

# **Einfluss der Behandlung auf allgemeine Stressantwort, Liponsäure und Haltbarkeit der Früchte (29.Juni 2021 – Januar 2022)**

## **Einleitung**

Ziel dieses Versuchs war die Wirkung des Gesamtkonzepts bestehend aus **AgroArgentum® Bor, AgroCyprum®, AgroFerrum®, AgroCalcium®** auf Tomaten (*Solanum lycopersicum* cultivar MicroTom) zu testen. Im Fokus stand neben dem Einfluss auf die allgemeine Stressantwort vor allem der Einfluss auf die Fruchtqualität.

Es konnte gezeigt werden, dass die Behandlung mit dem Gesamtkonzept von B+H Solutions einen Einfluss auf die allgemeine Stressantwort von Tomaten hat. Ebenso konnte ein Einfluss der Behandlung auf die Früchte gezeigt werden.

## Material und Methoden

### Angewandte Produkte

Der durchgeführte Versuch wurde mit dem vom Auftraggeber bereitgestellten Produkten nach Anweisung durchgeführt.

Produkt	Menge pro 10 m <sup>2</sup> pro Woche
<b>AgroArgentum® Bor</b>	0,2 mL
<b>AgroCyprum®</b>	0,06 mL
<b>AgroFerrum®</b>	0,06 mL
<b>AgroCalcium®</b>	2 mL

Die Aufwandmenge wurde Anhand der Topfoberfläche umgerechnet und entsprechend wöchentlich angewendet.

Die erste Anwendung erfolgte bei Aussaat, anschließend wurde wöchentlich behandelt.

### Aussaat, Umtopfen und Behandlung

Pikierplatten (QuickPot QP 150R) wurden mit Floragard Floraton 3 (3 1046131 PK) befüllt. Die Pikierplatten wurden mit Samen von Tomaten (*Solanum lycopersicum* cultivar MicroTom) versehen und in Trays gestellt. Nach der Keimung wurden Töpfe (14x14 cm, 1,5 L) Floraton 3 befüllt.

Anschließend wurden mithilfe eines 50 ml Reaktionsröhrchens eine Vertiefung pro Topf in die Substratoberfläche eingearbeitet. In diese Vertiefungen wurden Pflanzen aus den Pikierplatten entsprechend einer gleichmäßigen Größenverteilung ausgewählt und eingesetzt. Die Töpfe wurden anschließend auf Unterteller gestellt und im Pflanzregal unter LED-Beleuchtung kultiviert.

## **Temperatur und Beleuchtung**

Die Temperatur wurde mithilfe der rauminternen Klimaanlage unterstützt durch ein mobiles Klimagerät (DeLonghi PAC N82ECO) reguliert und betrug tagsüber 21-25°C. Die Beleuchtung erfolgte über Greenception GC-BAR-6/8 mit LED BAR light 390W LEDs. Diese liefern ein für die Photosynthese optimiertes Spektrum. Die Beleuchtungsintensität wurde so reguliert, dass den Pflanzen während der Tag-Phase an der Blattspitze eine tägliche Lichtdosis von  $\sim 15 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  zugeführt wurde.

## **Düngung**

Als Dünger wurde Compo Complete (6+4+6 NPK (+2 MgO)) nach Bedarf verwendet. Insgesamt wurden 72 mg Stickstoff und Kalium, 48 mg Phosphat und 24 mg Magnesium hinzugefüttert.

## **Datenerhebung Wachstum und Fruchtentwicklung**

Die Parameter Grünfläche und Gelbanteil wurden mithilfe einer firmeninternen Software über die Auszählung der grünen und gelben Pixel bestimmt. Als Größenstandard diente ein roter Klebepunkt mit bekanntem Durchmesser, der auf der Rückwand der Fotokammer angebracht war.

## **Ernte**

Zum Versuchsende wurden die Tomaten geerntet. Gewicht und Durchmesser der Früchte wurde bestimmt und der Reifegrad dokumentiert.

Anschließend erfolgte eine fotografische Dokumentation der Ernte.

## **Haltbarkeit der Früchte**

Die Früchte wurden bei der Ernte, eine Woche nach Ernte und zwei Wochen nach Ernte ausgezählt und in folgende Kategorien eingeteilt: Unreif, Reif, Getrocknet, Geschimmelt.

## **Bestimmung der ROS-Immunantwort**

Für die Bestimmung der ROS-Immunantwort wurden von jeder Pflanze

Proben entnommen und am darauffolgenden Tag für die Bestimmung der ROS-Immunantwort verwendet. Dadurch wurde die Attacke eines Pathogens auf die Pflanze simuliert und die bei der Pflanze ausgelöste Abwehrreaktion der Pflanze gemessen. Als Kontrolle dienten unbehandelte Pflanzen, die nicht bei Temperatur-Stress kultiviert wurden.

### **$\alpha$ -Liponsäure**

Aufschluss und Analyse der freien  $\alpha$ -Liponsäure erfolgte nach Durrani et al 2019<sup>i</sup>. Der Aufschluss für gebundene  $\alpha$ -Liponsäure erfolgte nach dem Protokoll von Yasuno und Wada (1998)<sup>ii</sup>.

Früchte wurden mit Flüssigstickstoff gefroren und gemörsert. Anschließend wurde das Material gefriergetrocknet und ebenfalls nach Durrani et al. 2019 aufgeschlossen und analysiert.

### **Lycopin**

Früchte wurden mit Flüssigstickstoff gefroren und gemörsert. Anschließend wurde das Material gefriergetrocknet. Eingewogenes Material wurde in Waschbenzin aufgenommen und anschließend das Spektrum analysiert. Es zeigten sich drei für Lycopin typische Peaks bei 443, 472 und 502 nm. Die Absorption wurde über einen Standard umgerechnet.

### **Brix**

Früchte wurden mit Flüssigstickstoff gefroren und gemörsert. Anschließend wurde das Material gefriergetrocknet. Eingewogenes Material wurde in Wasser aufgenommen und ab zentrifugiert. Der Überstand wurde im Refraktometer analysiert.

### **Statistik**

Die statistische Signifikanz der Daten wurde für jeden Datensatz individuell überprüft. Auf Normalverteilung wurde mithilfe des Shapiro-Wilk-Testes geprüft. Normalverteilte Daten wurden mithilfe des Bartlett-Test und nicht

normalverteilte Daten mithilfe des Levene-Test auf Varianzhomogenität überprüft.

