



Broccolisortenversuch im St. Galler Rheintal im Jahr 2023

Fungizidreduktion im Broccolianbau
Vergleich von Broccoli-sorten anhand der Verfahren betriebs-
üblich vs. ohne Fungizid

Zusammenarbeit: MIGROS Industrie – Fresh Food & Beverage Group, Verdunova AG, Conorti, LZSG Salez und BFH-HAFL Zollikofen

Finanzierung: MIGROS Industrie – Fresh Food & Beverage Group und Verdunova AG

Wissenschaftliche Begleitung: LZSG Salez und BFH-HAFL Zollikofen

Salez/ Zollikofen, Februar 2024

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	2
Zusammenfassung	5
1 Einleitung	6
1.1 Pilzkrankheiten im Broccolianbau	6
1.2 Notwendigkeit von Fungiziden zur Bekämpfung von Kopffäule und deren Herausforderungen	9
1.3 Ziele der Arbeit und Forschungsfragen	15
2 Material und Methoden	16
2.1 Allgemeine Methoden	16
2.1.1 Beschreibung der Versuchsanlegung	16
2.2 Broccolisatz 2 im Sommer/ Herbst	17
2.2.1 Feldkontrollen während der Wachstumsperiode	17
2.2.2 Krankheitsmonitoring vor der Ernte	18
2.2.3 Broccoliernte und Röseln	18
2.3 Statistische und grafische Auswertung der Daten	19
2.3.1 Ertragsvergleich aller Broccoliköpfe und der geröselten Broccoliköpfe	19
2.3.2 Vergleich der Ausbeute der geröselten Broccoliköpfe	19
2.3.3 Skalierungsvergleich der Sorten nach Kopf- und Blattfleckenbefall vor Ernte	20
2.3.3.1 Korrelation der Blattflecken und der Kopffäule	21
3 Ergebnisse	22
3.1 1. Broccolisatz	22
3.2 2. Broccolisatz	22
3.2.1 Erhebung des Ertrags der Broccoliköpfe	22
3.2.2 Erhebung des Ertrags der geröselten Broccoliköpfe	25
3.2.3 Erhebung der Ertragsausbeute der geröselten Broccoliköpfe	28
3.2.4 Erhebung zur Skalierung des Befalls an Blatt- und Kopfflecken	31
3.2.4.1 Korrelation der Blattflecken und der Kopffäule	35
4 Diskussion	36
4.1 1. Broccolisatz	36
4.2 2. Broccolisatz	36
5 Folgerungen	40
6 Literaturverzeichnis	43
Anhang	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Eigenschaften der total 31 Sorten der Züchter Bejo, Hazera, Reijk Zwaan, Sakata, Seminis und Syngenta aus beiden Broccolisätzen	10
Tabelle 2: Übersicht der Fungizide, die Stand Januar für die Bekämpfung von Pilzkrankheiten als Verursacher von Kopffäule in Broccoli zugelassen sind (www.psm.admin.ch)	14
Tabelle 3: Übersicht der p-Werte der Faktoren zu den Sorten «Batavia», «Crucible», «Larsson», «SV 32277 BL(Lord)» und «Titanium» aus Abbildung 17	27
Tabelle 4: Übersicht zu den fünf Sorten mit der höchsten prozentualen Ausbeute an marktfähigen Broccoliröschen bei der Verfahren «ohne Fungizid» sowie den drei Sorten mit der tiefsten prozentualen Ausbeute bei der Verfahren «betriebsüblich».	29
Tabelle 5: Übersicht der Sorten mit der höchsten Ausbeute (%) in marktfähig und Abgang an Broccoliröschen nach dem Röseln der 12 Broccoliköpfe beim Verfahren «ohne Fungizid»	40
Tabelle 6: Übersicht der Sorten mit den höchsten Durchschnittserträgen an geröselten Broccoliköpfe beim Verfahren «ohne Fungizid»	41
Tabelle 7: Übersicht der Sorten mit den höchsten Durchschnittserträgen an geröselten Broccoliköpfen beim Verfahren «betriebsüblich»	41

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Links: Typische Befallssymptome der Kohlhernie auf dem Wurzelwerk einer Broccolipflanze; Rechts: Fleckenweiser Kohlherniebefall in Broccoli	7
Abbildung 2: Links: Adernschwärze - Schwarze Leitbahnen an einer Blattrippe von Blumenkohl; rechts: Typische V-förmige Nekroseflecken vom Blattrand her	7
Abbildung 3: Links: Konzentrische Kreise sind typisch für Alternaria-Blattflecken; Mitte & Rechts: Alternaria-Befall auf Broccoli-Blume	8
Abbildung 4: Links: Falscher Mehltau an Broccoliblume; Mitte: Sporenbildung des Falschen Mehltaus auf der Blattunterseite; Rechts: Gelbe Flecken und Nekrosen durch Falschen Mehltau an der Blattoberseite	8
Abbildung 5: Links: <i>Pseudomonas sp.</i> an Blumenkohl; Rechts: Infektion mit Weichfäulebakterien auf einem Broccolikopf	8
Abbildung 6: Links: <i>Erwinia</i> an Broccoliröschen; Rechts: Die Weichfäule lässt das Gewebe glasig und matschig erscheinen. Zudem geht von befallenen Pflanzen oft ein sehr unangenehmer Geruch aus.	9
Abbildung 7: Vier reihige Pflanzmaschine TOP 24 der Firma Checchi & Magli beim Pflanzen von Broccoli mit einem gelben Tank für die Düngerlösung	16
Abbildung 8: Verlauf der Temperatur in °C (Maximum, Durchschnitt, Minimum) und des Niederschlages in mm oder l/m ² während des Versuchs vom 01. März bis 25. September 2023 der Station in Salez S	17
Abbildung 9: Boniturschema für Kopffäule bei Broccoli auf einer Skala von 0 bis 6	18
Abbildung 10: Je Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» sowie Wiederholung werden 12 Broccoliköpfe aus jeder Kleinparzelle geschnitten und gewogen.	18

Abbildung 11: Jede Probe aus Abbildung 10 wird nach dem Wägen für das anschliessende Blanchieren und Verpacken geröselt und nochmals gewogen.	18
Abbildung 12: Pflanztermin am 22. April 2023 bei nassen Bodenverhältnissen	22
Abbildung 13: Stehendes Wasser am 16. Mai 2023 nach Niederschlägen	22
Abbildung 14: Darstellung der Rohdatenverteilung des Ertrags der 12 Broccoliköpfe nach Sorte und Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» anhand des Mittelwerts und den Standardfehlern nach unten und oben.	23
Abbildung 15: Gewichtsvergleich der 12 geschnittenen Broccoliköpfe aller Sorten je Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» ohne Rücksicht auf Qualität und Krankheitsbefall.	24
Abbildung 16: Darstellung der Rohdatenverteilung des Ertrags der 12 geröselten Broccoliköpfe nach Sorte und Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» anhand des Mittelwerts und den Standardfehlern nach unten und oben.	25
Abbildung 17: Gewichtsvergleich der 12 geröselten Broccoliköpfe aller Sorten je Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» nach den Qualitätsnormen für zu verarbeitende Broccoliröschen.	26
Abbildung 18: Die fünf Sorten «Batavia», «Crucible», «Larsson», «SV 32277 BL(Lord)» und «Titanium» aus Abbildung 17 mit den höchsten Erträgen im Verfahren «ohne Fungizid» separat dargestellt.	28
Abbildung 19: Übersicht zum Ausbeutevergleich der Broccoliröschen in Prozent aller 29 Sorten der beiden Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» in Abgang und marktfähig anhand des Dirichlet-Mixed-Models in einer Abbildung.	29
Abbildung 20: Übersicht zum Ausbeutevergleich der Broccoliröschen in Prozent aller 29 Sorten der beiden Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» in Abgang und marktfähig anhand des Dirichlet-Mixed-Models von jeder einzelnen Sorte.	30
Abbildung 21: Vergleich der 29 Broccolisorten auf deren Befall an Blattflecken anhand der Skala von «0» mit «keinem Befall» bis «6» mit «starkem Befall».	31
Abbildung 22: Verteilung der Rohdaten der Kopffäule nach Sorte und Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» anhand des Mittelwerts und den Standardfehlern nach unten und oben sowie den Datenpunkte jeder Wiederholung anhand der Skala von «0» mit «keinem Befall» bis «6» mit «starkem Befall» vor der Broccoliernte.	32
Abbildung 23: Darstellungsvergleich der 29 Broccolisorten mit den Verfahren «betriebsüblich» und «ohne Fungizid» je Sorte mit Wahrscheinlichkeitssäulen je Befallsgrad von «0» mit «keinem Befall» bis «6» für «starken Befall».	33
Abbildung 24: Darstellungsvergleich der 29 Broccolisorten in Bezug auf deren Befall an Kopffäule mittels der Mittelwerte und 95 % Vertrauensintervall anhand der Skala von «0» mit «keinem Befall» bis «6» mit «starkem Befall».	34
Abbildung 25: Korrelation zwischen dem Befall an Blattflecken und dem Befall an Kopffäule mit Trendlinie dem R^2 -Bestimmtheitsmass.	35
Abbildung 26: Heterogene Kopfbildung im 1. Broccolisatz bei der Ernte anfangs Juli 2023 innerhalb einer Kleinparzelle	36
Abbildung 27: Links: Halbierte Broccoliröschen der Sorte «Batavia»; rechts: Broccolipflanze der Sorte «Batavia»	37

Abbildung 28: Links: Halbierte Broccoliröschen der Sorte «Crucible»; rechts: Broccolipflanze der Sorte «Crucible»	38
Abbildung 29: Links: Halbierte Broccoliröschen der Sorte «Larsson»; rechts: Broccolipflanze der Sorte «Larsson»	38
Abbildung 30: Links: Halbierte Broccoliröschen der Sorte «SV32277 BL(Lord)»; rechts: Broccolipflanze - Kopf der Sorte «SV32277 BL(Lord)» sitzt tief in der Pflanze mit Blätterdurchwuchs	38
Abbildung 31: Links: Halbierte Broccoliröschen der Sorte «Titanium»; rechts: Broccolipflanze der Sorte «Titanium»	38

Zusammenfassung

Broccoli ist sowohl im Frischkonsumanbau als auch für die Verarbeitung eine wichtige Kultur in der Schweiz. Insbesondere im Herbstanbau von Broccoli kommt es vermehrt zu Ausfällen aufgrund von Kopffäule. Kopffäule kann durch verschiedene pilzliche oder bakterielle Krankheitserreger verursacht werden, wobei *Alternaria* die grösste Bedeutung als Ursache von Kopffäule zugeschrieben wird. Aufgrund des Wachstumsverlaufs des Broccolis, der schwierigen Zulassungssituation bezüglich wirksamer Pflanzenschutzmittel und dem Infektionsverlauf von *Alternaria* ist es anspruchsvoll, Kopffäule im Feld zu unterdrücken. Deshalb sind präventive Massnahmen in der Bekämpfung zentral. Eine wichtige präventive Massnahme ist die Wahl resistenter Sorten. Zur Resistenz der Sorten gegen Kopffäule unter regionalen Anbaubedingungen im St. Galler Rheintal ist wenig bekannt. Deshalb wurde im Rahmen eines Feldversuchs ein umfangreicher Sortenversuch mit 30 Sorten durchgeführt. Die Sorten wurden jeweils in den beiden Verfahren «betriebsüblich» mit Fungiziden und «ohne Fungizid» angebaut. Bei Erntereife der Broccolipflanzen wurden der Kopffäulebefall sowie die Erträge erhoben, statistisch ausgewertet und zwischen den Sorten verglichen. Zentral für die Beurteilung der Sortenresistenz ist der Ertrag und der Kopffäulebefall im Verfahren «ohne Fungizid». Es zeigte sich, dass bei der Mehrheit der Sorten «ohne Fungizid» ein Totalausfall, also kein marktfähiger Ertrag, aufgrund von Kopffäulebefall zu verzeichnen war. Wenige Sorten lieferten im Verfahren «ohne Fungizid» einen marktfähigen Ertrag, der bis auf eine Sorte niedriger war als der Ertrag im Verfahren «betriebsüblich». Die Sorte «SV3227 BL (Lord)» stach im Verfahren «ohne Fungizid» besonders heraus, da sie als einzige Sorte einen vergleichbaren Ertrag mit dem Verfahren «ohne Fungizid» erzielte. Ihr Ertrag war jedoch deutlich niedriger als jener der ertragsstärksten Sorten im Verfahren «betriebsüblich». Die Resultate aus diesem einjährigen Versuch zeigen abschliessend, dass mit der aktuellen Sortenauswahl ein Broccolianbau im Verfahren «ohne Fungizid» unter den geltenden Qualitätsanforderungen nicht möglich ist.

Die Prüfung der Sorten in mehrjährigen regionalen Sortenprüfungsversuchen ist wichtig, um mögliche Diskrepanzen zwischen Sortenbeschreibungen und regionalen Anbaubedingungen zu eruieren und die Sortenleistungen fundiert beurteilen zu können.

1 Einleitung

Die Anbaufläche von Broccoli (SGA und Bio) hat in den letzten 10 Jahren in der Schweiz um 289.6 ha auf 771.4 ha im Jahr 2022 zugenommen (Schweizerische Zentralstelle für Gemüsebau, 2024). Rund ein Viertel dieser Anbaufläche liegt im Kanton St. Gallen, wobei sich der Anbau im St. Galler Rheintal konzentriert. Der Anbau findet vom Frühjahr bis in den Herbst statt. Rund die Hälfte der Broccolianbaufläche wird für den Frischkonsum verwendet, die andere Hälfte für die Verarbeitung, wie z.B. für TK-Broccoli.

1.1 Pilzkrankheiten im Broccolianbau

Broccoli kann von verschiedenen Pilz- und Bakterienkrankheiten befallen werden, die Kopffäule an den Blumen verursachen können. Kopffäule ist ein Sammelbegriff für Krankheiten oder auch physiologische Schäden, die dazu führen, dass Broccoliblumen faulen (Agroscope 2021). Unter den verschiedenen Pilzarten, die die Broccoliblume schädigen können, sind *Alternaria brassicae* und *Alternaria brassicaiola* besonders gefährlich. Ein weiteres Risiko für den Broccolianbau ist der Falsche Mehltau. Mischinfektionen, bei denen mehrere Krankheiten gleichzeitig vorhanden sind, können die Herausforderungen im Broccolianbau weiter verschärfen. Neben Pilzkrankheiten sind auch Bakterienkrankheiten wie *Pseudomonas* und *Erwinia* eine ernsthafte Bedrohung für die Blatt- und Kopfgesundheit im Broccolianbau. Pilz- und Bakterienkrankheiten können sowohl die Broccoliblume als auch die Broccoliblätter befallen. Infektionen der Blume können jedoch auch ohne vorgängigen Blattbefall stattfinden. Dies macht die Früherkennung der Kopffäule schwierig. Hauptverursacher der Kopffäule sind Alternariapilze. Die Alternaria-Erreger sind immer in Form von Sporen oder Mycel in infizierten Pflanzenrückständen im Boden vorhanden (Agroscope 2021). Ebenso können befallene Unkräuter der Familie der Kreuzblütler als Infektionsquelle dienen. Die Hauptverbreitung der Sporen erfolgt über den Wind. Für eine Infektion werden warmes und feuchtes Wetter benötigt. Das bedeutet 20-24°C und freies Wasser oder eine Luftfeuchtigkeit von mehr als 95 % (Agroscope 2021). Auf Grund der nötigen Infektionsbedingungen tritt Kopffäule vor allem nach Starkregen oder längeren Perioden mit warm-feuchten Bedingungen auf. Diese Bedingungen treten vor allem im Herbst auf und Herbstsätze sind infolgedessen besonders häufig von Kopffäule betroffen.

Übersicht der Pilzkrankheiten im Broccolianbau:

1. Kohlhernie *Plasmodiophora brassicae* (Abbildung 1)

Erreger:	Schleimpilz (Myxomyceten (Eumycetozoa)): heterotropher Organismus
Wirtspflanzen:	Familie der Kreuzblütler (→ inkl. Unkräuter!)
Symptome:	Kropfartige Verdickungen an Wurzel, oberirdisch welken Pflanzen (v.a. bei Hitze und Trockenheit nachmittags)
Verbreitung:	Anstieg der Infektionsgefahr bei hohen Bodentemperaturen sowie hoher Bodenfeuchte, in kalkarmen Böden
Problem:	Bildung von Dauersporen an Wurzeln, jahrelanges Überleben im Boden

Bekämpfung: Kalkung, kein Anbau von Kreuzblütlern auf Staunassen und verdichteten Böden, Anbaupausen, befallene Pflanzen ausreissen und entsorgen, Feldhygiene



Abbildung 1:Links: Typische Befallssymptome der Kohlhernie auf dem Wurzelwerk einer Broccoliipflanze (Agroscope); Rechts: Fleckenweiser Kohlherniebefall in Broccoli (R. Wahl)

2. Adernschwärze *Xanthomonas campestris* (Abbildung 2)

Erreger: Bakterium
Wirtspflanzen: Familie der Kreuzblütler (→ inkl. Unkräuter!)
Symptome: V-förmige Nekrosen vom Blattrand her, Ausbreitung der Bakterien verursacht braune bis schwarze Leitungsbahnen durch Verstopfung der Leitgefäße durch Bakterien
Befall: Bakterien treten durch Pflanzenöffnungen ein (Verletzungen oder Guttationsöffnungen am Blattrand), Temperaturen von 25-31°C und feuchte Bedingungen → rasante Vermehrung der Bakterien
Verbreitung: Mit Geisseln via Xylem, epidemieartige Ausbreitung bei geeigneten Bedingungen, Saatgut
Überdauerung: In Ernterückständen bis 2 Jahre, Boden bis 48 Tage
Bekämpfung: Vorbeugende Behandlungen alle 10-21 Tage wiederholen, Anbaupausen einhalten, Feldhygiene (Hirtentäschel!)



Abbildung 2: Links: Adernschwärze - Schwarze Leitbahnen an einer Blattrippe von Blumenkohl (Agroscope); rechts: Typische V-förmige Nekroseflecken vom Blattrand her (Bugwood Center)

3. Kohlschwärze (*Alternaria*) (Abbildung 3)

Erreger: Pilz *Alternaria brassicae* und *Alternaria brassicicola*
Symptome: Blattkrankheit bis Befall Blume bei Starkbefall, besonders gefährdet sind Spätsommer- und Herbstsätze, kleine dunkle Punkte mit konzentrischen Kreisen mit schwarzen Sporen, Starkbefall reduziert Widerstandsfähigkeit und Ertrag der Pflanze
Verbreitung: Sporenverteilung via Saatgut, Wind und Wasserspritzer
Bekämpfung: Nicht zu dichte Bestände → Bestand trocknet ab, ausgewogene Düngung, Bewässerungsmanagement → Abtrocknen der Kultur begünstigen, gebeiztes Saatgut, vorbeugende Behandlung



Abbildung 3: Links: Konzentrische Kreise sind typisch für Alternaria-Blattflecken; Mitte & Rechts: Alternaria-Befall auf Broccoli-Blume (Agroscope)

4. Falscher Mehltau (*Hyaloperonospora parasitica*) (Abbildung 4)

Erreger:	Pilz
Symptome:	Heller Sporenrasse an Blattunterseite, Blattoberseite zeigt gelbe Flecken, Blattunterseite zeigt grau-weißen Sporenbelag, Auftreten v.a. in Jungpflanzenanzucht jedoch auch bis ältere Bestände
Befall:	Gute Infektionsbedingungen bei 16 °C und hoher Luftfeuchtigkeit
Verbreitung:	Saatgut, Erntereste, Sporenzufug, Wirtspflanzen (Unkräuter!)
Überdauerung:	Boden, Ernterückständen, kann im Strunk über längere Zeit überdauern
Bekämpfung:	Fruchtfolge, Anbaupausen, zertifiziertes Saatgut, vorbeugende Behandlung



Abbildung 4: Links: Falscher Mehltau an Brocoliblume (R. L. Wick); Mitte: Sporenbildung des Falschen Mehltaus auf der Blattunterseite (Bugwood); Rechts: Gelbe Flecken und Nekrosen durch Falschen Mehltau an der Blattoberseite (BASF)

5. Kopffäule *Pseudomonas fluorescens* (Abbildung 5)

Erreger:	Bakterium
Symptome:	An Blätter und Blume (gelblich-braune Flecken bis zeretztes und gelöchertes Erscheinungsbild), Nassfäule, keine verfärbten Leitbahnen
Befall:	Eintritt via Verletzungen z.B. bei Kulturpflege, Verbrennung, Unwetter
Verbreitung:	Via infiziertes Saatgut, Ernterückstände (oberflächlich bearbeitet und zu wenig gut eingearbeitet ist problematisch), Erntegut, nicht einhalten der Kühlkette nach Ernte
Bekämpfung:	Vorbeugende Behandlung, zertifiziertes Saatgut, Fruchtfolge und Feldhygiene

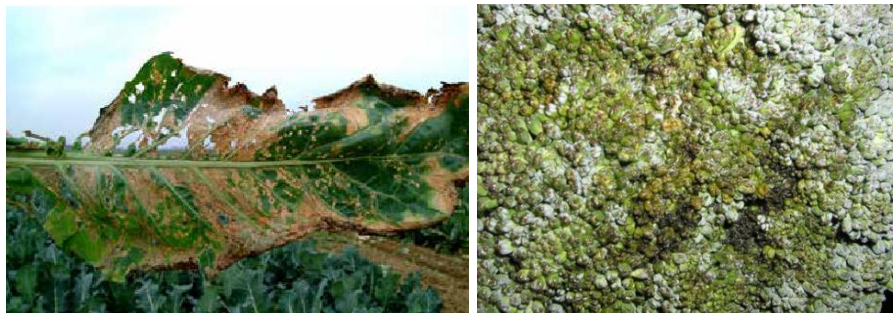


Abbildung 5: Links: *Pseudomonas sp.* an Blumenkohl (Josef Schlaghecken); Rechts: Infektion mit Weichfäulebakterien auf einem Broccolikopf (Departement of Primary Industries and Regional Development – Agriculture and Food)

6. Weichfäule *Erwinia carotovora* (Abbildung 6)

Erreger:	Bakterium
Symptome:	Wässrig-schleimige Weichfäule, vor oder nach Ernte wässrig braune Flecken an weiteren Pflanzenteilen und auch an Knospenaufreten, häufig Mischinfektionen auf Broccoliköpfen
Befall:	V.a. Strunk, oft Befall als Sekundärparasit
Verbreitung:	Via Schmierinfektionen nach der Ernte
Überdauerung:	Verseuchter Boden, in Pflanze via Verletzung an der Pflanze
Bekämpfung:	Fruchtfolge einhalten, Anbauunterbruch bei Befall, Feldhygiene, vorbeugende Behandlung



Abbildung 6: Links: *Erwinia* an Broccoliröschen (Steve Koike, TriCal Diagnostics); Rechts: Die Weichfäule lässt das Gewebe glasig und matschig erscheinen. Zudem geht von befallenen Pflanzen oft ein sehr unangenehmer Geruch aus. (Schlaghecken, Departement of Primary Industries and Regional Development – Agriculture and Food)

1.2 Notwendigkeit von Fungiziden zur Bekämpfung von Kopffäule und deren Herausforderungen

Die Kopffäule stellt im Broccolianbau eine bedeutende Herausforderung für die Erfüllung der Qualitätsziele dar, sowohl für den Frischkonsum als auch für die Verarbeitung, da Broccoli gemäss den Vorgaben von Qualiservice (2023) «frei von tierischen und pilzlichen Schädlingen sowie deren Schäden» sein muss. Nulltoleranz gegenüber Kopffäulebefall ist somit für Broccoli und seine Röschen vorgeschrieben. Ein Befall mit pilzlichen Schaderregern kann zur Rückweisung des Ernteguts führen. Eine grundlegende effektive Vorbeugung gegen Kopffäule erfolgt im integrierten Pflanzenschutz indirekt durch die gezielte Pflanzung von krankheitsresistenten Sorten, die den Krankheitserregern standhalten können. Bei der Sortenwahl können auch andere Parameter wie die Wuchsform vorbeugend gegen Kopffäulebefall wirken. Beispielsweise trocknen Broccoliköpfe bei «High Rise Sorten», bei denen die Position der Broccoliblume in der Pflanze nach oben gebracht wurde, trocknen schneller ab, was die Gefahr einer Kopffäuleinfektion reduziert. Eine andere physiologische Eigenschaft, die die Abwehr von Krankheitserregern erhöhen kann, ist eine dicke Wachsschicht. Dieser Parameter ist aber schwierig zu erfassen und wird bei Sortenlisten üblicherweise nicht angegeben.

Mehrere bedeutende Broccolizüchtungsfirmen haben sich darauf spezialisiert, widerstandsfähige Sorten für den Broccolianbau zu entwickeln. Einige der bekannten Firmen auf diesem Gebiet sind beispielsweise Bejo, Syngenta, Hazera, Reijk Zwaan, Sakata und Seminis.

Diese Firmen setzen modernste Züchtungstechnologien ein, um Broccolisorten mit erhöhter Resistenz gegenüber Krankheitserregern zu züchten (Tabelle 1). Die Auslobungen deren resistenten Sorten beinhalten eine Vielzahl von Merkmalen, die den Broccoli robust und widerstandsfähig machen.

