



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaft
Fachgebiet Pflanzenschutz und Pflanzenbau

Bachelorarbeit

Epidemiologische Untersuchungen zu *Cercospora beticola* Sacc. bei Zuckerrüben und Möglichkeiten der Kontrolle

von Franziska Schalück

URN: urn:nbn:de:gbv:519-thesis2013-0079-0

1. Betreuer: Prof. Dr. agr. sc Heinz Große-Hokamp
2. Betreuer: Dr. Stefan Mittler (Syngenta Seeds GmbH)

Mai 2013

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis.....	6
Abstract	7
1. Einleitung	8
2. Blattkrankheit <i>Cercospora beticola</i>	10
2.1 Erreger.....	10
2.2 Schadbild.....	10
2.3 Biologie	12
2.4 Fördernde Faktoren für den Befall	14
2.5 Andere Blattkrankheiten.....	15
2.5.1 <i>Ramularia beticola</i>	15
2.5.2 Echter Mehltau (<i>Erysiphe betae</i>).....	15
2.5.3 Rübenrost (<i>Uromyces betae</i>).....	16
3. Bedeutung von <i>Cercospora beticola</i>	17
3.1 Bedeutung in Österreich	18
4. Möglichkeiten der Behandlung.....	20
4.1 Integrierter Pflanzenschutz im Zuckerrübenanbau	20
4.2 Vorbeugende Maßnahmen.....	21
4.3 Bekämpfungsschwellen	21
4.4 Chemische Bekämpfungsmittel	22
4.4.1. Strobilurine.....	23
4.4.2 Azole	24
4.4.3 Piperidine	25
4.4.4 Benzimidazole	25
4.4.5 Resistenzen gegen Fungizide	25
4.5 Behandlungszeitpunkte.....	29
4.6 Prognosemodelle	30
4.7. Monitoring.....	32
5. Resistenzzüchtung von <i>Cercospora beticola</i>	33
5.1 Toleranz und Resistenz	33
5.2 Anbau von toleranten Sorten	34
5.3 Herkünfte der <i>Cercospora</i> Resistenz.....	34
5.4 Vererbung der <i>Cercospora</i> Resistenz	36
5.5 Erfassung der Resistenz und Beurteilung.....	37

5.6 Resistenzmechanismus	39
6. Fungizidversuch Cercospora beticola in Österreich	41
6.1 Material und Methoden	41
6.1.1 Umwelten, Versuchsanlage, Bestandsführung	41
6.1.2 Sorten	43
6.1.3 Bekämpfungsstrategie	43
6.1.4 Befallserhebung	44
6.1.5 Ertrags-und Qualitätsbestimmung.....	45
6.2 Ergebnisse	46
6.2.1 Entwicklung der Befallshäufigkeit.....	46
6.2.2 Entwicklung der Befallsstärke.....	47
6.2.3 Befallsstärke am Ende der Vegetation	49
6.2.4 Ertrag und Qualität	50
7. Diskussion	54
7.1 Umwelten und Versuchsanlage	54
7.2 Befallserhebung	55
7.3 Sorten	56
7.4 Bekämpfungsmaßnahme/ -strategie	56
7.5 Entwicklung der Befallshäufigkeit.....	58
7.6 Entwicklung der Befallsstärke	58
7.7 Ertrag und Qualität.....	59
7.8 Ausblick	60
8. Zusammenfassung.....	62
9. Literaturverzeichnis.....	64
10. Anhang	71

Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
Abb.	Abbildung
BH	Befallshäufigkeit
BKS	Bekämpfungsschwelle
BS	Befallsstärke
bzw.	beziehungsweise
CEW-Wert	Cercospora-Effizienz-Wert
cm	Zentimeter
FRAC	Fungicide Resistance Action Committee
IPI-Index	Infection Pressure Index
mm	Millimeter
PSM	Pflanzenschutzmittel
QTL	Quantative Trait Loci
SMV	Standardmasseverlust
Tab.	Tabelle