Daten, die normalverteilt und varianzhomogen waren, wurden mit dem ungepaarten t-Test für unabhängige Stichproben mit gleicher Varianz ausgewertet. Daten, die nicht normalverteilt und varianzhomogen waren, wurden mit der einfaktoriellen Varianzanalyse ausgewertet. Daten, die normalverteilt und varianzinhomogen waren, wurden mit dem Welch *one-way* ANOVA Test ausgewertet. Daten, die weder normalverteilt noch varianzhomogen waren, wurden mit dem Kruskal-Wallis Test ausgewertet.

## Versuchsablauf

Datum	Tage nach Aussaat	Aktion
<b>29.06</b>	0	Aussaat und erste Behandlung
<b>21.07</b>	22	Analyse der Stressantwort
<b>18.08</b>	50	Liponsäure Messung
<b>19.08</b>	51	Pilzbefall. Behandlung mit Ortiva Pilzfrei (Compo)
<b>26.08</b>	58	Liponsäure Messung
	58	Dokumentation Pilzbefall
<b>31.08</b>	63	Behandlungsfehler
<b>06.09</b>	69	Start der Kurativbehandlung
<b>17.09</b>	80	1. Grünflächenanalyse
<b>08.10</b>	101	2. Grünflächenanalyse
<b>29.10</b>	122	Ernte der Früchte
<b>09.11</b>		Erste Analyse der Haltbarkeit
<b>12.11</b>		Gefriertrocknung einiger Früchte
<b>15.11</b>		Finale Auswertung der Haltbarkeit der Früchte
<b>19.11</b>		Liponsäure Messung
<b>06.12</b>		Analyse des Zuckergehalts der Früchte
<b>21.01</b>		Analyse des Lycopin Gehalts

## Ergebnis und Diskussion

### Analyse der Stressresistenz

Drei Wochen nach Aussaat wurde die Stressantwort der behandelten Pflanzen mit den unbehandelten Pflanzen verglichen (Abb. 1). Hierzu wurde in Pflanzenproben die Produktion von Sauerstoffradikalen ausgelöst (elizitiert). Man sieht keine Reaktion in den nicht elizitierten Proben, was zeigt, dass sowohl in der behandelten als auch in der unbehandelten Pflanzengruppe kein Stress herrschte. Die behandelte Pflanzengruppe zeigte aber eine deutliche Tendenz ( $p = 0,1$ ) zur signifikanten Erhöhung der Stressantwort im Vergleich zur unbehandelten Pflanzengruppe. Dies weist darauf hin, dass die Behandlung potenziell zu einer erhöhten Resistenz gegenüber Stressoren führt, da eine erhöhte, schnellere Stressantwort einen Vorteil verschafft. Dies betrifft nicht nur die Antwort auf biotische Stresse wie Pathogene, sondern kann auch die Antwort auf abiotische Stressoren wie zum Beispiel Hitze oder Dürre verstärken und behandelte Pflanzen Resistenter machen.

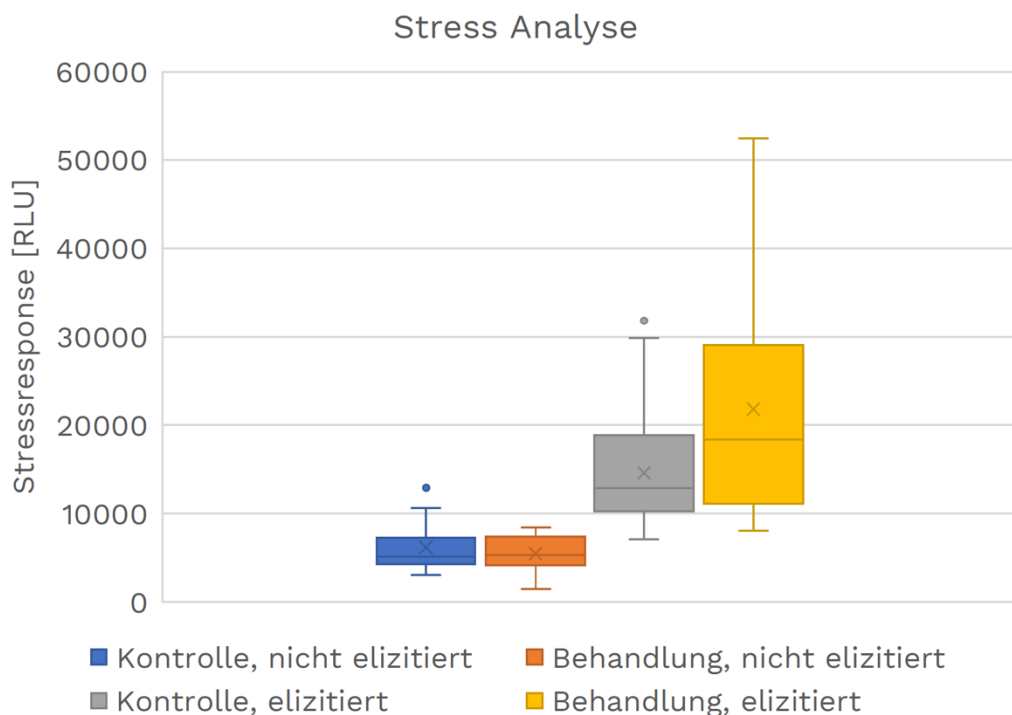


Abbildung 1: Stressanalyse behandelter und unbehandelter Tomatenpflanzen. Die nicht elizitierten Proben beider Gruppen (blau und orange) zeigen ein niedriges Stress-Level. Die Reaktion auf einen Stressor fällt in behandelten Pflanzen (gelb) höher aus als in unbehandelten Pflanzen (grau)



Im weiteren Verlauf des Experiments kam es zu einer ungeplanten Infektion, vermutlich durch *Fusarium oxysporum*. Die unteren Blätter verfärbten sich und bekamen dunkle Läsionen. Die befallenden Blätter wurden entfernt und alle Pflanzen wurden mit einem Fungizid behandelt. Nach einer Woche konnten erneut Symptome des Befalles an unbehandelten Pflanzen festgestellt werden. Die mit dem Gesamtkonzept von B+H Solutions behandelten Pflanzen waren zunächst weniger anfällig (Abb.2).