Tabelle 1: Übersicht der Eigenschaften der total 31 Sorten der Züchter Bejo, Hazera, Reijk Zwaan, Sakata, Seminis und Syngenta aus beiden Broccolisätzen

Sorte	Züchter	Wachstums-tage	HR	IF	Beschreibung
Aquiles	Sakata	63-70	-	-	<ul style="list-style-type: none"> - Kompakter Wuchs mit feiner, hochrunder Blume - Gute Toleranz gegen Herzlosigkeit - Kopfgewichte von 350-500 g - Benötigt höhere N-Gehalte, ausreichende Bewässerung, gute Böden - Sehr frühe Sorte, für früheste Aussaaten geeignet
Ares	Sakata	65-70			<ul style="list-style-type: none"> - Kompakte Pflanze, dunkelgrüne mittelfeine Knospen - Schnellwachsende Sorte - Kopfgewicht: 400-600 g - Niedrige Kopfposition mit guter Hitzetoleranz - Schnelle Herbstsorte; Spätsommer-/ Herbstsorte - auch für Sommerpflanzung geeignet
Eos	Sakata	67-72			<ul style="list-style-type: none"> - Grosse, hochrunde Köpfe - gute Qualität - Relativ stark gegen Herzlosigkeit - Dunkelgrüne, feine Blumen - Kopfgewicht: 400-600 g - Frühjahrs- und Herbstanbau mit guter Kopfqualität - Wenig empfindlich für Seitentriebe
Naxos	Sakata	70-80			<ul style="list-style-type: none"> - Dunkelgrün, hochrund mit feinen Röschen - Kopfgewicht: 400-600 g - Hitzetoleranteste Sorte am Markt - Gut wüchsig mit aufrechtem Wuchs, N-effizient - Sommeranbau, Frühjahrsanbau nicht geeignet - Geeignet für milde und hochsommerliche Bedingungen (→ Mai bis Mitte Juni)
Per-seus	Sakata	70-80			<ul style="list-style-type: none"> - Aufrechter Wuchs, schöne, hochrunde Kopfform - Feine, dunkelgrüne Röschen - Kopfgewicht: 400-600 g - Empfohlen für Ernte in Spätsommer bis Frühherbst - Gewisse Hitzetoleranz - Empfohlene Frischmarktsorte
Triton	Sakata	73-83			<ul style="list-style-type: none"> - Hochrunder Kopf, feine dunkle Röschen - Verwendung: Frischmarkt und Verarbeitung - Etwas früher und leicht höhere Hitzetoleranz als Parthenon, Erträge vergleichbar - Kopfgewicht: 400-600 g - Empfohlen für Ernte in Spätsommer bis Frühherbst
Parthe non	Sakata	75-85			<ul style="list-style-type: none"> - Schwere, kompakte, hochrunde Köpfe mit sehr feinen, dunkelgrünen Röschen, Blumen mit kurzen Stielen - Verwendung: Frischmarkt und Verarbeitung - Wüchsige Pflanze mit ausgeprägten Wurzelsystem - Sehr stresstolerant und hohes Ertragspotential - Kopfgewicht: 400-600 g - Empfohlen für Ernte in Spätsommer bis Saisonende
Le-onidas	Sakata	90+	-	-	<p>Daten aus Spanien: https://fruittoday.com/en/sakatas-new-options-in-broccoli/</p> <ul style="list-style-type: none"> - Regelmässige Körnung der Röschen - Hohe Kopfposition für Pflanzengesundheit und einfache Ernte - Kopfgewicht: 450-550 g - Stark gegen Krankheiten z.B. Alternaria - Empfohlen für Ernte im Spätsommer bis Herbst

Vicario	Reijk Zwaan	-	Foc : 1	-	<ul style="list-style-type: none"> - Feinkörnige, gut gewölbte Blume, aufrechter Wuchs - Empfohlen für Frühsommerernte - zügige Entwicklung - Verwendung: Frischmarkt
Neliam	Reijk Zwaan	-	Foc : 1	-	<ul style="list-style-type: none"> - Dunkelgrüne, feste Blume mit festen Einzelröschen - Wuchskräftig, gleichmässige Abreife → rasche Ernte - Stark gegen Durchwuchs und hohle Strünke - Empfohlen für Ernte im Frühsommer bis Sommer - Verwendung: Frischmarkt
Lars-son	Reijk Zwaan	-	Foc : 1	-	<ul style="list-style-type: none"> - Schön gewölbte Blume, feste Einzelrosen, gleichmässiger Grösse - Wuchskräftig, gutes Wurzelsystem - Stark gegen Blattkrankheiten - Empfohlen für Herbstanbau - Rasche Ernte, gute Nacherntehaltbarkeit - Verwendung: Frischmarkt
25-BR 143	Reijk Zwaan	-	-	-	Keine Informationen vorhanden
25-BR 841	Reijk Zwaan	-	-	-	Keine Informationen vorhanden
Batavia	Bejo	65	Foc	Ac	<ul style="list-style-type: none"> - Schön geformte, hochrunde Blumen, feine Röschen - Schnellwachsende, kompakte Pflanze - Geringe Seitentriebbildung, stark gegen hohle Strünke - Robust gegen ungünstige Witterungsbedingungen - Empfohlen für Sommer-/Herbstanbau
Claremont	Bejo	65	Foc , Pb: 0,1 ,3	Ac	<ul style="list-style-type: none"> - Schnellwachsender Batavia-Typ - Kopfgewicht: > 500 g - Empfohlen für Sommer- und Herbstanbau - warme Temperaturen fördern Überreife (Gelbverfärbung und hohle Strünke)
Ironman	Seminis	65-85			<ul style="list-style-type: none"> - Kompakter Kopf, mittelgrosse dunkelgrüne Röschen - Wenig empfindlich für Herzlosigkeit - Stark gegen hohle Stiele und Durchwuchs - Kopfgewicht: 400-600 g - Empfohlen für Anbau von Frühjahr bis Herbst
SV1002 BL	Seminis	70-90			<ul style="list-style-type: none"> - Kompakte Blume mit hohem Röschenanteil - Gute Feldgesundheit (Laub und Blume) - Einfach zu ernten und putzen (wenig Laub am Stiel) - Stark gegen hohle Stiele und Durchwuchs - Gemässigten Klimazonen: geeignet für Sommeranbau - Kulturdauer: Ironman + 3-5 Tage - Verwendung: Frischmarkt und Verarbeitung
Spinna-ker	Seminis	60-80			<ul style="list-style-type: none"> - Kompakte, schwere Blume mit hohem Gewicht - High Rise Typ (→ gute Putzleistung) - Starke Wachsschicht auf der Blume - Konzentrierte Abreife (2-3 Tage schneller als Ironman) - Stark gegen Kopffäule und systemischen Mehltau - Verwendung: Frischmarkt - Empfehlung für den Herbstanbau
Crucible	Seminis	65-85			<ul style="list-style-type: none"> - Schwere, kompakte Köpfe - Blume leicht tiefer in Pflanze als bei High Rise Typ → Blume wird vor Sonneneinstrahlung geschützt - Wenig Blätter am Stiel → rasche Ernte - Kopfgewicht: 500-700 g (10-15 % mehr als Ironman) - Gleichmässige Bestandesentwicklung und Abreife - Empfohlen für Mitte Frühling- bis Herbstanbau

An- dersia	Seminis	88-92			<ul style="list-style-type: none"> - Feine kompakte Röschen - High Rise Typ (→ gute Putzleistung) - Rasche Abtrocknung → weniger Kopffäuleanfällig - Gleichmässige Bestandesentwicklung und Ernte - Gute Haltbarkeit bei Reife - Verwendung: Frischmarkt und Verarbeitung - Empfehlung für Frühjahrs- und Herbstanbau
Shard	Seminis	80-88			<ul style="list-style-type: none"> - Schwergewichtssorte von Seminis - Kompakte, schwere Blumen mit feiner Körnung - High Rise Typ (→ gute Putzleistung) - Kopfgewicht: 550-650 g, bis 800 g Röschenanteil - Empfehlung für Frühjahrs-, Sommer- bis Herbstanbau
Tita- nium	Seminis	84-88			<ul style="list-style-type: none"> - Feine Körnung, kompakte und kleine Röschen - High Rise Typ (→ gute Putzleistung), Andersia höhersitzend - Gleichmässige Bestandesentwicklung und Ernte - Kopfgewicht: sehr hoch (z.T. > 1 kg) - Gute Haltbarkeit bei Erreichen der Reife (Feld, Kühler – ganz/ geröselt) - Verwendung: Verarbeitung (→ Röschenproduktion) - Empfehlung für Frühjahrs- und Herbstanbau
Tapei	Seminis	80-85			<ul style="list-style-type: none"> - Kompakte Blume - High Rise Typ (→ gute Putzleistung) - Kopfgewicht: Gewichte > 1 kg, 70 % Röschenanteil - Gleichmässige Abreife - Verwendung: Frischmarkt und Verarbeitung - Starke Wachsschicht - tolerant gegen systemischen Mehltau und Kopffäule - Empfehlung für Herbstanbau
SV 32277 BL(Lord)	Seminis	60 - 70	-	-	<p>Wenige Informationen vorhanden</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kompakte Blume mit hohem Röschenanteil - Dunkelgrüne Blume sitzt tief in Pflanze - Einfach zu ernten und putzen (wenig Laub am Stiel) - Sehr gute Feldgesundheit (Laub und Blume) - Kopfgewicht: Gutes Ertragspotential - Robust gegen schwierigen Wachstumsbedingungen - Verwendung: Frischmarkt und Verarbeitung - Stark gegen hohle Stiele und gegen Durchwuchs - Empfehlung für Frühjahr- bis Herbstanbau
Pharlap	Hazera	70-80	-	-	<ul style="list-style-type: none"> - Feste Knospen, schöne Kopfwölbung - Kräftige und robuste Pflanze mit aufrechtem Habitus - Stark gegen hohle Strünke - Kopfgewicht: 500 g +, gute Ernteleistungen - Verwendung: Frischmarkt - Empfehlung für Frühjahr- und Herbstanbau
Baby- lon	Hazera	70-75	-	-	<ul style="list-style-type: none"> - Kurze und kompakte Triebe - Kopfgewicht: 500 g + - Sehr stark gegen hohle Strünke und Durchwuchs - Nicht anfällig für Mehltau in der Blume - Einfach zu entblättern - Aufrechte Pflanze, einfach zu entblättern → gute Ernteeigenschaften - Verwendung: Frischmarkt - Empfehlung für Spätsommer- und Herbstanbau
Gongg a	Syngenta	75-85	-	-	<ul style="list-style-type: none"> - Ansprechende Pilzform und dunkelgrüne Farbe - Kopfgewichte: sichere Vermarktungsgewichte - Gute Nacherntehaltbarkeit - Stresstolerant und gesund - Verwendung: Frischmarkt

					- Empfehlung für Frühjahrs- bis Sommeranbau
Mc Lauren	Syngent a	73-78	Pb	-	- Dunkelgrüne kleine Röschen - Kopfgewicht: hohes spezifisches Gewicht - Hohe Produktequalität: sehr ansprechender Stängel, kein hohler Strunk, geringe Seitentriebbildung - Kohlhernieresistenz - Anbau- und Ertragssicherheit auf Kohlhernie befallenen Flächen - Mittlere Hitzeempfindlichkeit - Verwendung: Frischmarkt - Empfehlung für Frühjahrs- bis Spätsommeranbau
SGD 20-5022	Syngent a	ca. 75	-	-	Wenige Informationen vorhanden - Kompakte Blume - Gute Wuchsleistung - Verwendung: Frischmarkt
SGD 20-5023	Syngent a	ca. 72	-	-	Wenige Informationen vorhanden - Fest und kompakte Blume - Gute Wuchsleistung – guter Ertrag - Verwendung: Frischmarkt
Beany	Syngent a	75-85			- Fester Kopf und feine Röschen - Zuverlässige Wachstumsperiode, mittlere Wuchskraft - Geringe Seitentriebbildung - Schlechte Hitzeverträglichkeit, mittlere Lagerfähigkeit - Verwendung: Frischmarkt und Verarbeitung - Empfehlung in Holland: Frühling- bis Herbstanbau

Foc: *Fusarium oxysporum* f. sp. *Conglutinans* Fusarium Welke

Ac: *Albugo candida* Weissler Rost

Pb: *Plasmodiophora brassicae* Kohlhernie

HR: High Resistance

IR: Intermediate Resistance

Unter den Broccolisorten aller Züchter keine Sorte befindet, bei der eine beschriebene Resistenz gegen kopffäuleverursachende Erreger vorliegt (Tabelle 1). Nur bei wenigen Sorten wird eine Toleranz gegen Kopffäule, falschem Mehltau oder im Allgemeinen die gute Gesundheit von den Züchtern verbal ausgedrückt. Von Sakata ist das beispielsweise die Sorte «Leonidas». Diese soll gemäss Sakata «strong against diseases» sein. Genauer spezifiziert in Bezug auf die Krankheiten wurden diese Angaben nicht. Die Züchtungsfirma Reijk Zwaan wiederum hat mit ihrer Sorte "Larsson" eine Sorte entwickelt, die nicht nur resistent gegen Krankheitserreger respektive stark gegen Blattkrankheiten sei, sondern auch eine lange Haltbarkeitsdauer aufweisen soll. Die Sorten «Andersia», «Taipei», «SV1002BL» und «Spinnaker» von Seminis stellen eine weitere bemerkenswerte Entwicklung im «High Rise Konzept» dar. Die Sorten «Andersia», «Taipei» und «Spinnaker» sollen «stark gegen Kopffäule und systemischen Mehltau» sein. Insbesondere soll die stark aus der Pflanze herausstehende Blume der Sorten «Andersia» die rasche Abtrocknung der Pflanze fördern und somit die Kopffäuleproblematik reduzieren. «Babylon» ist eine Sorte der Züchtungsfirma Hazera mit einer geringen Anfälligkeit gegenüber Mehltau in der Blume. Im Sortenbeschrieb der Züchtungsfirma Syngenta werden nur bei der Sorte «Gongga» wenig spezifische Angaben im Zusammenhang mit der Pflanzengesundheit gemacht.

Zusätzlich zur Sortenwahl werden im Broccolianbau weitere vorbeugende Massnahmen gegen Krankheiten umgesetzt. Dazu Massnahmen mit dem Ziel einer guten Fruchtfolgehygiene, nach Möglichkeit die

Reduktion der Feuchtigkeit im Bestand sowie die Förderung einer raschen Abtrocknung des Bestandes. Letztere Ziele können beispielsweise durch die Wahl geeigneter Bewässerungsmassnahmen oder Pflanzmuster erreicht werden.

Ist eine Sorte nicht tolerant oder wurde ihre Toleranz durchbrochen, können trotz vorbeugenden Massnahmen dennoch Pilzinfektionen stattfinden, die zu Kopffäule führen. Auch bei regelmässiger Feldkontrollen ist in diesem Fall eine Früherkennung der Kopffäule schwierig. Denn die Infektion ist meist nicht an der Blumenoberfläche sichtbar, sondern beginnt an den Stielchen der Einzelblüten. Da die Erstinfektion unter der Blumenoberfläche liegt ist der Pilz dort auch gut vor Fungiziden geschützt, was dessen Ausbreitung begünstigt. Bei der Bekämpfung der Kopffäule mit Fungiziden ergeben sich mehrere Herausforderungen in Bezug auf die Applikationstechnik sowie auf die Eigenschaften der für die Bekämpfung verfügbaren Fungizide (Tabelle 2).

Tabelle 2: Übersicht der Fungizide, die Stand Januar für die Bekämpfung von Pilzkrankheiten als Verursacher von Kopffäule in Broccoli zugelassen sind (www.psm.admin.ch)

Wirkstoff	FRAC-Gruppe	Wirkungsweise	Wirkstoffaufnahme und Verteilung in der Pflanze
Difenoconazol	G1 – Sterol-Biosynthese-Hemmer	Vorbeugender und kurativer Einsatz	Verteilung translaminar im Blatt, systemisch in den Neuzuwachs
Tebuconazol			
Azoxystrobin	C3: Quinone outside Inhibitors =Strobilurine	Vorbeugender Einsatz	Kontaktfungizide bilden fungiziden Belag auf behandeltem Gewebe, geringe lokalsystemische Verteilung
Pyraclostrobin			
Trifloxistrobin			
Fludioxonil	E2: Osmotische Signal Transduction	Vorbeugender Einsatz	Kontaktfungizid
Fluopyram	C2: Komplex II Succinate-dehydrogenase Inhibitoren	Vorbeugender und kurativer Einsatz	Kontaktfungizide bilden fungiziden Belag auf behandeltem Gewebe, akropetale Nachverteilung des Wirkstoffes in den Neuzuwachs
Boscalid			
Fluxapyroxad			
Kupfer	M: klassische Kontaktfungizide	Ausschliesslich vorbeugender Einsatz	Kontaktfungizide bilden fungiziden Belag auf behandeltem Gewebe, keine Verlagerung, ausschliesslich vorbeugend wirksam, Neuzuwachs wird nicht geschützt

Mit Ausnahme der Sterol-Biosynthese-Hemmer sind darunter ausschliesslich Kontaktfungizide (Tabelle 2). Das heisst, die Fungizide sind belagsbildend, wirken nur an dem Ort, an dem sie auf die Pflanze auf-treffen und können nicht in die Pflanze eindringen, oder sich in ihr über die Leitbündel verteilen. Die Fungizide töten Sporen ab, wirken also präventiv im Vorfeld einer Infektion. Daraus ergeben sich hauptsächlich zwei Probleme: Erstens müssen die Fungizide vor der Infektion ausgebracht werden, da sie nach bereits stattgefundenener Infektion keine Wirkung mehr haben. Zweitens können die Fungizide mit

keinem der auf dem Markt erhältlichen Geräten der Applikationstechnik auf die an den geeigneten Wirkungsort, nämlich in die Broccoliblume, gebracht werden. Weiter kommt der Verdünnungseffekt der Fungizide auf der Pflanzenoberfläche durch das starke Wachstum der Blume hinzu. Die letzte Anwendung von Fungiziden vor der Ernte erfolgt entsprechend der Wartefristen der Produkte. Dies geschieht, wenn die Broccoliblume die Grösse eines Zweifrankenstücks erreicht hat. Denn die Dauer von der Kopfbildung der Pflanze bis zum erntereifen Broccoli beträgt lediglich rund zwei Wochen. Das Wachstum der Broccoliblume sowohl die Oberfläche als auch das Volumen in dieser Zeit ist enorm. Ein angemessener Schutz der Broccoliblume ist somit schwierig möglich.

1.3 Ziele der Arbeit und Forschungsfragen

Die Umsetzung von vorbeugenden Massnahmen im Broccolianbau und dem Schutz der Kulturen durch Fungizide reichen aus den oben beschriebenen Gründen nicht immer aus, um die Blumen vor Kopffäule zu schützen. Einer ganzheitlichen Bekämpfungsstrategie gegen Kopffäule liegt im integrierten Pflanzenschutz die Wahl von resistenten Sorten zu Grunde. Da die Züchtung aber nicht in der Schweiz stattfindet, fragt sich, welche Sorten sich unter den Schweizer bzw. regionalen Anbaubedingungen eignen würden. Dies soll in einem Anbauversuch ergründet werden. Zudem hat der Versuch zum Ziel das Potential der Fungizidreduktion beim Anbau von Broccoli durch die Auswahl geeigneter resistenter Sorten zu prüfen. Daraus ergaben sich folgende Forschungsfragen:

1. Was für einen Einfluss hat das Verfahren «ohne Fungizid» auf die 30 Broccolisorten (früh, mittel und späte Sorten) bezüglich Pilzkrankheiten?
2. Ist ein Einfluss auf die Kopfgewichte je Broccolisorte hinsichtlich betriebsüblicher Fungizidstrategie vs. ohne Fungizid zu verzeichnen?
3. Welche Sorten eignen sich/ eignen sich nicht für die klimatischen Bedingungen und dem Krankheitsdruck im St. Galler Rheintal?
4. Sind Unterschiede beim ersten und zweiten Broccolisatz bezüglich des Auftretens von Pilzkrankheiten vorhanden?
5. Bei welchen Sorten resultieren die besten Ertragsparameter nach dem Abzug durch den Verlust des Rösels?

2 Material und Methoden

In den folgenden Kapiteln werden die Methoden zu den beiden Versuche der beiden Broccolisätzen im Frühling/ Sommer sowie Sommer/Herbst beschrieben.

2.1 Allgemeine Methoden

2.1.1 Beschreibung der Versuchsanlegung

In der Kalenderwoche 16, am 22. April 2023, wurde der erste Broccolisatz mit der Pflanzmaschine TOP 24 der Firma Checchi & Magli des Gemüsebaubetriebs Conorti gesetzt (Abbildung 7). Zuvor wurde der Boden gepflügt und mit einer Kreiselegge bearbeitet. Der zweite Satz wurde in der Kalenderwoche 28, am 15. Juli 2023 gesetzt. Als Bodenbearbeitung wurde zuvor gepflügt und anschliessend gespatet. Die Düngung erfolgte gemäss der Düngernorm für Broccoli (Ag-



Abbildung 7: Vier-reihige Pflanzmaschine TOP 24 der Firma Checchi & Magli beim Pflanzen von Broccoli mit einem gelben Tank für die Düngerlösung

roscope, 2023). Die Pflanzmaschine setzt jeweils zwei Beete à 1.50 m Breite mit insgesamt vier Pflanzreihen auf einmal. Dies entspricht einer Kleinparzelle von 3 m in der Breite und 5 m in der Länge, in der jeweils eine Sorte randomisiert gepflanzt wurde. Der erste Satz mit 28 Sorten wurde in Salez auf einer Parzelle des Gemüseproduzenten Marco Beglinger (47.229529, 9.501080) anhand dem Versuchsplan gepflanzt (Anhang 1). Der zweite Satz mit 29 Sorten wurde auf einer Parzelle der Strafanstalt Saxerriet in Sennwald (47.226994, 9.491414) anhand dem Versuchsplan (Anhang 2) gepflanzt. Die gesamten Sorten, welche in den beiden Sätzen gepflanzt wurden, sind im Anhang 3 ersichtlich.

Bei der Pflanzung erhält jede Broccolipflanze rund 2 dl Nährlösung. Dies gibt der Pflanze einen optimalen Start und reduziert vor allem in heissen und trockenen Sommer die Wassergabe nach dem Pflanzen in der Wachstumszeit.

Vor dem Pflanztermin des ersten Broccolisatzes in der Kalenderwoche KW 16 gab es viel Niederschlag, sodass die Böden bei der Pflanzung am 22. April stark vernässt waren (Abbildung 8).

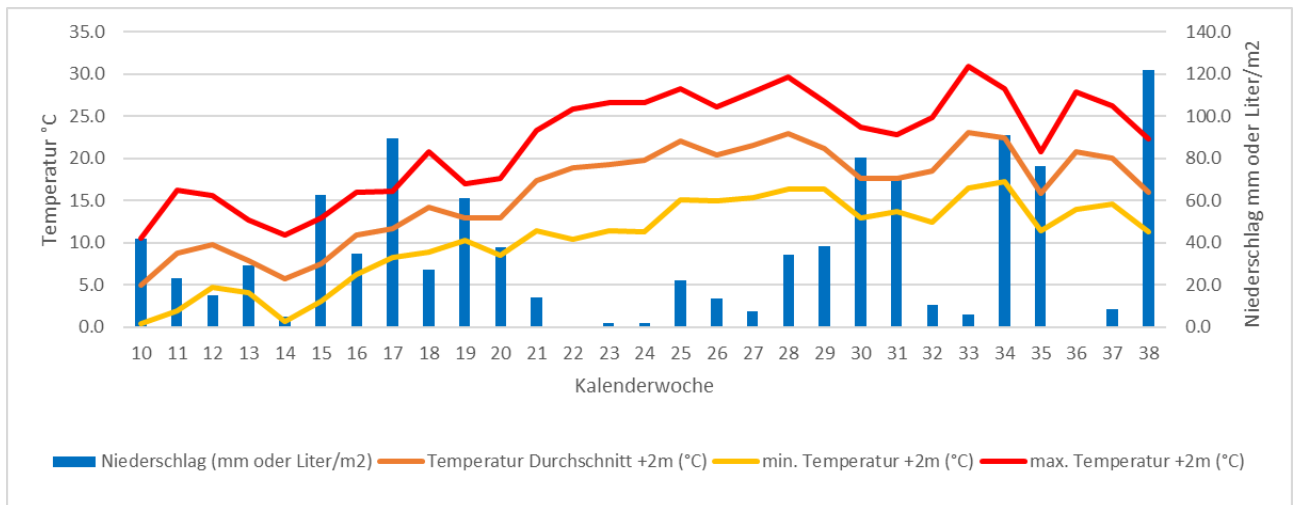


Abbildung 8: Verlauf der Temperatur in °C (Maximum, Durchschnitt, Minimum) und des Niederschlages in mm oder l/m² während des Versuchs vom 01. März bis 25. September 2023 der Station in Salez SG (Quelle nach Agrometeo, ohne Datum, eigene Darstellung)

2.2 Broccolisatz 2 im Sommer/ Herbst

In den folgenden Kapiteln werden die Methoden zu den Ertragserhebungen im Feld für den zweiten Broccolisortenversuch im Sommer/ Herbst beschrieben.

2.2.1 Feldkontrollen während der Wachstumsperiode

Während des Wachstumsprozesses wurde wöchentlich mindestens eine Kontrollrunde in der Versuchsfläche durchgeführt. Dabei wurde nicht nur der Zustand des Pflanzenwachstums bewertet, sondern auch das Auftreten verschiedener Schädlinge wie Kohlerdföhe, Kohldrehherz gallmücken, Kohlmottenschildläuse und blattfressende Raupen überwacht. Gleichzeitig wurden Feldkontrollen für Pilzkrankheiten wie Phoma, Falscher Mehltau und Alternaria durchgeführt, die Blattflecken verursachen. Die Diagnose der Pilzkrankheiten erfolgte durch die Analyse von Sporen unter dem Mikroskop. Im Rahmen der Feldkontrollen wurde auch die Entwicklung der Unkrautpopulation beobachtet. Basierend auf diesen Beobachtungen wurden Massnahmen zur Pflege des Broccoliversuchs festgelegt.

2.2.2 Krankheitsmonitoring vor der Ernte

Im zweiten Broccolisatz Sommer/ Herbst wurde jede Kleinparzelle vor der Erntebonitur fotografiert. Zudem wurden die Broccolipflanzen nach deren Befall durch Kopffäule und Blattflecken anhand folgender Skala für Kopffäule, der Cornell University, beurteilt (Abbildung 9). Die Zahl «0» definiert keinen Befall und «6» starker Befall. Bei der Bonitur der Blattflecken wird die gleiche Skala von «0» als keinen Befall bis «6» als starken Befall verwendet.



Abbildung 9: Boniturschema für Kopffäule bei Broccoli auf einer Skala von 0 bis 6 (Quelle: C. Hoepfing der Cornell University)

2.2.3 Broccoliernte und Röseln

In jeder Kleinparzelle, die jeweils vier Broccolipflanzenreihen in zwei Beeten nebeneinander mit den Massen 3 m Breite und 5 m Länge umfasst, werden in den mittleren beiden Reihen 12 Broccoliköpfe in ein Gebinde geschnitten und mit Etiketten beschriftet (Abbildung 10). Dieses Gebinde wird anschließend gewogen und die Broccoliköpfe, welche Kopffäule aufweisen und dadurch die Qualitätsanforderungen für das Röseln nicht erfüllen, werden aussortiert. Die aussortierten Köpfe, welche nicht geröselt werden, werden von der Gesamtanzahl der 12 geschnittenen Broccoli abgezogen. Das Gewicht der mit dem Messer von Hand geröselten Broccoliköpfe wird anschliessend erhoben (Abbildung 11).



Abbildung 10: Je Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» sowie Wiederholung werden 12 Broccoliköpfe aus jeder Kleinparzelle geschnitten und gewogen.



Abbildung 11: Jede Probe aus Abbildung 10 wird nach dem Wägen für das anschließende Blanchieren und Verpacken geröselt und nochmals gewogen.

Die Ernte des ersten Broccolisatzes im Frühling/ Sommer dauerte vom 03. Juli 2023 bis am 17. Juli 2023, jeweils zwei Mal die Woche montags und donnerstags. Die Ernte des zweiten Broccolisatzes im Sommer/ Herbst fand am 25. September 2023 und am 28. September 2023 statt. Anschliessend wurden die Proben in der Verdunova AG verarbeitet.

2.3 Statistische und grafische Auswertung der Daten

In den folgenden Unterkapiteln werden die Methoden der statistischen und grafischen Auswertung der Daten vom zweiten Broccolisatz Sommer/Herbst erläutert.

2.3.1 Ertragsvergleich aller Broccoliköpfe und der geröselten Broccoliköpfe

Bei den Ertragsbonituren, welche in Kapitel 2.2.3 Broccoliernte und Röseln beschrieben werden, werden die Erträge von 12 Broccoliköpfe von jeder Kleinparzelle (Sorte, Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich») von allen 29 Sorten, miteinander verglichen und statistisch ausgewertet.

Weiter werden die Gewichte der 12 geröselten Broccoliköpfe je Kleinparzelle, die effektiv aufgrund des Erreichens der Qualitätsanforderungen verarbeitet, sprich anschliessend verkauft werden können, statistisch ausgewertet.

