilt für den jeweiligen Befallsindex am jeweiligen Boniturtermin. Im Anschluss dienten die errechneten AUDPC-Werte zur Ermittlung von signifikanten Sortenunterschieden. Die dafür nötigen statistischen Auswertungen erfolgen im Programm RStudio Version 2021.09.1.

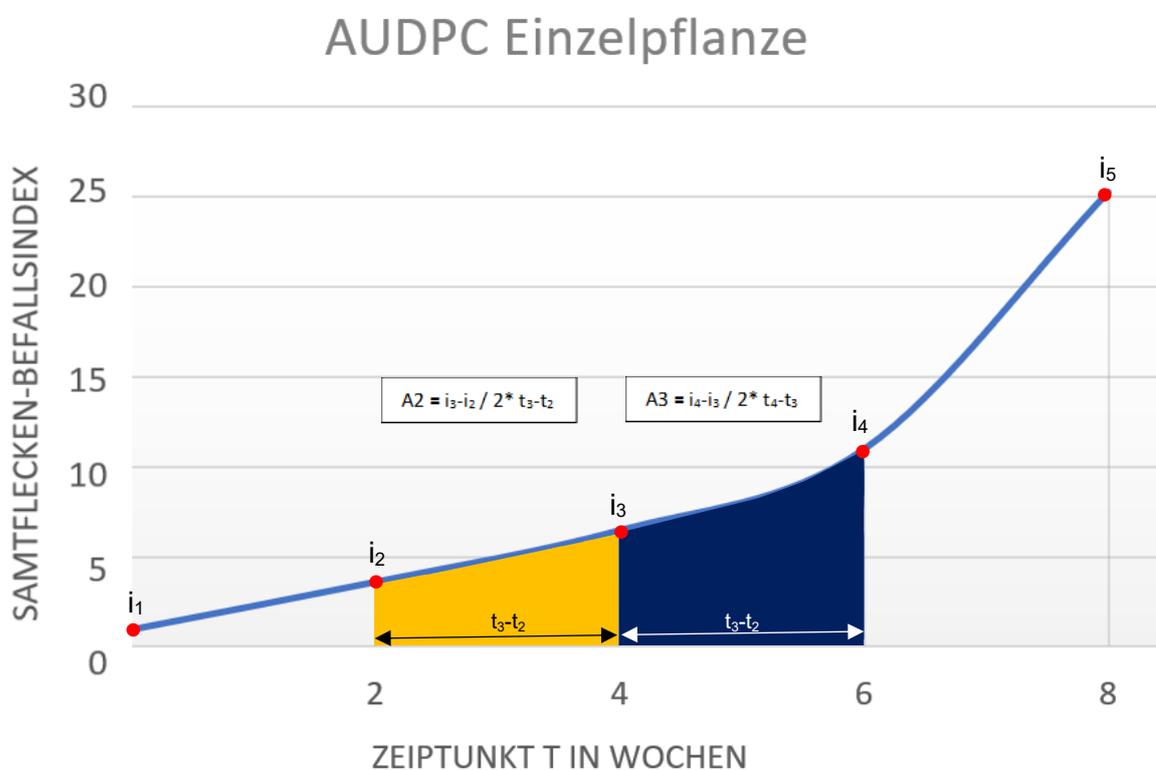


Abbildung 20: Grafische Darstellung der AUDPC-Berechnung

3.3.2. Ertrag

Die erhobenen Ertragsdaten (verkaufsfähig bzw. nicht verkaufsfähig) wurden je Sorte und Plot ausgewertet. Berücksichtigt wurde dabei die Menge in Kilogramm und die Stückzahl der Ernte. Es erfolgte eine Auswertung über den prozentualen Anteil der Ernte, welche als nicht verkaufsfähig eingestuft werden konnten. Des Weiteren wurde das durchschnittliche Fruchtgewicht ermittelt. Die Berechnungen erfolgten mit dem Programm Microsoft Excel. Mit Hilfe eines t-Test ($\alpha = 0.05$) konnten mögliche signifikante Unterschiede innerhalb der beiden Plots errechnet werden. Zwischen den Sorten wurden keine statistischen Tests durchgeführt, da nicht bei allen Sorten gleiche Erträge erwartet werden können.

3.3.3. Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverlauf

Die gesammelten Daten auf den Loggern wurden mit Hilfe des Programmes EasyLog USB (Version 7.6.0) der Firma Lascar Electronics Ltd. auf den Computer übertragen. Die Daten konnten direkt als Grafik dargestellt werden. Ebenfalls ermittelte das Programm direkt Minimum-, Maximum-, und Durchschnittswerte der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit. Diese Angaben aller vier Logger wurden verglichen und die Wert interpretiert.

4. Resultate

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse des Versuches präsentiert. Im ersten Teil wird die Befallsentwicklung des ganzen Bestandes und der Einzelpflanzen ausgewertet. Anhand des Befallsindex und der AUDPC-Wert konnten Sortenunterschiede, mit Berücksichtigung der vorhandenen Resistenzart (keine, monogene oder polygene), ermittelt werden. Im zweiten Teil wird der agronomischen Aspekte der Ernte erläutert. Abgerundet wird das Kapitel durch die Auswertung der Parametern relative Luftfeuchtigkeit und Temperatur.

4.1. Befallsentwicklung und Sortenunterschiede

In der Anbausaison 2021 konnte bei den Sorten Belafonte, Roterno F1, x21, x22 und Resi zu keiner Zeit einen Befall verzeichnet werden. Bei den Sorten Mango und LA2446 wurde eine Aufspaltung beobachtet. Einige Individuen blieben befallsfrei, während andere erkrankten. In der (Abbildung 21) ist ersichtlich, dass der Befall während der Saison zunahm. Bis Mitte August konnte nur ein geringe Indexwert ermittelt werden. Der errechnete Befallsindex erreichte bis dato einen Maximalwert von fünf. In der zweiten Augushälfte stieg der Befall weiterhin an, konnte jedoch die 10er Marke nicht knacken. Die Werte der letzten beiden Bonituren im Monat September bewegten sich zwischen 0 und 25, beziehungsweise 0 und 40. Zudem zeigt die Darstellung auf, dass sich bei den jeweiligen Boniturterminen nur wenige Einzelwerte nach oben hin stark absetzen. Ein klarer Überflieger konnte bei der letzten Bonitur verzeichnet werden, wessen Wert knapp die 50er-Marke überstiegen hat. Die Pflanze gehörte der Sorte Mango an. Die Mittelwerte der Bonituren betrafen 0.28, 0.47, 1.64, 4.14 und 9.25. Der Mittelwert der gesamten Saison lag bei 3.16. Werden befallsfreie Sorten nicht eingerechnet, betragen die Mittelwerte 0.41, 0.69, 2.39, 6.06 und 14.17. Der Mittelwert beträgt 4.74.

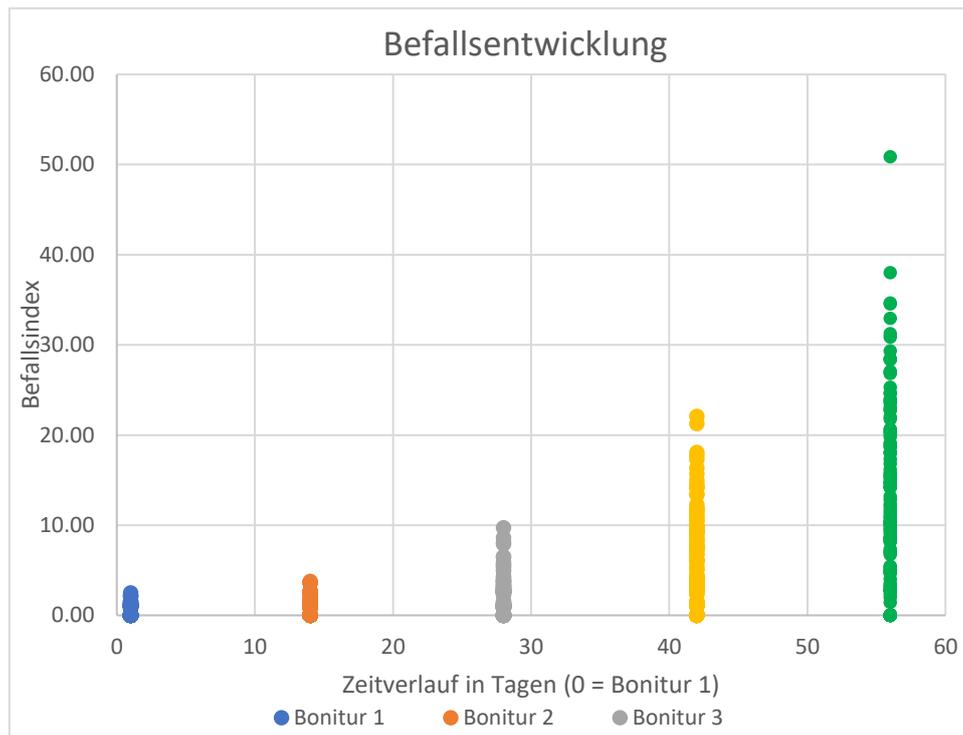


Abbildung 21: Darstellung der Befallsentwicklung aller Sorten an den jeweiligen Boniturterminen.

Sortenunterschiede liessen sich anhand zweier Werte vergleichen. Der Befallsindex besagt, wie stark der Krankheitsbefall der Einzelpflanzen je Boniturtermin war. Eine Aufführung aller Indexe je Sorte, Plot und Boniturtermin ist im Anhang 4 zu entnehmen. In den nachfolgenden Darstellungen werden die Befallsverläufe der Sorten ohne, mit monogener und mit polygener Resistenzen wiedergegeben. Dafür wurden Mittelwerte aus beiden Plots verwendet. Der Befall wurde dabei in eine 3er-Skala eingeteilt. Die Werte zwischen 0 und 5 werden als geringer Befall gewertet, die Werte zwischen 5 und 15 als mittlerer und die Werte zwischen 15 und 25 als starker Befall. Höhere Befallswerte konnten nicht verzeichnet werden.

Bei allen Sorten die keine Resistenzen besitzen, konnte bereits ab dem ersten Boniturtermin ein Befall verzeichnet werden. An den Boniturterminen eins bis drei wurde ein geringer Befall verzeichnet. Beim dritten konnten bereits mittlere Befälle registriert werden. Bei der Schlussbonitur wiesen vier von fünf Sorten starke Befälle auf. Die Befallsentwicklung der beiden Sorten Berner Rose und Cuore di Bue Albenga verlief über die gesamte Saison hinweg praktisch identisch. Die Werte von Black Zebra vielen etwas tiefer aus. Als widerstandsfähigste Sorte, unter der resistenzfreien, geht die Sorte Orange à gros fruit hervor. Dessen Werte bliebe in der ganzen Saison unter der 10er Marke.