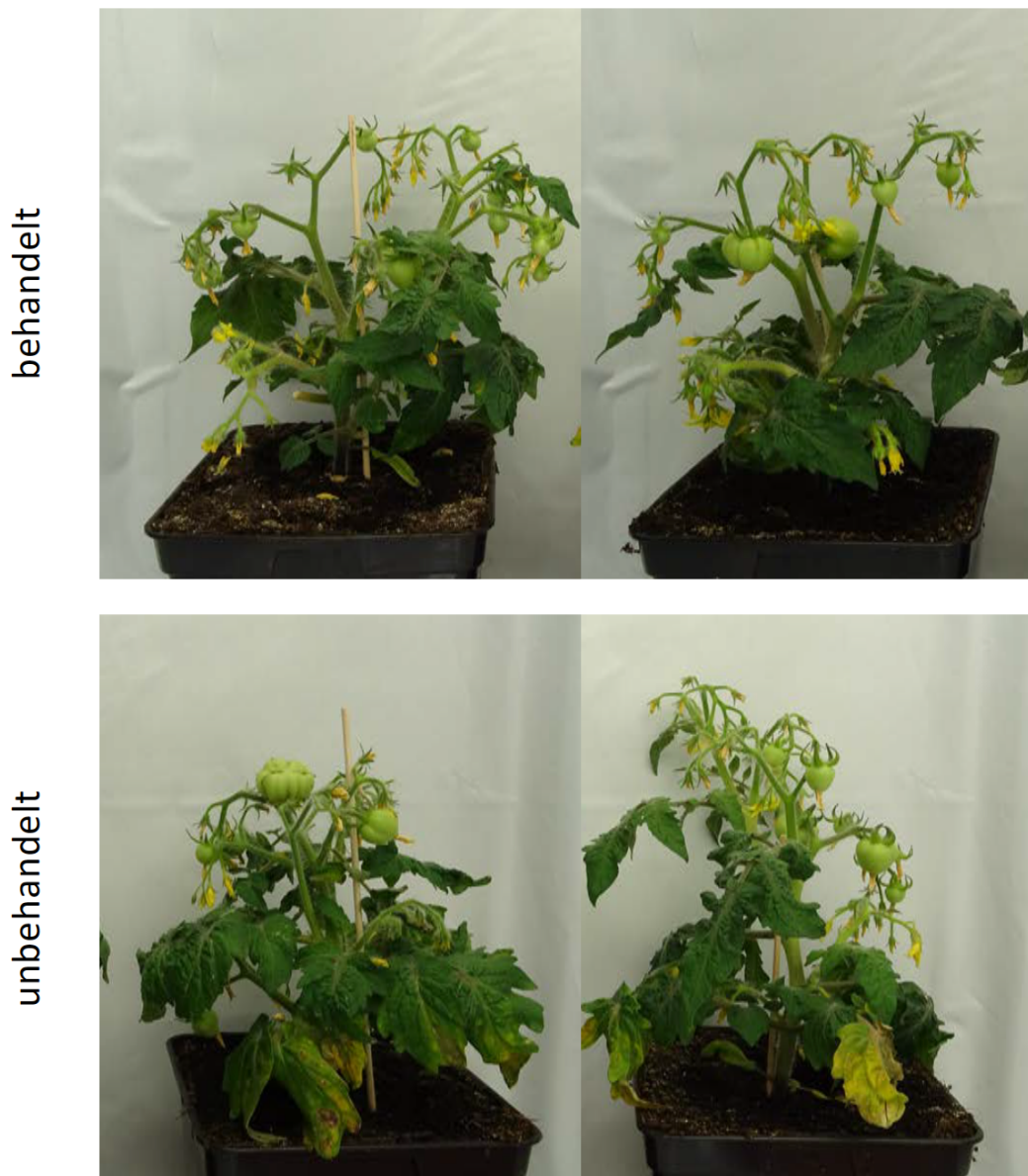


Abbildung 2: Wiederkehrender Pilzbefall. 58 Tage nach Aussaat, eine Woche nach erstem Auftreten der Infektion. An unbehandelten Pflanzen konnte die wiederkehrende Infektion detektiert werden, während behandelte Pflanzen noch keine Symptome zeigten.



Als die Infektion fortschritt wurde eine Kurativbehandlung mit dem Gesamtkonzept von B+H Solutions gestartet und die Entwicklung des Pilzbefalles wurde an zwei Zeitpunkten fotografisch dokumentiert (Anhang 1 und Anhang 2). Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Pflanzengruppen in Bezug auf Gesamtfläche (Biomasse) und Gelbanteil im Verlauf der Infektion festgestellt werden (Anhang 3).

In der Ersten Messung konnte bei gleicher Gesamtfläche der Pflanzen ein erhöhter prozentualer Anteil an gelber Fläche von 52% in den behandelten Pflanzen im Vergleich zu 47% Gelbanteil der unbehandelten Pflanzen festgestellt werden.

In der Zweiten Messung konnte für die behandelten Pflanzen jedoch eine erhöhte Gesamtfläche von 5% festgestellt werden. Ebenfalls war der Gelbanteil hier mit 62% im Vergleich zu 69% geringer. Zusätzlich wurde ein leicht erhöhter Rotanteil (4% statt 3%) bei den behandelten Pflanzen festgestellt. Da keine statistische Signifikanz festgestellt werden konnte, handelt es sich hierbei vermutlich um natürliche Schwankungen. Auch, dass in der ersten Messung die unbehandelten Pflanzen und in der zweiten Messung die behandelten Pflanzen einen geringeren Gelbanteil aufweisen, deutet darauf hin, dass es sich um natürliche Schwankungen handelt.

Der Pilzbefall konnte von der Kurativbehandlung nicht eingedämmt werden. Auch eine vorherige klassische Behandlung mit dem Fungizid Azoxystrobin zeigte keinen Erfolg. In der Literatur<sup>iii</sup> sind positive Effekte von induzierter Resistenz durch verschiedene Substanzen beschrieben, die sich in der Regel auf Infektionsreduktion zwischen 10 und 50% belaufen. *Fusarium* ist ein nekrotropher Pilz, der zum Absterben der Pflanze führt, daher wird eine solche Infektionsreduktion nur zu einem späteren Absterben führen.