Für beide Analysen wurde ein gemischtes lineares Modell verwendet. Das Modell setzte sich wie folgt zusammen:

$$\text{Ertrag} = \mu + \text{Sorte}_{\text{fix}} * \text{Verfahren}_{\text{fix}} + \text{Wiederholung}_{\text{random}} + \text{Rest}_{\text{random}}$$

Wobei die Variablen wie folgt definiert sind:

- Ertrag: Ertrag der 12 Broccoliköpfe, Ertrag der 12 geröselten Broccoliköpfe
- Sorte: 29 Sorten (vgl. Anhang 3)
- Verfahren: ohne Fungizid, betriebsüblich
- Wiederholung: 1 bis 6 (→ je Verfahren 3 Wiederholungen)

Gearbeitet wurde mit der Software R 4.3.1 und den Paketen «tidyverse» (Wickham et al. 2019), «sjPlot» (Lüdecke 2021a), «sjmisc» (Lüdecke 2018), «sjlabelled» (Lüdecke 2021b), «multcompView» (Graves et al. 2019), «ggpubr» (Kassambara 2020), «lmerTest» (Kuznetsova et al. 2017), «emmeans» (Russell 2020) und «ggplot2» (Wickham 2016).

2.3.2 Vergleich der Ausbeute der geröselten Broccoliköpfe

Anhand der Differenz der Ertragsbonituren aus Kapitel 2.2.3 Broccoliernte und Röseln vom Gewicht der 12 Broccoliköpfe und dem Gewicht der geröselten 12 Broccoliköpfe resultiert die Ausbeute in Prozent für marktfähige Röschen und Abgang. Da die beiden Zielvariablen Prozentvariablen sind, werden diese anhand folgendem Dirichlet Mixed Model ausgewertet. Das Dirichlet-Modell ist die Erweiterung des Beta-Modells für die Modellierung von Anteilen und Wahrscheinlichkeiten auf mehr als zwei Kategorien. Für $y_i \in (0,1)$ kann die Dichte der Dirichlet-Verteilung für K Kategorien kann wie folgt geschrieben werden:

$$p(y_i | \mu_1, \dots, \mu_K, \phi) = \frac{1}{B((\mu_1, \dots, \mu_K)\phi)} \prod_{k=1}^K y_{ik}^{\mu_k \phi - 1}.$$

Hierbei bezeichnet μ_k den Erwartungswert der k -ten Kategorie und ϕ den Dispersionsparameter mit $\phi > 0$. Eine Modellierung dieser Verteilung betrifft meist die Lageparameter μ_j , für welche in der Regel die multivariate logit Linkfunktion gewählt wird:

$$\mu_{ij} = \frac{\exp(\eta_{ij})}{\sum_{k=1}^K \exp(\eta_{ik})}$$

Der lineare Prädiktor η_j setzt sich üblicherweise durch eine Linearkombination beobachteter Einflussgrößen und Regressionsparameter zusammen:

$$\eta_{ij} = \beta_{j0} + \beta_{j1}x_{i1} + \dots + \beta_{jp}x_{ip}$$

Aus Identifikationsgründen eine der K Kategorien als Referenz gewählt und der entsprechende lineare Prädiktor gleich Null gesetzt: $\eta_{i1} = 0, i = \dots, n$.

Für die vorliegende Fragestellung wurde das folgende Modell verwendet:

Anteil marktfähig / Anteil Abgang = μ + Sorte * Verfahren + Wiederholung (random) + Rest (random)

2.3.3 Skalierungsvergleich der Sorten nach Kopf- und Blattfleckenbefall vor Ernte

Wie in Kapitel 2.2.2 Krankheitsmonitoring vor der Ernte beschrieben wird, werden die Kopf- und Blattflecken vor der Ernte anhand einer Skala von 0 bis 6 erhoben.

Für die Analysen der Blattflecken wurde das folgende lineare Modell verwendet:

Blattflecken = μ + Sorte_{fix} + Verfahren_{fix} + Rest_{random}

Wobei die Variablen wie folgt definiert sind:

Blattflecken: Skala von 0 «keinen Befall» bis 6 «starker Befall»

Sorte: 29 Sorten (vgl. Anhang 3)

Verfahren: ohne Fungizid, betriebsüblich

Für die Analysen der Fäulnisdaten wurde das folgende verallgemeinerte gemischte kumulative Modell verwendet:

Fäulnis = μ + Verfahren_{fix} + Verfahren_{random} × Sorte_{random} + Wiederholung_{random} + Rest_{random}

Wobei die Variablen wie folgt definiert sind:

Fäulnis: Skala von 0 «keinen Befall» bis 6 «starker Befall»

Sorte: 29 Sorten (vgl. Anhang 3)

Verfahren: ohne Fungizid, betriebsüblich

Wiederholung: 1 bis 6 (→ je Verfahren 3 Wiederholungen)

Gearbeitet wurde mit der Software R 4.3.1 und den Paketen «brms» (Bürkner 2017, Bürkner, 2018 und Bürkner 2021), «tidyverse» (Wickham et al. 2019), «sjPlot» (Lüdecke 2021a), «sjmisc» (Lüdecke 2018), «sjlabelled» (Lüdecke 2021b), «multcompView» (Graves et al. 2019), «ggpubr» (Kassambara 2020), «lmerTest» (Kuznetsova et al. 2017), «emmeans» (Russell 2020) und «ggplot2» (Wickham 2016).

2.3.3.1 Korrelation der Blattflecken und der Kopffäule

Mit Excel werden die erhobenen Daten zu den Blattflecken und der Kopffäule, wie in Kapitel 2.2.2 Krankheitsmonitoring vor der Ernte beschrieben und anhand einer Skala von 0 bis 6 erhoben wird, anhand deren Mittelwerten je Wiederholung der Sorte und Verfahren «betriebsüblich» und «ohne Fungizid» in einem Punkt (X/Y) Diagramm dargestellt. Aus dem R^2 -Bestimmtheitsmass wird für die Korrelation die Wurzel gezogen.

3 Ergebnisse

3.1 1. Broccolisatz

Aufgrund den nassen Witterungsbedingungen im Frühling 2023 und dem geplanten Pflanztermin in der Kalenderwoche 16, wurden die Broccolipflanzen am 22. April 2023 bei nassen Bodenverhältnissen gepflanzt (Abbildung 12; Abbildung 8). Durch anschliessende Niederschläge stand das Wasser in der Versuchsparzelle (Abbildung 13). Bei den Ertragsbonituren war die Definition der Reife und somit Tag der Ertragsbonitur aufgrund der hohen Heterogenität zwischen den einzelnen Wiederholungen sowie innerhalb der Kleinparzellen schwierig.



Abbildung 12: Pflanztermin am 22. April 2023 bei nassen Bodenverhältnissen

Abbildung 13: Stehendes Wasser am 16. Mai 2023 nach Niederschlägen

3.2 2. Broccolisatz

Die Ergebnisse des zweiten Broccolisatz im Sommer/ Herbst werden in den folgenden Kapiteln dargestellt.

3.2.1 Erhebung des Ertrags der Broccoliköpfe

Die Verteilung der Rohdaten zeigt in der linken Abbildung eine hohe Heterogenität zwischen den 29 Sorten sowie teils zwischen den Wiederholungen innerhalb einer Sorte (Abbildung 14). Im Anhang 4 ist die gleiche Abbildung vergrössert sowie der Modellcheck der Rohdaten dargestellt. Die durchschnittlichen Erträge aller Sorten für 12 Broccoliköpfe befinden sich im Bereich zwischen 2.5 und rund 7 kg/12 Broccoliköpfe. In der rechten Abbildung werden die durchschnittlichen Erträge aller Sorten nach Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» einander gegenübergestellt, wobei «ohne Fungizid» einen leicht tieferen Ertragsdurchschnitt aufweist als «betriebsüblich».

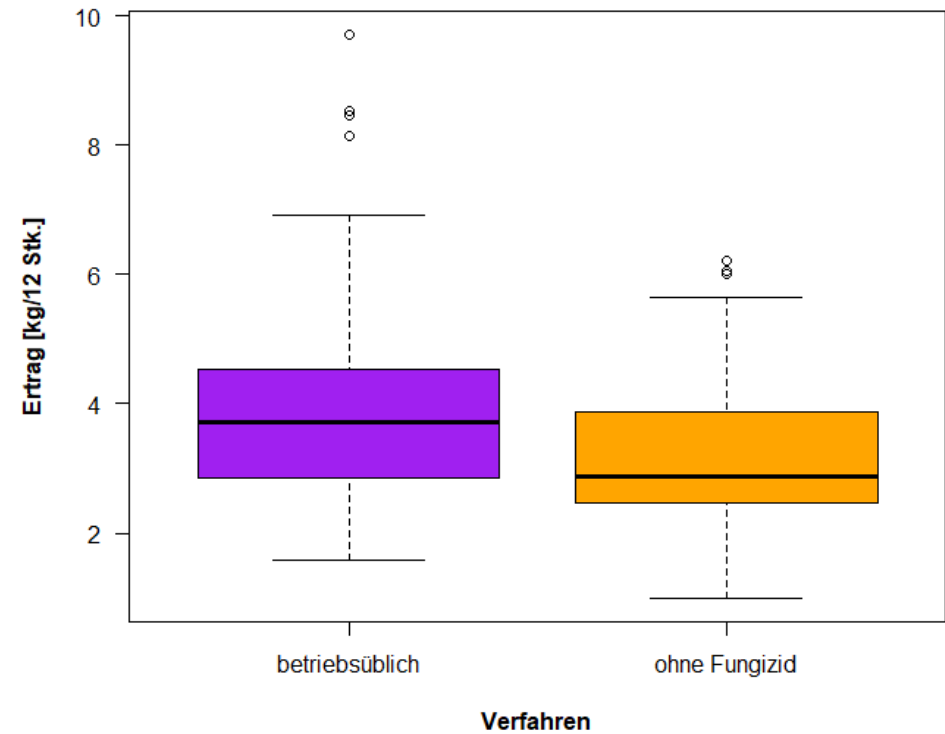
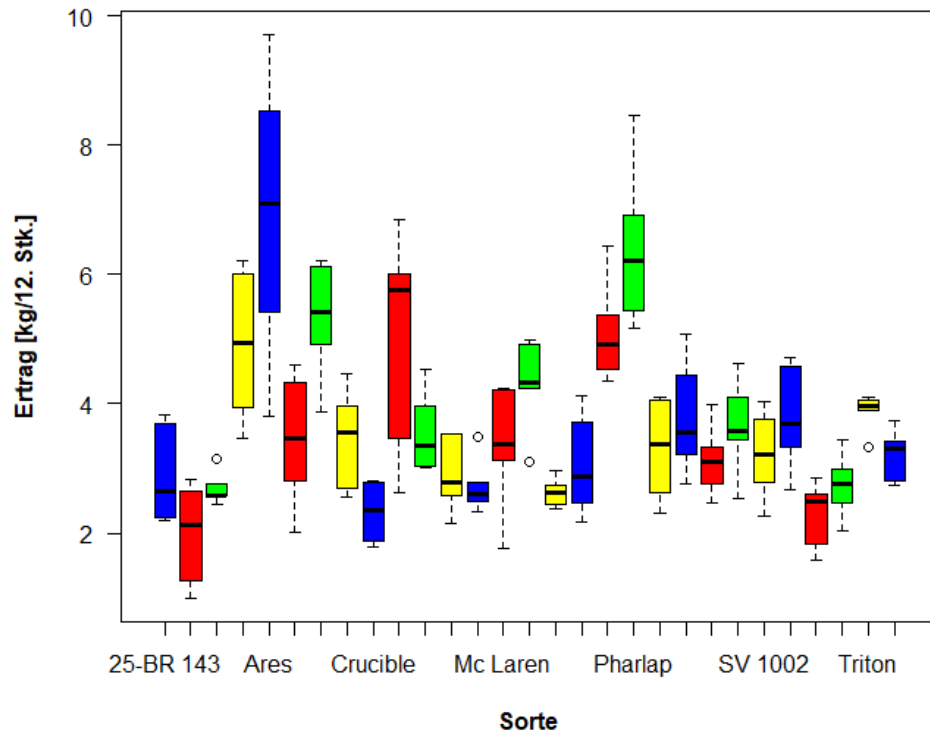


Abbildung 14: Darstellung der Rohdatenverteilung des Ertrags der 12 Broccoliköpfe nach Sorte und Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» anhand des Mittelwerts und den Standardfehlern nach unten und oben. In der linken Abbildung sind alle Sorten mit den Daten aus allen Wiederholungen und beider Verfahren zusammengetragen dargestellt. Die rechte Abbildung zeigt hingegen alle Daten der Sorten zusammengefasst nach Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich». Dargestellt wird der Mittelwert in Kilogramm.

Der Gesamtertrag der 12 Broccoliköpfe reicht von der Sorte «25-BR 841» im Verfahren «ohne Fungizid» mit 1.33 ± 0.384 Kilogramm bis zur Sorte «Ares» im Verfahren «betriebsüblich» mit 8.77 ± 0.384 Kilogramm (Abbildung 15). Im Anhang 4 ist die gleiche Abbildung wie Abbildung 15 ohne Buchstaben für die signifikanten Unterschiede dargestellt.

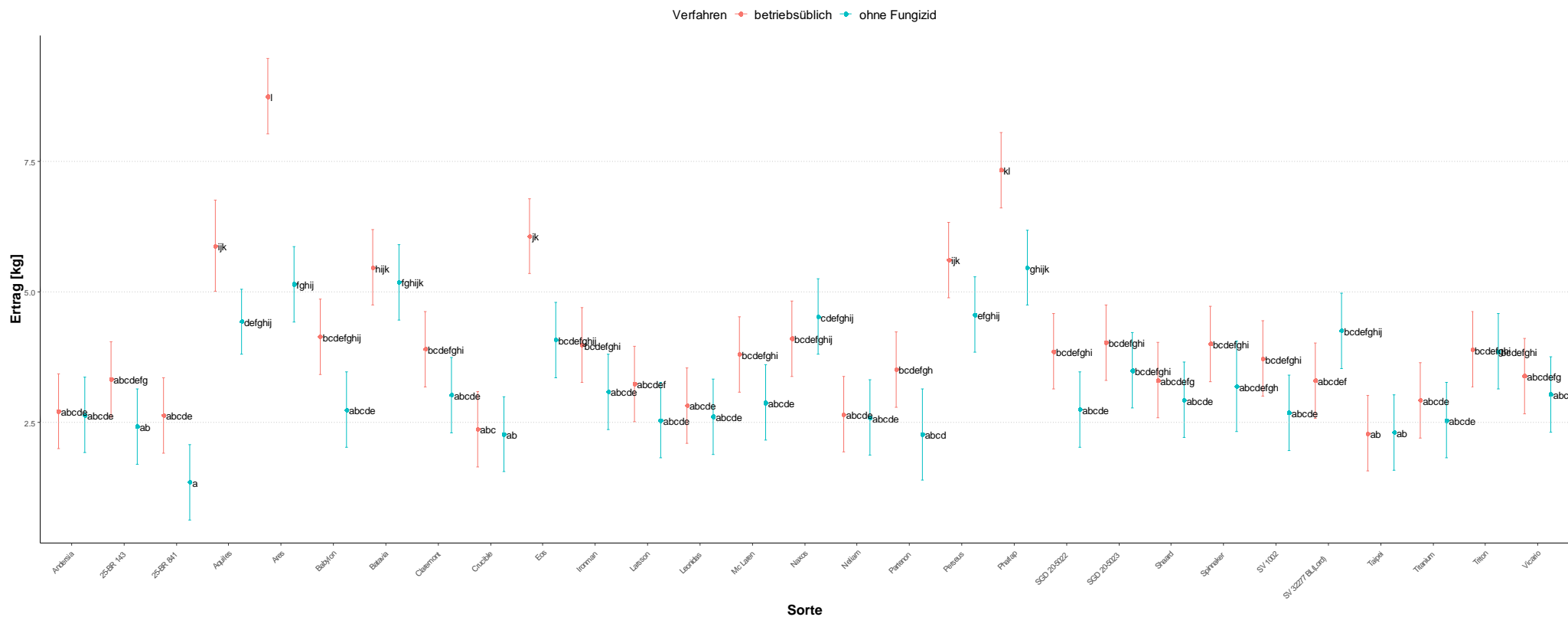


Abbildung 15: Gewichtsvergleich der 12 geschnittenen Broccoliköpfe aller Sorten je Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» ohne Rücksicht auf Qualität und Krankheitsbefall. Dargestellt wird der Mittelwert je Sorte und Verfahren mit einem Punkt und dem Standardfehler nach unten und oben. Die signifikanten Unterschiede sind anhand der Buchstaben dargestellt.

3.2.2 Erhebung des Ertrags der geröselten Broccoliköpfe

Die Rohdatenverteilung zeigt in der rechten Abbildung einen starken Unterschied bei den beiden Verfahren «betriebsüblich» und «ohne Fungizid» (Abbildung 16). Bei «ohne Fungizid» sind einige Ausreisser ersichtlich, die einen höheren Wert in Kilogramm auf die geröselten 12 Broccoliköpfe erzielen als der Mittelwert von 0 Kilogramm. In der linken Abbildung ist die Verteilung der Rohdaten der Resultate aller 29 Sorten ersichtlich. Es besteht eine hohe Heterogenität beim Ertrag der 12 geröselten Broccoliköpfe. Die Erträge reichen von durchschnittlich 0 kg bis über 4 Kilogramm je Sorte. Die gleiche Abbildung vergrößert sowie der Modellcheck der Rohdaten ist im Anhang 5 dargestellt.

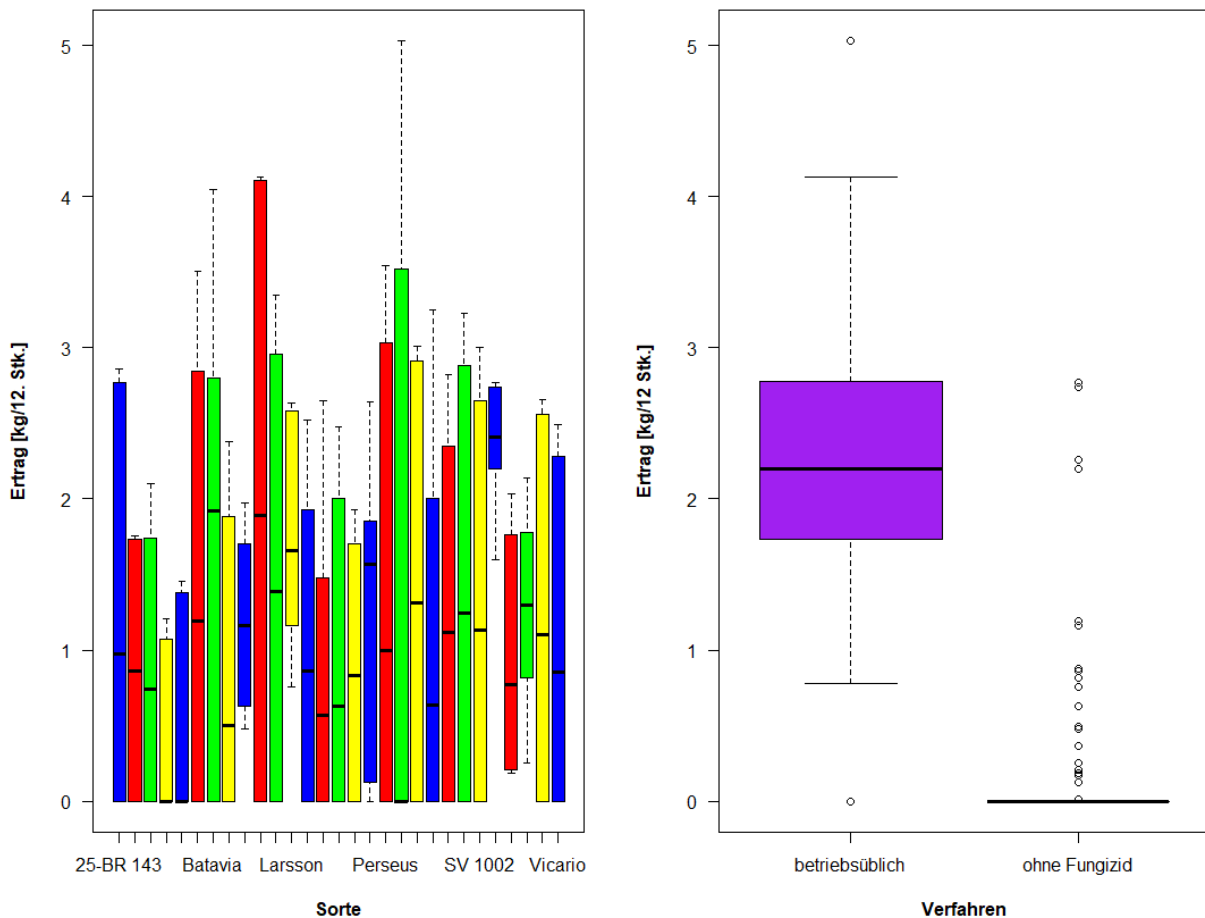


Abbildung 16: Darstellung der Rohdatenverteilung des Ertrags der 12 geröselten Broccoliköpfe nach Sorte und Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» anhand des Mittelwerts und den Standardfehlern nach unten und oben. In der linken Abbildung sind alle Sorten mit den Daten aus allen Wiederholungen und beider Verfahren zusammengetragen dargestellt. Die rechte Abbildung zeigt hingegen alle Daten der Sorten zusammengefasst nach Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich».

Die Sorte «Eos» erzielte im Verfahren «betriebsüblich» den höchsten Mittelwert samt Standardfehler von 4.007 ± 0.314 und beim Verfahren «ohne Fungizid» 0.000 ± 0.314 (Abbildung 17). Die Sorte «Ares» erlangt im Verfahren «betriebsüblich» 0.945 ± 0.314 und «ohne Fungizid» 0.000 ± 0.314 Kilogramm geröselten Broccoli. Im Anhang 5 ist die gleiche Abbildung wie Abbildung 17 mit den signifikanten Unterschieden jedoch ohne Linien sowie die Abbildung ohne Buchstaben für die signifikanten Unterschiede dargestellt.

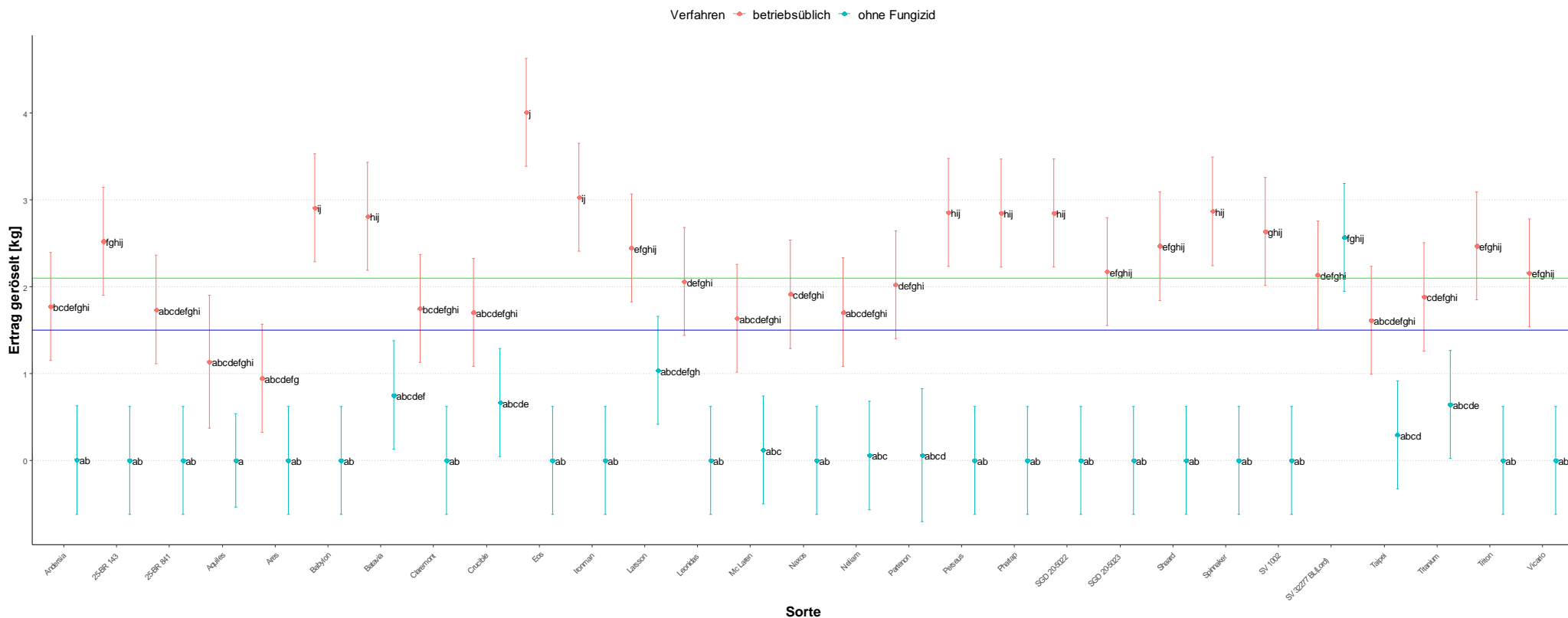


Abbildung 17: Gewichtsvergleich der 12 geröselten Broccoliköpfe aller Sorten je Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» nach den Qualitätsnormen für zu verarbeitende Broccoliröschen. Die blaue Linie bei 1.5 kg Ertrag je 12 Stück Broccoli geröselte zeigt den betriebsüblichen Durchschnittsertrag der Conorti AG und Verdunova AG von hochgerechnet 9 t / ha geröselten Broccoli. Die grüne Linie bei 2.1 kg Ertrag je 12 Stück Broccoli geröselte zeigt den betriebsüblich hohen Ertrag ab 13 t / ha geröselten Broccoli. Dargestellt wird der Mittelwert je Sorte und Verfahren mit einem Punkt und dem Standardfehler nach unten und oben. Die signifikanten Unterschiede sind anhand der Buchstaben dargestellt.

Gemäss den Qualitätsrichtlinien für zu verarbeitende Broccoliröschen erreichen die Sorten «Batavia», «Crucible», «Larsson», «SV 32277 BL(Lord)» und «Titanium» im Vergleich zu den restlichen Sorten im Versuch keinen Totalausfall, sondern einen geringen bis angemessenen Ertrag. Im Verfahren «ohne Fungizid» wurden Erträge von 0.753 ± 0.314 , 0.663 ± 0.314 , 1.035 ± 0.314 , 2.570 ± 0.314 und 0.643 ± 0.314 und im Verfahren «betriebsüblich» 2.810 ± 0.314 , 1.705 ± 0.314 , 2.449 ± 0.314 , 2.140 ± 0.314 und 1.883 ± 0.314 erzielt (Abbildung 17).

Die Faktoren zu den hervorgehobenen Sorten «Batavia», «Crucible», «Larsson», «SV 32277 BL(Lord)» und «Titanium» aus der Abbildung 17 sind in der folgenden Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Übersicht der p-Werte der Faktoren zu den Sorten «Batavia», «Crucible», «Larsson», «SV 32277 BL(Lord)» und «Titanium» aus Abbildung 17

Faktor	Signifikanz
Sorte Batavia	0.021302 *
Sorte Crucible	0.877970
Sorte Larsson	0.130857
Sorte SV 32277 BL(Lord)	0.410668
Sorte Titanium	0.804794
Verfahren ohne Fungizid	0.000118 ***
Sorte Batavia:Verfahren ohne Fungizid	0.648902
Sorte Crucible:Verfahren ohne Fungizid	0.248535
Sorte Larsson:Verfahren ohne Fungizid	0.571892
Sorte SV 32277 BL(Lord):Verfahren ohne Fungizid	0.000656 ***
Sorte Titanium:Verfahren ohne Fungizid	0.400439

Die Broccolisorten «Batavia», «Crucible», «Larsson», «SV 32277 BL(Lord)» und «Titanium», welche in Abbildung 17 die höchsten Erträge im Verfahren «ohne Fungizid» erzielten sind in Abbildung 18 separat dargestellt. Im Anhang 5 ist der Modellcheck sowie eine Abbildung mit den fünf hervorgehobenen Sorten mit den identischen Signifikanzbuchstaben wie in Abbildung 17 dargestellt.