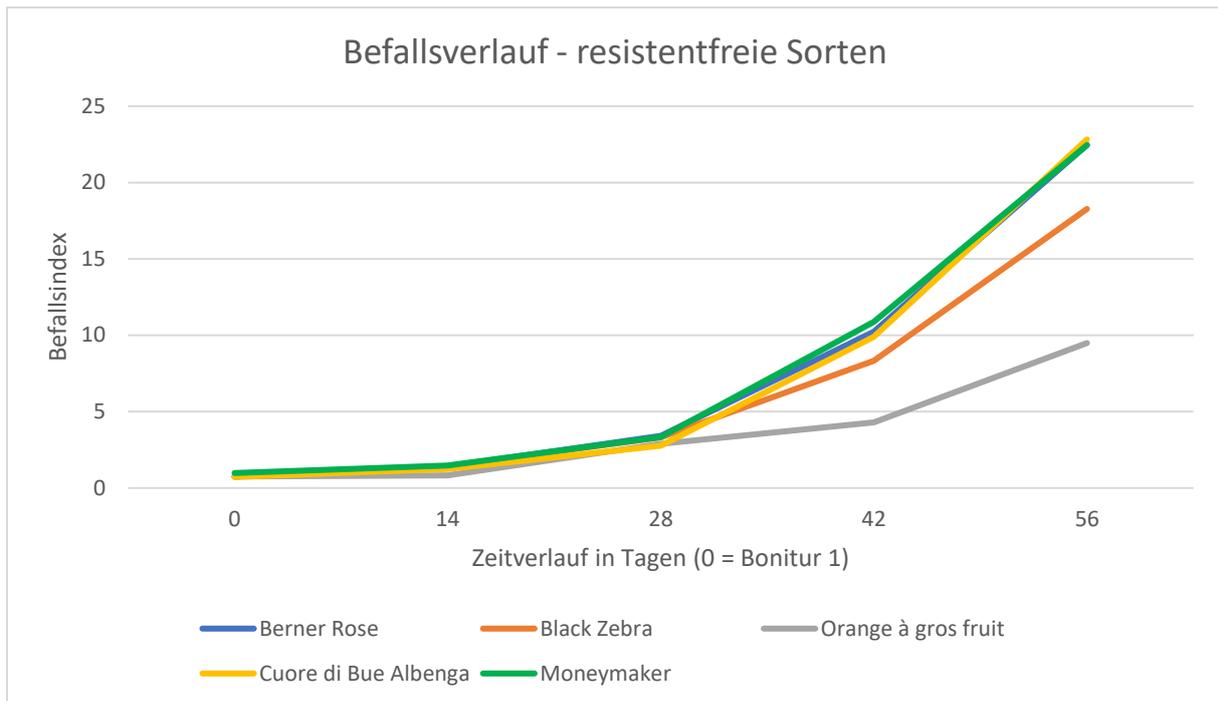


Abbildung 22: Darstellung des Befallsverlaufs der Sorten ohne Resistenzen.

Im Allgemeinen konnte bei den oben dargestellten Sorten beobachtet werden, dass die samtigen Beläge auf der Blattunterseite mit massiv grösseren gelben Flecken auf der Blattoberseite verbunden waren. Die Sorten wiesen in der Regel nur geringe Anzahl von Flecken auf, welche mit der Vortschreitung der Kulturzeit an Grösse zunahmten und sich entlang der Blattadern ausbreiteten. Die nachfolgende Bilderserie stellt den Befall einer resistentfreien Sorte über die Saison bildlich dar (Abbildung 23). Es handelt sich um die Sorte Berner Rose. Zwischen den Bildern liegen jeweils zwei Wochen. Das Ausgangsdatum ist der 9. August, eine Woche nach der Entdeckung der ersten Flecken. Der Befall war noch auf einzelne Flecken begrenzt. Bis Ende August nahm der Befall zwar zu, war aber weiterhin auf einzelne wenige Flecken begrenzt. Eine verstärkte Zunahme ist auf den beiden Bildern im September ersichtlich. Die letzte Aufnahme ist gekennzeichnet von einem starken Befall.



Abbildung 23: Entwicklung des Befalls am Beispiel der resistentfreien Sorte Berner Rose.

Es handelte sich jedoch um eine Mischerkrankung verschiedenster Erregern. Dies wurde auch von Mathias Lutz, Experte der Phytopathologie im Gemüsebau (Agroscope Wädenswil) bestätigt (persönliche Mitteilung von Mathias Lutz, 27. August 2021). Auf den ihm zur Verfügung gestellten Proben konnte er nebst *Cladosporium fulvum* auch *Botrytis cinerea*, *Alternaria sp.* und *Phytophthora infestans* nachweisen.

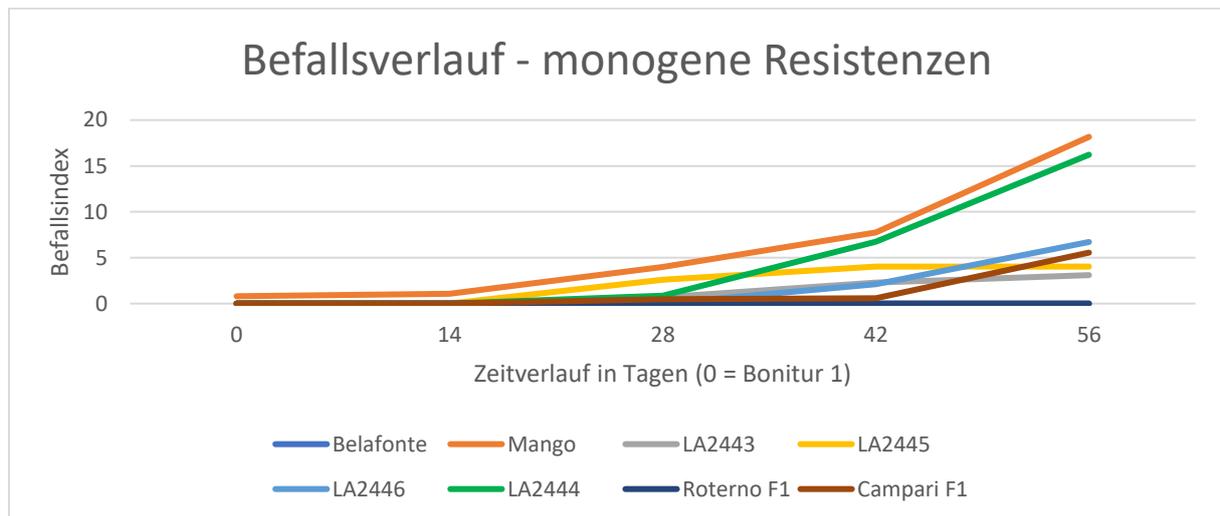


Abbildung 24: Darstellung des Befallsverlaufs der Sorten mit monogenen Resistenzen

Bei den Sorten mit monogenen Resistenzen entwickelte sich der Befall auf unterschiedliche Weise. Bei den beiden Sorten Mango und LA2444 trat ein starker Befall auf. Der Befall der erstgenannten ist auf eine Spaltung zurückzuführen. Auch bei der Sorte LA2446 konnte dies beobachtet werden. Bei den restlichen Sorten konnte ein geringer Verlauf beobachtet werden. Die Werte blieben alle unter einem Index von fünf. Belafonte blieb als einzige befallsfrei, im Gegensatz zur Sorte Mango, welche auch auf einer *Cf-Ecp2*-Resistenz basiert (Abbildung 25 und 26). Über alle Sorten hinweg kann gesagt werden, dass hohe Befallsindexe erst bei der Abschlussbonitur verzeichnet werden konnte, die Ausprägung des Befalls jedoch sehr sortenabhängig war. Beim eigentlich resistenten Standard Campari F1 konnte bei der Schlussbonitur ein mittlerer Befall registriert werden. Der zweite resistente Standard Roterno F1 blieb befallsfrei.



Abbildung 25: Befallsfreie Sorte Belafonte am 13.09.2021.



Abbildung 26: Befall der Sorte Mango am 13.09.2021.



Abbildung 27: Befall des "resistenten" Standards Campari F1 am 27.09.2021

Über alle Sorte der LA-Züchtungslinie kann gesagt werden, dass auf der Blattoberseite viele gelben Flecken verzeichnet werden konnten. Auf der Unterseite fehlte aber häufig der charakteristische Sambelag. Zudem traf der Befall erst verzögert auf. Die ersten beiden Boniturtermine waren befallsfrei. Innerhalb der Linie konnten keine optischen Unterschiede des Befalls festgehalten werden. Die Unterschiede basieren lediglich auf der Ausprägung des Befalls. Die Bonituren dieser Linie gestaltete sich schwierig, da Mischinfektionen besonders die unteren Blättern befallen hatte. Es erfolgte im Vergleich zu anderen Sorten eine höhere Entblätterung.

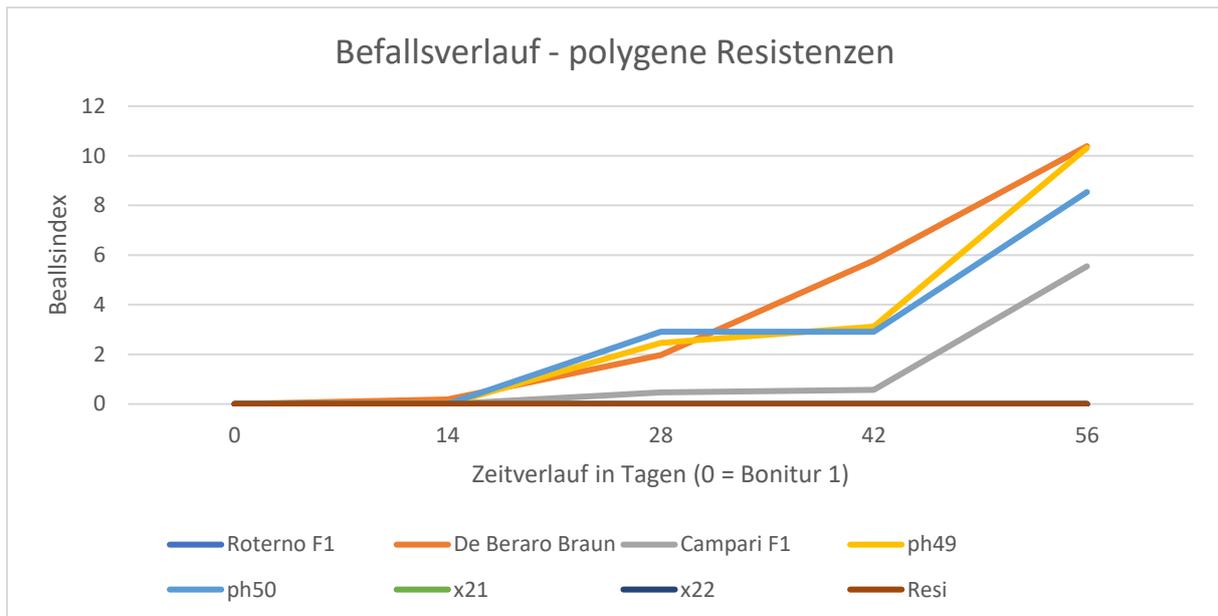


Abbildung 28: Darstellung des Befallsverlaufs der Sorten mit polygenen Resistenzen.