Zu Beginn der Infektion konnte ein solcher Vorsprung (Abb. 2) gezeigt werden, der vermutlich durch die Behandlung mit dem Gesamtkonzept von B+H Solutions durch induzierte Resistenz ausgelöst wurde. Die durch die Behandlung erhöhte Stressantwort, die vor dem *Fusarium*-Ausbruch gemessen werden konnte (Abb. 1), deutet darauf hin, dass es sich hier ebenfalls um induzierte Resistenz handelt.

Der Befall der Pflanzen war sehr stark (Anhang 2). Bei einem leichteren oder späteren Befall wäre der Effekt der Kurativbehandlung vielleicht deutlicher geworden. Die Daten zeigen zum Ende der Behandlung noch eine leicht erhöhte Gesamt-Fläche, die zumindest ein Hinweis auf diese Wirkung sein kann. Bedingt durch die fehlende Signifikanz dieser Erhöhung, handelt es sich hier jedoch um Spekulation.

## Analyse von Sekundären Pflanzenstoffen

Sechs Wochen nach Aussaat erfolgte die Analyse von freier  $\alpha$ -Liponsäure im Gewebe der Pflanzen mittels HPLC-MS. Da keine freie  $\alpha$ -Liponsäure detektiert werden konnte wurde anschließend ein zweiter Aufschluss des Pflanzlichen Gewebes gemacht um proteingebundene  $\alpha$ -Liponsäuren zu analysieren. Auch hier konnte keine  $\alpha$ -Liponsäure in den Proben detektiert werden. Die Detektion des Standards erfolgte ohne Probleme.

Zu Versuchsende wurde ein Teil der Früchte auf den Gehalt an freier  $\alpha$ -Liponsäure hin untersucht. Hier konnte Ebenfalls keine  $\alpha$ -Liponsäure detektiert werden (Anhang 4). Die Detektion des Standards war gut möglich und zeigten, dass Konzentrationen von  $0,05\mu\text{g/g}$   $\alpha$ -Liponsäure innerhalb der Nachweisgrenze liegen. Die Messungen zeigen, dass die Menge an freier  $\alpha$ -Liponsäure unterhalb dieser Grenze in den hier verwendeten Proben lag. Der  $\alpha$ -Liponsäure Gehalt von Tomaten liegt laut Literatur bei  $0,5\mu\text{g/g}$ .

## Ernte und Qualität der Früchte

Die Pflanzen wurden so lange wie möglich angezogen. Als auf Grund des Pilzbefalls kein weiteres wachsen der Früchte mehr zu erwarten war, wurden die Früchte geerntet. Die Früchte wurden gezählt, gewogen, vermessen und der Reifegrad beurteilt.

Die Behandelten Pflanzen bildeten insgesamt 218 Früchte, 25% weniger als die unbehandelte Kontrollgruppe mit 258 Früchten. Die Früchte der behandelten Pflanzen waren aber im Durchschnitt 2% größer und 12% schwerer (nicht signifikant), so dass die Gesamternte der behandelten

Früchte nur 5% weniger als die der unbehandelten Pflanzen betrug. Der Reifegrad war bei den behandelten Pflanzen um 5% erhöht. Dieser Effekt war deutlich signifikant ( $p = 0,01$ ).

Für die weitere Beurteilung der Fruchtqualität wurde der Zuckergehalt (Brix) der Früchte bestimmt (Abb.). Hier zeigten die behandelten Früchte einen Zuckergehalt von 86% (Trockenmasse) und die unbehandelten Früchte einen Zuckergehalt von 78% (Trockenmasse). Diese Erhöhung von 8% zeigte mit einem  $p$  von 0,1 eine deutliche Tendenz zur Signifikanz. Der erhöhte Zuckergehalt ist ein Qualitätsmerkmal und zeigt einen positiven Effekt der Behandlung mit dem Gesamtkonzept auf.

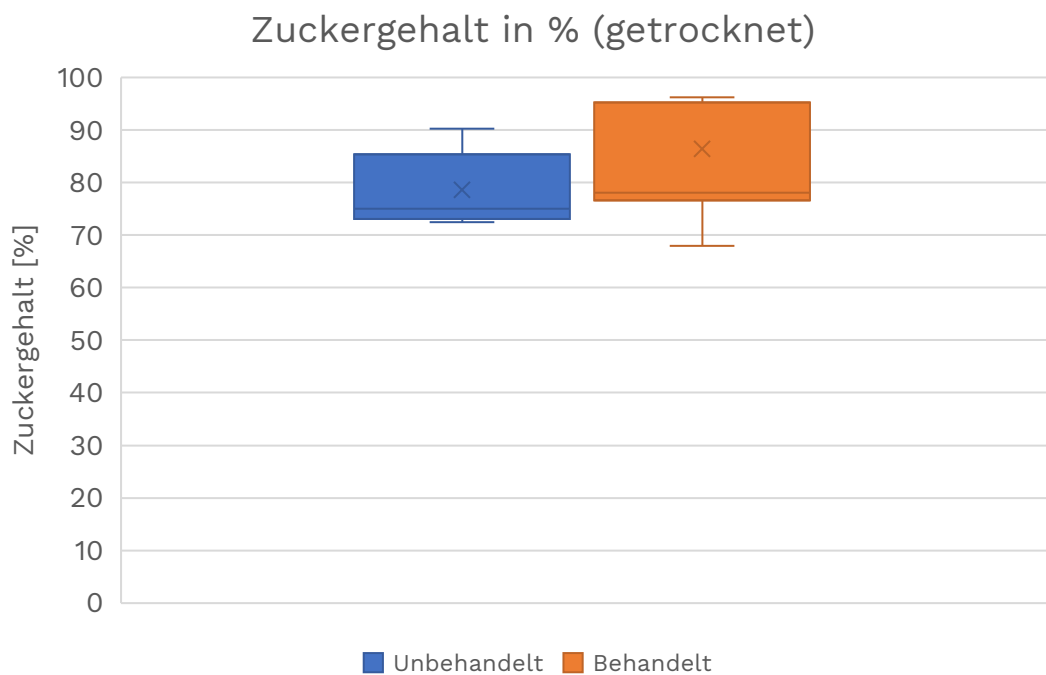


Abbildung 3: Zuckergehalt der getrockneten Früchte in Prozent der Trockenmasse. Die Früchte wurden bei  $-80^{\circ}\text{C}$  gemörsert und gefriergetrocknet, um die Trockenmasse zu bestimmen. Anschließend wurde der Zuckergehalt in Brix bestimmt, indem 70 mg eingewogen und in 1 ml Wasser aufgenommen wurden. Der in Lösung gegangene Zucker wurde anschließend mit einem Refraktometer bestimmt. Der erhaltene Brix-Wert wurde über eine Ausgleichsgerade in Zucker umgerechnet und der Prozentuale Anteil von Zucker des Trockengewichts bestimmt.