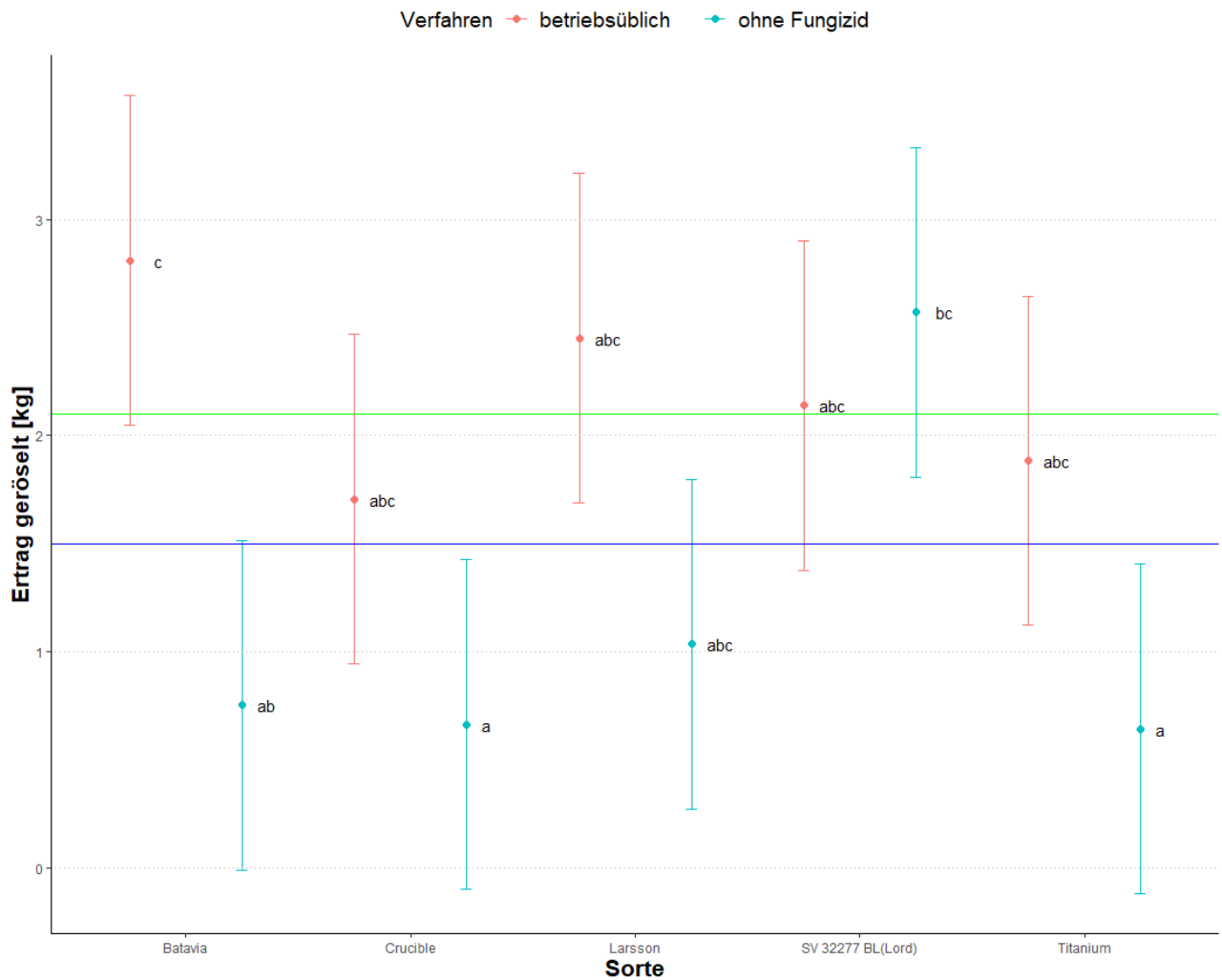


Abbildung 18: Die fünf Sorten «Batavia», «Crucible», «Larsson», «SV 32277 BL(Lord)» und «Titanium» aus Abbildung 17 mit den höchsten Erträgen im Verfahren «ohne Fungizid» separat dargestellt. Die blaue Linie bei 1.5 kg Ertrag je 12 Stück Broccoli geröselt zeigt den betriebsüblichen Durchschnittsertrag der Conorti AG und Verdunova AG von hochgerechnet 9 t / ha geröselten Broccoli. Die grüne Linie bei 2.1 kg Ertrag je 12 Stück Broccoli geröselt zeigt den betriebsüblich hohen Ertrag ab 13 t / ha geröselten Broccoli. Dargestellt wird der Mittelwert je Sorte und Verfahren mit einem Punkt und dem Standardfehler nach unten und oben. Die signifikanten Unterschiede sind anhand der Buchstaben dargestellt.

3.2.3 Erhebung der Ertragsausbeute der geröselten Broccoliköpfe

Abbildung 19 zeigt die Ausbeute für den Ertrag der Broccoliröschen in Prozent aller 29 Sorten (Anhang 3) in den beiden Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich». Dargestellt sind der Abgang und der marktfähige Anteil (Abbildung 19). Im Anhang 6 befindet sich die Abbildung zum Modellcheck der Rohdaten anhand eines QQ-Plots für die Auswertungen des Dirichlet-Modells. Die Sorten «Crucible», «Larsson», «Titanium», «Tapei» und «SV 32277 BL(Lord)» erreichen im Verfahren «ohne Fungizid» den höchsten Anteil marktfähiger Broccoliröschen. Die Sorte «SV 32277 BL(Lord)» zeigt den geringsten Prozentanteil Abgang aller Sorten. Die tiefsten Ausbeuten im Verfahren «ohne Fungizid» erzielen die Sorten «Pharlap», «Aquiles» und «Ares».

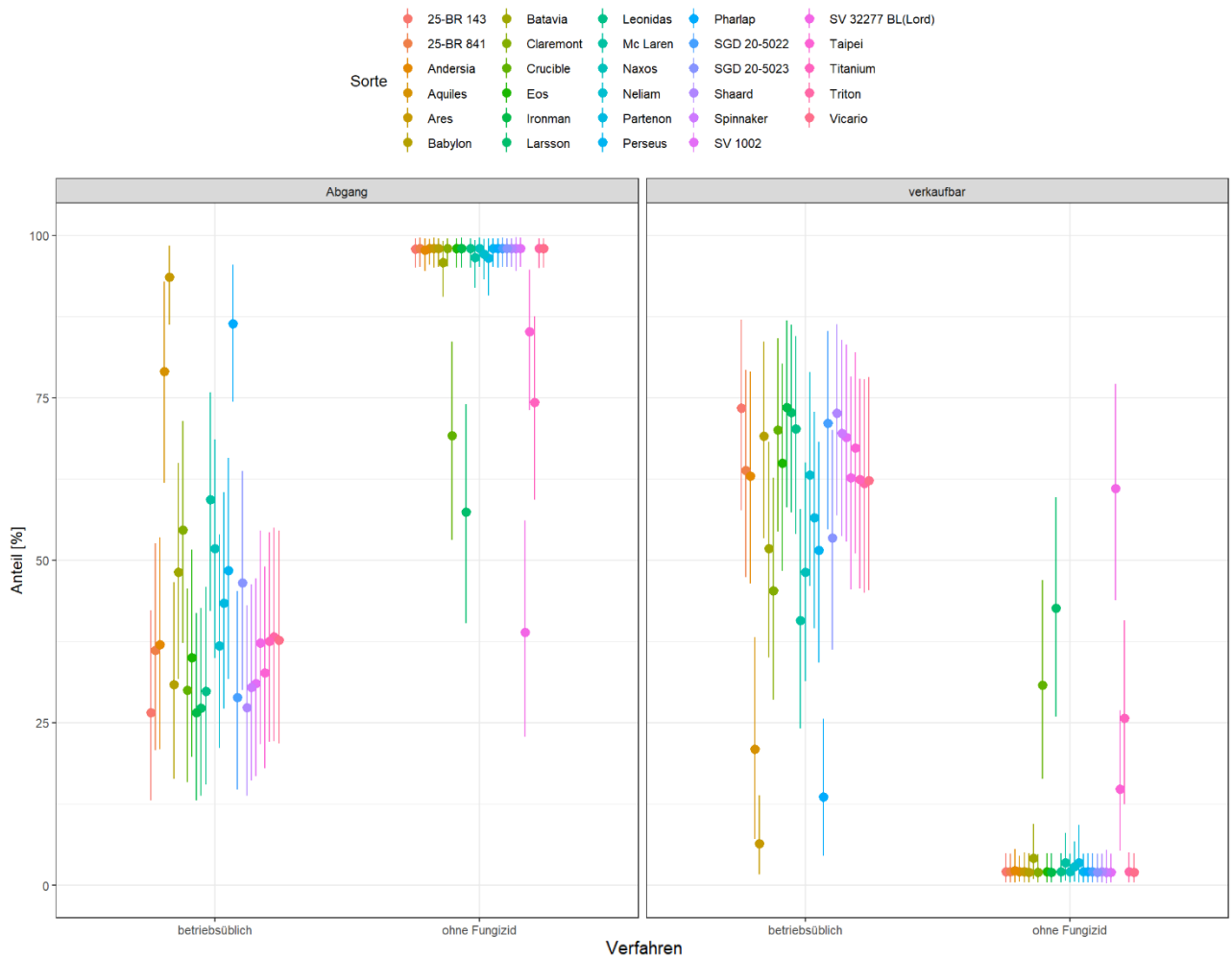


Abbildung 19: Übersicht zum Ausbeutevergleich der Broccoliröschen in Prozent aller 29 Sorten der beiden Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» in Abgang und marktfähig anhand des Dirichlet-Mixed-Modells in einer Abbildung. Die Y-Achse zeigt den Anteil (%) von Abgang und marktfähig der Broccoliröschen und die X-Achse stellt die Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» dar.

Tabelle 4 stellt die genannten fünf Sorten mit den höchsten Ausbeutewerten (%) im Verfahren «ohne Fungizid» sowie die drei Sorten mit den tiefsten Ausbeutewerten (%) im Verfahren «betriebsüblich» aus der Abbildung 19 dar. Die Prozentangaben sowie die p-Werte der Ausbeute in Abgang und marktfähig aller Sorten von beiden Verfahren sind im Anhang zu finden (Anhang 6).

Tabelle 4: Übersicht zu den fünf Sorten mit der höchsten prozentualen Ausbeute an marktfähigen Broccoliröschen bei der Verfahren «ohne Fungizid» sowie den drei Sorten mit der tiefsten prozentualen Ausbeute bei der Verfahren «betriebsüblich».

Sorte	Verfahren	Marktfähig	Abgang
SV 32277 BL(Lord)	ohne Fungizid	61.047 %	38.953 %
Larsson	ohne Fungizid	42.606 %	57.394 %
Crucible	ohne Fungizid	30.785 %	69.215 %
Titanium	ohne Fungizid	25.684 %	74.316 %
Tapei	ohne Fungizid	14.809 %	85.191 %
Aquiles	Betriebsüblich	20.950 %	79.050 %

Pharlap	Betriebsüblich	13.620 %	86.380 %
Ares	Betriebsüblich	6.420 %	93.580 %

In Abbildung 20 werden die Anteile (%) für den Abgang und die marktfähigen Broccoliröschen je Sorte in den beiden Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» dargestellt. Die Mehrheit der Broccolisorten zeigen im Verfahren «betriebsüblich» den höheren Wert für marktfähig im Vergleich zum Verfahren «ohne Fungizid». Folgende Sorten fallen anhand abweichender Resultate von der Mehrheit auf:

- «Aquiles», «Ares», «Claremont», «Mc Laren» und «Pharlap»
 - o Die Sorten weisen bei beiden Verfahren «ohne Fungizid» sowie «betriebsüblich» unter Abgang den höheren Anteil auf.
- «Larsson»
 - o Die Sorte weist im Verfahren «ohne Fungizid» einen ähnlichen Ausbeutewert für Abgang und marktfähig auf.
- «Batavia», «Claremont», «Naxos», «Perseus» und «SGD 20-5023»
 - o Die Sorten weisen im Verfahren «betriebsüblich» einen ähnlichen Ausbeutevergleich für Abgang und marktfähig auf.
- «SV 32277 BL(Lord)»
 - o Die Sorte weist bei beiden Verfahren «ohne Fungizid» sowie «betriebsüblich» unter marktfähig den höheren Anteil auf

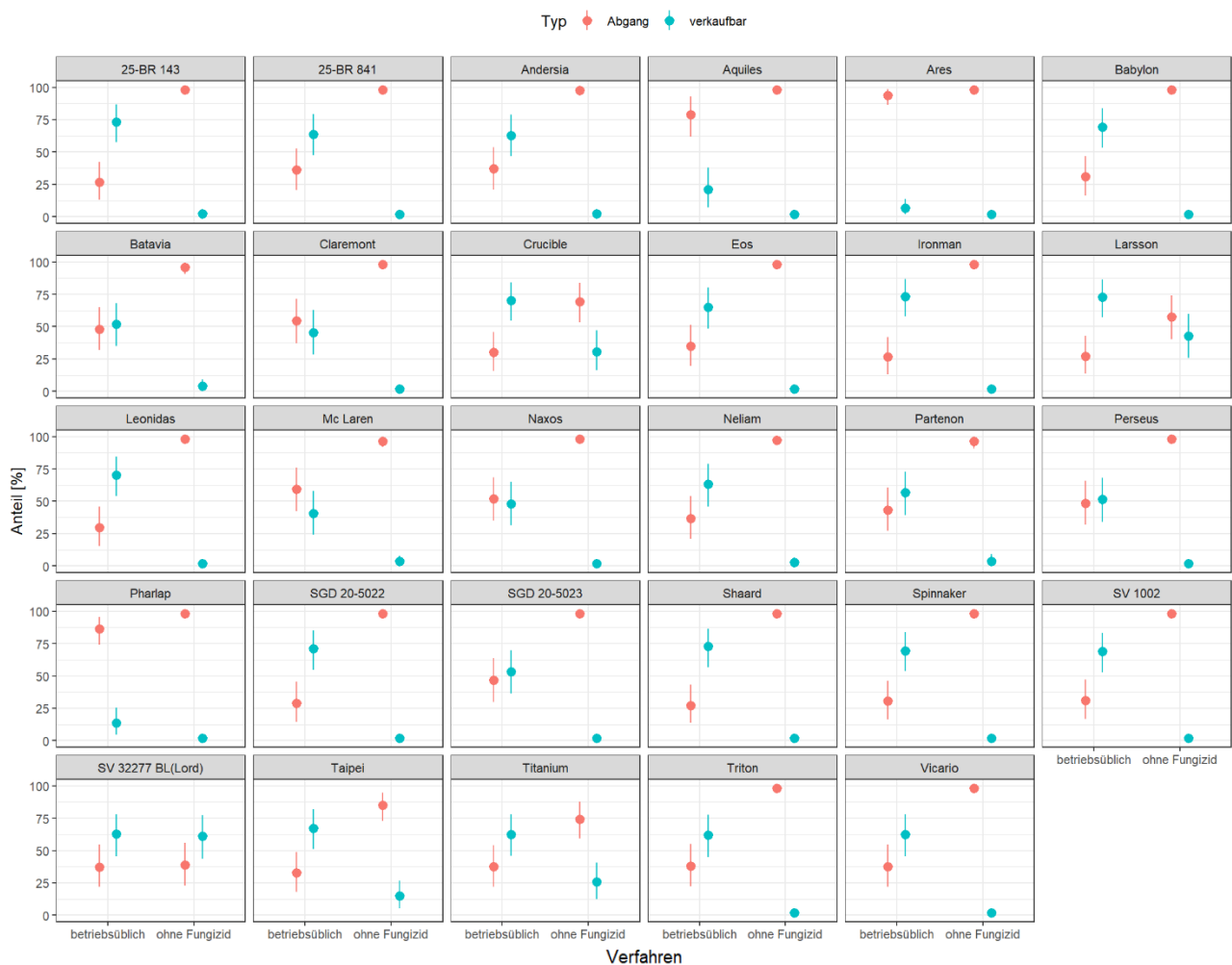


Abbildung 20: Übersicht zum Ausbeutevergleich der Broccoliröschen in Prozent aller 29 Sorten der beiden Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» in Abgang und marktfähig anhand des Dirichlet-Mixed-Models von jeder einzelnen Sorte. Die Y-Achse zeigt den Anteil (%) von Abgang und marktfähig der Broccoliröschen und die X-Achse stellt das Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» dar.

3.2.4 Erhebung zur Skalierung des Befalls an Blatt- und Kopfflecken

Abbildung 21 zeigt den Blattfleckenbefall aller 29 Sorten (Anhang 3) im Mittel der beiden Verfahren. Die Taxation erfolgte vor dem Schneiden des Broccoli gemäss Kapitel 2.2.2 Krankheitsmonitoring vor der Ernte. Der Modellcheck ist im Anhang 7 dargestellt. Es besteht keine Interaktion den Faktoren Sorte und Verfahren, weshalb die Sorten nicht separat nach Verfahren «betriebsüblich» und «ohne Fungizid» dargestellt werden (Abbildung 21). Die Sorte «Leonidas» weist mit 1.33 ± 0.197 gefolgt von der Sorte «SV 32277 BL(Lord)» mit 1.67 ± 0.197 den Geringsten, und die Sorte «Ares» mit 4.17 ± 0.197 den stärksten Befall an Blattflecken auf.

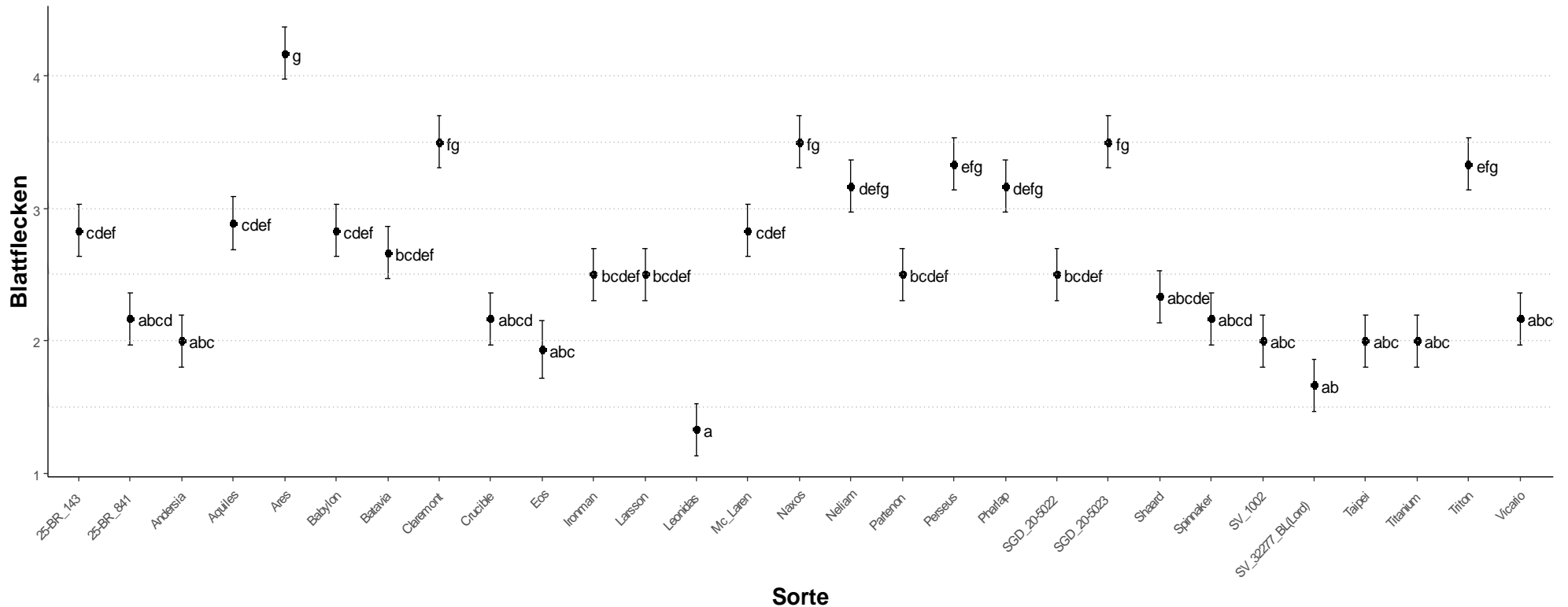


Abbildung 21: Vergleich der 29 Broccolisorten auf deren Befall an Blattflecken anhand der Skala von «0» mit «keinem Befall» bis «6» mit «starkem Befall». Dargestellt wird der Mittelwert je Sorte und Verfahren mit einem Punkt und dem Standardfehler nach unten und oben. Die signifikanten Unterschiede sind anhand der Buchstaben dargestellt.

Abbildung 22 zeigt die Rohdatenverteilung der Kopfflecken- respektive Kopffäuledaten, welche eine starke Heterogenität zwischen den 29 Sorten sowie vor allem zwischen den beiden Verfahren «betriebsüblich» und «ohne Fungizid» aufzeigt, die vor der Broccoliernte erhoben wurden (Abbildung 22). Die Rohdatenverteilung der Kopffäule mittels deskriptiver Statistik ist im Anhang 7 ersichtlich.

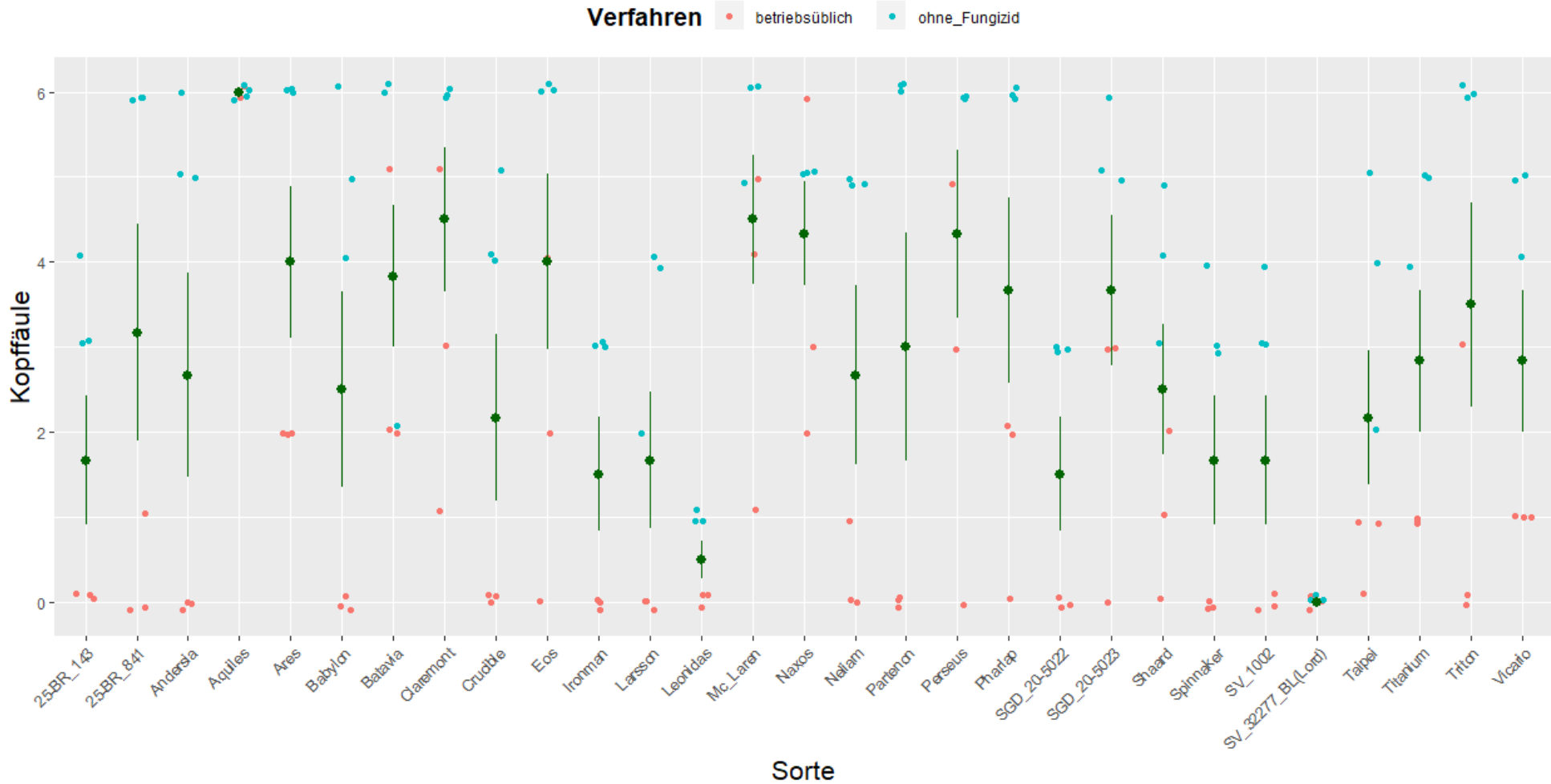


Abbildung 22: Verteilung der Rohdaten der Kopffäule nach Sorte und Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» anhand des Mittelwerts und den Standardfehlern nach unten und oben sowie den Datenpunkte jeder Wiederholung anhand der Skala von «0» mit «keinem Befall» bis «6» mit «starkem Befall» vor der Broccoliernte.

Die Abbildung 23 zeigt den Befall der 29 Broccolisorten an Kopffäule vor der Ernte anhand einer Wahrscheinlichkeitsdarstellung. Die Sorte «Leonidas» und «SV 32277 BL(Lord)» zeigen bei beiden Verfahren den tiefsten Kopffäulebefall.



Abbildung 23: Darstellungsvergleich der 29 Broccolisorten mit den Verfahren «betriebsüblich» und «ohne Fungizid» je Sorte mit Wahrscheinlichkeitssäulen je Befallsgrad von «0» mit «keinem Befall» bis «6» für «starken Befall». Dargestellt anhand gestapelten Säulendiagramm nach Befallsgrad je Sorte und Verfahren «betriebsüblich» und «ohne Fungizid».

Abbildung 24 zeigt die 29 Broccolisorten in den beiden Verfahren «betriebsüblich» und «ohne Fungizid» in Bezug auf deren Anfälligkeit gegenüber Kopffäule. Die Sorten «Leonidas» und «SV 32277 BL(Lord)» zeigen die tiefste Anfälligkeit gegenüber Kopffäule auf.