Die letzte Gruppe wird von den Sorten mit polygenen Resistenzen gebildet. Bei den Sorten x21, x22, ph49 und p50 weiss man noch nicht eindeutig, ob es sich wirklich um eine polygene Resistenz handeln. Da sich diese Resistenzart durch Praxiserfahrungen vermutet lässt, wurden sie in dieser Gruppe ausgewertet. Die höchsten Befallsindexe lagen dabei tiefer als diejenigen der monogenen Resistenzen (Abbildung 28). Der Höchstwert lag knapp über zehn und ist den beiden Sorten De Beraro Braun und ph49 zuzuordnen. Die Sorte ph50 der Oldenburger Saatzucht wies etwas geringere Werte auf. Die restlichen Sorten (x21, x22 und Resi) bleiben komplett befallsfrei. Es konnten keine gelben Flecken beobachtet werden. Bei den Sorten ph49 und ph50 konnten gelbe Flecken auf den Blattoberseiten verzeichnet werden. Die Anzahl Samtbeläge auf der Blattunterseite war jedoch im Vergleich viel tiefer. Auch hier fand der grösste Befallsanstieg erst im September statt. Der Erste Befall wurden am zweiten Boniturtermin bei der Sorte De Beraro Braun verzeichnet.

Die errechneten AUDPC-Werte wiedergeben den Krankheitsbefall der Einzelpflanzen über die ganze Saison hinweg. Mit Hilfe eines Boxplot-Diagrammes wurde die Streuung der AUDPC-Einzelwerte graphisch dargestellt (Abbildung 29). Befallsfreie Sorten wurden in der Darstellung ebenfalls berücksichtigt. Die Kästchen geben 50 Prozent der Werte wieder und grenzen nach unten und oben das erste beziehungsweise das dritte Quartil ab. Die schwarze Linie darin stellt den Median dar. Die Antennen, auch Whisker genannten, geben die Minimal- und Maximalwerte wieder. Als Ausreisser, hier als Punkte dargestellt, gelten Werte die mehr als die 1,5-fache Kästchenlänge betragen.

Sortenunterschiede

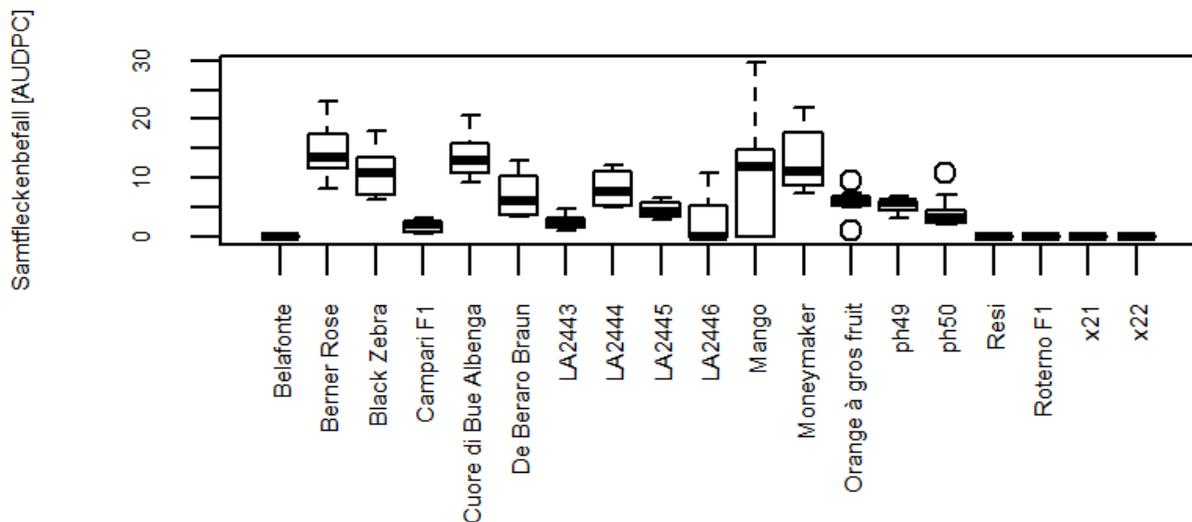


Abbildung 29: Streudiagramm der AUDPC-Werte je Sorte.

Die Sorte Moneymaker gilt als anfälliger Standard, was im Versuch durch hohe Werte ebenfalls bestätigt werden konnte. Ebenfalls hohe Werte wiesen die Sorten Berner Rose, Black Zebra, Cuore di Bue Albenga und Mango auf, wovon alle mit Ausnahme von der letztgenannten keine Resistenzen aufweisen. Mango wies eine extreme Streuung der Werte auf, welches auf die Spaltung zurückzuführen ist. Dieser Sorte ist zudem der höchste AUDPC-Wert zuzuordnen. Im mittleren und unteren Bereich befinden sich Sorten mit partieller oder vermuteter partieller Resistenz. Dazu gehören die LA, x- und ph-Linien, sowie De Berao Braun. Ebenfalls geringe Befälle wiesen die resistenzfreie Sorte Orange à gros fruit von Sativa Rheinau AG und der resistente Standard Campari F1 auf. Die statistische Varianzanalyse ergab, dass signifikante Unterschiede zwischen den Sorten in Bezug auf standardisierten AUDPC-Werte bestehen. Eine Signifikanz ergab sich bei Sorten mit hohem im Vergleich zu Sorten mit niedrigen AUDPC-Werte. Eine Abhängigkeit zur Resistenzart ist nicht ersichtlich. Diese Analyse widerspiegelt die optische Auswertung der Boxplot-Darstellung. Die errechneten p-Werte der Varianzanalyse mit $\alpha = 0.05$ sind im Anhang 5 zu entnehmen (befallsfreie Sorten sind nicht aufgeführt). Die höchste Signifikanz liess sich zwischen den Sorten Cuore di Bue Albenga und LA2443 ermitteln.

Im gesamten kann gesagt werden, dass Unterschiede bei befallenen Sorten anhand der quantitativen Bonituren feststellbar waren. Es sind jedoch keine generelle Aussagen in Bezug auf die Resistenzart möglich. Das Vorhandensein einer Resistenz kann zu einer Verhinderung, Verzögerung oder Reduktion des Befalls führen, sofern diese auch funktioniert. Polygene

Resistenzen wiesen jedoch eine verzögerten und milden Befall auf. Unterschiede bezüglich dessen Abwehrreaktionen, welche sich optisch darstellen sind jedoch schwierig zu erfassen.

4.2. Ertrag

Bei den Ernteerträgen konnten deutliche Unterschiede zwischen den Plots und den Sorten bereits während der Datenerhebung festgestellt werden. Berner Rose generierte im ersten Plot mit 3.4 kg den grössten Ertrag pro Pflanze (Tabelle 5). Plot zwei hingegen erbrachte mit 8.8 kg nur 43 Prozent davon. Eine noch grössere Differenz wurde bei der Sorte Mango verzeichnet. Die Differenz zwischen den beiden Plots belief sich auf 50 Prozent, wobei der zweite Plot eine Pflanze weniger aufwies. Die Erträge beliefen sich auf 7.9 kg, bzw. 4.0 kg. Am wenigsten Unterschiede innerhalb der beiden Plots konnte bei Belafonte verzeichnet werden. Im Total wurde im Plot zwei nur eine Frucht weniger geerntet. Der Unterschied kam durch die kleineren Früchte zustande, welche im Schnitt 12 Gramm leichter waren. Anhand eines t-Tests wurden die beiden Plots auf eine signifikante Unterscheidung untersucht. Der errechnete p-Wert lag bei 0.065, was knapp keinen signifikanten Unterschied bedeutet. Die Plots eins und zwei unterscheiden sich daher nur zufällig.

Tabelle 5: Erträge der einzelnen Sorten in Kilogramm und Stückzahl, sowie das durchschnittliche Fruchtgewicht.

Sorte	Plot	Anzahl Pflanzen	Ernte total [kg]	Ernte pro Pflanze [kg]	Ernte total [Stk.]	Ø Fruchtgewicht [kg]
Berner Rose	1	6	20.526	3.421	174	0.118
Berner Rose	2	6	8.842	1.474	114	0.078
Belafonte	1	6	13.434	2.239	194	0.069
Belafonte	2	6	11.181	1.864	195	0.057
Black Zebra	1	5	11.717	2.343	125	0.094
Black Zebra	2	5	6.057	1.211	77	0.079
Mango	1	5	7.932	1.586	64	0.124
Mango	2	4	4.020	1.005	38	0.106
Orange à gros fruit	1	5	8.740	1.748	42	0.208
Orange à gros fruit	2	5	3.726	0.745	24	0.155

Viel wichtiger als die eigentlichen Ernteerträge, ist der Anteil der tatsächlich verkaufsfähigen Ware. Früchte mit Rissen, Sprüngen oder Flecken müssen aussortiert werden und sind vom Verkauf ausgeschlossen. In der Abbildung 30 kann entnommen werden, dass bei den Sorten Berner Rose, Belafonte und Orange à gros fruit einen Ernteanteil zwischen 40 und 55 Prozent als nicht verkaufsfähig betrachtet wurde. Diese Prozentanteile beziehen sich auf den Ernteertrag in Kilogramm. Bessere Werte wiesen die zwei restlichen Sorten auf. Während sich die Werte bei den ersten Plot nur geringer niedriger sind, wies der Plot zwei dafür die besten Werte auf. Bei Black Zebra belief sich der Anteil der verkäuflichen Früchte auf 14.5 Prozent und bei der Mango auf sehr niedrige 3.2 Prozent.