Die Früchte wurden ebenfalls auf Lycopingehalt untersucht. In behandelten Früchten ist der Lycopingehalt 25% niedriger als in den behandelten Früchten. Dieser Effekt ist signifikant ( $p=0,01$ ). Der Lycopingehalt ist ein Anzeichen für den Reifegrad. Die herabgesetzte Lycopin Konzentration, zusammen mit der niedrigeren Anzahl der Früchte kann ein Hinweis sein, dass die behandelten Tomatenpflanzen in ihrer Entwicklung nicht so weit vorangeschritten waren, wie die unbehandelten Früchte. Möglicherweise sind die unbehandelten Pflanzen aufgrund des Stresses durch den Pilzbefall in eine Notreife gefallen, welche zu kleineren, leichteren und reiferen Früchten geführt hat. Üblicherweise wird eine solche Notreife auch durch eine erhöhte Anzahl an Früchten begleitet und wird durch Stress ausgelöst. Die niedrigere Anzahl an größeren und weniger reifen Früchten nach Behandlung mit dem Gesamtkonzept von B+H Solutions ist ein Indiz dafür, dass die Pflanzen unter Pilzbefall weniger gestresst waren.

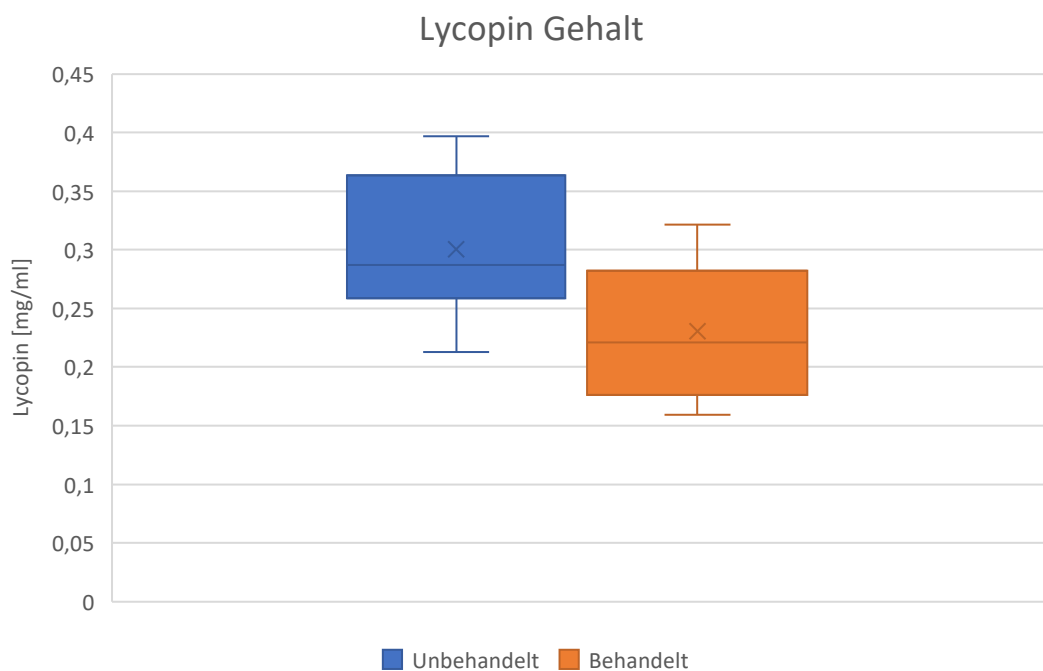


Abbildung 4: Lycopingehalt der Früchte. Die Früchte wurden bei  $-80^{\circ}\text{C}$  gemörsert und gefriergetrocknet, um die Trockenmasse zu bestimmen. Anschließend wurde der Lycopingehalt bestimmt, indem 25 mg eingewogen und in 1 ml Waschbenzin aufgenommen wurden. Das gelöste Lycopin wurde über Absorption quantifiziert und über eine Standardgerade umgerechnet.

## Haltbarkeit der Früchte

Die Früchte wurden nach der Ernte trocken und lichtgeschützt bei Raumtemperatur gelagert und in die Kategorien unreif, reif, getrocknet, geschimmelt unterteilt.

Zum Zeitpunkt der Ernte gab es keine geschimmelten Früchte, der Anteil an getrockneten Früchten an der Gesamternte lag mit 1% bei Behandelten Pflanzen und 1,6% bei unbehandelten Pflanzen. Die unbehandelten Pflanzen hatten 89,7% reife und 8,7 % unreife Früchte und die behandelten Pflanzen 87,7% und 11,3%. Zum Zeitpunkt der Ernte waren die behandelten Früchte im Durchschnitt weniger reif, die Daten waren aber nicht statistisch signifikant unterschiedlich.

Zehn Tage später waren bereits 67,9 % der Früchte unbehandelter Pflanzen im Prozess des Trocknens. Früchte wurden in die Kategorie „getrocknet“ eingestuft, sobald die Oberflächenspannung der Frucht nachließ und die Frucht faltig wurde. Früchte von behandelten Pflanzen waren zu 58,8 % getrocknet. Trotz des deutlichen Unterschieds waren die Daten nicht signifikant unterschiedlich.

Gut zwei Wochen nach der Ernte wurden die Früchte erneut begutachtet. Früchte der unbehandelten Pflanzen waren zu 90% getrocknet, Früchte der behandelten Pflanzen zu 82%. Dieser Unterschied war mit  $p = 0,01$  deutlich signifikant. 11,7% der Früchte von behandelten Pflanzen waren in der Kategorie „reif und unreif“ im Gegensatz zu 3,7% der Früchte der unbehandelten Gruppe. Die Anzahl reifer Früchte war deutlich signifikant unterschiedlich ( $p = 0,02$ ) und der Unterschied unreifer Früchte zeigte mit einem  $p$  von 0,1 eine deutliche Tendenz.