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ramularia	11
Abbildung 2: Cercospora beticola	11
Abbildung 3: zunehmender Befall	11
Abbildung 4: Zusammenfließen der Flecken - starker Befall	11
Abbildung 5: Konidienträger.....	13
Abbildung 6: Entwicklungszyklus Cercospora beticola.....	14
Abbildung 7: Echter Mehltau.....	16
Abbildung 8: Rübenrost	16
Abbildung 9: Bedeutung von Blattkrankheiten in Deutschland.....	18
Abbildung 10: Einteilung der Leitlinien nach Krankheiten	20
Abbildung 11: Elektronentransportkette.....	23
Abbildung 12: Shiffting	27
Abbildung 13: Vorkommen von Resistenzen der verschiedenen Wirkstoffe.....	28
Abbildung 14: Auswirkung des Behandlungstermins auf den Befallsverlauf 2008 bei einmaliger Behandlung	29
Abbildung 15: Rückkreuzung.....	35
Abbildung 16: Sortenunterschied bei Befall mit Cercospora beticola Sacc.	38
Abbildung 17: Geographische Lage der Umwelten in Österreich	41
Abbildung 18: Entnahmepunkt der Blätter bei der 100-Blatt-Rupf-Methode	44
Abbildung 19: Entwicklung der Befallshäufigkeit am Standort Harlanden.....	46
Abbildung 20: Entwicklung der Befallshäufigkeit am Standort Witzelsdorf	47
Abbildung 21: Entwicklung der Befallsstärke am Standort Harlanden.....	48
Abbildung 22: Entwicklung der Befallsstärke am Standort Witzelsdorf.....	48
Abbildung 23: Endbefallsstärke am Ende in Witzelsdorf	49
Abbildung 24: Endbefallsstärke am Standort Harlanden	50
Abbildung 25: rel. Rübenertrag und Zuckergehalt vom Standort Witzelsdorf	51
Abbildung 26: rel. bereinigter Zuckerertrag am Standort Witzelsdorf.....	52
Abbildung 27: rel. Bereinigter Zuckerertrag am Standort Harlanden	52
Abbildung 28: rel. Alpha-Amino-Stickstoffgehalt am Standort Witzelsdorf	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Parameter und Variablen die das Modell beinhalten	31
Tabelle 2: Prüfglieder des Versuchs	42
Tabelle 3: Schlagdaten.....	42
Tabelle 4: Sorteneinstufung laut Beschreibender Sortenliste Österreich.....	43

Abstract

Cercospora beticola Sacc. is one of the most important diseases of the sugar beet. The disease lowers the yield by up to 30 %. It damages the leaf and because of the leaf lost for photosynthesis the sugar content of the sugar beet is lost. In different regions the disease can be very strong. In regions like Austria were it is warm and humid. There are many fungicides which were used in the past to control *Cercospora beticola*. In the present Strobilurine and Triazole are often used . New is the integrated control for diseases in sugar beet. One important factor is the variety of the plant. Because of these varieties the infestation can be different. Also different treatments, how often and which fungicide will be used, influences the nature of the infestation. The infestation can also be different because of incorrect timing for the treatment. Monitoring and forecasting models can help warn the farmer of weather conditions that might be favourable for an infection to occur. Breeding different varieties with resistance is very complicated. There are many genes involved in resistance. In a trial with different treatments and two varieties the tolerant varieties had lower disease than the normal varieties. The disease incident rate was the same. The post infection incidence rate rose rapidly to 100 %. The test elements with only two treatments were reduced in quality and suffered higher disease rates. The test equipment show lower success than the reference product in this trial, but there was no negative formation of yields and qualities.

In future trials with integrated disease management, it will be necessary to use tolerant varieties in order to lower the chemicals needed for control. It is also important to achieve zero resistance against the fungicide. A mixture of or change to the different fungicides is very important to get no resistance.

1. Einleitung

Cercospora beticola zählt weltweit zu den bedeutendsten pilzlichen Blattfleckenerregern bei der Zuckerrübe (BLEIHOLDER 1972, HOLTSCULTE 2000). Durch den Erreger werden hohe Verluste an Ertrag und Qualität verursacht. Das Auftreten von *Cercospora beticola* und die schädigende Wirkung wurde erstmals 1876 in Italien beschrieben. Im Jahr 1889 wurde der Erreger von Saccardo als *Cercospora beticola* Sacc. benannt. Zum Erreger *Cercospora beticola* zählen bisher 2000 Formengattungen.

Der Schaden, den der Erreger verursacht, ist sehr witterungsabhängig und besonders bei feucht-warmen Klima sehr groß. Aus diesem Grunde ist der Erreger in den Regionen Italien, Österreich und der Slowakei stark verbreitet. In Deutschland tritt der Erreger hauptsächlich im Süden auf. Seit mehreren Jahren wird jedoch beobachtet, dass *Cercospora beticola* im gesamten Bundesgebiet auftritt. Verstärkt wurde der Ausbruch in Deutschland in den letzten Jahren durch die für den Erreger optimaleren Witterungsbedingungen.