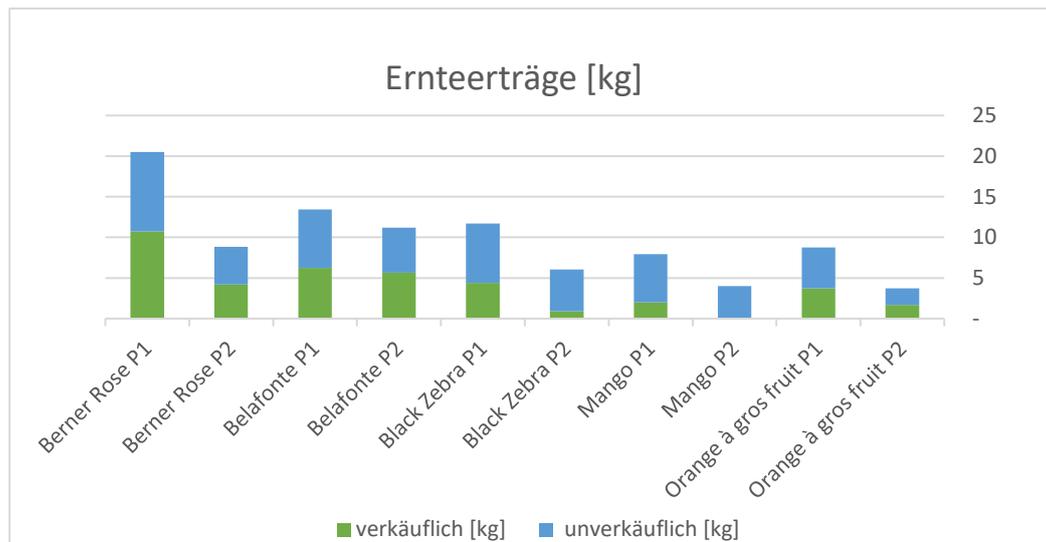


Abbildung 30: Ernteerträge pro Sorte und Plot in Kilogramm und dessen Anteil an verkäuflicher bzw. unverkäuflicher Ware.

4.3. Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverlauf

Die untenstehende Tabelle 6 gibt Auskunft über die Minimum-, Maximum- und Durchschnittswerte der Temperatur [°C] und relativen Luftfeuchtigkeit [%rh] sowie dessen Standardabweichung der vier Logger wieder. Bei den Werte gab es nur geringfügige Unterschiede. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass die unterschiedlichen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitswerte keinen Einfluss auf den Versuch haben. Anhand der registrierten Daten (konnte kein eindeutiger Ausbruchszeitraum ermittelt werden).

Tabelle 6: Details der beiden Parameter Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit während der Versuchszeit.

Logger	Temperatur Maximalwert [°C]	Relative Luftfeuchtigkeit [%rh]
hinten links	Min: 1.0 (24.10.21, 4.40 Uhr) Max: 40.0 (19.6.21, 15.00 Uhr) Ø: 18.40 Standardabweichung: 7.07	Min: 24.0 (9.5.21, 15.00 Uhr) Max: 101.0 (23.10.21, 10.20 Uhr) Ø: 76.89 Standardabweichung: 19.70
hinten rechts	Min: 1.0 (14.10.21, 6.20 Uhr) Max: 41.0 (16.6.21, 14.00 Uhr) Ø: 18.18 Standardabweichung: 6.86	Min: 24.0 (9.5.21, 15.00 Uhr) Max: 100.0 (9.7.21, 9.00 Uhr) Ø: 79.79 Standardabweichung: 17.03
vorne links	Min: 1.5 (24.10.21, 5.00 Uhr) Max: 38.5 (12.6.21, 14.40 Uhr) Ø: 18.15 Standardabweichung: 6.40	Min: 23.5 (9.5.21, 12.40 Uhr) Max: 100.0 (14.7.21, 7.00 Uhr) Ø: 77.73 Standardabweichung: 18.67
vorne rechts	Min: 1.5 (24.10.21, 5.20 Uhr) Max: 42.5 (21.7.21, 14.40 Uhr) Ø: 19.19 Standardabweichung: 7.51	Min: 20.0 (25.5.21, 14.40 Uhr) Max: 101.0 (23.10.21, 8.40 Uhr) Ø: 77.42 Standardabweichung: 20.62

In der obenstehenden Abbildung 31 sind die Verläufe der beiden Parameter bildlich dargestellt. Besonders nachts, wenn die Temperaturen tiefe Werte erreicht haben, stieg die relative Luftfeuchtigkeit über die kritischen 85 Prozent. Das Folientunnel ist mit keiner Heizung ausgestattet, die Unterschiede konnten daher nicht aufgefangen werden. Zwischen Anfang Juni und Mitte August wurden fast täglich die Temperaturen zwischen 24°C und 26 °C erreicht, welche als optimale Wachstumsbedingungen gelten.

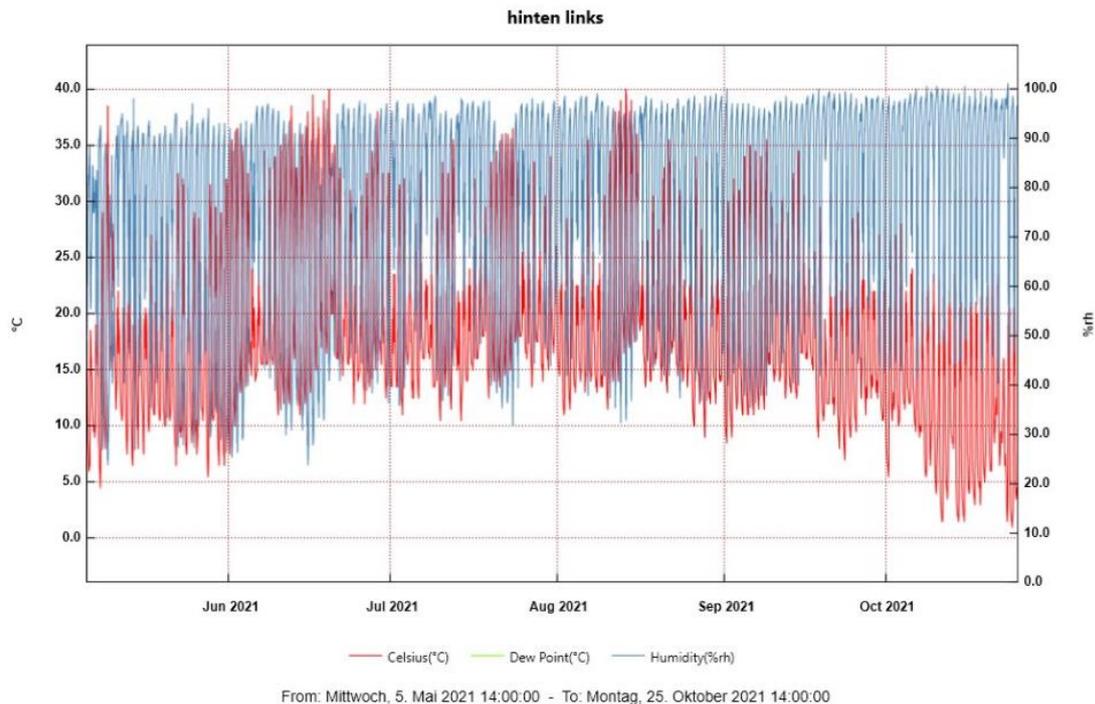


Abbildung 31: Verlauf der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit während der Versuchslaufzeit.

5. Diskussion

In folgendem Kapitel wird die Versuchsdurchführung analysiert. Des Weiteren werden die Ergebnisse des Samtfleckenbefalls und dessen Sortenunterschiede diskutiert. Abgerundet wird das Kapitel durch eine Analyse der erhobenen Ernteerträge.

5.1. Versuchsaufbau und -ablauf

Der Versuch wurde in der Saison 2021 durchgeführt. Die Sommermonate Juni bis August waren geprägt von überdurchschnittlichen Regenschauern und massiven Hagelschäden (MeteoSchweiz, 2021). In Zürich wurde während des Sommers 508 mm Niederschlag und 570 Stunden Sonnenscheindauer registriert. Der langjährige Durchschnitt (1981 – 2010) liegt bei 376 mm Niederschlag und 618 Stunden Sonnenscheindauer. Für die wärme- und lichtliebende Tomatenpflanze nicht optimale Wachstumsbedingungen. Die Ausbreitung von Pilzkrankungen wurden durch die erhöhte Feuchtigkeit gefördert (Streuli, 2021). Der Befall wurde massgeblich durch die Kulturführung beeinflusst. Eine Entblätterung wurde regelmässig durchgeführt, jedoch von verschiedenen Mitarbeiter:innen und waren somit einer gewissen Subjektivität unterzogen. Auf den Einsatz von Pflanzenschutzmittel wurde gänzlich verzichtet, um mögliche Effekte auf den Samtfleckenbefall zu verhindern. Nebst der Samtfleckenkrankheit breiteten sich noch weitere Erreger im Folientunnel aus. Zusätzlich kam es zu Befällen von *Botrytis cinerea.*, *Alternaria sp.* und *Phytophthora infestans* (persönliche Mitteilung von Mathias Lutz,

27. August 2021). Eine krankheitsbedingte Schwächung der Pflanzen konnte nicht ausgeschlossen werden. Da die Erträge keine zentrale Rolle im Versuch einnahmen, wurde das Düngerniveau auf einem tiefen Niveau gehalten. Unter praxisüblichen Bedingungen dürfte dieses Niveau deutlich höher liegen, was eine Mehrertrag generiert.

5.2. Befallsentwicklung und Sortenunterschiede

Die erhobenen Daten sind der Standortabhängigkeit unterlegen. Die Rückschlüsse lassen sich nicht automatisch auf andere Anbauorte übertragen. Ein Anbauversuch mit mehreren Standorten war im Umfang dieser Arbeit nicht möglich. Die erhobenen Daten sollten eigentlich mit einem Versuch des Vereins Arche Noah in Österreich verglichen werden. Aufgrund eines hohen *Phytophthora* -Befalls konnten jedoch keine zuverlässigen Daten des Samtfleckenbefalls erhoben werden.

Wie erwartet nahm der Befall im Laufe der Saison zu. Welcher Einfluss die primäre und sekundäre Infektion auf die Ausbreitung in Gewächshäusern hat, analysierte man anhand eines Versuch im Jahr 2014 (Kawaguchi & Suenaga-Kanetani, 2014). Es konnte nachgewiesen werden, dass die befallenen Tomatenpflanzen kumuliert auftraten, was auch in diesem Versuch beobachtet werden konnte. Die Populationszunahme konnte anhand zweier Krankheitszyklen zustande gekommen sein. Zum einen könnten Konidien aus dem Primärinokulum über längere Zeit neue Infektionen ausgelöst haben. Andererseits könnten die Läsionen der erkrankten Pflanzen Neuinfektionen auslösen. Durch Analysen kam man zu der Erkenntnis, dass während der Kulturzeit neue eigenständige Herde gebildet wurden. Somit wurde die Ausbreitung anhand des IWAO-Modelles erklärt. Dieses Modell besagt, dass ein Populationsanstieg anhand neu gebildeter Kolonien erfolgt und dabei die Grösse einzelner Kolonien unverändert bleibt. Die statistischen Analysen liessen darauf schliessen, dass die Sekundärinfektion eine wichtige Rolle im Krankheitszyklus spielt. Beim Versuch kann also davon ausgegangen werden, dass der Populationsanstieg auf die sekundäre Infektion zurückzuführen ist. Dies wiederum würde erklären, warum in den ersten zwei Wochen nur geringe oder gar keine Befälle aufgetreten sind.