Tabelle 1: Einordnung der Früchte in Haltbarkeitsrelevante Kategorien nach der Ernte

	geschimmelt		getrocknet		reif		unreif	
	behandelt	unbehandelt	behandelt	unbehandelt	behandelt	unbehandelt	behandelt	unbehandelt
29. Okt	0	0	1	1,6	87,7	89,7	11,3	8,7
09. Nov	4,3	2,7	58,8	67,9	28,8	26,9	8,0	2,4
15. Nov	5,9	5,9	82,3	90,5	7,1	1,9	4,6	1,8

Es konnte gezeigt werden, dass die Behandlung der Pflanzen einen deutlichen Effekt auf die Haltbarkeit der Früchte hatte. Sowohl die Tatsache, dass die Früchte behandelter Pflanzen zum Zeitpunkt der Ernte eine niedrigere Seneszenz aufzeigten, als auch der erhöhte Zuckergehalt der Früchte könnte hier ein entscheidender Faktor sein.

## Fehlbehandlung

Am 31.08.2021 kam es einmalig zu einer Fehlbehandlung der Pflanzen. Hierdurch wurden willkürlich acht Pflanzen behandelt und 8 Pflanzen nicht behandelt. Die 16 Pflanzen, die bis zum Versuchsende angezogen wurden, lassen sich also theoretisch in 4 Gruppen aufteilen: 1. Durchgehend behandelt, 2. Durchgehend unbehandelt, 3. Einmalig behandelt 4. Einmalig unbehandelt.

Da die Behandlung wöchentlich erfolgte, ist anzunehmen, dass Gruppe 4, Pflanzen, bei denen eine Woche nicht behandelt wurde sich nicht von Pflanzen der Gruppe 1. Durchgehend behandelt unterscheiden. Möglicherweise könnte aber bereits eine einmalige Behandlung mit dem Gesamtkonzept einen Einfluss auf die Entwicklung der Pflanze haben. Zu diesem Zweck wurden die erhobenen Daten mittels Poly-Component-Analysis verglichen. Hier werden die Pflanzen abhängig von den erhobenen Daten in ein mehr dimensionales Diagramm eingetragen. Pflanzen mit ähnlichen Eigenschaften gruppieren sich.

Es konnte keine Pflanzengruppe ausgemacht werden, die sich deutlich von den beiden Gruppen „Behandelt“ und „Unbehandelt“ unterschied.



## Zusammenfassung

Ziel dieses Versuchs war die Wirkung des Gesamtkonzepts bestehend aus **AgroArgentum® Bor, AgroCyprum®, AgroFerrum®, AgroCalcium®** auf Tomaten (*Solanum lycopersicum* cultivar MicroTom) zu testen.

Es konnte gezeigt werden, dass die Behandlung mit dem B+H Solutions Gesamtkonzept einen positiven Einfluss auf die Stressresistenz von Tomaten hat. Im Stress freien Zustand konnte gezeigt werden, dass die Stressantwort durch die Behandlung positiv beeinflusst wird. Dies bedeutet, dass die Abwehr der Pflanzen durch die Behandlung verstärkt wird.

Durch einen ungeplanten Pilzbefall der Pflanzen konnte gezeigt werden, dass zunächst die behandelten Pflanzen resistenter waren und weniger Symptome zeigten als die unbehandelten Pflanzen. Es handelte sich vermutlich um einen Befall mit *Fusarium oxysporum*, ein besonders hartnäckiger Pilz, der viele Jahr in Substrat und Saatgut überdauern kann und auch gegen viele herkömmliche Fungizide resistent ist.

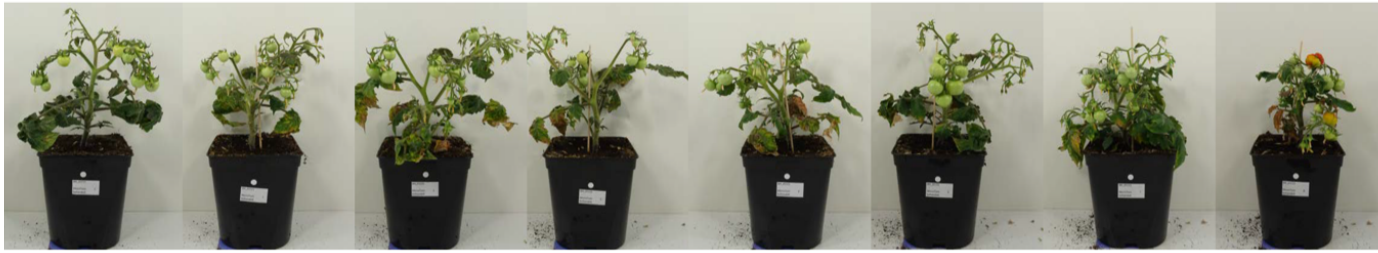
Trotz des Pilzbefalls konnten Früchte geerntet und analysiert werden. Die Früchte der unbehandelten Pflanzen waren in ihrer Anzahl deutlich erhöht, aber leichter als die Früchte der behandelten Pflanzen. Die optische Beurteilung des Reifegrads ergab mehr reife Früchte für die behandelten Pflanzen, die Analyse einer Stichprobe reifer Früchte ergab einen niedrigeren Lycopin Gehalt und einen erhöhten Zuckergehalt der behandelten Pflanzen im Vergleich zu den unbehandelten Pflanzen.

Im Test der Haltbarkeit zeigte die Behandlung ebenfalls einen positiven Effekt.

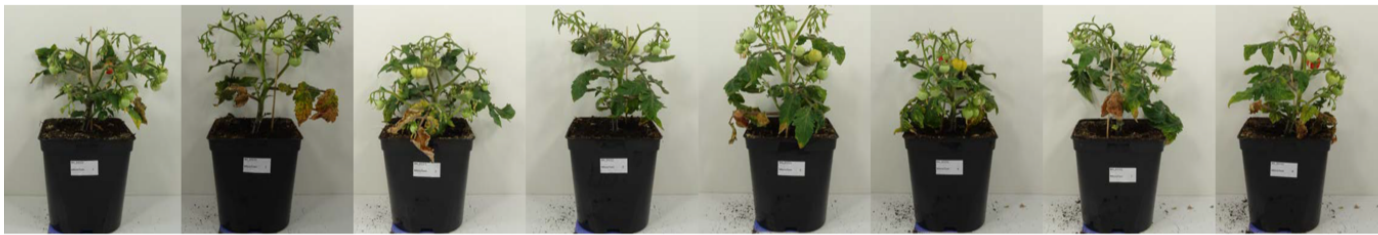
In diesem Versuch konnten mehrere positive Effekte der Behandlung mit dem Gesamtkonzept von B+H Solutions auf Tomaten in Bezug auf Stress-Toleranz und Fruchtqualität gezeigt werden.