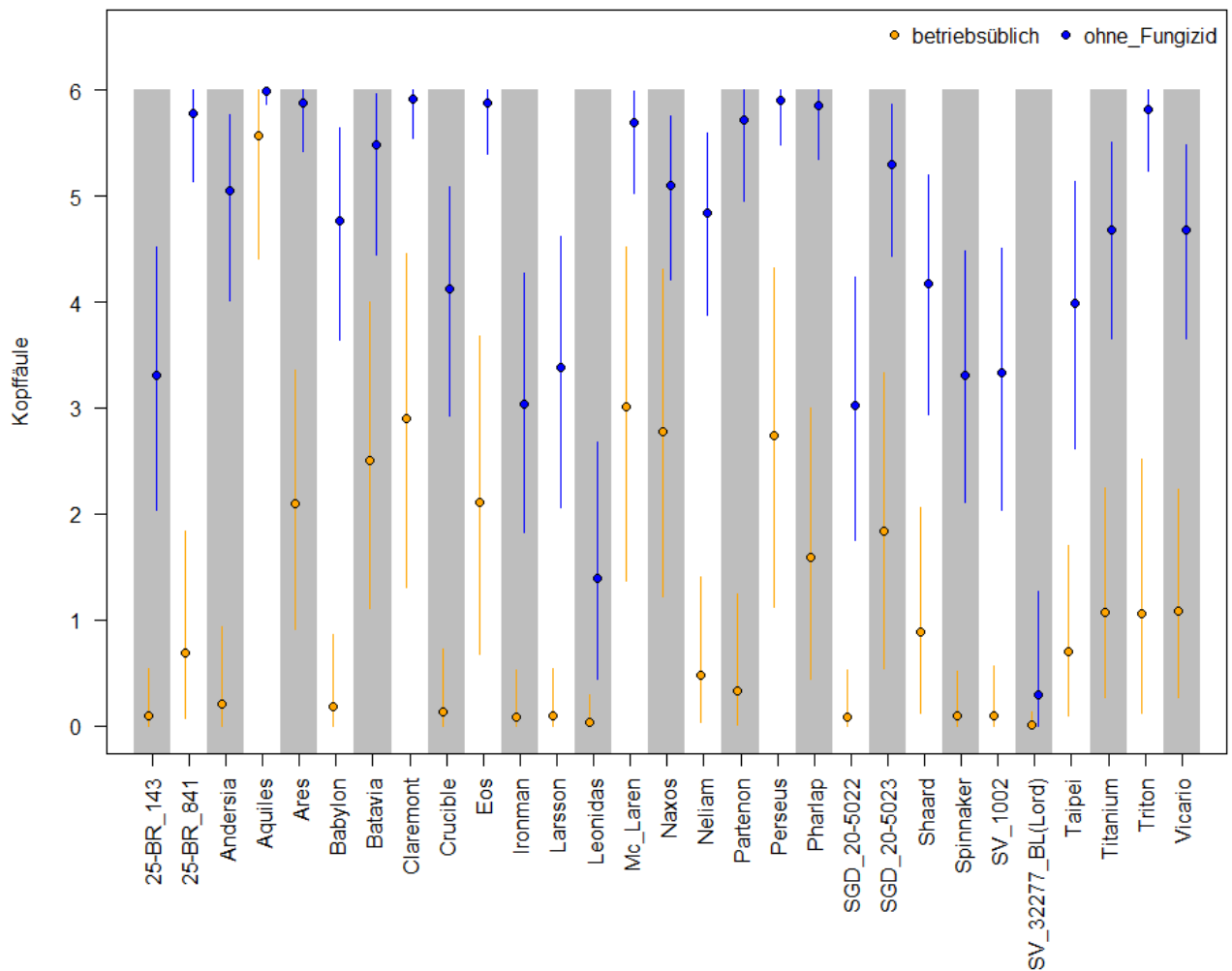


Abbildung 24: Darstellungsvergleich der 29 Broccolisorten in Bezug auf deren Befall an Kopffäule mittels der Mittelwerte und 95 % Vertrauensintervall anhand der Skala von «0» mit «keinem Befall» bis «6» mit «starkem Befall».

3.2.4.1 Korrelation der Blattflecken und der Kopffäule

Die Korrelation von Blattflecken und Kopffäule anhand der Skala von «0» mit «keinem Befall» bis «6» mit «starkem Befall» beträgt im Verfahren «betriebsüblich» 0.438064 und bei «ohne Fungizid» 0.447996 (Abbildung 25).

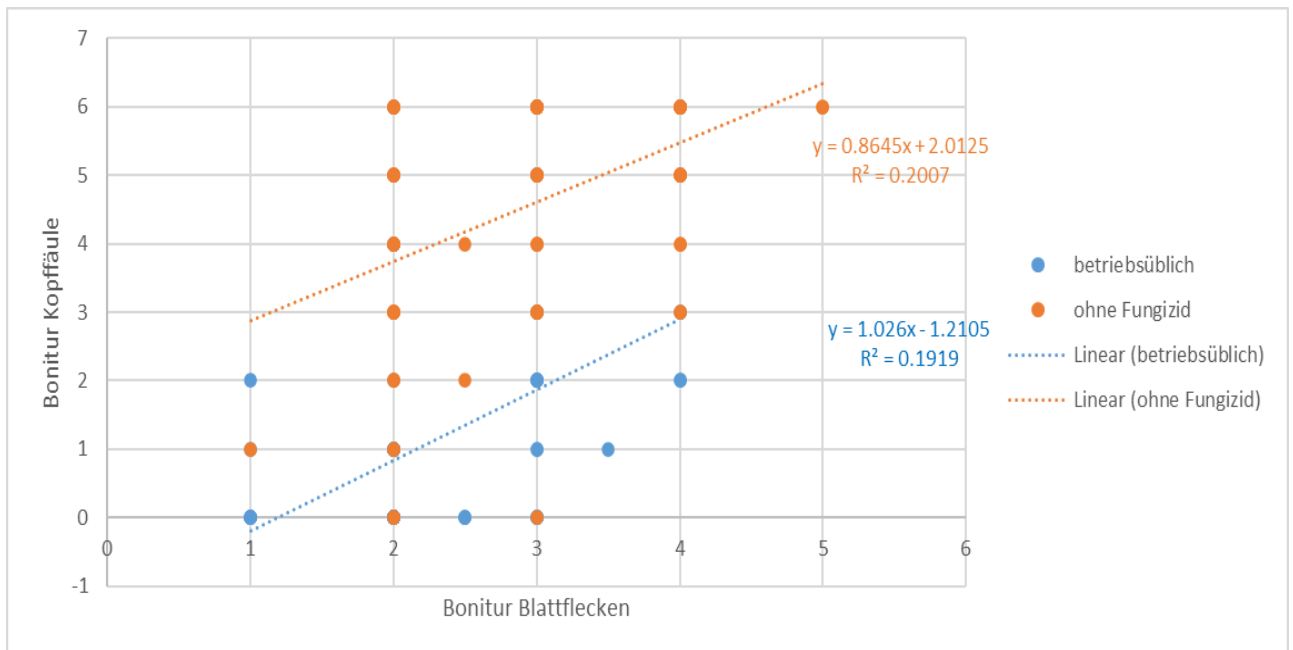


Abbildung 25: Korrelation zwischen dem Befall an Blattflecken und dem Befall an Kopffäule mit Trendlinie dem R^2 -Bestimmtheitsmass.

4 Diskussion

4.1 1. Broccolisatz

Im Pflanzenbestand des ersten Broccolisatzes bestand eine grosse Heterogenität einerseits zwischen den Wiederholungen und andererseits innerhalb einer Kleinparzelle der Broccolisorten. Die Heterogenität im Pflanzenbestand lässt sich auf eine Kombination von nassen Bedingungen bei der Pflanzung und darauffolgenden anhaltenden Niederschlägen zurückführen, die zu stehendem Wasser in der Versuchsparzelle geführt haben. Erfahrungen aus dem Anbau von Broccoli zeigen, dass sich stehendes Wasser bzw. anaerobe Bodenbedingungen für mehr als 48 Stunden negativ auf die Wurzelgesundheit auswirkt. Dies hat wiederum negative Auswirkungen auf das Wachstum und eine gleichmässige Kopfbildung des Broccoli. Auf Grund der ungleichmässigen Kopfbildung war es bei der Erntebonitur schwierig einzuschätzen, wann die



Abbildung 26: Heterogene Kopfbildung im 1. Broccolisatz bei der Ernte anfangs Juli 2023 innerhalb einer Kleinparzelle

Sorten effektiv reif waren. Denn innerhalb einer Kleinparzelle waren einige Broccoliköpfe bereits überreif, während bei Pflanzen der gleichen Sorte innerhalb der Kleinparzelle die Kopfbildung noch nicht eingesetzt hatte (Abbildung 26). Die Heterogenität des Pflanzenbestandes im ersten Broccolisatz erlaubte deshalb keine zuverlässige statistische Auswertung der Erntedaten. Die bei der Ernte erhobenen Daten zum Kopfgewicht waren sowohl zwischen den Kleinparzellen als auch zwischen den Wiederholungen der einzelnen Sorten nicht vergleichbar. Ein aussagekräftiger Vergleich der beiden Verfahren «betriebsüblich» und «ohne Fungizid» in Bezug auf den Kopffäulebefall sowie möglichen Sortenunterschieden in der Kopffäuleanfälligkeit war im Kontext des niedrigen Krankheitsdrucks im Frühjahr 2023 schwierig vorzunehmen. Unter Bedingungen mit niedrigem Krankheitsdruck sind mögliche vorhandene Sorten- sowie Verfahrensunterschiede weniger offensichtlich, da die Krankheitsprävalenz niedrig ist und somit mögliche Unterschiede zwischen den Verfahrensgruppen maskiert werden.

4.2 2. Broccolisatz

Gute Anbau- und Wachstumsbedingungen im zweiten Broccolisatz führten zu einem homogenen Wachstumsbestand mit gleichmässiger Kopfbildung innerhalb der Kleinparzellen sowie zwischen Wiederholungen. Wie in Herbstsätzen zu erwarten, war während des zweiten Satzes ein hoher Befallsdruck an Pilzkrankheiten vorhanden (Agroscope 2021, Hortipendium). Der hohe Befallsdruck erlaubte einen repräsentativen Vergleich der Sorten zwischen den beiden Verfahren «betriebsüblich» und «ohne Fungizid». Der hohe Befallsdruck zeigte sich bereits bei den vorhandenen Blattflecken (vgl. Abbildung 2, Abbildung 3, Abbildung 4, Abbildung 5, Abbildung 6). Infektionen mit Kopffäule können ihren Ursprung in erkrankten Blättern haben. Allerdings wurden auch Fälle von Infektionen von Köpfen beobachtet, ohne dass zuvor Blattinfektionen aufgetreten waren (vgl. Abbildung 25). Ein gesundes Blattwerk bzw. dessen Schutz ist insbesondere wichtig, um das Risiko der Kopffäule zu reduzieren, aber auch weil gesunde Blätter eine entscheidende Grundlage für einen guten Ertrag bilden. Ein Teil der höheren Erträge beim Gesamtgewicht der 12 geschnittenen Broccoliköpfe bei dem Verfahren «betriebsüblich» könnte deshalb mit dem Erhalt an gesunder Blattfläche für eine effiziente Photosynthese erklärt werden. Im Anbau von

Verarbeitungsbroccoli ist der für den Markt am wichtigsten geltende Parameter der Ertrag der marktfähigen, geröselten Köpfe. Beim marktfähigen, geröselten Ertrag im Verfahren «ohne Fungizid» wiesen die meisten Sorten auf Grund von Kopffäulebefall erheblich niedrige Werte auf oder es kam zu einem Totalausfall. Durch die höheren Erträge beim Verfahren «betriebsüblich» und dem damit einhergehenden niedrigeren Abgang zeigt sich, dass die betriebsübliche Fungizidstrategie die Broccoliköpfe ausreichend vor Kopffäulebefall schützen und die am Markt geforderte Qualität erzielen konnte. Im Vergleich zu den durchschnittlichen Erträgen von geröseltem Broccoli lagen die Erträge im Versuchsverfahren «betriebsüblich» sogar über den üblicherweise sehr hohen Felderträgen (13 t/ha geröselter Ertrag gemäss Auswertungen Conorti AG), aber mindestens gleich hoch wie der erfahrungsgemässe Durchschnittsertrag (9t/ha geröselter Ertrag gemäss Auswertungen Conotri AG). Dies deutet darauf hin, dass der Versuch unter Bedingungen durchgeführt wurde, die mit der landwirtschaftlichen Praxis vergleichbar sind. Es ist nicht ungewöhnlich, dass die Erträge in Versuchen die Durchschnittswerte im Feld übertreffen, was auf eine erfolgreiche Annäherung an praxisnahe Anbauumgebung hinweist. Die vorliegenden Versuchsdaten erlauben lediglich einen Ertragsvergleich zwischen der im Versuch verwendeten «betriebsüblichen» Pflanzenschutzmittelstrategie und dem Anbau gänzlich «ohne Fungizid». Aufgrund der vorliegenden Daten ist es jedoch nicht möglich, Rückschlüsse auf den individuellen Beitrag der eingesetzten Fungizide in der herkömmlichen Pflanzenschutzmittelstrategie zum Schutz vor Kopffäule zu ziehen. Beim Verfahren «betriebsüblich» zeigen sich bei den Sorten mit den höchsten Erträgen bereits etablierte Sorten im praktischen Anbau, darunter «Eos», «Ironman», «Babylon», «Spinnacker» und «Perseus». Innerhalb dieser Top fünf Sorten im herkömmlichen Verfahren nimmt der Ertrag stark ab. Die Unterschiede zwischen den Erträgen sind jedoch nicht signifikant, was bedeutet, dass die Rangliste nicht eins zu eins auf das Feld übertragbar ist, und die Unterschiede innerhalb der statistischen Unsicherheit des Versuchs liegen.

Für die Sortenauswahl und Resistenzbewertung sind nun besonders diejenigen Sorten relevant, die auch im Verfahren «ohne Fungizid» einen hohen Anteil an marktfähiger, geröselter Ernte aufweisen. Insgesamt wiesen nur fünf Sorten keinen Totalausfall auf, nämlich «Batavia» (Abbildung 27), «Crucible» (Abbildung 28), «Larsson» (Abbildung 29), «SV3227 BL(Lord)» (Abbildung 30) und «Titanium» (Abbildung 31). Die Sorte «SV3227 BL(Lord)» erreichte als einzige Sorte im Verfahren «ohne Fungizid» einen vergleichbaren Ertrag wie im betriebsüblichen Verfahren.



Abbildung 27: Links: Halbierte Broccoliröschen der Sorte «Batavia»; rechts: Broccolipflanze der Sorte «Batavia»



Abbildung 28: Links: Halbierte Broccoliröschen der Sorte «Crucible»; rechts: Broccolipflanze der Sorte «Crucible»



Abbildung 29: Links: Halbierte Broccoliröschen der Sorte «Larsson»; rechts: Broccolipflanze der Sorte «Larsson»



Abbildung 30: Links: Halbierte Broccoliröschen der Sorte «SV32277 BL(Lord)»; rechts: Broccolipflanze - Kopf der Sorte «SV32277 BL(Lord)» sitzt tief in der Pflanze mit Blätterdurchwuchs



Abbildung 31: Links: Halbierte Broccoliröschen der Sorte «Titanium»; rechts: Broccolipflanze der Sorte «Titanium»

Betrachtet man die Wuchsform und deren möglichen Zusammenhang mit der Anfälligkeit der Pflanze auf Kopffäule, beschreibt die Literatur, dass ein gewölbter Kopf sowie ein Kopf, der weit aus der Pflanze heraussteht vorteilig gegen Kopffäuleinfektionen seien (Agroscope 2021). Dies da die Broccoliköpfe so rascher abtrocknen würden und die Feuchtigkeit für eine Infektion nicht ausreichend sei (Agroscope 2021). Keine der Sorten, von den im Verfahren «ohne Fungizid» einen marktfähigen Ertrag geerntet werden könnte, verfügt über Köpfe, die weit aus der Pflanze herausstehen. Die Sorten «Larsson», «Crucible» und «Titanium» verfügen im Gegensatz zu den Sorten «Batavia» und «SV32277 BL(Lord)» jedoch über gewölbte Köpfe von denen, das Wasser gut ablaufen kann. Dies erstaunt, da die Züchter allen voran Sorten mit einem aus der Pflanze herausstehenden Kopf, z.B. Sorten aus dem High Rise Konzept, eine geringere Anfälligkeit gegenüber Kopffäule zugeschrieben haben (Bayer Crop Science Deutschland GmbH 2023). In diesem Versuch im Verfahren «ohne Fungizid» zeigte keine der High Rise Sorten, insbesondere die Sorten «Andersia» und «Leonidas», eine geringere Anfälligkeit auf Kopffäule. Grund für diese Diskrepanz zwischen der Beschreibung auf der Sortenliste und den Resultaten dieses Versuchs könnten die unterschiedlichen Anbaubedingungen, wie beispielsweise Krankheitsdruck, Bodenbedingungen, Klima oder Düngung, an den Versuchsstandorten sein.

Bei der Anzahl Wachstumstage, also die Anzahl Tage von der Pflanzung bis zur Ernte, ist ebenso zu beachten, dass die von den Saatgutzüchtern angegebenen Werte möglicherweise nicht für Schweizer Anbaubedingungen validiert wurden. Deshalb sind die Wachstumstage in Vergleichstabellen als Anhaltspunkt zu behandeln (Tabelle 1, Tabelle 5, Tabelle 6, Tabelle 7). Die Sorte «SV32277 BL(Lord)» mit dem höchsten Ertrag im Verfahren «ohne Fungizid» zeichnet sich durch eine geringe Anzahl von Wachstumstagen aus, was zu einer schnellen Kopfreife führt und somit weniger Zeit für Infektionen bietet. In diesem Versuch benötigte die Sorte «SV32255 BV(Lord)» 73 Wachstumstage. Die zusätzlichen Wachstumstage im Versuch, verglichen mit der Sortenliste (Tabelle 1), könnten auf die Hitzetage im Juli und August und sowie die Starkniederschläge zurückzuführen sein (Abbildung 8). Trotz der zusätzlichen Wachstumstage erwies sich die Sorte unter schwierigen Bedingungen im Anbau als robust. Ein weiteres Beispiel liefert hier die Sorte «Leonidas». Für sie werden im Sortenbeschrieb 90 erforderliche Wachstumstage angegeben. Im Versuch hingegen musste die auf Grund der fortgeschrittenen Reife des Kopfes bereits nach 73 Tagen geerntet werden. Diese Diskrepanzen zwischen Angaben auf der Sortenliste und regionalen Anbaubedingungen zeigt die Bedeutung, wenn möglich mehrjähriger, regionaler Sortenversuche auf.

Beim Anbau für die Verarbeitung ist die Kopfgesundheit zum Zeitpunkt der Ernte entscheidend. Würde man diese Sorte für den Frischkonsum prüfen, ist es notwendig, neben dem Befall im Feld auch die Anfälligkeit gegenüber Pilzkrankheiten nach der Verpackung zu berücksichtigen. Trotz kurzer Wachstumstage und vorteilhafter Wuchsform und ohne sichtbaren Befall bei der Ernte, könnten Sporen auf dem Broccoli vorhanden sein. Ein Befall kann sich nach der Ernte entwickeln und erst im Laufe der Vermarktung sichtbar werden. Dies kann nicht nur die Lagerfähigkeit beeinträchtigen, sondern den Broccoli auch unverkäuflich machen. Daher ist eine genaue Prüfung der Anfälligkeit nach der Verpackung von entscheidender Bedeutung, wenn Sorten für den Frischkonsum geprüft werden.

5 Folgerungen

Die Folgerungen des Broccoliversuchs im St. Galler Rheintal während der Anbausaison 2023 beziehen sich auf die Versuchsfragen aus der Einleitung.

Nur die fünf Sorten «Batavia», «Crucible», «Larsson», «SV 32277BL(Lord)» und «Titanium» erzielten im Verfahren «ohne Fungizid» einen erratbaren Ertrag. Von diesen Sorten erzielte nur die Nummernsorte «SV 32277BL(Lord)» einen höheren Ertrag als die durchschnittlich mindestens erwarteten 9 t geröselten Broccoli pro Hektare. Die genannten fünf Sorten sind gemäss Beschreibung durch die Züchter zwischen früh über mittel bis späte Sorte eingeteilt. Für diesen Versuch lässt sich somit nicht klar beschreiben, ob die Länge der Kulturzeit der Broccolisorte einen Einfluss auf die Stärke des Pilzbefalles hat. Dies müsste an einem weiteren Versuch genauer untersucht und ausgewertet werden. Wahrscheinlich gilt der Bau des Röschens, die Möglichkeit des Abtrocknens respektive das Erhalten der Feuchtigkeit, die Möglichkeit des Schaderregers zum Wachstumsort des Röschens vorzudringen und anschliessend zu Keimen und nicht von Pflanzenschutzmitteln getroffen zu werden, als grösserer Einflussfaktor als die Kulturzeit der Broccolisorte.

Bei den Brutto-Kopfgewichten (gesamter Broccolikopf) ohne Berücksichtigung von Qualität und Krankheitsbefall sind die Unterschiede zwischen den Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» gering, mit Ausnahme der Sorten «25-BR 841», «Aquiles», «Babylon», «Partenon», «SGD 20-5022» und «SV 1002», welche einen leicht höheren Ertrag aufweisen und der Sorten «Ares», «Eos», «Pharlap» und «Spinnaker», die einen stark höheren Ertrag bei der Variante «betriebsüblich» erzielten. Unter Berücksichtigung der Qualität und der Pilzresistenz schneiden alle Sorten im Verfahren «betriebsüblich» bei dem geröselten marktfähigen Ertrag deutlich besser ab, mit Ausnahme der Sorte «SV 32277BL(Lord)» von Seminis, welche auch ohne Fungizid gute Ergebnisse lieferte.

Aus dem Broccolisortenversuch 2023 resultiert, dass folgende Sorten im St. Galler Rheintal im Verfahren «ohne Fungizid» die höchste Ausbeute in Prozent an Röschen ergaben (Tabelle 5).

Tabelle 5: Übersicht der Sorten mit der höchsten Ausbeute (%) in marktfähig und Abgang an Broccoliröschen nach dem Röseln der 12 Broccoliköpfe beim Verfahren «ohne Fungizid»

Rang	Sorte	Marktfähig (%)	Abgang (%)	Wachstumstage (Ø)
1	SV 32277 BL(Lord)	61.047 %	38.953 %	60 - 70
2	Larsson	42.606 %	57.394 %	77 - 84
3	Crucible	30.785 %	69.215 %	65 - 85
4	Titanium	25.684 %	74.316 %	84 - 88
5	Tapei	14.809 %	85.191 %	82 - 86

Folgende Sorten, die im Gesamtvergleich mit Einbezug der Qualität und des Krankheitsbefalls in beiden Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» unter den erwarteten Durchschnittsertrag von 9 t geröselten Broccoli pro Hektare abgeschnitten haben, werden für den Anbau sowie weitere Versuche im St. Galler Rheintal nicht empfohlen: «Ares» und «Aquiles». Jedoch sind dies lediglich Resultate aus einem Versuchsjahr. Aus diesem Grund müssten die fünf Sorten «SV 32277BL(Lord)», «Larsson», «Crucible»,

«Titanium» und «Tapei» in weiteren Versuchsjahren nochmals genauer untersucht werden, damit eine klare Aussage gemacht werden kann, welche Sorte im St. Galler Rheintal geeignet/ nicht geeignet ist.

Aufgrund der nassen Verhältnisse im Frühjahr 2023 vor, während sowie nach der Pflanzung des ersten Broccolisatzes in der Kalenderwoche 16, war die Entwicklung des gesamten Versuchs sehr heterogen. Da sich lediglich die Ergebnisse des zweiten Satzes auswerten lassen, kann die Versuchsfrage, ob Unterschiede im ersten und zweiten Broccolisatz bezüglich des Auftretens von Pilzkrankheiten vorhanden sind, nicht beantwortet werden.

Gemäss den Resultaten zu den höchsten Durchschnittserträgen an geröselten Broccoliköpfen nach Abzug des Verlustes des Rösels sind die geeignetsten fünf Sorten mit den besten Ertragsparametern je Verfahren «ohne Fungizid» und «betriebsüblich» in den folgenden beiden Tabellen (Tabelle 6, Tabelle 7) dargestellt.

Tabelle 6: Übersicht der Sorten mit den höchsten Durchschnittserträgen an geröselten Broccoliköpfe beim Verfahren «ohne Fungizid»

Rang	Sorte	Ertragsdurchschnitt	Wachstumstage (Ø)
1	SV 32277 BL(Lord)	2.57000 ± 0.314	60 - 70
2	Larsson	1.03500 ± 0.314	77 - 98
3	Batavia	0.75333 ± 0.314	65
4	Crucible	0.66333 ± 0.314	65 - 85
5	Titanium	0.64333 ± 0.314	84 - 88

Tabelle 7: Übersicht der Sorten mit den höchsten Durchschnittserträgen an geröselten Broccoliköpfen beim Verfahren «betriebsüblich»

Rang	Sorte	Ertragsdurchschnitt (kg) mit Standardfehler	Wachstumstage
1	Eos	4.00667 ± 0.314	67 - 72
2	Ironman	3.03000 ± 0.314	65 - 85
3	Babylon	2.91167 ± 0.314	70 - 75
4	Spinnaker	2.86833 ± 0.314	60 - 80
5	Perseus	2.85533 ± 0.314	70 - 80

Bei der Skalierung der Kopffäuledaten bei der Ernte schneiden die Sorten «SV 32277 BL(Lord)» gefolgt von «Leonidas» sowie bei den Blattfleckendaten die Sorte «Leonidas» gefolgt von «SV 32277 BL(Lord)» am besten ab.

Die Synergien von allen Unternehmen, die Sortenversuche zu Kopffäule bei Broccoli in der Schweiz anlegen, müssen genutzt werden sowie Austausch für ein gemeinsames Ziel der verbesserten Sortenzüchtung sollen stattfinden.

Nach der Durchführung und Auswertung dieses Broccolisortenversuchs steht fest, dass in der Broccolisortenzüchtung die Toleranz gegenüber Schaderregern, die Kopffäule verursachen, bisher nicht im züchterischen Fokus standen und der Erfolg der Resistenzzüchtung bisher verhalten ist. Es gilt festzuhalten, dass aktuell nur wenige Sorten vorhanden sind, die eine gewisse Toleranz gegen Kopffäule aufweisen. Tolerante Sorten tragen zum effizienten Einsatz der Ressourcen sowie einem resilienten Anbau bei, indem der Bedarf an Pflanzenschutzmitteln verringert werden kann. Langfristig kann die Wirtschaftlichkeit im Broccolianbau erhöht werden, da die Anzahl vermarktungsfähiger Broccoliköpfe steigt. Mit dem zunehmenden Wegfall von Pflanzenschutzmitteln wird eine ertrags- und qualitätsorientierte Produktion diverser Kulturen vermehrt schwierig sowie das Resistenzmanagement mit den noch bewilligten Pflanzenschutzmitteln im Anbau zur zusätzlichen Herausforderung. Es fehlt an wirksamen Alternativen gegen diverse Schaderreger. Mit diesem Hintergrund nimmt die Bedeutung der Züchtung von toleranten Sorten für eine nachhaltige Pflanzengesundheitsstrategie massiv zu. Aus diesen Gründen muss in der Züchtung vermehrt auf tolerante und resistente Sorten gezüchtet werden.