Der Befall trat nicht bei allen Sorten zum gleichen Zeitpunkt auf. Da alle den gleichen Bedingungen ausgesetzt waren, kann man davon ausgehen, dass die Unterschiede auf die jeweiligen Sorten und dessen Resistenzen zurückzuführen sind. Der Pilz *Cladosporium f.* ist sehr mutagen und sorgt durch das Auftreten neuer Pathotypen immer wieder für Aufsehen (Thomma et al., 2005). In den letzten Jahren konnten vermehrt Resistenzdurchbrüche bei marktfähigen Sorten verzeichnet werden, welche gemäss Züchter einen Resistenzumfang von Ff: A-E aufweisen (Meyer & Gärber, 2021). Dies umfasst die Resistenzgene Cf-1, -2, -4, -5

und -9, welche das heutige Pathotypenspektrum im deutschsprachigen Raum abdeckt. Auch in der Schweiz und den beiden Nachbarländern Deutschland und Österreich konnten solche verzeichnet werden, welche möglicherweise durch neue Pathotypen verursacht wurden (Lammer, 2014; Thomma et al., 2005). Auch beim Versuch in Wädenswil konnte beim resistenten Standard Campari F1 ein Resistenzdurchbruch ermittelt werden. Dies ist nicht das erste Mal, dass dessen Resistenz durchbrochen worden war. Bei einem Versuch des Julius Kühn-Instituts im Jahr 2018 wurde nach einer Inokulation mit dem Pathotyp *Cf*. 2.3.6.9 ein Befall verzeichnet (Meyer et al., 2019). Es handelte sich dabei um einen Stamm vom Bodensee, welcher sich in der Zwischenzeit auch weiter südlich ausgebreitet haben könnte. In der Schweiz gab es im Jahr 2014 Untersuchungen bezüglich möglicher Resistenzdurchbrüche (Monnerat, 2016). Blattproben aus verschiedenen Regionen der Schweiz wurden ins Labor der Agroscope nach Conthey geschickt. Anschliessend wurden die Pilze isoliert und zur Bestimmung der Avirulenz-Gene an die Universität Wageningen (Niederlande) geschickt. Bei den insgesamt zwölf untersuchten Pilzstämmen konnte das Avirulenz-Gen *Arv2* nachgewiesen werden. Des Weiteren ergaben die Untersuchungen, dass bis anhin resistente Sorten zusätzlich das Avirulenz-Gen *Arv9* erhielten. Dies ist insofern ein Problem, da viele der Sorten auf dem Resistenzgen *Cf-9* basieren. Die Kombination dieser beiden Avirulenz-Gene ergibt den Pathotyp *Cf*. 2.9, welcher die *Cf-9* Resistenz durchbrechen kann. Da die Proben aus verschiedensten Kantonen stammten, ging man davon aus, dass der Pathotyp schweizweit verbreitet ist.

Monogene Resistenzen stammen grundsätzlich aus Wildarten. Deren Identifikation und Einkreuzung benötigt viel Aufwand (persönliche Mitteilung von Noémi Uehlinger, 11. Januar 2022). Durch fortlaufende Kreuzungsvorgänge konnten stabilisierte Linien gezüchtet werden. Hat man jedoch eine funktionierende Resistenz, kann diese sehr einfach in züchterischen Vorgängen einbezogen werden, da man genau weiss, wie sich diese zeigen wird (Mendelsche Gesetze). Eine Pilzmutation kann dieses Resistenz jedoch einfach umgehen. Es kann keine langfristige Lösung zur Bekämpfung der Samtfleckenkrankheit erzielt werden. Daher suchen aktuelle Forschungsarbeiten nach einer Alternative. Als neuen Ansatz versucht man nun das Resistenzgen *Cf-Ecp2* in bewährte Sorten einzukreuzen, weil sie als sehr stabil gilt (Lammer, 2014). Beim Versuch konnte daher bei den Sorten Belafonte und Mango von einer Befallsfreiheit ausgegangen werden. Diese konnte jedoch nur bei der erstgenannten Sorte bestätigt werden. Bei der zweitgenannten konnte lediglich eine Spaltung festgestellt werden. Von den insgesamt neun angebauten Pflanzen wurden zweidrittel befallen. Es handelt sich jedoch nicht um einen Resistenzdurchbruch, sondern um eine Linie die noch nicht stabilisiert ist. Ansonsten wären alle Individuen befallen worden. Ein solcher Befall konnte schon im Jahr 2015 bei einem Ringversuch der Arbeitsgruppe Bauernparadeiser aus Österreich beobachtet werden (Lammer et al., 2015). Auf einem Betrieb am Bodensee konnte trotz des niedrigen Befallsdruck

bei zweien Sorten mit dem *Cf-Ecp2*-Gen bei einigen Pflanzen einen Befall verzeichnet werden. An anderen Standorten blieben die Sorten hingegen komplett befallsfrei.

Damals wurde festgehalten, dass vor allem die Virulenzgene *Arv9* und *Arv3* (*Cf*: 2.3.6.9, *Cf*: 2.3.9, *Cf*: 2.6.9) als problematisch angesehen werden können (Meyer et al., 2019). Bei den weiteren Sorten, welche auf monogener Resistenz basieren (LA-Linie) konnte bis auf einige Individuen der Sorte LA2446 (Spaltung) einen Befall verzeichnet werden. Alle vier Sorten wurden bereits bei Versuchen des JRK auf Anfälligkeiten gegenüber der vorhin genannten problematischen Pathotypen getestet und zeigten auf diverse Typen eine Anfälligkeit (Meyer et al., 2019). Der Pathotyp des Versuches könnte leider nicht ermittelt werden. Es wurden zwar Proben an das JKI versandt, die Resultate sind jedoch noch ausständig.

Proben-Nr.	Probenahme	Herkunft	Bestimmung Pathotyp	Anfällige Sorten im Differentialsortiment
31/2018	22.05.18	78267 Aach	Ff:2.3.6.9	MM, Monalbo, Vetomold, V121, IVT 1154, F77-38, Roterno F1, (Stirling Castle)*
33/2018	05.06.18	79356 Eichstetten	Ff:2.3.9	MM, Monalbo, Vetomold, V121, IVT 1154, (Stirling Castle); (min. Befall an F77-38 u. Roterno F1)
30/2018	22.05.18	78267 Aach	Ff:2.3.6.9	MM, Monalbo, Vetomold, V121, IVT 1154, F77-38, Roterno F1, (Stirling Castle)
50/2018	14.08.18	27729 Holste	Ff:1.2.5	MM, Monalbo, Vetomold, F1 Vetomold, IVT 1149, Stirling Castle, (V121, F77-38)
54/2018	27.08.18	88682 Salem	Ff:2.6.9	MM, Monalbo, Vetomold, IVT 1154, F77-38, Roterno F1, (Stirling Castle, V121)
61/2018	14.09.18	A-8010 Kainbach	Ff:2.3.5	MM, Monalbo, IVT1149, Vetomold, F1 Vetomold, V121, (Stirling Castle)
70/2018	08.10.18	79379 Müllheim-H.	Ff:2.3.9	MM, Monalbo, IVT 1154, Vetomold, V121, (Stirling Castle)
43/2018	31.07.18	79426 Buggingen	Ff:2.6.9	MM, Monalbo, Vetomold, IVT 1154, F77-38, Roterno F1, (V121, Stirling Castle)
57/2018	30.08.18	A-8200 Gleisdorf	Ff:1.2.3	MM, Monalbo, Stirling Castle, V121, Vetomold
59/2018	03.09.18	A-3244 Ruprechtshofen	Ff:2.(3)	MM, Monalbo, Vetomold, (Stirling Castle, V121)
78/2019	30.07.19	17237 Blankensee	Ff:2.3.9	MM, Monalbo, Vetomold, (Stirling Castle), V121, IVT 1154
94/2019	20.08.19	01796 Pirna	Ff:2.3	MM, Monalbo, Vetomold, (Stirling Castle), V121
101/2019	09.09.19	27313 Westen	Ff:2.3.6.9	MM, Monalbo, (Stirling Castle), Vetomold, V121, F77-38, IVT 1154, Roterno F1
80/2019	12.08.19	34355 Escherode	Ff:2.3.9	MM, Monalbo, (Stirling Castle), Vetomold, V121, IVT 1154
103/2019	24.09.19	16321 Bernau	Ff:1.2.3	MM, Monalbo, Stirling Castle, Vetomold, V121
90/2019	19.08.19	41366 Schwalmtal	Ff:2.9	MM, Monalbo, Vetomold, IVT 1154

Abbildung 32: Übersicht die am JKI identifizierten *Cf*-Isolaten mit dessen Herkunft und anfälligen Sorten des Differentialsortiments (MM=MoneyMaker). (Sortenname) bedeutet leichte Symptome trotz Resistenz (Meyer & Gärber, 2021).

Polygene Resistenzzüchtungen könnten als weiteren alternative Resistenzquelle dienen. Im Versuch konnte sowohl eine Verzögerung als auch eine Eindämmung beobachtet werden, zumindest bei einigen Sorten. Jedoch ist man wie in den Resultaten bereits erwähnt nicht sicher, ob es sich dabei wirklich um polygene Resistenzen handelt. Ausgewählt Exemplare bzw. Sorten gilt es weiter zu selektionieren, um zu einem späteren Zeitpunkt eine stabile Sorte erhalten zu können. In diesem Bereich fehlt es jedoch noch an wissenschaftlichen Grundlagen. Bis heute weiss man nicht eindeutig, wie der Abwehrmechanismus funktioniert und inwiefern

sich dieser von der Reaktion monogenen Resistenzen unterscheidet. Das Forschungspotential ist daher noch riesig.

5.3. Ertrag

Die Ernteerträge sind von Faktoren wie Düngung und Pflegemassnahmen abhängig. Das Düngungsniveau wurde gering gehalten, Fruchtregulierungs- und Pflanzenschutzmassnahmen wurden gänzlich weggelassen. Im Vergleich zu Produktionsbetrieben konnte man von einer geringen Ernte ausgehen. Für konkrete Aussagen wären jedoch Vergleichsdaten aus einem solchen Betrieb notwendig. Die Sorten Mango und Orange à gros fruit zeigten nicht nur geringe Erträge auf, sondern wiesen auch einen sehr mickrigen Wuchs auf und waren im Allgemeinen sehr krankheitsanfällig. Bei der Sorte Mango konnten im Vergleich weniger, dafür grössere Früchte geerntet werden. Wieso so viele Früchte Risse, Flecken usw. aufwiesen, könnten nicht eindeutig geklärt werden. Die Kulturführung wird jedoch einen erheblichen Beitrag geleistet haben.