## Anhang

behandelt



unbehandelt



Anhang 1: Dokumentation des Pilzbefalls 17.09.2022 der behandelten und unbehandelten Pflanzen.

behandelt

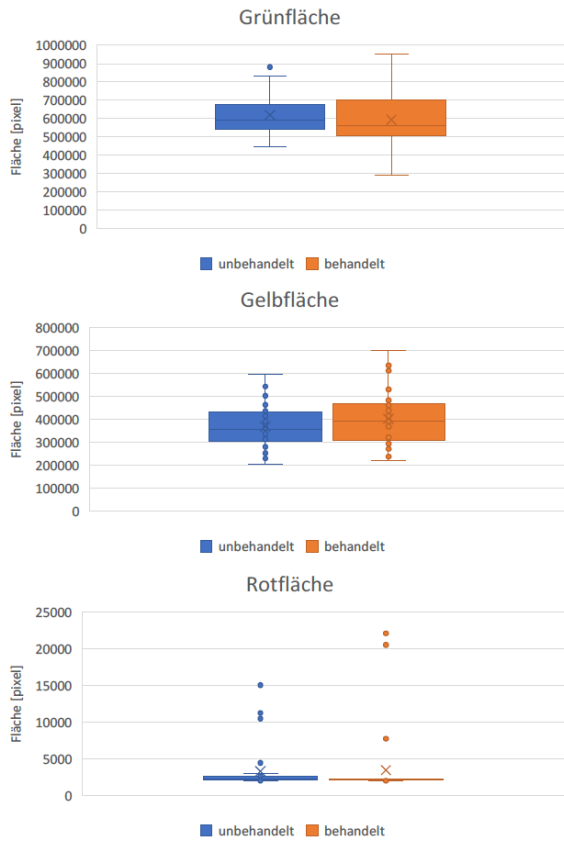


unbehandelt

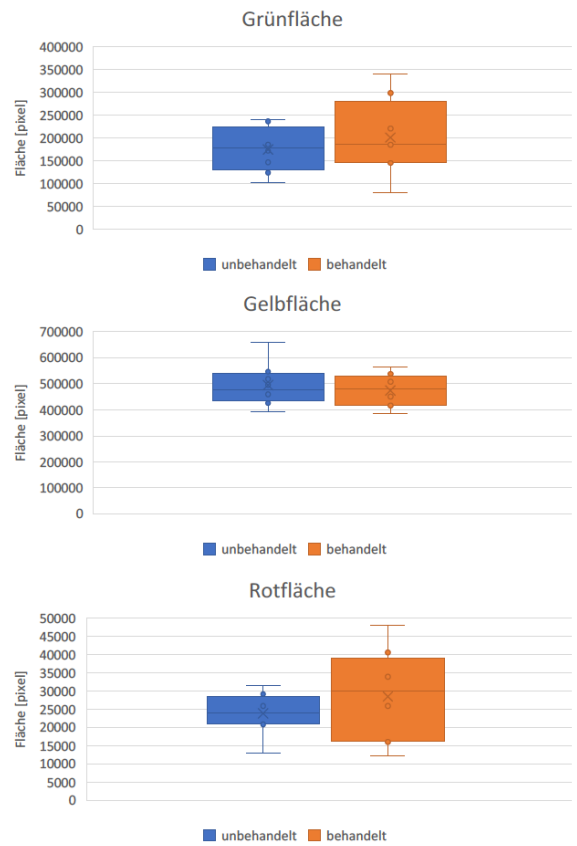


Anhang 2: Dokumentation des Pilzbefalls 8.10.2021 der behandelten und unbehandelten Pflanzen.