Der epidemiologische Krankheitsverlauf von *Cercospora beticola* wird in 3 Phasen gegliedert. Der Erreger breitet sich zunächst horizontal von Pflanze zu Pflanze aus. Dem folgt anschließend die vertikale Verbreitung von Blatt zu Blatt. Die dritte Phase des Krankheitsverlaufes setzt mit der starken Nekrosenbildung ein. Aus der Nekrotisierung und der damit fehlenden Assimilationsfläche resultieren die Ertrags- und Qualitätsverluste (WOLF und VERREET 1997).

Um die Erträge zu sichern, werden zur Regulierung von *Cercospora beticola* Fungizide eingesetzt. Bei sehr starkem Befall sind mehrere Fungizidbehandlungen notwendig. Mit Vorgaben des integrierten Pflanzenschutzes soll der Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß reduziert werden (IFZ Göttingen 2011).

Seit Anfang 2000 stehen die ersten weniger anfälligen Sorten gegen *Cercospora beticola* zur Verfügung. Wichtig bei der Resistenz sind Sorten, die weniger Anfälligkeit und gute Ertragsleistung miteinander kombinieren, auch unter Nichtbefall. Bei der Züchtung ist dies schwierig zu erreichen (STEINRÜCKEN 1997).

Mit dem vorliegenden Versuch soll die epidemiologische Entwicklung von *Cercospora beticola* an weniger anfälligen Sorten sowie die Reduktion von Ertrag und Qualität der Rübe mit einer normal anfälligen Sorte verglichen werden. Es wurden darüber hinaus im Versuch verschiedene Mittel getestet, die zur Bekämpfung zur Verfügung stehen.

Für die Untersuchung ergaben sich daraus folgende Fragestellungen:

- Wie unterscheidet sich der Epidemieverlauf von *Cercospora beticola* bei den zwei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit?

- Wie unterscheidet sich der Epidemieverlauf von *Cercospora beticola* bei den unterschiedlichen Behandlungen?
- Wie wirkt sich der Befall auf Ertrag und Qualität aus?

Die Versuchsfragen sollten durch einen Versuch in Österreich an drei Standorten im Jahr 2012 geklärt werden. Bei diesem Versuch wurden zwei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit bei vier verschiedenen Bekämpfungsstrategien und einer unbehandelten Kontrolle untersucht. Die Fungizidbehandlung erfolgte im Versuch nach dem summarischen Bekämpfungsschwellensystem 5/15/45 % mit wöchentlichen Kontrollen der Befallshäufigkeit und Befallsstärke. Nach der Ernte erfolgte die Analyse bzw. Berechnung vom Bereinigten Zuckerertrag (BZE), Zuckergehalt, Rübenenertrag, Standardmelasseverlust (SMV), α -Aminostickstoff, Kalium und Natrium.

2. Blattkrankheit *Cercospora beticola*

Cercospora beticola zählt zu einer der Blattkrankheiten die die Zuckerrübe befällt. Zu weiteren Krankheiten, die eine große Rolle spielen, zählen *Ramularia beticola*, Echter Mehltau (*Erysiphe betae*) und Rübenrost (*Uromyces betae*). Weitere seltene Krankheiten sind *Phoma betae*, Falscher Mehltau (*Peronospora farinosa*) und *Alternaria* Blattbräune (*Alternaria tenuis*), welche regional von Bedeutung sind. Beim Auftreten der verschiedenen Schaderreger sind der Standort und Witterungsverlauf ausschlaggebend. Es entstehen dadurch unterschiedliche Schadwirkungen in jedem Jahr.

2.1 Erreger

Der Pilz zählt zu der Abteilung der Ascomycota (Schlauchpilzen). In der Pilzklasse ist er dem Deuteromyceten zugeordnet. Pilze dieser Klasse besitzen keine bekannte sexuelle Fortpflanzungsphase. Bei den Familien zählt *Cercospora beticola* zu Dematiaceae, wie auch *Alternaria tenuis* (BÖRNER 2009).