6. Schlussfolgerung

Im Versuch konnten Befallsunterschiede zwischen den Sorten festgestellt werden. Dieser Versuch widerspiegelte die aktuelle Problematik der Resistenzdurchbrüche sehr gut. Da über längeren Zeitpunkt die gleichen Resistenzgene in Züchtungsprogrammen verwendet wurden, verlieren nun viele kommerziellen Sorten gleichzeitig ihre Resistenzen. Die neuen Pathotypen werden sich weiter ausbreiten und mutieren. Zwar können immer neue Resistenzgene eingekreuzt werden, sofern noch solche vorhanden sind, jedoch dürften auch diese irgendwann durchbrochen werden. In Bezug auf eine langjährige Stabilität sollen daher auch alternative Züchtungsmethoden angewendet werden. Der Versuch zeigte auf, dass die Einkreuzung des *Cf-Ecp2*-Gens und die Einkreuzung mehrerer *Cf*-Gene pro Sorte Zukunft haben könnte. Obwohl der Befall nicht bei allen Sorten verhindert werden konnte, die Pflanzen bleiben dennoch gesünder. Die Bekämpfungsmassnahmen können dadurch massgeblich vereinfacht werden. Ob diese Ansätze die zukünftige Eindämmung des Erregers regeln, kann zum aktuellen Zeitpunkt nicht gesagt werden.

Bei einigen Sorten des Versuches ist der Züchtungsprozess noch nicht abgeschlossen. Es sollten weitere Selektionen und Beobachtung durchgeführt werden. Für die Erhaltung stabiler Linien sind Züchtungen über mehrere Generationen notwendig. Des Weiteren sollte bei diesen Versuchen der am Standort vorkommende Pathotyp berücksichtigt werden. Dieser kann anhand Laboruntersuchungen ermittelt werden. Die Untersuchung von Pathotypen ist eher eine Seltenheit und wird nur bei züchterischen Versuchen durchgeführt. In der Praxis kennen die

Produzenten die vorkommenden Typen nicht. Für die Sortenauswahl könnte dieses Hintergrundwissen jedoch von grosse Bedeutung sein.

Die züchterischen Arbeiten in Bezug auf die Samtfleckenkrankheit stehen in Zukunft vor einer grossen Herausforderung. Es gilt stabile Resistenzsorten zu züchten, welche gleichzeitig den Anforderungen der Tomatenproduzenten gerecht werden. Dies kann nur in einer engen Zusammenarbeit zwischen Produzenten und Züchtern funktionieren. Wichtig dabei ist, neue Züchtungsansätze miteinzubeziehen und sich nicht nur auf ein Gen zu fokussieren. Einige Sorten sind dabei schon auf gutem Wege. Zusammen mit weitere präventiven Massnahmen, welche von den Produzenten durchgeführt werden, könnte dies die zukünftige Eindämmung des Erregers *Cladosporium fulvum* bedeuten.

7. Literaturverzeichnis

- AtlasBig. (2020). *Länder nach Tomatenproduktion*. AtlasBig.com. <https://www.atlasbig.com/de-ch/laender-durch-tomatenproduktion>
- Babadoost, M. (2011). Leaf mold (*Fulvia fulva*), a serious threat to high tunnel tomato production in Illinois. *III International Symposium on Tomato Diseases*, 914, 93–96. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.914.14>
- Bauchet, G., & Causse, M. (2012). Genetic Diversity in Tomato (*Solanum lycopersicum*) and Its Wild Relatives. In M. Caliskan (Hrsg.), *Genetic Diversity in Plants* (S. 133–162). InTech. <https://doi.org/10.5772/33073>
- Becker, H. (2019). *Pflanzenzüchtung* (3., vollständig überarbeitete Auflage). Verlag Eugen Ulmer.
- Bedlan, G., Depisch, A., Lammer, P., Renner, M., & Wagner, K. (2018). *Samtfleckenkrankheit bei Tomaten* (Ländliches Fortbildungsinstitut Österreich, Hrsg.).
- Bergougnoux, V. (2014). The history of tomato: From domestication to biopharming. *Biotechnology Advances*, 32(1), 170–189. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.11.003>
- Blancard, D., Laterrot, H., Marchoux, G., & Candresse, T. (2012). Principal characteristics of pathogenic agents and methods of control. In *Tomato diseases: A Colour handbook; Identification, Biology and Control* (2. ed). Manson Publishin Ltd.
- Breitinger, E. (2019). *Schweiz in Zahlen: 9 von 10 Tomaten aus dem Gewächshaus*. saldo.ch. <https://www.saldo.ch/artikel/artikeldetail/schweiz-in-zahlen-9-von-10-tomaten-aus-dem-gewaechshaus/>
- de Wit, P. (2016). *Cladosporium fulvum* Effectors: Weapons in the Arms Race with Tomato. *Annual Review of Phytopathology*, 54(1), 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-011516-040249>
- Fischer, A. (1937). Die Wildarten der Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) in ihrer Bedeutung für die Züchtung frühreifer, krankheitsresistenter, lagerfester und wohlschmeckender Sorten. *TAG: Theoretical and Applied Genetics* 9.9, 9(9), 231–238. <https://doi.org/10.1007/BF01846009>

- Foolad, M. R., & Panthee, D. R. (2012). Marker-Assisted Selection in Tomato Breeding. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 31(2), 93–123. <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.616057>
- Hirstein, A. (2021). *Die Tomate ist eine Frucht – und sie wird geschmacklich immer besser*. NZZ am Sonntag. <https://nzzas.nzz.ch/wissen/die-tomate-ist-eine-frucht-und-sie-wird-geschmacklich-immer-besser-ld.1636073>
- Hornischer, U., & Koller, M. (2005). *Biologischer Anbau von Tomaten*. Bioland-Verl.-GmbH.
- Johnson, A., Graboski, M., Orshinsky, A., & Schuh, M. (2015). *Tomato leaf mold*. University of Minnesota Extension. <https://extension.umn.edu/disease-management/tomato-leaf-mold>
- Jones, J. B., & Jones, J. P. (2014). Leaf mold. In *Compendium of Tomato Diseases and Pests* (2. Aufl., S. 34–35). APS Press.
- Kawaguchi, A., & Suenaga-Kanetani, H. (2014). Spatiotemporal distribution of tomato plants naturally infected with leaf mold in commercial greenhouses. *Journal of General Plant Pathology*, 80(5), 430–434. <https://doi.org/10.1007/s10327-014-0539-x>
- Koller, M., & Gallmeister, A. (2011). *Wirkung verschiedener Pflanzenschutzmittel auf Samtflecken (Cladosporium fulvum) bei Tomaten*. <https://core.ac.uk/reader/10930048>
- Lammer, P. (2014). *Resistenz ausgewählter Tomaten-Liniensorten gegenüber der Samtfleckenkrankheit (Passalora fulva, syn. Cladosporium fulvum) unter biologischen Anbaubedingungen* [Masterarbeit, Universität für Bodenkultur]. 131
- Lammer, P., Stockenhuber, M., Ambrosch, A., & Posch, A. (2015). *Ergebnisbericht: Samtflecken-Ringversuch 2015* (Arbeitsgruppe Bauernparadeiser, Hrsg.). <https://docplayer.org/115241926-Ergebnisbericht-samtflecken-ringversuch-2015.html>
- Landwirtschaftlicher Informationsdienst. (2019). *Infografik: Cherry-Tomaten auf dem Vormarsch - Grossteil davon wird importiert*. bauernzeitung.ch. <https://www.bauernzeitung.ch/artikel/pflanzen/infografik-cherry-tomaten-auf-dem-vormarsch-grossteil-davon-wird-importiert-361769>

- Landwirtschaftlicher Informationsdienst. (2020). *Gemüseland Schweiz*.
https://www.lid.ch/fileadmin/lid/Produkte/Broschueren/Gemuese_Broschuere.pdf
- Landwirtschaftlicher Informationsdienst. (2021). *Rüebli sind die Nummer 1 in der Schweiz*.
<https://www.lid.ch/medien/agronews/alle-agronews/lid-news/rueebli-sind-die-nummer-1-in-der-schweiz/>
- Langford, A. N. (1937). The parasitism of *cladosporium fulvum* cooke and the genetics of resistance to it. *Canadian Journal of Research*, 15c(3), 108–128.
<https://doi.org/10.1139/cjr37c-008>
- MeteoSchweiz (Hrsg.). (2021). *Klimabulletin Sommer 2021*.
- Meyer, U., & Gärber, U. (2021). Bestimmung der in Deutschland vorkommenden Pathotypen des Erregers der Samtfleckenkrankheit an Tomate, *Fulvia fulva*. *Journal für Kulturpflanzen*, 32-40 Seiten. <https://doi.org/10.5073/JFK.2021.01-02.04>
- Meyer, U., Gärber, U., Behrendt, U., & Jordan, F. (2019). *Samtfleckenkrankheit an Tomate – Neue Wege in der Resistenzzüchtung*. <https://doi.org/10.5073/20190507-162124>
- Miedaner, T. (2011). In *Resistenzgenetik und Resistenzzüchtung* (S. 54–56). DLG-Verlag.
- Monnerat, G. (2016). Resistenz durchbrochen. *UFA-REVUE*, 1, 38–39.
- Ökmen, B., & De Wit, P. J. G. M. (2013). Molecular plant immunity. In G. Sessa (Hrsg.), *Laboratory of Phytopathology* (S. 211–2024). John Wiley and Sons.
- Pavan, S., van Heusden, A. W., & Bai, Y. (2009). *Solanum lycopersicum* (Tomato). In John Wiley & Sons, Ltd. (Hrsg.), *Encyclopedia of Life Sciences* (S. a0003686).
<https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0003686>
- Persiel, F. (1967). Resistenz und Resistenzzüchtung gegen die Braunfleckenkrankheit, *Cladosporium fulvum* Cooke, bei Tomaten. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, 57, 325–360.
- Salim, M. M. R., Rashid, M. H., Hossain, M. M., & Zakaria, M. (2020). Morphological characterization of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(3), 233–240. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.11.001>
- Scott, J. W., & Gardner, G. (2007). Breeding for resistance to fungal pathogens. In M. K. Razdan & A. K. Mattoo (Hrsg.), *Genetic improvement of solanaceous crops. Volume 2:*