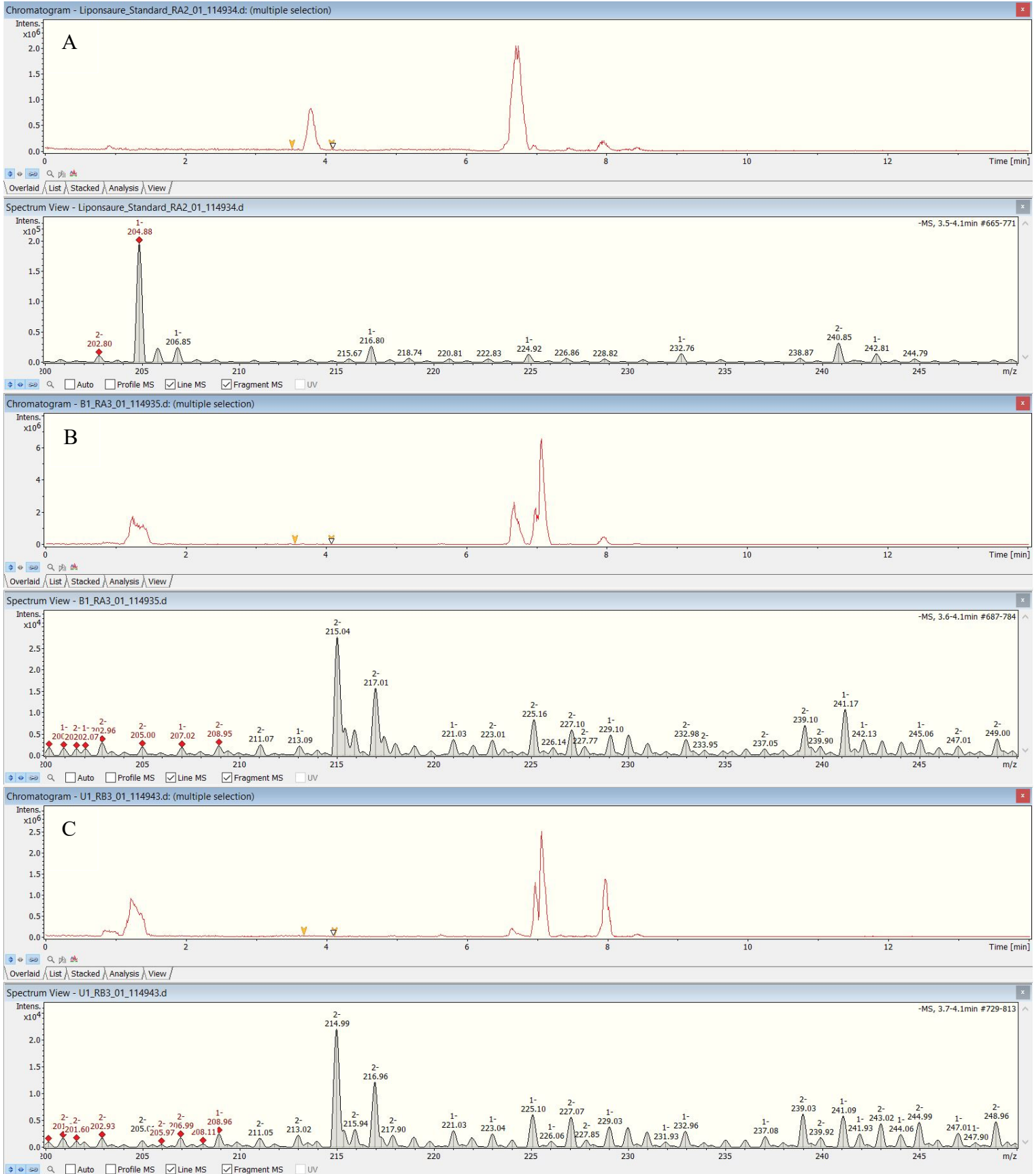
A



B

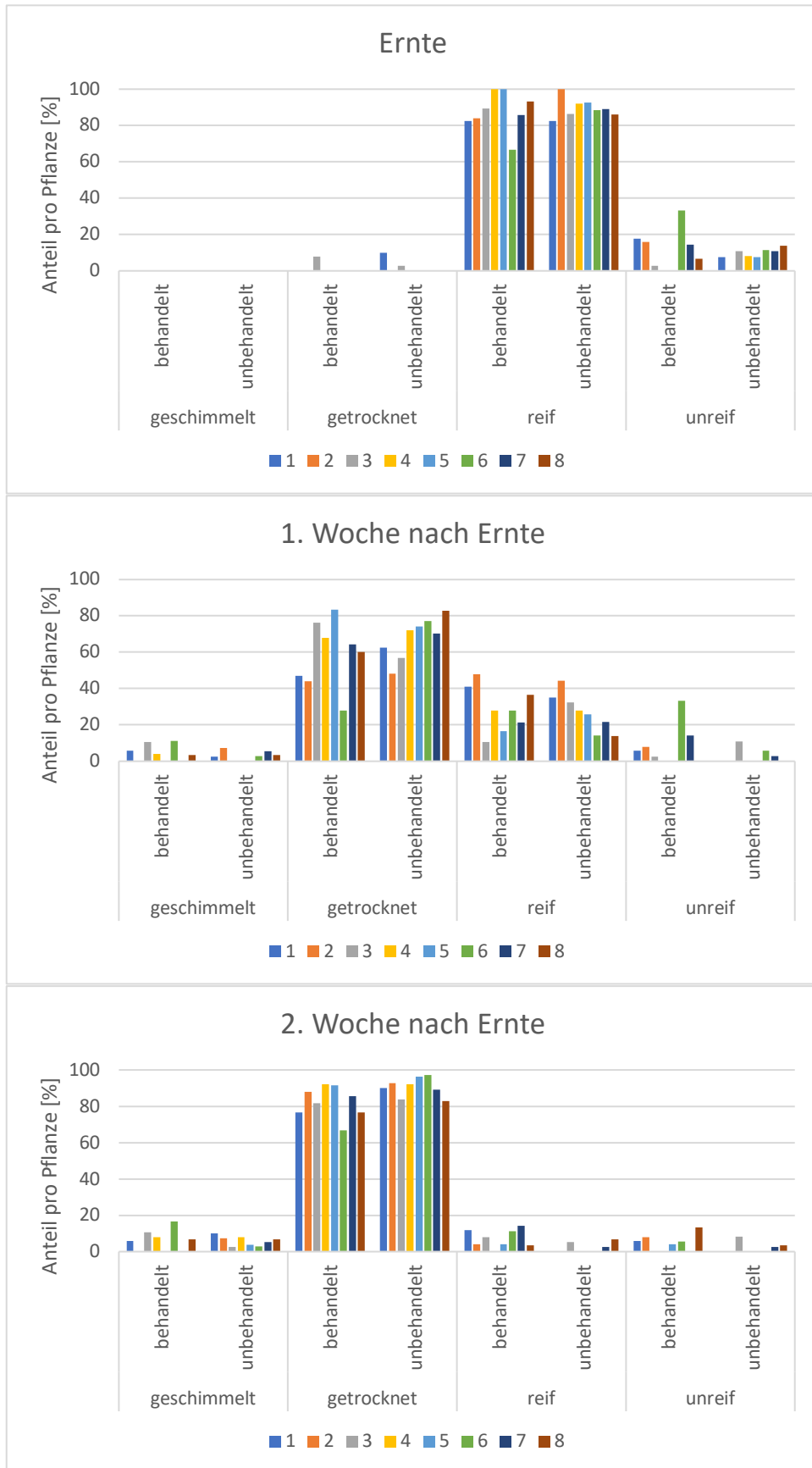


Anhang 3: Flächenanalyse der Pilzbefall-Dokumentationen vom 17.09 (A) und 08.10 (B)



Anhang 4: MS Analyse (A) Der  $\alpha$ -Liponsäure Standard eluiert bei 4 Minuten (markiert durch gelbe Pfeile) mit einer Masse von 204,88 U (B&C) kein Peak bei Minute 4 im Elugramm und keine korrespondierende Masse von 204,88 U sichtbar.





Anhang 5: Haltbarkeit der Früchte. Dargestellt ist der prozentuale Anteil der Früchte jeder Kategorie pro Pflanze

## Literatur

---

<sup>i</sup> Durrani, Arjumand I., et al. "Determination of free  $\alpha$ -lipoic acid in foodstuffs by HPLC coupled with CEAD and ESI-MS." *Food chemistry* 120.4 (2010): 1143-1148.

<sup>ii</sup> Yasuno, Rie, and Hajime Wada. "Biosynthesis of lipoic acid in Arabidopsis: cloning and characterization of the cDNA for lipoic acid synthase." *Plant physiology* 118.3 (1998): 935-943.

<sup>iii</sup> McGovern, R. J. "Management of tomato diseases caused by *Fusarium oxysporum*." *Crop Protection* 73 (2015): 78-92.