6 Literaturverzeichnis

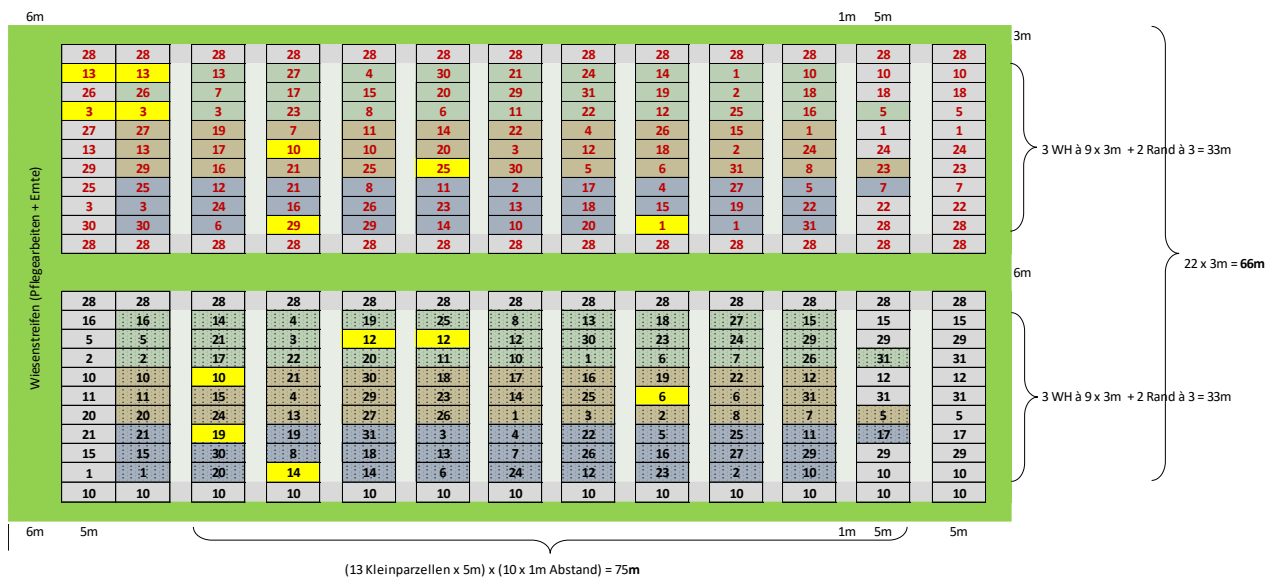
- Agroscope (2023). Düngung im Gemüsebau Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2023) – Kapitel 10.
- Agroscope (2021). Kohlschwärze (*Alternaria* spp.) auf Broccoli. Agroscope Merkblatt Nr. 128 / 2021.
- Bayer Crop Science Deutschland GmbH (2023). Produktkatalog Blumenkohl – Broccoli - Kopfkohl.
- Bürkner P (2017). “brms: An R Package for Bayesian Multilevel Models Using Stan.” *Journal of Statistical Software*, 80(1), 1–28. doi:10.18637/jss.v080.i01.
- Bürkner P (2018). “Advanced Bayesian Multilevel Modeling with the R Package brms.” *The R Journal*, 10(1), 395–411. doi:10.32614/RJ-2018-017.
- Bürkner P (2021). “Bayesian Item Response Modeling in R with brms and Stan.” *Journal of Statistical Software*, 100(5), 1–54. doi:10.18637/jss.v100.i05.
- Graves S, Piepho HP, Selzer L & Dorai-Raj S (2019). multcompView: Visualizations of Paired Comparisons. Version 0.1-8: <https://CRAN.R-project.org/package=multcompView>
- Grolemund G, Wickham H (2011). “Dates and Times Made Easy with lubridate.” *Journal of Statistical Software*, 40(3), 1–25. <https://www.jstatsoft.org/v40/i03/>.
- Hortipendium. Brokkoli Schadbilder: [https://www.hortipendium.de/Brokkoli_Schadbilder#:~:text=Beim%20Anbau%20von%20Brokkoli%20k%C3%B6nnen,den%20Kuturerfolg%20in%20Frage%20stellen](https://www.hortipendium.de/Brokkoli_Schadbilder#:~:text=Beim%20Anbau%20von%20Brokkoli%20k%C3%B6nnen,den%20Kuturerfolg%20in%20Frage%20stellen.). [Zugriff 8.2.2024]
- Kassambara A (2020). ggpubr: 'ggplot2' Based Publication Ready Plots. R package version 0.4.0. <https://CRAN.R-project.org/package=ggpubr>.
- Kuznetsova A, Brockhoff PB, Christensen RHB (2017). “lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models.” *Journal of Statistical Software*, *82*(13), 1-26. doi: 10.18637/jss.v082.i13 (URL: <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>).
- Lüdecke D (2018). “sjmisc: Data and Variable Transformation Functions.” *Journal of Open Source Software*, 3(26), 754. doi: 10.21105/joss.00754.
- Lüdecke D (2021a). sjPlot: Data Visualization for Statistics in Social Science. R package version 2.8.9, <https://CRAN.R-project.org/package=sjPlot>.
- Lüdecke D (2021b). sjlabelled: Labelled Data Utility Functions (Version 1.1.8). doi: 10.5281/zenodo.1249215, <https://CRAN.R-project.org/package=sjlabelled>.
- Russell L (2020). emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.4.8. <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>
- Schweizerische Zentralstelle für Gemüsebau und Spezialkulturen (2024). <https://extra-net.szg.ch/marktdaten-gemuese/webreports/anbauflaechen/> [Zugriff: 10.1 2024]
- Wickham H (2016). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York.
- Wickham H, Bryan J (2023). readxl: Read Excel Files. <https://readxl.tidyverse.org>, <https://github.com/tidyverse/readxl>.
- Wickham H, Averick M, Bryan J, Chang W, McGowan LD, François R, Grolemund G, Hayes A, Henry L, Hester J, Kuhn M, Pedersen TL, Miller E, Bache SM, Müller K, Ooms J, Robinson D, Seidel DP, Spinu V, Takahashi K, Vaughan D, Wilke C, Woo K, Yutani H (2019). “Welcome to the tidyverse.” *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. doi:10.21105/joss.01686.
- Xie Y (2023). knitr: A General-Purpose Package for Dynamic Report Generation in R. R package version 1.45, <https://yihui.org/knitr/>.

- Xie Y (2015). *Dynamic Documents with R and knitr*, 2nd edition. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, Florida. ISBN 978-1498716963, <https://yihui.org/knitr/>.
- Xie Y (2014). “knitr: A Comprehensive Tool for Reproducible Research in R.” In Stodden V, Leisch F, Peng RD (eds.), *Implementing Reproducible Computational Research*. Chapman and Hall/CRC. ISBN 978-1466561595.
- Zhu H (2021). *_kableExtra: Construct Complex Table with 'kable' and Pipe Syntax_*. R package version 1.3.4, <<https://CRAN.R-project.org/package=kableExtra>>.

Anhang

Anhang 1: Versuch 1. Broccolisatz	46
Anhang 2: Versuch 2. Broccolisatz	47
Anhang 3: Sortenübersicht	48
Anhang 4: Abbildungen aus dem R-Skript zu Ertrag Broccoliköpfe	49
Anhang 5: Abbildungen aus dem R-Skript zu Ertrag Broccoliröschen	52
Anhang 6: Abbildungen aus dem R-Skript zu Ertragsausbeute Röschen	57
Anhang 7: Abbildungen aus dem R-Skript zu Skalierung Blatt- und Kopfflecken	60

Anhang 2: Versuch 2. Broccolisatz



Legende

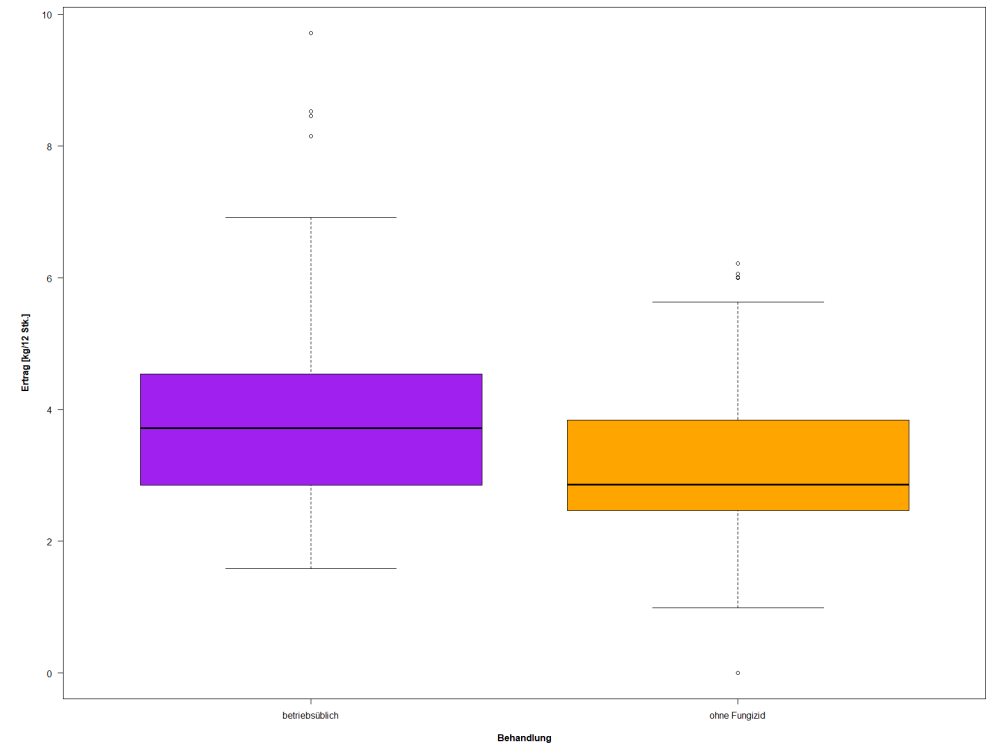
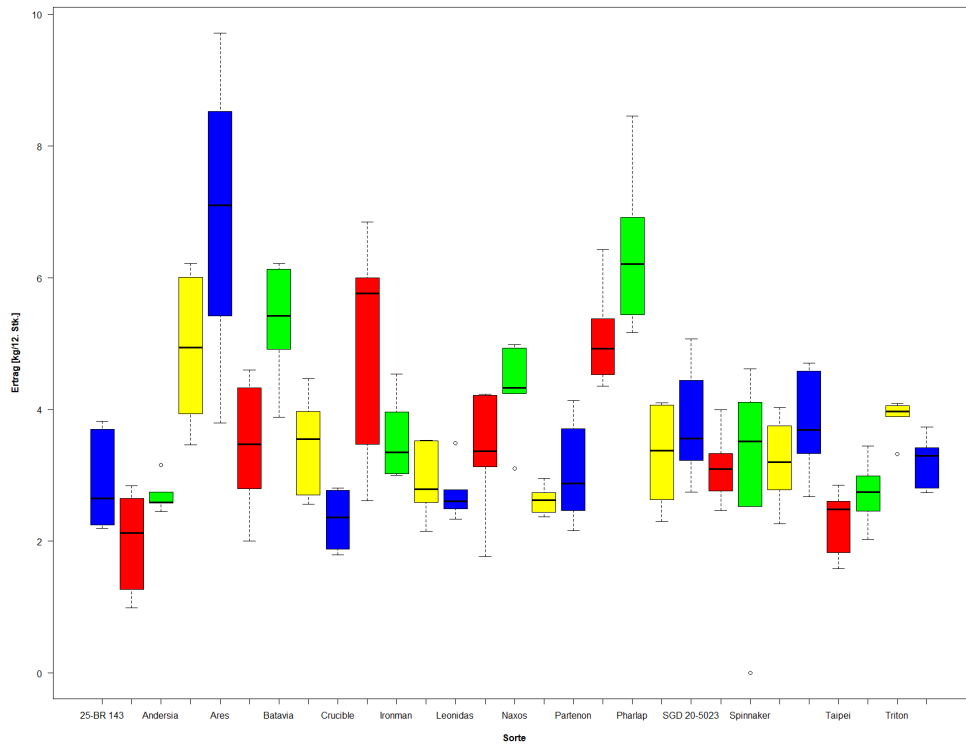
	Wiederholung 1; "ohne Fungizid"
	Wiederholung 1; "betriebsüblich"
	Wiederholung 2; "ohne Fungizid"
	Wiederholung 2; "betriebsüblich"
	Wiederholung 3; "ohne Fungizid"
	Wiederholung 3; "betriebsüblich"

Anhang 3: Sortenübersicht

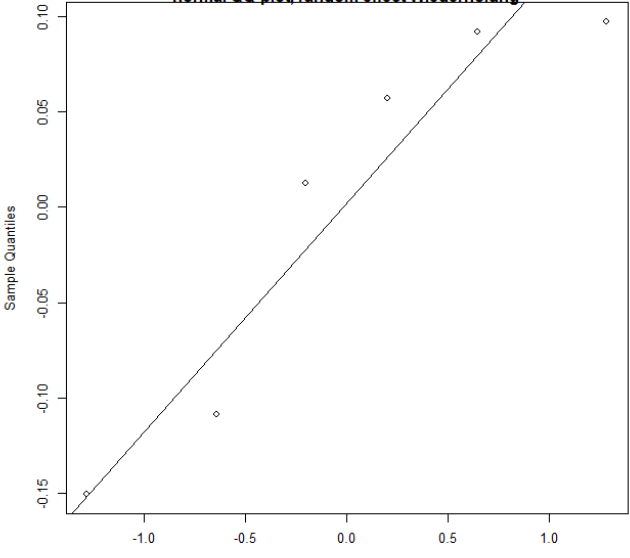
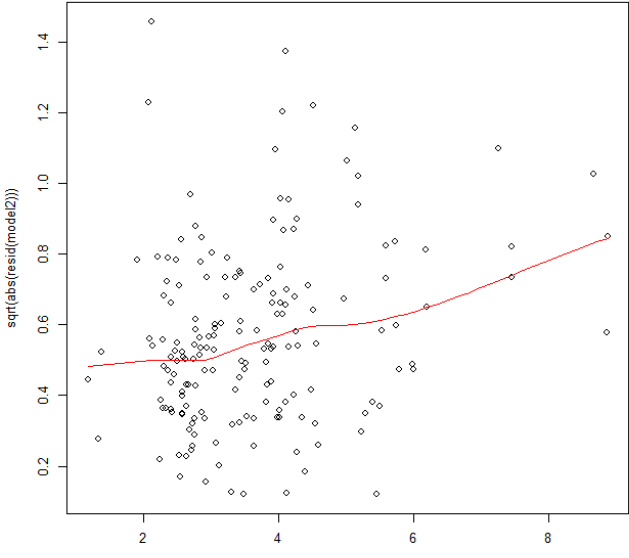
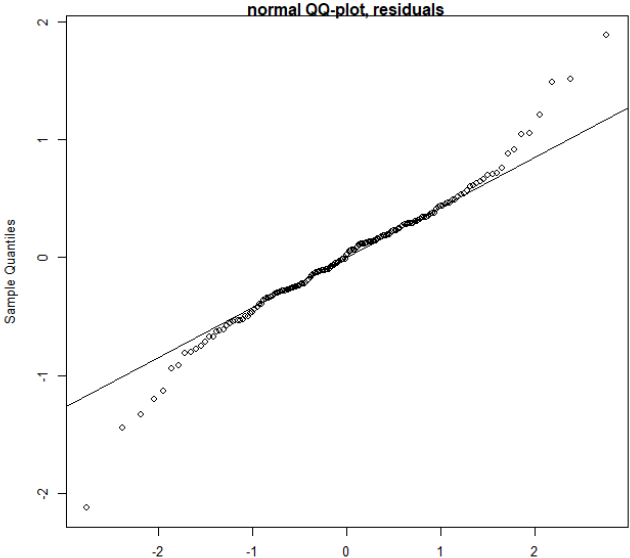
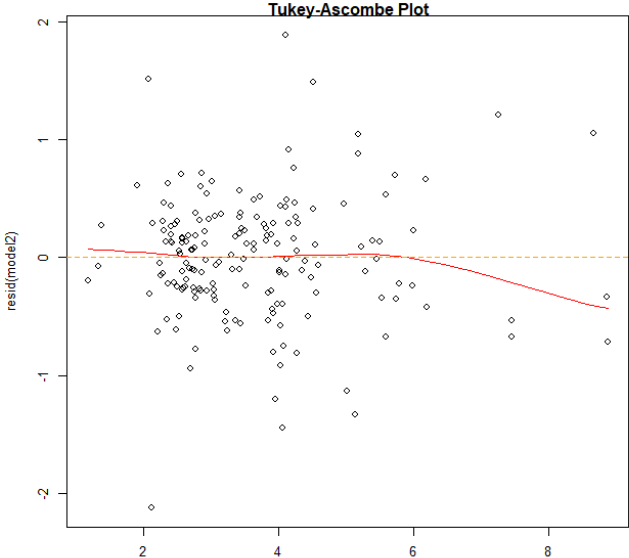
Nummer	Züchter	Sorte	KW
1	Sakata	Aquiles	16 + 28
2	Sakata	Ares	16 + 28
3	Sakata	Eos	16 + 28
4	Sakata	Naxos	16 + 28
5	Sakata	Perseus	16 + 28
6	Sakata	Triton	16 + 28
7	Sakata	Parthenon	16 + 28
8	Sakata	Leonidas	16 + 28
10	RZ	Vicario	16 + 28
11	RZ	Neliam	16 + 28
12	RZ	Larsson	16 + 28
13	RZ	25-BR 143	16 + 28
14	RZ	25-BR 841	16 + 28
15	Bejo	Batavia	16 + 28
16	Bejo	Claremont	16 + 28
17	Seminis	Ironman	16 + 28
18	Seminis	SV 1002	16 + 28
19	Seminis	Spinnaker	16 + 28
20	Seminis	Crucible	16 + 28
21	Seminis	Andersia	16 + 28
22	Seminis	Shard	16 + 28
23	Seminis	Titanium	16 + 28
24	Seminis	Taipei	16 + 28
25	Seminis	SV 32277 BL(Lord)	16 + 28
26	Hazera	Pharlap	16 + 28
27	Hazera	Babylon	16 + 28
28	SG	Gongga	16
29	SG	Mc Laren	16 + 28
30	SG	SGD 20-5022	28
31	SG	SGD 20-5023	28

Anhang 4: Abbildungen aus dem R-Skript zu Ertrag Broccoliköpfe

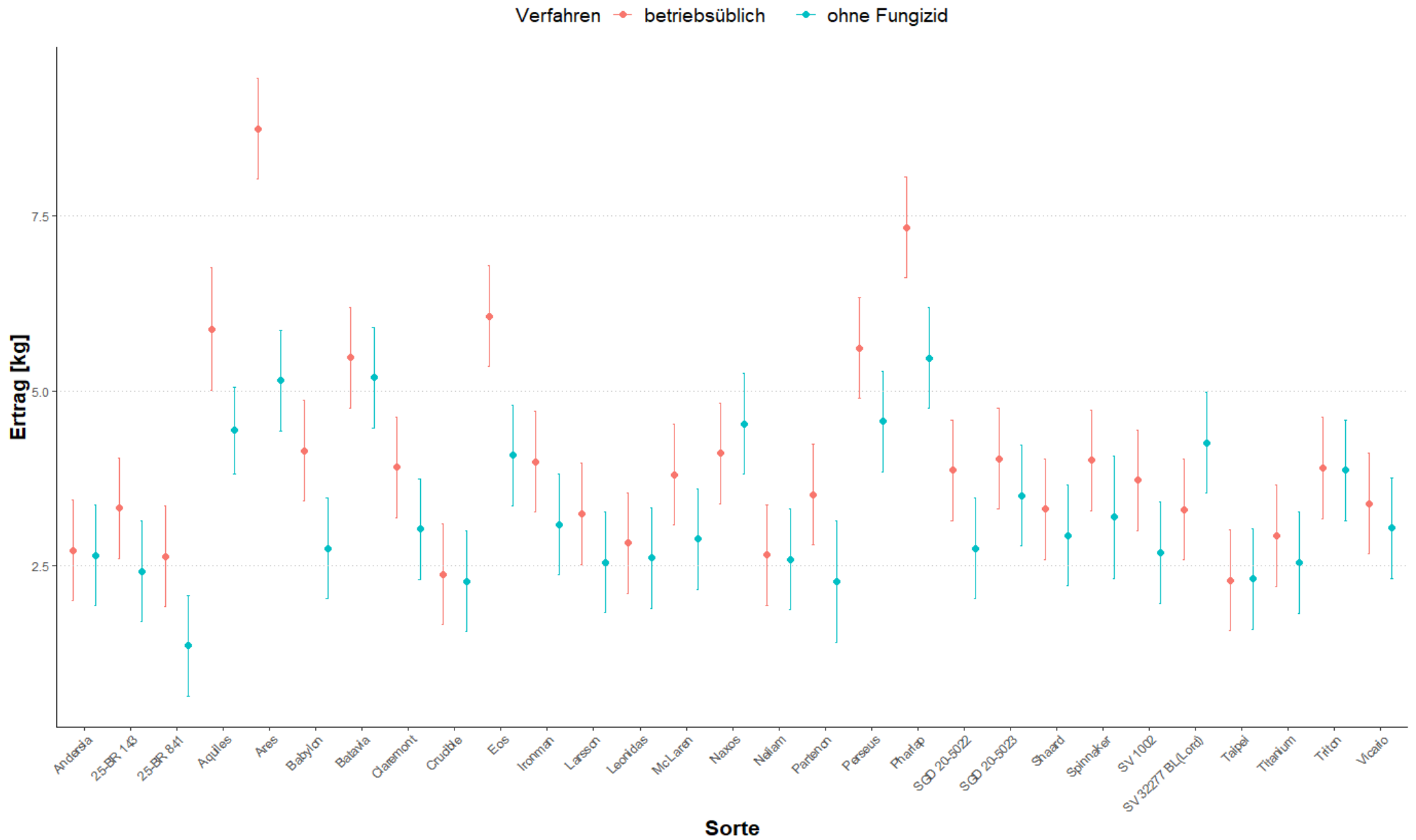
1. Rohdatenverteilung aus Kapitel 3.2.1 Erhebung des Ertrags der Broccoliköpfe, vergrößerte Abbildung



2. Modellcheck

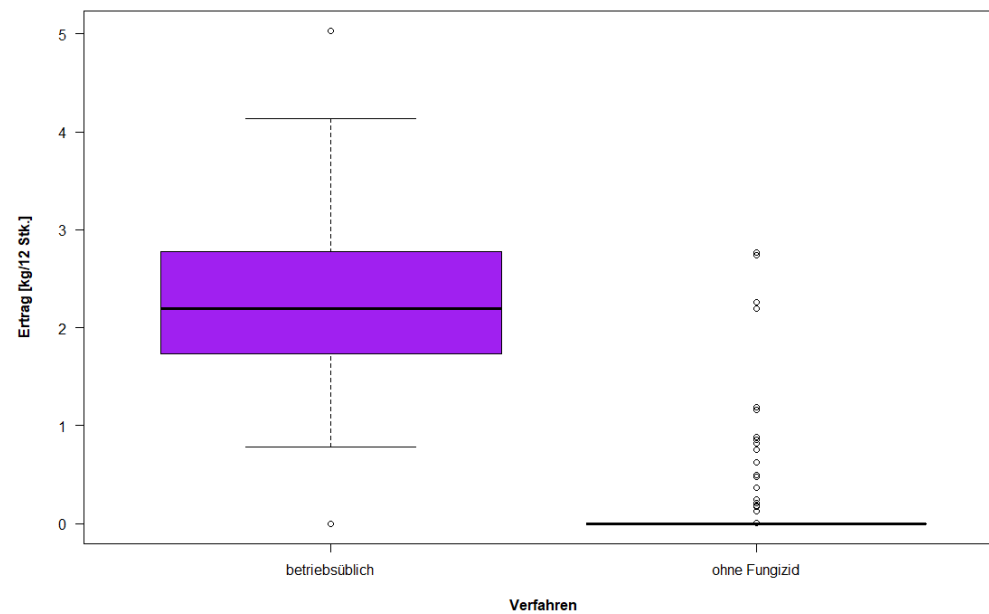
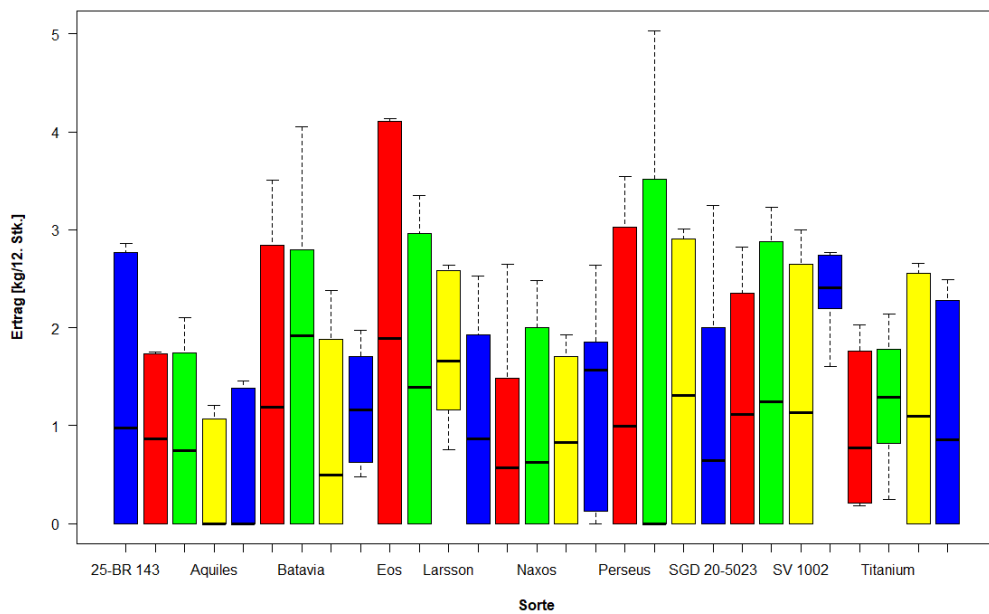