- Tomato* (First issued in paperback, Bd. 2, S. 411–456). Science Publishers Enfield (NH).
- Simko, I., & Piepho, H.-P. (2012). AUDPC and AUDPC: What is the Difference? *Photopathology*, 102.4, 381–389.
- Streuli, U. (2021). *WAS TUN BEI FAULENDEN TOMATEN ODER KARTOFFELN?* Bio Terra. <https://www.bioterra.ch/was-tun-bei-faulenden-tomaten-oder-kartoffeln>
- Thomma, B. P. H. J., Van Esse, H. P., Crous, P. W., & De Wit, P. J. G. M. (2005). *Cladosporium fulvum* (syn. *Passalora fulva*), a highly specialized plant pathogen as a model for functional studies on plant pathogenic Mycosphaerellaceae. *Molecular Plant Pathology*, 6(4), 379–393. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2005.00292.x>
- Vieweger, A., & Hauenstein, S. (2021). Pflanzenschutzempfehlungen für den Biogemüsebau. *Merkblatt*, 1284, 84.
- Wagner, K. (2016). *Laboruntersuchung über die Wirkung ausgewählter in der biologischen Landwirtschaft eingesetzter Präparate auf die Entwicklung des Erregers der Samtfleckenkrankheit (Passalora fulva) bei Tomate* [Masterarbeit]. Universität für Bodenkultur.
- Zhao, T., Jiang, J., Liu, G., He, S., Zhang, H., Chen, X., Li, J., & Xu, X. (2016). Mapping and candidate gene screening of tomato *Cladosporium fulvum*-resistant gene Cf-19, based on high-throughput sequencing technology. *BMC Plant Biology*, 16, 51. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0737-0>
- Zibi, J. M. H. (2019). *Untersuchungen zur Resistenz ausgewählter Tomatensorten gegenüber der Samtfleckenkrankheit (Passalora fulva, syn. Cladosporium fulvum) im ökologischen Anbau* [Masterarbeit]. Universität Kassel.

8. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Geografische Verbreitung der Wildtomate <i>Solanum lycopersicon</i> (Bauchet & Causse 2012).....	11
Abbildung 2: Einblättriges Tomatenblatt bei der Sorte ph49.	12
Abbildung 3: Fünfteilige Blüte der Tomatenpflanze.....	12
Abbildung 4: Darstellung der weltweiten Tomatenproduktion (Hirschein, 2021).....	13
Abbildung 5: Darstellung der Erntemengen der zehn weltweit grössten Tomatenproduzenten und die Schweiz im Jahr 2019 (Hirschein, 2021).	13
Abbildung 6: Menge der in der Schweiz produzierten Tomaten, sowie dessen Importen zwischen 2010 und 2018 (Bauernzeitung 2019).....	14
Abbildung 7: Samtfleckenbefall mit den charakteristischen markanten Flecken auf der Blattoberseite.	16
Abbildung 8: Samtfleckenbefall mit dem charakteristischen Samtbelag auf der Blattunterseite.	16
Abbildung 9: Kartenausschnitt des Versuchsortes und dessen Umgebung (GIS-Browser ZH, 2021).....	19
Abbildung 10: Ansicht des Versuchstunnels von aussen.	19
Abbildung 11: Versuchsaufbau mit den drei Tomatenreihen.....	20
Abbildung 12: Tröpfchenbewässerung in den Reihen.....	25
Abbildung 13: Wasserzähler, mit der die Bewässerung im Tunnel gesteuert wurde.	25
Abbildung 14: Material zur Durchführung des Kreuzungsvorgangs.....	27
Abbildung 15: Material zur Gewinnung von Tomaten-Saatgut.	27
Abbildung 16: Darstellung der Gesamthöhe und der Entblätterungshöhe an einer Tomatenpflanze.....	28
Abbildung 17: Sichtung der Blattunterseite zur visuellen Schätzung des Samtfleckenbefalls in Prozent.....	28
Abbildung 18: Verwendeter Datenlogger EL-USB-2+	29
Abbildung 19: Haltung der Datenlogger	29
Abbildung 20: Grafische Darstellung der AUDPC-Berechnung.....	31
Abbildung 21: Darstellung der Befallsentwicklung aller Sorten an den jeweiligen Bo-.....	33
Abbildung 22: Darstellung des Befallsverlaufs der Sorten ohne Resistenzen.	34
Abbildung 23: Entwicklung des Befalls am Beispiel der resistenzfreien Sorte Berner Rose. .	34
Abbildung 24: Darstellung des Befallsverlaufs der Sorten mit monogenen Resistenzen.....	35
Abbildung 25: Befallsfreie Sorte Belafonte am 13.09.2021.	36
Abbildung 26: Befall der Sorte Mango am 13.09.2021.....	36
Abbildung 27: Befall des "resistenten" Standards Campari F1 am 27.09.2021	36

Abbildung 28: Darstellung des Befallsverlaufs der Sorten mit polygenen Resistenzen.	37
Abbildung 29: Streudiagramm der AUDPC-Werte je Sorte.	38
Abbildung 30: Ernteerträge pro Sorte und Plot in Kilogramm und dessen Anteil an verkäuflicher bzw. unverkäuflicher Ware.	40
Abbildung 31: Verlauf der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit während der Versuchslaufzeit.	41
Abbildung 32: Übersicht die am JKI identifizierten Cf-Isolaten mit dessen Herkunft und anfälligen Sorten des Differentialsortiments (MM=MoneyMaker). (Sortenname) bedeutet leichte Symptome trotz Resistenz (Meyer & Gärber, 2021).	44

Alle verwendeten Fotos wurden durch die Verfasserin selbst aufgenommen.

Tabelle 1: Codesystem der Firmen zur Zuordnung der Pathotypen in Code-Sektionen, Pathotypgruppen, Rassen und Resistenzgene. *Codes die von Firmen verwendet werden (Wagner, 2016).....	18
Tabelle 2: Sortenliste mit Saatherkunft und Eigenschaften bzw. Zweck der jeweiligen Sorten.	21
Tabelle 3: Pflanzplan je Reihe. In der Klammer sind die Plotnummer und die Anzahl der Pflanzen ersichtlich.	24
Tabelle 4: Höhe der Logger an den jeweiligen Daten.	29
Tabelle 5: Erträge der einzelnen Sorten in Kilogramm und Stückzahl, sowie das durchschnittliche Fruchtgewicht.....	39
Tabelle 6: Details der beiden Parameter Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit während der Versuchszeit.....	40

9. Anhang

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Tabelle mit durchgeführten Kulturmassnahmen

Anhang 2: Nützlingsplanung

Anhang 3: Boniturschlüssel

Anhang 4: Tabelle mit Befallsindexen je Sorte, Plot und Boniturtermin

Anhang 5: Resultat Varianzanalyse AUDPC-Werte

Anhang 6: Poster

Anhang 7: Plagiatserklärung

Anhang 1: Tabelle mit durchgeführten Kulturmassnahmen

Arbeitsschritt - KW	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
Aussaat	■																												
Pikieren		■																											
Kultivierung Sativa	■	■	■	■																									
Kultivierung ZHAW					■	■																							
Pflanzung							■																						
Nachsaat Resi						■																							
Pikieren Nachsaat						■	■																						
Kultivierung Nachsaat						■	■	■	■	■	■	■																	
Pflanzung Nachsaat											■																		
Düngung										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kulturmassnahmen								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Nützlingseinsatz								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Kreuzungen																■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Ernten																		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Krankheitsbonituren																					■	■	■	■	■	■	■	■	

Anhang 2: Nützlingsplanung



Nützlingsplanung 2021 (399332) / ZHAW, Wädenswil - Version 6

Lieferadresse 4707 - ZHAW, , 8820 Wädenswil

Rechnungsadresse 4707 - ZHAW, , 8820 Wädenswil

Seite 2 von 2

Plastiktunnel 1 / Tomaten, Paprika , Wo 18 / 350m²

Total CHF 434.80 (inkl. MWSt)

		Kalenderwoche																		
Art	Bezeichnung	Info	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
			05.01	12.01	19.01	26.01	02.02	09.02	16.02	23.02	02.03	09.03	16.03	23.03	30.03	06.04	13.04	20.04	27.04	04.05
194C	Hummelvolk Bombus Maxi																			
301C	Encarsia formosa 1000 Puppen																			
1517C	VerdaProtect 200 m ²	in Releasepoint einklippen																		
1658C	Release point für Viridaxis - Nützlinge	Ameisenschutz																		
40C	Amblyseius swirskii 25'000	nur Paprika gleichmässig abstreuen																		

		Kalenderwoche																		
Art	Bezeichnung	Info	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
			11.05	18.05	25.05	01.06	08.06	15.06	22.06	29.06	06.07	13.07	20.07	27.07	03.08	10.08	17.08	24.08	31.08	
194C	Hummelvolk Bombus Maxi			1							1									
301C	Encarsia formosa 1000 Puppen				1		1		1		1		1		1		1		1	
1517C	VerdaProtect 200 m ²	in Releasepoint einklippen			1		1		1		1		1		1		1			
1658C	Release point für Viridaxis - Nützlinge	Ameisenschutz			1															
40C	Amblyseius swirskii 25'000	nur Paprika gleichmässig abstreuen					1													

		Kalenderwoche																		
Art	Bezeichnung	Info	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
			07.09	14.09	21.09	28.09	05.10	12.10	19.10	26.10	02.11	09.11	16.11	23.11	30.11	07.12	14.12	21.12	28.12	
194C	Hummelvolk Bombus Maxi																			
301C	Encarsia formosa 1000 Puppen																			
1517C	VerdaProtect 200 m ²	in Releasepoint einklippen																		
1658C	Release point für Viridaxis - Nützlinge	Ameisenschutz																		
40C	Amblyseius swirskii 25'000	nur Paprika gleichmässig abstreuen																		