Neben Zucker- und Futterrüben befällt *Cercospora beticola* Mangold, Spinat, rote Rüben und verschiedene Unkräuter wie Amarant, weißer Gänsefuß und Knötericharten. Zu weiteren Wirtspflanzen zählen die Beta-Arten *B. maritima*, *B. procumbens* und *B. trigyna*. Es wird ersichtlich, dass *Cercospora beticola* einen weiten Wirtspflanzenbereich hat. Zu der Gattung von *Cercospora beticola* zählen 2000 Arten die auf verschiedenen Wild- und Kulturarten verbreitet sind. (GROßE-HERRENTHEY 2001).

2.2 Schadbild

Ab Ende Juni, witterungsbedingt oft auch erst im Juli oder August, ist mit einem Befall zu rechnen. Der Befall tritt zunächst vereinzelt an den älteren Blättern mit 2 - 3 mm großen Flecken auf. Die Flecken sind in der Mitte hellgrau und rotbraun umrandet. Innerhalb des grauen Pilzmycels lassen sich schwarze Punkte erkennen, dies sind die Sporenträger.

Bei stärkerem Befall fließen die Flecken zusammen, dann sterben die Blätter ab, vertrocknen und fallen auf den Boden (siehe Abb. 3 und 4). Die Blattstiele bleiben dabei oft noch länger an der Rübe hängen.

Zunächst ist das Schadbild auf den älteren Blättern zu erkennen und greift später auf die inneren Blätter über. Die jüngsten Blätter bleiben meist ohne Befall. (HOFFMANN und

SCHUTTERER 1999) Bei einem sehr frühen Befallsbeginn und hohem Befallsdruck hebt sich der Vegetationskegel durch die abgestorbenen Blätter hervor und ein sogenannter Ananashals von 20-25 cm entsteht.

Durch die absterbenden Blätter wird die Zuckerrübe dazu angeregt neue Blätter zu bilden. Mit der Blattneubildung werden zusätzlich Nährstoffe verbraucht, welches zu Lasten der Rübenkörperentwicklung geht. Zum späteren Zeitpunkt wird der Zuckergehalt gesenkt. Bei sehr starkem Befall stirbt die Zuckerrübe ab und zersetzt sich im Boden.

Das Schadbild von *Cercospora* wird häufig mit dem der *Ramularia beticola* (siehe Abb. 1 und 2) verwechselt. Die Flecken von *Ramularia* sind allerdings größer und weisen keine dunkle Umrandung auf.



Abbildung 1: *Ramularia* (Quelle: KWS 2013)



Abbildung 2: *Cercospora beticola* (Quelle: RIECKMANN 1995)



Abbildung 3: zunehmender Befall (Quelle: KWS 2013)



Abbildung 4: Zusammenfließen der Flecken - starker Befall (Quelle: KWS 2013)

2.3 Biologie

Die Entwicklung des Pilzes ist abhängig von der relativen Luftfeuchte und den Temperaturen. Eine gute Keimung der Konidien ist bei einer relativen Luftfeuchte von 95 - 100 % gegeben und bei einer relativen Luftfeuchte von 98 % verläuft sie optimal (WOLF et. al. 2001a). Ab einer relativen Luftfeuchte von 96,1 % ist die Konidienbildung bereits eingeschränkt und ab einer relativen Luftfeuchte von unter 90 % ist sie komplett eingestellt. (BLEIHOLDER 1971, WOLF et. al 2001a) Die Temperaturabhängigkeit des Pilzes liegt bei *Cercospora beticola* in einem größeren Temperaturbereich als die relative Luftfeuchte. Die Keimung findet bereits bei Temperaturen von 5 °C statt und auch bei Temperaturen über 30 °C. Dabei ist die Intensität der Keimung stark gemindert (WOLF et. al. 2001a). Für die Keimung der Konidien ist die Temperatur zwischen 25 – 27 °C optimal. Bei diesen Temperaturen kann die Keimung der Konidien innerhalb einer Stunde eingeleitet werden (FEINDT et.al. 1980, WOLF et. al. 2001). Sind diese Bedingungen gegeben, dauert die Inkubationszeit ca. acht bis vierzehn Tage. Die kürzeste Inkubationszeit von sechs bis sieben Tagen in einem Temperaturbereich von 25 – 30 °C wurde von WOLF 2001 dargelegt. Bei diesen Versuchen wurde darüber hinaus festgestellt, dass bei Temperaturen unter 10 °C die Inkubationszeit gegen unendlich geht.