3. Plot ohne Buchstaben für signifikante Unterschiede

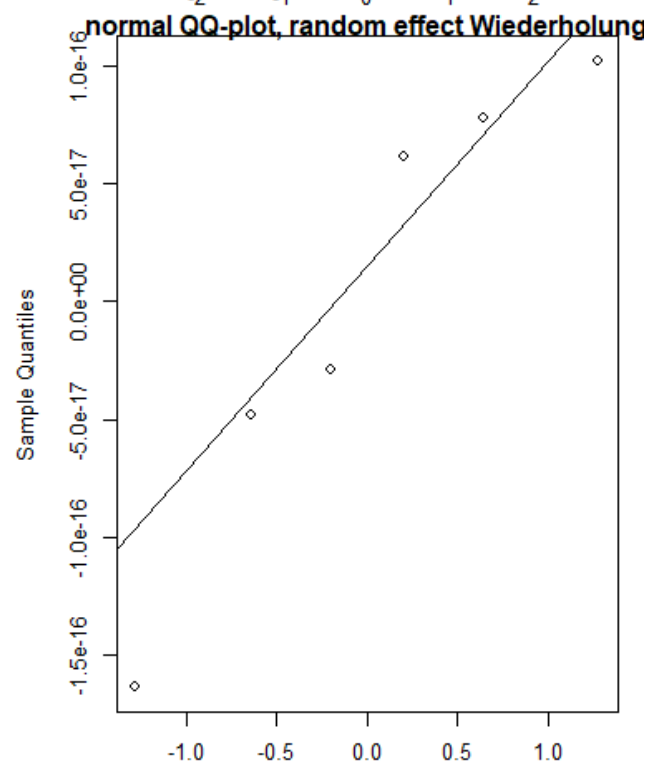
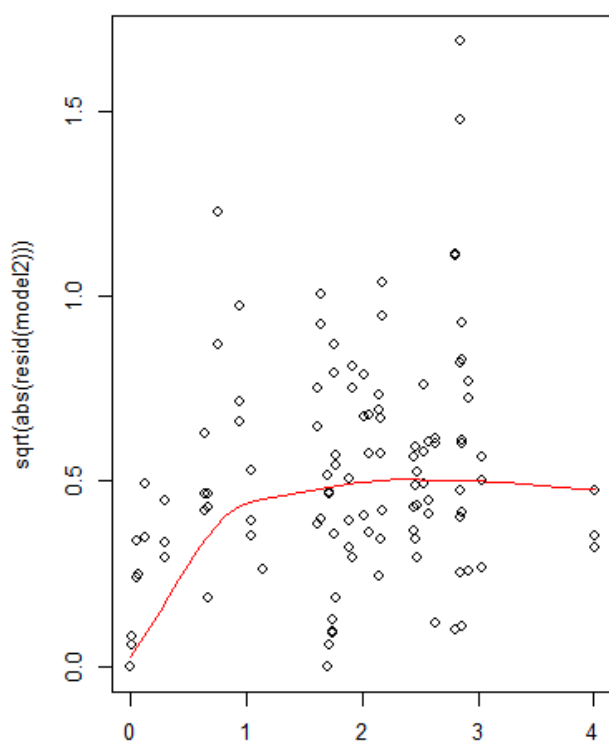
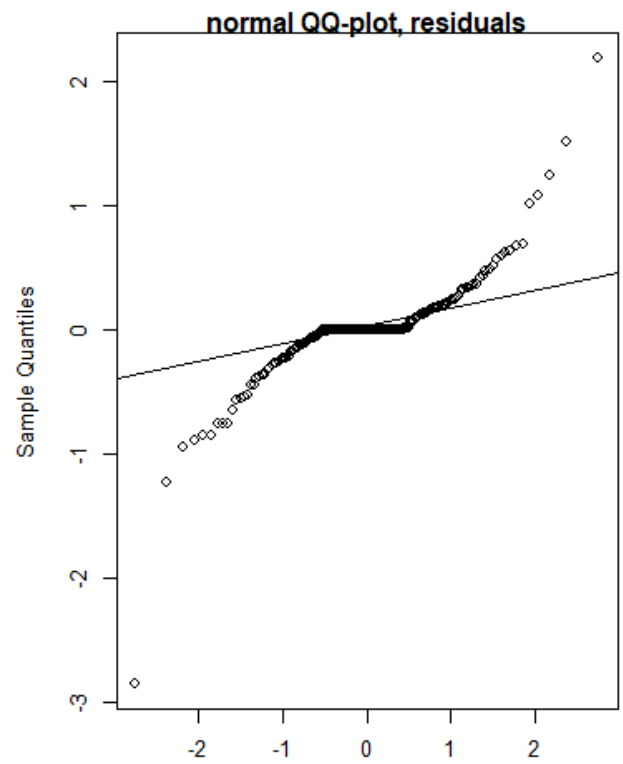
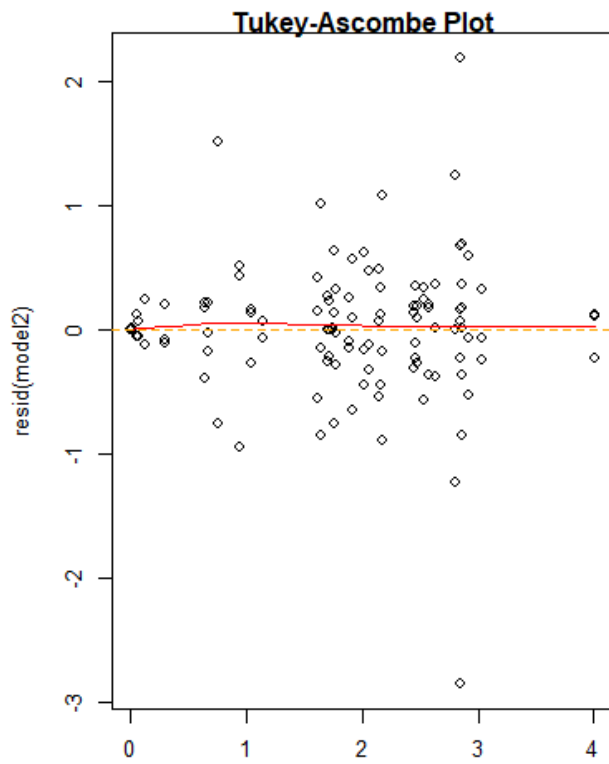


Anhang 5: Abbildungen aus dem R-Skript zu Ertrag Broccoliröschen

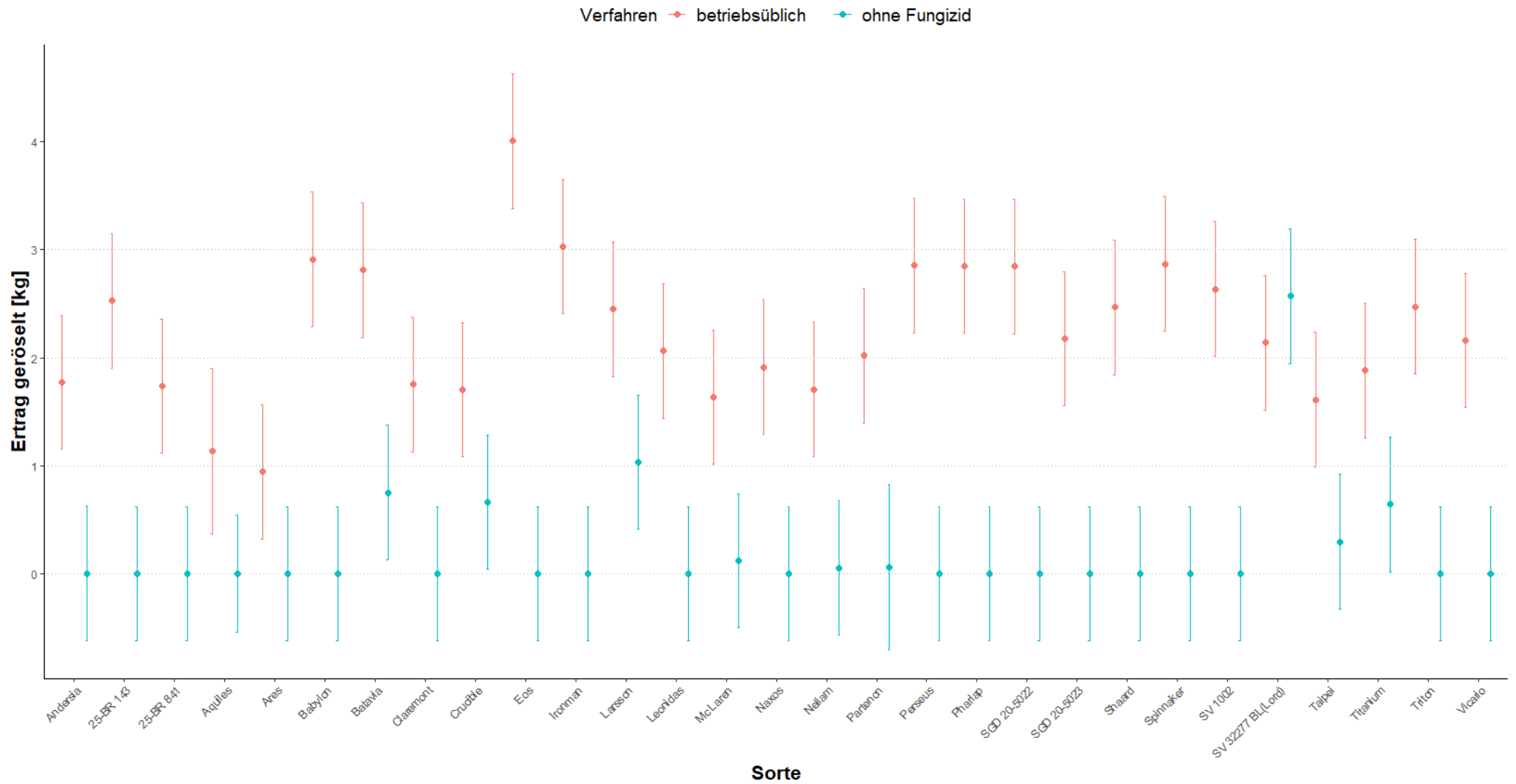
1. Rohdatenverteilung aus Kapitel 3.2.2 Erhebung des Ertrags der geröselten Broccoliköpfe, vergrößerte Abbildung



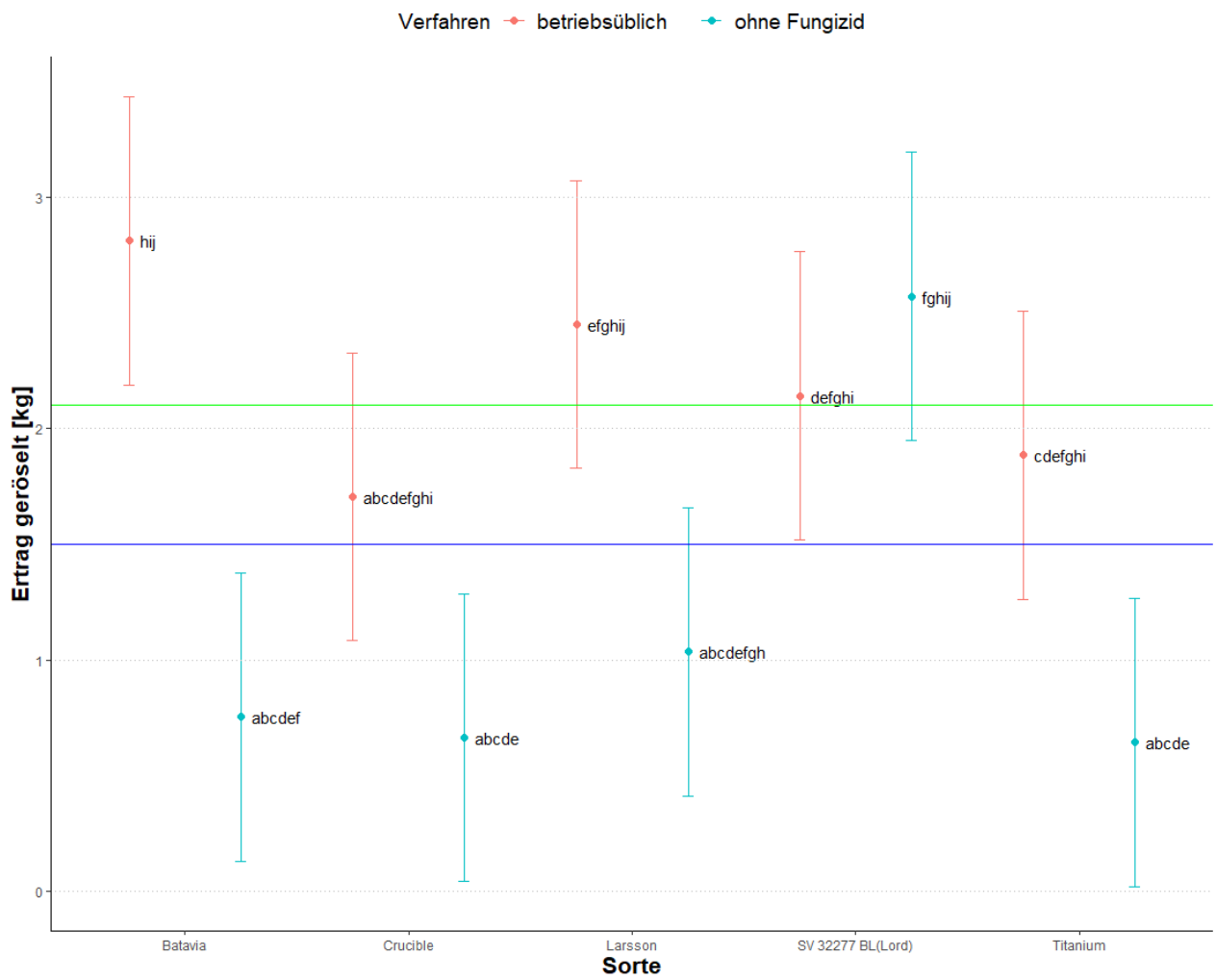
2. Modellcheck



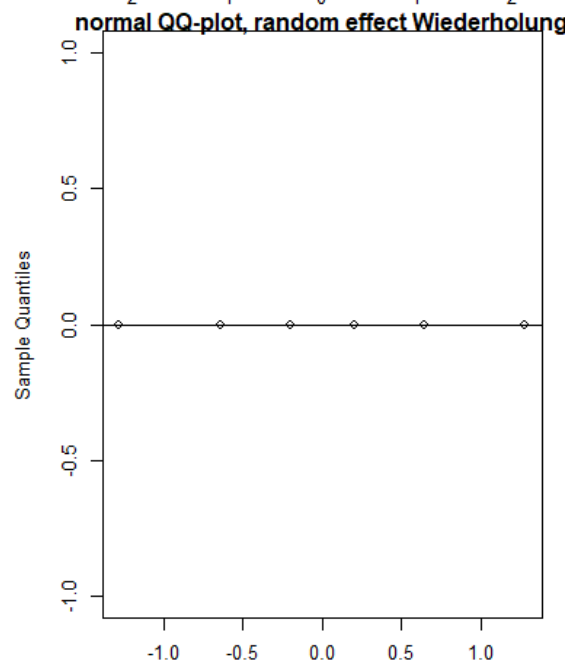
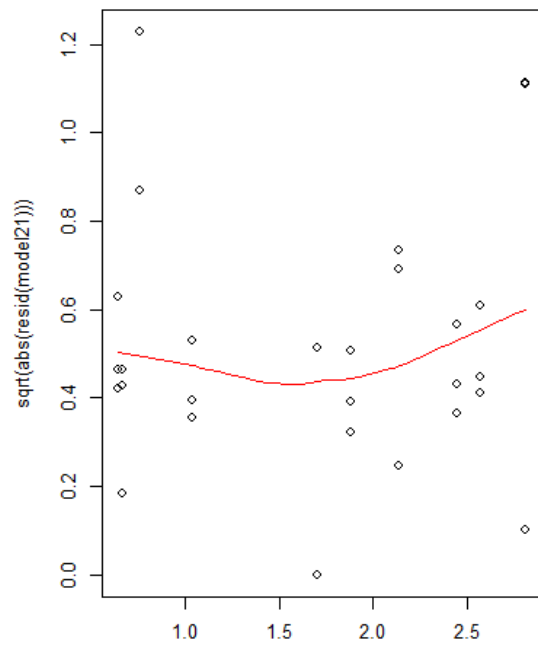
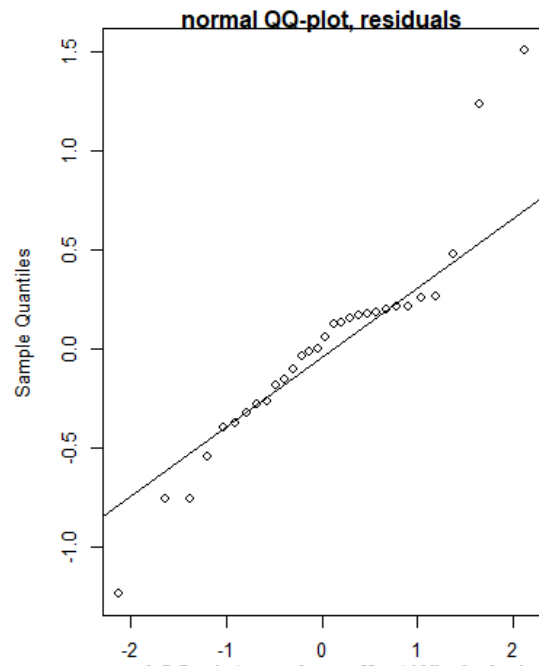
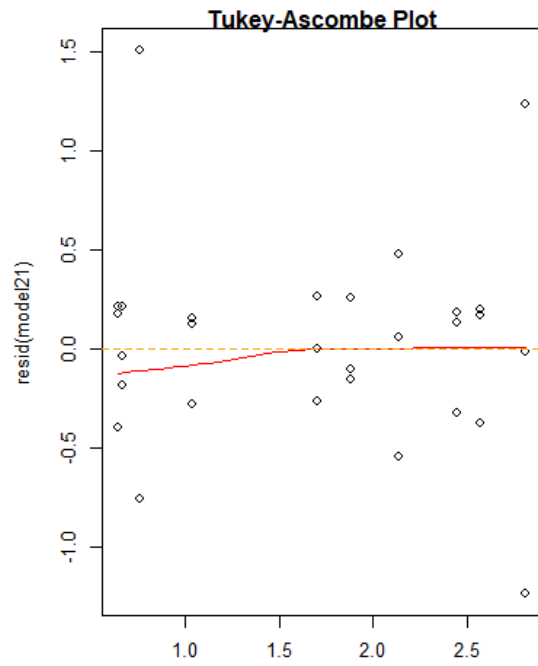
3. Plot ohne Buchstaben für signifikante Unterschiede



4. Plot mit den hervorgehobenen Sorten mit Buchstaben für signifikante Unterschiede im Vergleich zu allen Sorten und Linien bei 1.5 und 2.1 kg