Anhang 3: Boniturschlüssel

Boniturschlüssel Samtfleckenbefall an Tomate

(Cladosporium fulvum, Syn.: Fulvia fulva, Passalora fulva, Mycovelloosiella fulva)

für Bonituren im Rahmen der Arbeitsgruppe Bauernparadeiser für die Saison 2013

nach EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) Guidelines PP 1/121 (2),
Copyright: MAFF, UK (British Crown Copyright)

abgeändert, Juli 2013

a) Befallsintensität (Boniturskala 1-9)visuelle Beurteilung des Blattes, dessen Mittelpunkt sich am nächsten zur festgelegten Höhe befindet
(Die Höhe wird je nach Entwicklungsstand und Entblätterung des Bestandes für die jeweilige Bonitur angemessen gewählt.)**b) Befallshöhe**

entspricht dem Abstand zwischen Boden und höchst gelegenem Samtfleck

c) Gesamthöhe der Pflanze

Anhang 4: Tabelle mit Befallsindexen je Sorte, Plot und Boniturtermin

Sorte	Plot	Bonitur 1	Bonitur 2	Bonitur 3	Bonitur 4	Bonitur 5	Ø Befalls-index
Berner Rose	1	0.48	1.82	4.32	13.10	26.05	9.15
Berner ROSE	2	1.03	1.51	2.60	8.44	21.04	6.92
Belafonte	1	0	0	0	0	0	0
Belafonte	2	0	0	0	0	0	0
Black Zebra	1	0.71	1.55	3.49	9.96	19.10	6.96
Black Zebra	2	0.78	1.48	3.20	6.42	14.07	5.19
Mango	1	0.44	0.85	2.63	7.09	16.67	5.56
Mango	2	1.26	1.30	5.68	8.57	15.39	6.44
Orange à gros fruit	1	0.44	0.50	2.22	3.25	8.13	2.91
Orange à gros fruit	2	1.06	1.12	3.02	3.16	3.53	2.38
Cuore di Bue Albenga	1	0.74	0.90	1.78	9.09	16.73	7.33
Cuore di Bue Albenga	2	0.80	1.63	3.79	7.95	22.50	5.85
Moneymaker	1	0.99	0.99	2.49	7.36	18.87	6.14
Moneymaker	2	0.70	1.89	4.32	10.94	24.19	8.41
Roterno F1	1	0	0	0	0	0	0
Roterno F1	2	0	0	0	0	0	0
De Berao Braun	1	0	1.13	1.03	1.25	10.47	2.58
De Berao Braun	2	0	0.21	2.90	10..31	14.78	
Campari F1	1	0	0	0.97	1.12	5.75	1.57
Campari F1	2	0	0	0	0	5.36	1.07
LA2443 «Stirling Castle»	1	0	0	1.39	2.30	4.05	1.55
LA2443 «Stirling Castle»	2	0	0	0.43	2.52	3.02	1.20
LA2445 «V-121»	1	0	0	2.60	3.06	5.40	2.21
LA2445 «V-121»	2	0	0	2.57	3.95	9.11	3.13
LA2446 «Purdue 135»	1	0	0	0	4.20	13.41	3.52
LA2446 «Purdue 135»	2	0	0	0	0	0	0
LA2444 «Vetomold»	1	0	0	0.86	1.98	12.78	3.12
LA2444 «Vetomold»	2	0	0	0.83	11.51	19.67	6.40
ph49	1	0	0	2.28	2.51	9.24	2.81
ph49	2	0	0	2.64	3.74	11.40	3.56
ph50	1	0	0	2.12	1.90	3.23	1.45
ph50	2	0	0	0.89	3.09	10.65	2.93
x21	1	0	0	0	0	0	0
x21	2	0	0	0	0	0	0
x22	1	0	0	0	0	0	0
x22	2	0	0	0	0	0	0
Resi	1	0	0	0	0	0	0
Resi	2	0	0	0	0	0	0

Anhang 5: Resultat Varianzanalyse AUDPC-Werte

Sortenname	Berner Rose	Black Zebra	Campari F1	Cuore di Bue Al- bega	De Ber- aro Braun	LA2443	LA2444	LA2445	LA2446	Mango	Money- maker	Orange à gros fruit	ph49
Black Zebra	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campari F1	2.8e-07	0.00118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cuore di Bue Albenga	1.00000	1.00000	1.6e-06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
De Beraro braun	0.00914	1.00000	0.50650	0.03180	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LA2443	1.5e-07	0.00120	1.00000	1.0e-06	0.69501	-	-	-	-	-	-	-	-
LA2444	0.70508	1.00000	0.78170	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-
LA2445	0.00299	0.45372	1.00000	0.00842	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-
LA2446	0.00048	0.07944	1.00000	0.00130	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-
Mango	1.00000	1.00000	0.00134	1.00000	1.00000	0.00141	1.00000	0.45056	0.07944	-	-	-	-
Moneymaker	1.00000	1.00000	3.5e-05	1.00000	0.24276	2.9e-05	1.00000	0.05321	0.00840	1.0000 0	-	-	-
Orange à gros Fruit	0.00073	0.46874	1.00000	0.00288	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.4687 4	0.03261	-	-
ph49	0.00023	0.23318	1.00000	0.00106	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.2355 8	0.01296	1.00000	-
ph50	4.1e-05	0.05916	1.00000	0.00020	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.0618 7	0.00283	1.00000	1.0000 0

Anhang 6: Poster Anhang

Silvia Odermatt
Bachelorstudiengang 2018
Umweltingenieurwesen
13. Januar 2022



Bachelorarbeit

Beurteilung ausgewählter Tomatensorten gegenüber der Samtfleckenkrankheit (*Cladosporium fulvum*)

Einleitung

Im ökologischen Anbau konnte in den letzten Jahren ein verstärkter Befall der Samtfleckenkrankheit verzeichnet werden. Durch die hohe Mutagenität des Pilzes *Cladosporium fulvum* werden immer wieder neue Pilzrassen gebildet, die bis anhin funktionierende Resistenzen durchbrechen. Bis anhin basierten solche Resistenzen auf Einkreuzung eines Resistenzgenes. Neue Ansätze basieren auf der Einkreuzung mehrerer Gene oder der Einkreuzung des alternativen Resistenzgens Ecp-2. In Rahmen dieser Bachelorarbeit, in Zusammenarbeit mit der Saatgutfirma Sativa Rheinau AG, wurde ein Feldversuch mit 19 verschiedenen Sorten durchgeführt. Es wurden Bonituren in Bezug auf den Samtfleckenbefall durchgeführt und geschaut, ob sich anhand qualitativer Bonituren Befallsunterschiede der monogenen und polygenen Resistenzen verzeichnen lassen.



Abbildung 1: Samtfleckenbefall einer Tomatenpflanze (Foto: Silvia Odermatt)

Material und Methode

Der Feldversuch wurde im Folientunnel 1 auf dem Campus Grüental an der ZHAW in Wädenswil durchgeführt. In drei Pflanzreihen wurden je zwei Plots der Sorten angebaut. Nach dem Auftreten der ersten Samtflecken anfangs August, wurden in einem zweiwöchigen Intervall Krankheitsbonituren durchgeführt. Auf zwei ermittelten Höhen wurde der Befall auf den Blattunterseiten in Prozenten geschätzt (Abb. 1). Die erhobenen Daten wurden je Boniturtermin und Einzelpflanze zu einem Befallsindex verrechnet und des weiteren die AUDPC (are under disease progress curve) ermittelt, welche den Befall der Einzelpflanze über die ganze Saison in einer Zahl ausdrückt. Anhand dieser Daten konnten Sortenunterschiede ermittelt werden.

Resultate

Das Boxplot-Diagramm (Abb. 2) stellt die Streuung der errechneten AUDPC-Werte graphisch dar. Die Sorten Belafonte (Ecp-2 Resistenz), Resi (evtl. partielle Resistenz), Roterno F1 (resistenter Standard), x21 und x22 (evtl. partielle Resistenz) blieben befallsfrei. Die höchsten Befallswerte konnten bei den Sorten Berner Rose (keine Resistenz), Moneymaker (anfälliger Standard) und Cuore di Bue Albenga (keine Resistenz) registriert werden. Mango (Ecp-2 Resistenz) und LA 2446 (Cf-4-Resistenz) wiesen eine Spaltung auf. Einige Individuen blieben befallsfrei, während andere befallen wurden. Dies deutet darauf hin, dass die Kreuzungslinie noch nicht stabil ist. Im Allgemeinen können funktionierende Resistenzen den Befall verhindern, verzögern oder eindämmen. Es können jedoch keine Rückschlüsse auf die Resistenzart gezogen werden.

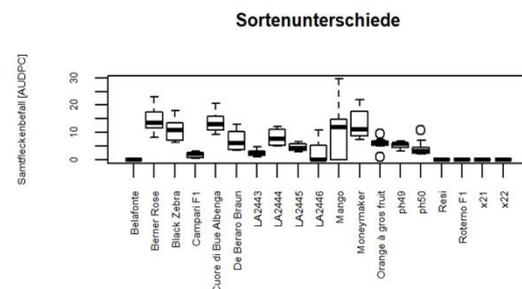


Abbildung 2: Streudiagramm der AUDPC-Werte je Sorte.

Diskussion

Der Befall nahm im Laufe der Saison zu, welches auf die Sekundärinfektion zurückzuführen ist. Da der Befall nicht bei allen Sorten gleichzeitig auftrat, kann dies auf die Sorten und dessen Resistenzen zurückzuführen sein. Resistenzdurchbrüche konnten auch im Versuch beobachtet werden, was die Aktualität der alternativen Züchtungsmethoden unterstützt. Der Versuch zeigte auf, dass die Einkreuzung des Cf-Ecp2-Gens und die Einkreuzung mehrere Cf-Gene pro Sorte Zukunft haben könnte. Bei einigen Sorten des Versuches ist der Züchtungsprozess noch nicht abgeschlossen. Es sind noch weitere Züchtungsarbeiten nötig, um stabile Linien zu erhalten. Dabei müssen die agronomischen Aspekte unbedingt miteinbezogen werden. Ob diese Ansätze die zukünftige Eindämmung des Erregers regeln, kann zum aktuellen Zeitpunkt nicht gesagt werden.

Quellen:
Bedlan, G., Detsch, A., Lammer, P., Renner, M., & Wagner, K. (2016). Samtfleckenresistenz bei Tomaten (Landliches Fortbildungszentrum, Österreich, Hrs.).
Lammer, P. (2014). Resistenz ausgewählter Tomaten-Linienresistenzen gegenüber der Samtfleckenkrankheit (Passalora fulva, syn. Cladosporium fulvum) unter biologischen Anbaubedingungen (Magisterarbeit, Universität für Bodenkultur). 131.
Meyer, U., Cabret, U., Biedermann, U., & Jordan, F. (2019). Samtfleckenresistenz an Tomate – Neue Wege in der Resistenzzüchtung.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.162524>
Thornema, B. P. H. J., Van Esse, H. P., Crous, P. W., & De Wit, P. J. G. M. (2005). Cladosporium fulvum (syn. Passalora fulva), a highly specialized plant pathogen as a model for functional studies on plant pathogenic mycosphaerellaceae. Molecular Plant Pathology, 6(4), 379–393. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3705.2005.00252.x>

7: Plagiatserklärung

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



Life Sciences und
Facility Management

Erklärung betreffend das selbständige Verfassen einer Bachelorarbeit im Departement Life Sciences und Facility Management

Mit der Abgabe dieser Bachelorarbeit versichert der/die Studierende, dass er/sie die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat.

Der/die unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Bachelorarbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urheberschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art treten Paragraph 39 und Paragraph 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmassnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum:

Obbürgen, 12.01.22

Unterschrift:



Das Original dieses Formulars ist bei der ZHAW-Version aller abgegebenen Bachelorarbeiten im Anhang mit Original-Unterschriften und -Datum (keine Kopie) einzufügen.

Zürcher Fachhochschule