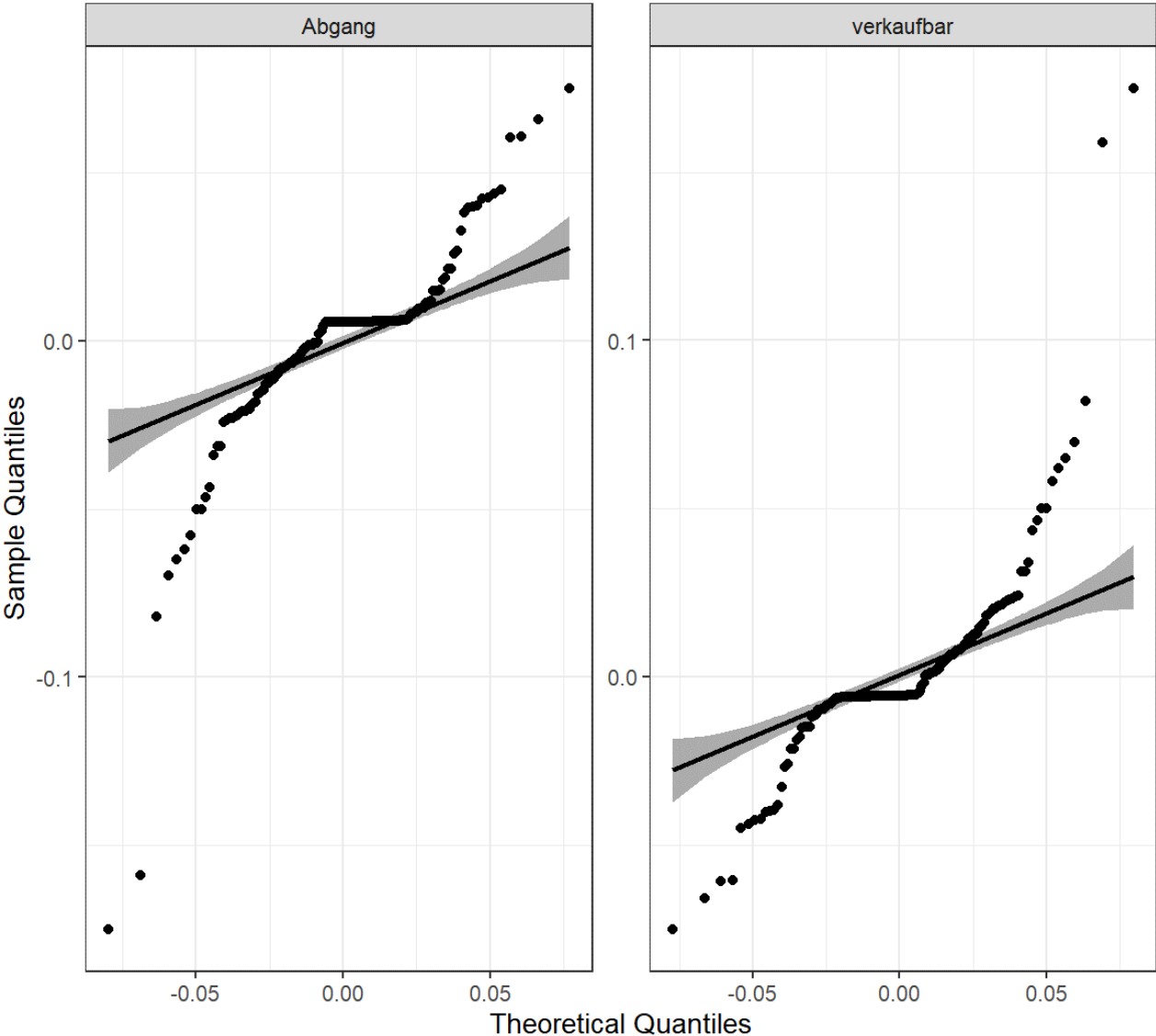


5. Modellcheck für die hervorgehobenen 5 Sorten



Anhang 6: Abbildungen aus dem R-Skript zu Ertragsausbeute Röschen

1. Modellcheck anhand QQ-Plot



2. Prozentangaben der Ausbeute in Abgang und marktfähig aller Sorten (→ res-Anteile aus RSkript)

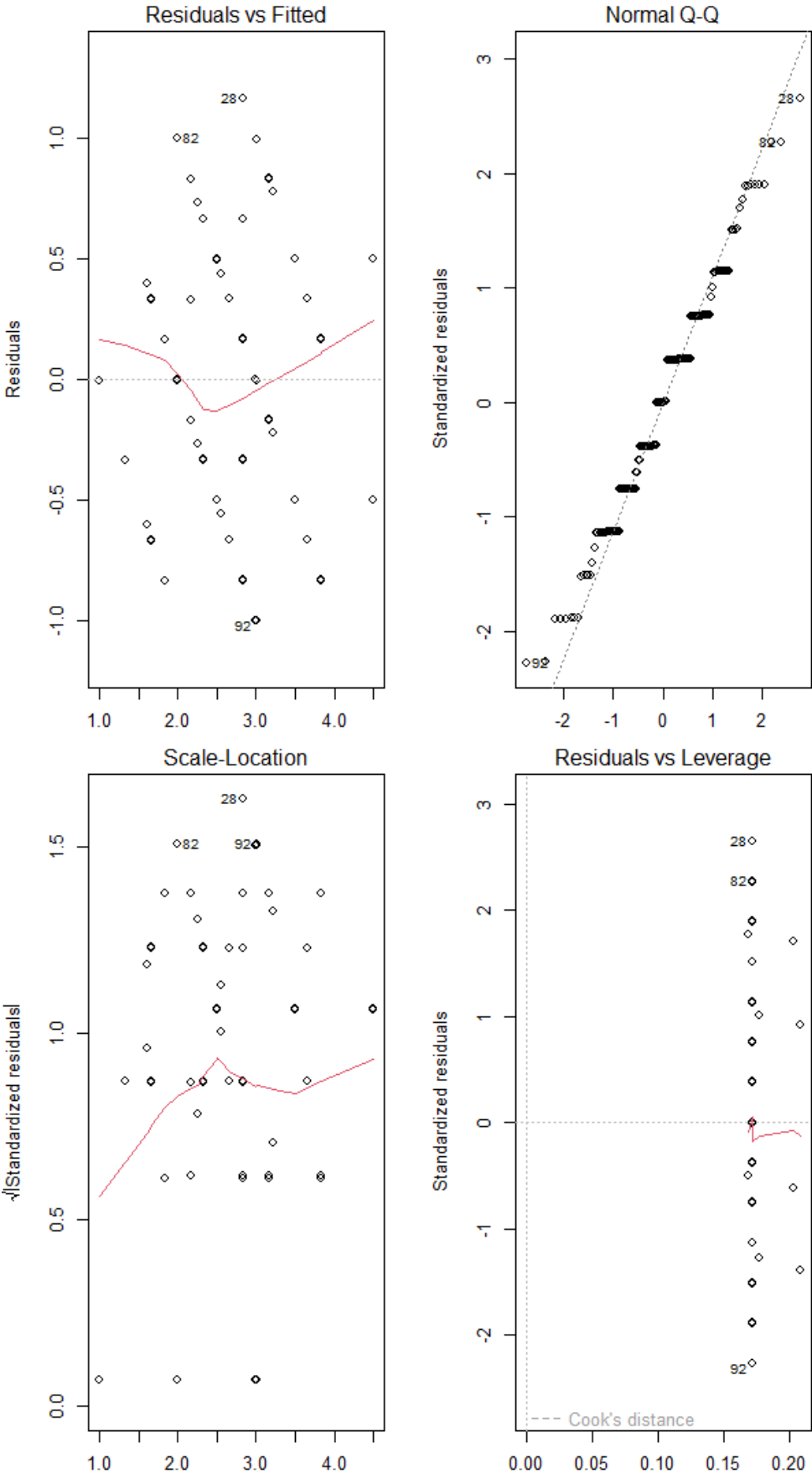
Sorte	Behandlung	Estimate	Est.Error	Q2.5	Q97.5	Typ
Aquiles	ohne Fungizid	0.97951	0.010226642	0.955141083	0.994330273	P(Y = Abgang)
Ares	ohne Fungizid	0.979522	0.01204223	0.950166899	0.995875683	P(Y = Abgang)
Eos	ohne Fungizid	0.979479	0.011764121	0.950694339	0.995766649	P(Y = Abgang)
Naxos	ohne Fungizid	0.979503	0.011746142	0.95160226	0.995947005	P(Y = Abgang)
Perseus	ohne Fungizid	0.979594	0.011857186	0.95118244	0.9957673	P(Y = Abgang)
Triton	ohne Fungizid	0.979563	0.012068939	0.94997982	0.995803028	P(Y = Abgang)
Partenon	ohne Fungizid	0.964932	0.02324336	0.907042816	0.995290428	P(Y = Abgang)
Leonidas	ohne Fungizid	0.979584	0.011853858	0.950816237	0.995580562	P(Y = Abgang)
Vicario	ohne Fungizid	0.979647	0.011834397	0.95058723	0.995783852	P(Y = Abgang)
Nelliam	ohne Fungizid	0.971382	0.016229493	0.932308159	0.994346215	P(Y = Abgang)
Larsson	ohne Fungizid	0.573938	0.085917448	0.403004085	0.740314106	P(Y = Abgang)
25-BR 143	ohne Fungizid	0.979376	0.011774642	0.95021576	0.995408581	P(Y = Abgang)
25-BR 841	ohne Fungizid	0.97955	0.011897867	0.951220705	0.995886697	P(Y = Abgang)
Batavia	ohne Fungizid	0.958178	0.02243875	0.90528516	0.990825666	P(Y = Abgang)
Claremont	ohne Fungizid	0.979793	0.011626693	0.952283202	0.995768686	P(Y = Abgang)
Ironman	ohne Fungizid	0.979703	0.01188185	0.95046035	0.99592645	P(Y = Abgang)
SV 1002	ohne Fungizid	0.979732	0.011643188	0.951561098	0.995870443	P(Y = Abgang)
Spinnaker	ohne Fungizid	0.980072	0.014032926	0.945217377	0.997551919	P(Y = Abgang)
Crucible	ohne Fungizid	0.692154	0.078021524	0.530602976	0.836198066	P(Y = Abgang)
Andersia	ohne Fungizid	0.977431	0.01324334	0.944940512	0.995421359	P(Y = Abgang)
Shaad	ohne Fungizid	0.979513	0.011843521	0.951210826	0.995624741	P(Y = Abgang)
Titanium	ohne Fungizid	0.743162	0.072395618	0.592917972	0.875597992	P(Y = Abgang)
Taipei	ohne Fungizid	0.851909	0.055659308	0.730796612	0.947292158	P(Y = Abgang)
SV 32277 BL(Lord)	ohne Fungizid	0.389533	0.083904027	0.22830204	0.561186014	P(Y = Abgang)
Pharlap	ohne Fungizid	0.979583	0.011834393	0.950535219	0.995699772	P(Y = Abgang)
Babylon	ohne Fungizid	0.979634	0.011657238	0.950889195	0.995720294	P(Y = Abgang)
Mc Laren	ohne Fungizid	0.965765	0.019306292	0.919253911	0.992608325	P(Y = Abgang)
SGD 20-5022	ohne Fungizid	0.979577	0.011909627	0.950906471	0.995868731	P(Y = Abgang)
SGD 20-5023	ohne Fungizid	0.979629	0.011766876	0.951323931	0.995765166	P(Y = Abgang)
Aquiles	betriebsüblich	0.790503	0.080107146	0.618968532	0.929184712	P(Y = Abgang)
Ares	betriebsüblich	0.935795	0.035191097	0.86198189	0.987454665	P(Y = Abgang)
Eos	betriebsüblich	0.350561	0.081645708	0.197092342	0.516726379	P(Y = Abgang)
Naxos	betriebsüblich	0.518178	0.085393847	0.34985996	0.685765647	P(Y = Abgang)
Perseus	betriebsüblich	0.484387	0.087104006	0.31726493	0.657634983	P(Y = Abgang)
Triton	betriebsüblich	0.382028	0.083944368	0.221840761	0.54993989	P(Y = Abgang)
Partenon	betriebsüblich	0.434544	0.08443486	0.272004132	0.604792311	P(Y = Abgang)
Leonidas	betriebsüblich	0.298144	0.077866687	0.154800044	0.459479481	P(Y = Abgang)
Vicario	betriebsüblich	0.376932	0.083439135	0.218242033	0.545684084	P(Y = Abgang)
Nelliam	betriebsüblich	0.368514	0.083373909	0.210743745	0.539975507	P(Y = Abgang)
Larsson	betriebsüblich	0.272625	0.07449811	0.13751226	0.426826076	P(Y = Abgang)
25-BR 143	betriebsüblich	0.265507	0.075541987	0.130373804	0.423269276	P(Y = Abgang)
25-BR 841	betriebsüblich	0.361662	0.080999687	0.207247866	0.526060071	P(Y = Abgang)
Batavia	betriebsüblich	0.482031	0.0851915	0.317550911	0.649736226	P(Y = Abgang)
Claremont	betriebsüblich	0.54681	0.086652032	0.37288916	0.714273081	P(Y = Abgang)
Ironman	betriebsüblich	0.26524	0.073487979	0.130893852	0.418476692	P(Y = Abgang)
SV 1002	betriebsüblich	0.310858	0.077513798	0.167624435	0.471860643	P(Y = Abgang)
Spinnaker	betriebsüblich	0.304776	0.076751027	0.161265371	0.462708552	P(Y = Abgang)
Crucible	betriebsüblich	0.299873	0.076755184	0.158169293	0.456283	P(Y = Abgang)
Andersia	betriebsüblich	0.370022	0.083409645	0.209227877	0.535211617	P(Y = Abgang)
Shaad	betriebsüblich	0.273121	0.075339343	0.13720616	0.430932223	P(Y = Abgang)
Titanium	betriebsüblich	0.375326	0.082918345	0.220503357	0.543077678	P(Y = Abgang)
Taipei	betriebsüblich	0.327274	0.08061317	0.1798406	0.49004135	P(Y = Abgang)
SV 32277 BL(Lord)	betriebsüblich	0.37298	0.083861421	0.217356058	0.545449803	P(Y = Abgang)
Pharlap	betriebsüblich	0.863805	0.054012369	0.74374654	0.954773034	P(Y = Abgang)
Babylon	betriebsüblich	0.308556	0.079027207	0.163316684	0.466167271	P(Y = Abgang)
Mc Laren	betriebsüblich	0.592916	0.085397209	0.421676717	0.758577693	P(Y = Abgang)
SGD 20-5022	betriebsüblich	0.288941	0.078674371	0.147408825	0.452483209	P(Y = Abgang)
SGD 20-5023	betriebsüblich	0.465681	0.086159238	0.299722031	0.637234487	P(Y = Abgang)
Aquiles	ohne Fungizid	0.02049	0.010226642	0.005669727	0.044858917	P(Y = verkaufbar)
Ares	ohne Fungizid	0.020478	0.01204223	0.004124317	0.049833101	P(Y = verkaufbar)
Eos	ohne Fungizid	0.020521	0.011764121	0.004233351	0.049305661	P(Y = verkaufbar)
Naxos	ohne Fungizid	0.020497	0.011746142	0.004052995	0.04839774	P(Y = verkaufbar)
Perseus	ohne Fungizid	0.020406	0.011857186	0.0042327	0.04881756	P(Y = verkaufbar)
Triton	ohne Fungizid	0.020437	0.012068939	0.004196972	0.05002018	P(Y = verkaufbar)
Partenon	ohne Fungizid	0.035068	0.02324336	0.004709572	0.029251784	P(Y = verkaufbar)
Leonidas	ohne Fungizid	0.020416	0.011853858	0.004414938	0.049183763	P(Y = verkaufbar)
Vicario	ohne Fungizid	0.020353	0.011834397	0.004216148	0.04941277	P(Y = verkaufbar)
Nelliam	ohne Fungizid	0.028618	0.016229493	0.005653785	0.067691841	P(Y = verkaufbar)
Larsson	ohne Fungizid	0.426062	0.085917448	0.259685894	0.596995915	P(Y = verkaufbar)
25-BR 143	ohne Fungizid	0.020624	0.011774642	0.004591419	0.04978424	P(Y = verkaufbar)
25-BR 841	ohne Fungizid	0.02045	0.011897867	0.004113303	0.048779295	P(Y = verkaufbar)
Batavia	ohne Fungizid	0.041822	0.02243875	0.009174334	0.09471484	P(Y = verkaufbar)
Claremont	ohne Fungizid	0.020207	0.011626693	0.004231314	0.047716798	P(Y = verkaufbar)
Ironman	ohne Fungizid	0.020297	0.01188185	0.00407355	0.04953965	P(Y = verkaufbar)
SV 1002	ohne Fungizid	0.020268	0.011643188	0.004129557	0.048438902	P(Y = verkaufbar)
Spinnaker	ohne Fungizid	0.019928	0.014032926	0.002448081	0.054782623	P(Y = verkaufbar)
Crucible	ohne Fungizid	0.307846	0.078021524	0.163801934	0.469397024	P(Y = verkaufbar)
Andersia	ohne Fungizid	0.022569	0.01324334	0.004578641	0.050559488	P(Y = verkaufbar)
Shaad	ohne Fungizid	0.020487	0.011843521	0.004375259	0.048789174	P(Y = verkaufbar)
Titanium	ohne Fungizid	0.256838	0.072395618	0.124402008	0.407082028	P(Y = verkaufbar)
Taipei	ohne Fungizid	0.148091	0.055659308	0.052707842	0.269203388	P(Y = verkaufbar)
SV 32277 BL(Lord)	ohne Fungizid	0.610467	0.083904027	0.438813986	0.77169796	P(Y = verkaufbar)
Pharlap	ohne Fungizid	0.020417	0.011834393	0.004300228	0.049464781	P(Y = verkaufbar)
Babylon	ohne Fungizid	0.020366	0.011657238	0.004279706	0.049110805	P(Y = verkaufbar)
Mc Laren	ohne Fungizid	0.034235	0.019306292	0.007391675	0.080746089	P(Y = verkaufbar)
SGD 20-5022	ohne Fungizid	0.020423	0.011909627	0.004131269	0.049093529	P(Y = verkaufbar)
SGD 20-5023	ohne Fungizid	0.020371	0.011766876	0.004234834	0.048676069	P(Y = verkaufbar)
Aquiles	betriebsüblich	0.209497	0.080107146	0.070815288	0.381031468	P(Y = verkaufbar)
Ares	betriebsüblich	0.064205	0.031591097	0.016254535	0.13801811	P(Y = verkaufbar)
Eos	betriebsüblich	0.649439	0.081645708	0.483273621	0.802907658	P(Y = verkaufbar)
Naxos	betriebsüblich	0.481822	0.085393847	0.314234353	0.65014004	P(Y = verkaufbar)
Perseus	betriebsüblich	0.515613	0.087104006	0.342365017	0.68273507	P(Y = verkaufbar)
Triton	betriebsüblich	0.617972	0.083944368	0.45006011	0.778159239	P(Y = verkaufbar)
Partenon	betriebsüblich	0.565456	0.08443486	0.395207689	0.727995868	P(Y = verkaufbar)
Leonidas	betriebsüblich	0.701856	0.077866687	0.540520519	0.845199956	P(Y = verkaufbar)
Vicario	betriebsüblich	0.623068	0.083439135	0.454315916	0.781757967	P(Y = verkaufbar)
Nelliam	betriebsüblich	0.631486	0.083373909	0.460024493	0.789256255	P(Y = verkaufbar)
Larsson	betriebsüblich	0.727375	0.07449811	0.573173924	0.86248774	P(Y = verkaufbar)
25-BR 143	betriebsüblich	0.734493	0.075541987	0.576730724	0.869626196	P(Y = verkaufbar)
25-BR 841	betriebsüblich	0.638338	0.080999687	0.473999929	0.792752134	P(Y = verkaufbar)
Batavia	betriebsüblich	0.517969	0.0851915	0.350263774	0.682449089	P(Y = verkaufbar)
Claremont	betriebsüblich	0.45319	0.086652032	0.285726919	0.62711084	P(Y = verkaufbar)
Ironman	betriebsüblich	0.73476	0.073487979	0.581523308	0.869106148	P(Y = verkaufbar)
SV 1002	betriebsüblich	0.689142	0.077513798	0.528139357	0.832375565	P(Y = verkaufbar)
Spinnaker	betriebsüblich	0.695224	0.076751027	0.537291448	0.838734629	P(Y = verkaufbar)
Crucible	betriebsüblich	0.700127	0.076755184	0.543717	0.841830707	P(Y = verkaufbar)
Andersia	betriebsüblich	0.629978	0.083409645	0.464788383	0.790772123	P(Y = verkaufbar)
Shaad	betriebsüblich	0.726879	0.075339343	0.569067777	0.86279384	P(Y = verkaufbar)
Titanium	betriebsüblich	0.624674	0.082918345	0.456922322	0.779496643	P(Y = verkaufbar)
Taipei	betriebsüblich	0.672726	0.08061317	0.50995865	0.8201594	P(Y = verkaufbar)
SV 32277 BL(Lord)	betriebsüblich	0.62702	0.083861421	0.454550197	0.82643942	P(Y = verkaufbar)
Pharlap	betriebsüblich	0.136195	0.054012369	0.045226966	0.25625346	P(Y = verkaufbar)
Babylon	betriebsüblich	0.691444	0.079027207	0.533832729	0.836683316	P(Y = verkaufbar)
Mc Laren	betriebsüblich	0.407084	0.085397209	0.241422307	0.578322383	P(Y = verkaufbar)
SGD 20-5022	betriebsüblich	0.711059	0.078674371	0.547516791	0.852591175	P(Y = verkaufbar)
SGD 20-5023	betriebsüblich	0.534319	0.086159238	0.362765513	0.700277969	P(Y = verkaufbar)

3. p-Werte der Dirichlet-Verteilung

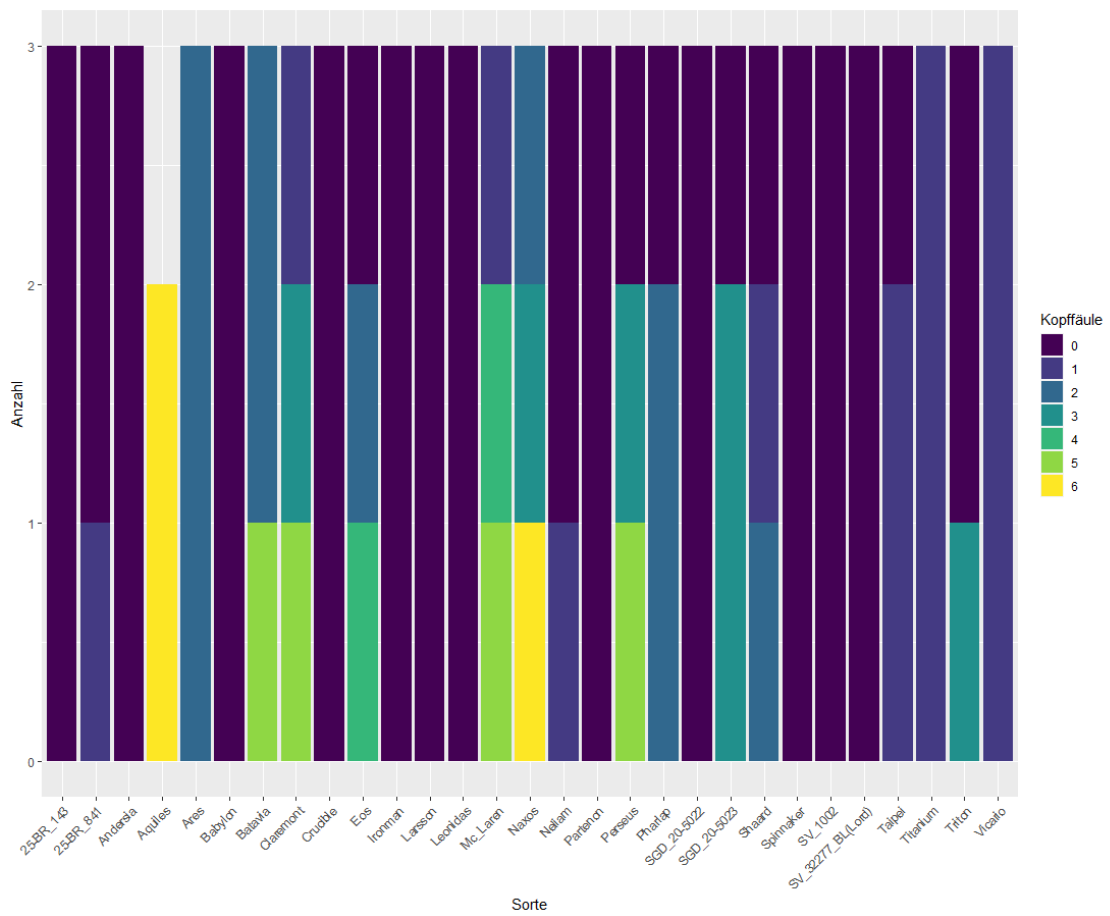
Sorte	Behandlung	Wahrscheinlichkeit Abgang				Wahrscheinlichkeit verkaufbar				Vergleich der Wahrscheinlichkeiten				
		Estimate	Est.Error	Q2.5	Q97.5	Estimate	Est.Error	Q2.5	Q97.5	Estimate	Est.Error	Q2.5	Q97.5	pvalue
25-BR 143	ohne Fungizid	97.9	0.0	95.0	99.5	2.1	0.0	0.5	5.0	1.0	0.0	0.9	1.0	<0.001
25-BR 143	betriebsüblich	26.6	0.1	13.0	42.3	73.4	0.1	57.7	87.0	-0.5	0.2	-0.7	-0.2	0.008
25-BR 841	ohne Fungizid	98.0	0.0	95.1	99.6	2.0	0.0	0.4	4.9	1.0	0.0	0.9	1.0	<0.001
25-BR 841	betriebsüblich	36.2	0.1	20.7	52.6	63.8	0.1	47.4	79.3	-0.3	0.2	-0.6	0.1	0.092
Andersia	ohne Fungizid	97.7	0.0	94.5	99.5	2.3	0.0	0.5	5.5	1.0	0.0	0.9	1.0	<0.001
Andersia	betriebsüblich	37.0	0.1	20.9	53.5	63.0	0.1	46.5	79.1	-0.3	0.2	-0.6	0.1	0.128
Aquiles	ohne Fungizid	98.0	0.0	95.5	99.4	2.0	0.0	0.6	4.5	1.0	0.0	0.9	1.0	<0.001
Aquiles	betriebsüblich	79.1	0.1	61.9	92.9	20.9	0.1	7.1	38.1	0.6	0.2	0.2	0.9	<0.001
Ares	ohne Fungizid	98.0	0.0	95.0	99.6	2.0	0.0	0.4	5.0	1.0	0.0	0.9	1.0	<0.001
Ares	betriebsüblich	93.6	0.0	86.2	98.4	6.4	0.0	1.6	13.8	0.9	0.1	0.7	1.0	<0.001
Babylon	ohne Fungizid	98.0	0.0	95.1	99.6	2.0	0.0	0.4	4.9	1.0	0.0	0.9	1.0	<0.001
Babylon	betriebsüblich	30.9	0.1	16.3	46.6	69.1	0.1	53.4	83.7	-0.4	0.2	-0.7	-0.1	0.023
Batavia	ohne Fungizid	95.8	0.0	90.5	99.1	4.2	0.0	0.9	9.5	0.9	0.0	0.8	1.0	<0.001
Batavia	betriebsüblich	48.2	0.1	31.8	65.0	51.8	0.1	35.0	68.2	0.0	0.2	-0.4	0.3	0.834
Claremont	ohne Fungizid	98.0	0.0	95.2	99.6	2.0	0.0	0.4	4.8	1.0	0.0	0.9	1.0	<0.001
Claremont	betriebsüblich	54.7	0.1	37.3	71.4	45.3	0.1	28.6	62.7	0.1	0.2	-0.3	0.4	0.588
Crucible	ohne Fungizid	69.2	0.1	53.1	83.6	30.8	0.1	16.4	46.9	0.4	0.2	0.1	0.7	0.02
Crucible	betriebsüblich	30.0	0.1	15.8	45.6	70.0	0.1	54.4	84.2	-0.4	0.2	-0.7	-0.1	0.016
Eos	ohne Fungizid	97.9	0.0	95.1	99.6	2.1	0.0	0.4	4.9	1.0	0.0	0.9	1.0	<0.001
Eos	betriebsüblich	35.1	0.1	19.7	51.7	64.9	0.1	48.3	80.3	-0.3	0.2	-0.6	0.0	0.074
Ironman	ohne Fungizid	98.0	0.0	95.0	99.6	2.0	0.0	0.4	5.0	1.0	0.0	0.9	1.0	<0.001
Ironman	betriebsüblich	26.5	0.1	13.1	41.8	73.5	0.1	58.2	86.9	-0.5	0.1	-0.7	-0.2	0.005
Larsson	ohne Fungizid	57.4	0.1	40.3	74.0	42.6	0.1	26.0	59.7	0.1	0.2	-0.2	0.5	0.392
Larsson	betriebsüblich	27.3	0.1	13.8	42.7	72.7	0.1	57.3	86.2	-0.5	0.1	-0.7	-0.1	0.006
Leonidas	ohne Fungizid	98.0	0.0	95.1	99.6	2.0	0.0	0.4	4.9	1.0	0.0	0.9	1.0	<0.001
Leonidas	betriebsüblich	29.8	0.1	15.5	45.9	70.2	0.1	54.1	84.5	-0.4	0.2	-0.7	-0.1	0.017
Mc Laren	ohne Fungizid	96.6	0.0	91.9	99.3	3.4	0.0	0.7	8.1	0.9	0.0	0.8	1.0	<0.001
Mc Laren	betriebsüblich	59.3	0.1	42.2	75.9	40.7	0.1	24.1	57.8	0.2	0.2	-0.2	0.5	0.278
Naxos	ohne Fungizid	98.0	0.0	95.2	99.6	2.0	0.0	0.4	4.8	1.0	0.0	0.9	1.0	<0.001
Naxos	betriebsüblich	51.8	0.1	35.0	68.6	48.2	0.1	31.4	65.0	0.0	0.2	-0.3	0.4	0.839
Neliam	ohne Fungizid	97.1	0.0	93.2	99.4	2.9	0.0	0.6	6.8	0.9	0.0	0.9	1.0	<0.001
Neliam	betriebsüblich	36.9	0.1	21.1	54.0	63.1	0.1	46.0	78.9	-0.3	0.2	-0.6	0.1	0.118
Partenon	ohne Fungizid	96.5	0.0	90.7	99.5	3.5	0.0	0.5	9.3	0.9	0.0	0.8	1.0	<0.001
Partenon	betriebsüblich	43.5	0.1	27.2	60.5	56.5	0.1	39.5	72.8	-0.1	0.2	-0.5	0.2	0.42
Perseus	ohne Fungizid	98.0	0.0	95.1	99.6	2.0	0.0	0.4	4.9	1.0	0.0	0.9	1.0	<0.001

Anhang 7: Abbildungen aus dem R-Skript zu Skalierung Blatt- und Kopfflecken

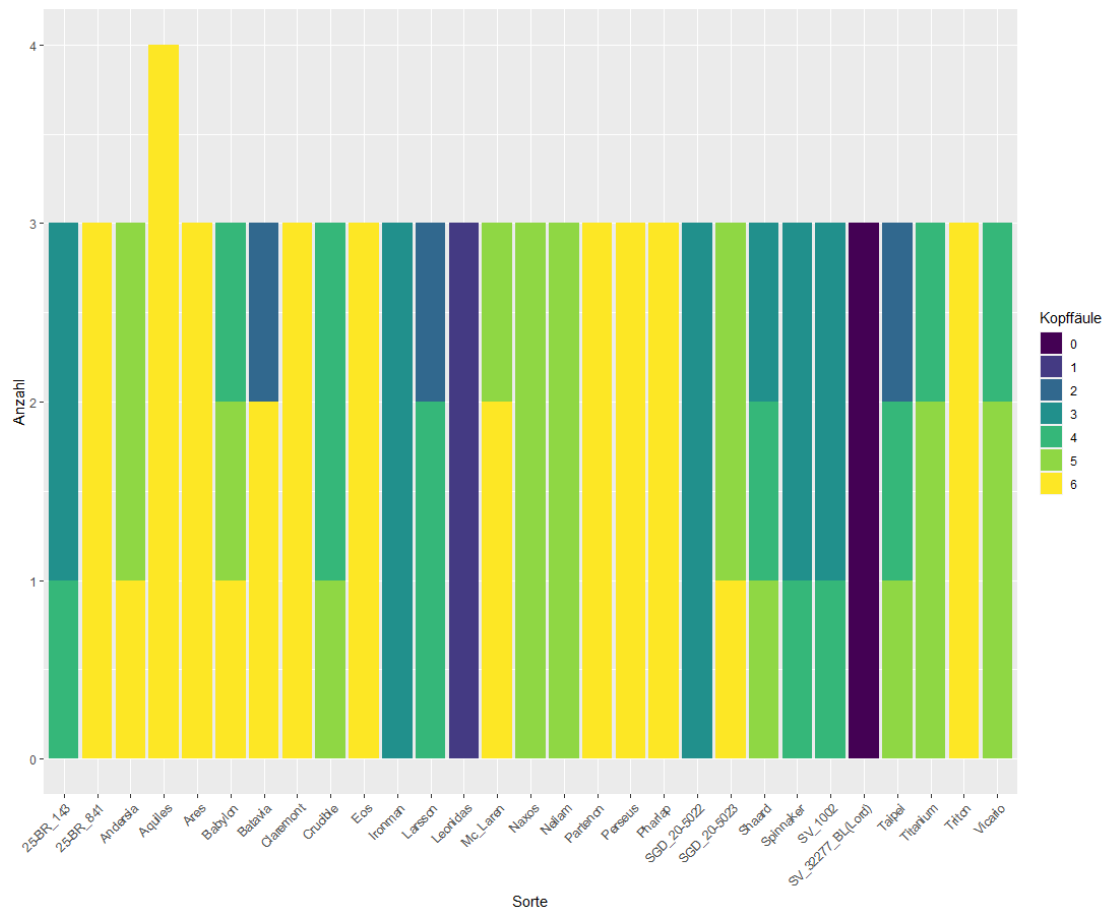
1. Modelcheck für Blattflecken (→ lineares Modell passt gut)



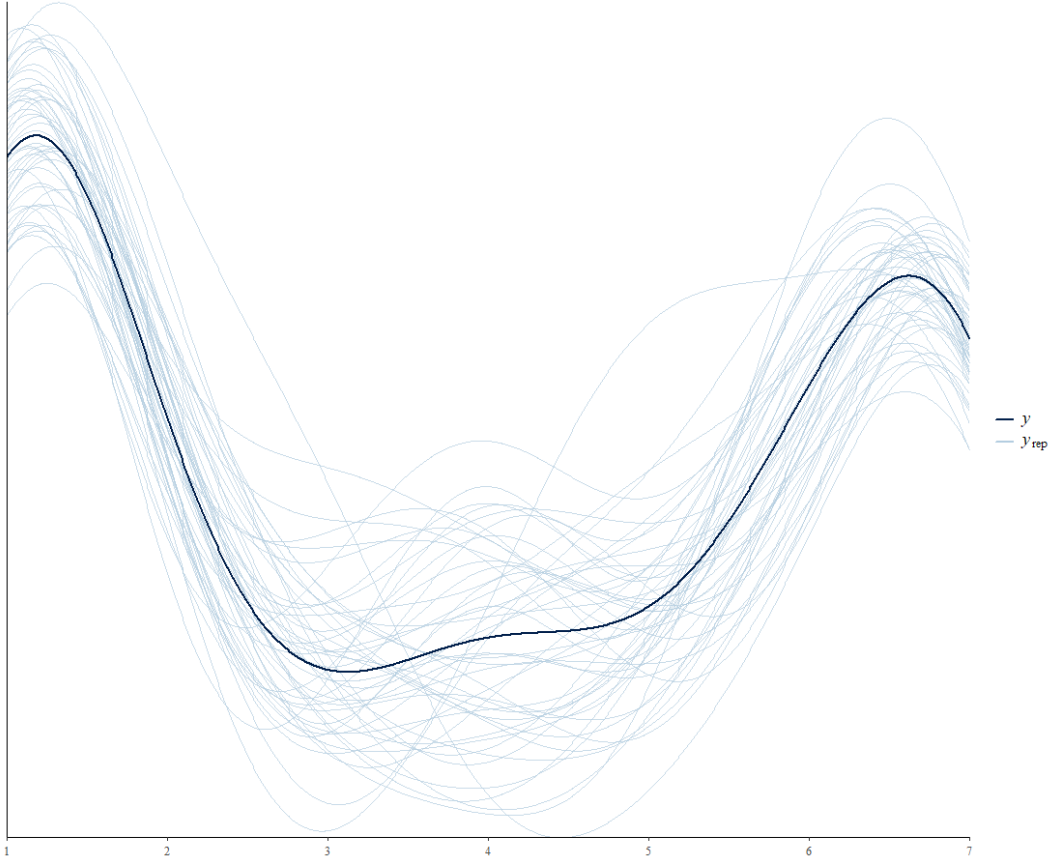
2. Rohdatenverteilung der Kopffäuledaten mittels deskriptiver Statistik
 → Verfahren «betriebsüblich»



→ Verfahren «ohne Fungizid»



3. Density Plot mit cumulativer Verteilung



4. Modellcheck