Im weiteren Wachstum dringen die Hyphen über die Stomata in das Blattinnere (Penetration) ein. Dort wachsen die Hyphen von *Cercospora beticola* wachsen interzellulär. In Untersuchungen von FEINDT 1971 wird das Hyphenwachstum der Primärhyphen als ungesteuert beschrieben. Die Hyphen wachsen über die Stomata hinweg oder an ihnen vorbei. Bei längerer Inkubationszeit bilden sich Sekundärhyphen, die in Richtung Stomata wachsen. Bei Penetration durch die Spaltöffnung veränderte sich auch die Struktur der Hyphen. Diese Keimhyphen weisen einen doppelt so großen Durchmesser auf (FEINDT et. al. 1971). Nach dem Eindringen verzweigen sich die Hyphen im interzellulären Raum zwischen Palisaden- und Schwammparenchym. Mit zunehmendem Wachstum des Pilzes brechen die Parenchym- und Epidermiszellen zusammen und es entstehen die typischen Flecken mit 2 - 3 mm Durchmesser. Nach der Infektion bilden sich in der inneren Atemhöhle olivfarbene Hyphenknoten an denen büschelartig angeordnet eine Vielzahl von unverzweigten Konidienträgern entstehen (siehe Abb. 5). (HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999).

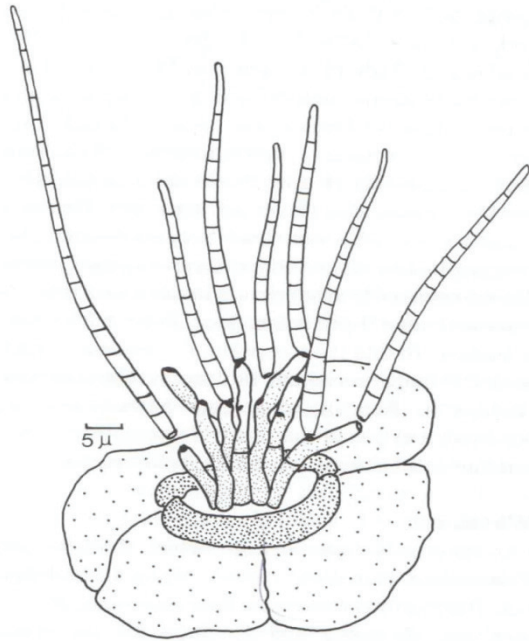


Abbildung 5: Konidienträger (Quelle: HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999)

Nach dem Auftreten der Nekrosen setzt Blattober- und -unterseitig die Sporulation ein. Die Sporulation findet ihr Maximum nahe 30°C und einer relativen Luftfeuchte von 98 - 100 %. Dazu lässt sich das Pilzwachstum bzw. die epidemiologische Entwicklung des Pilzes in 3 Phasen einteilen. Zuerst findet die horizontale Verbreitung von Pflanze zu Pflanze statt. Für die vollständige Verbreitung, eine Befallshäufigkeit von 100%, benötigt der Erreger ungefähr 2 - 4 Wochen (WOLF und VERREET 1997). Dem folgt anschließend die vertikale Verbreitung von Blatt zu Blatt. Der Anteil befallener Blätter steigt erst stark an, sobald mehr als 70 % der Pflanzen befallen sind. Die dritte Phase wird mit der starken Nekrosenbildung abgeschlossen. Die starke Nekrosenbildung setzt eine Befallshäufigkeit von 60 - 80 % voraus. Je nach Witterung variiert die Dauer der einzelnen Phasen (WOLF und VERREET 1997).

Fehlt im Sommer der Niederschlag, kann die nötige Feuchtigkeit für die Konidienkeimung auch über die Taubildung geliefert werden. Besonders an warmen und trockenen Tagen direkt nach Regen oder Taubildung kann mit einer starken Verbreitung des Erregers gerechnet werden. Die Sporenverbreitung erfolgt über Regenspritzer oder durch Wind (RIECKMANN 1995).

Nach Absterben der Blätter bleibt der Pilz als sclerotienartiges Myzel im Boden. Dort kann der Erreger bis zu zwei Jahren überdauern und mit dem Saatgut übertragen werden. Dieser Weg ist allerdings durch die heutige Beizung der Rübenpille so gut wie ausgeschlossen. Im Frühjahr erfolgt die Primärfektion über die Konidien des Pilzes von den Blattresten (siehe Abb. 6).

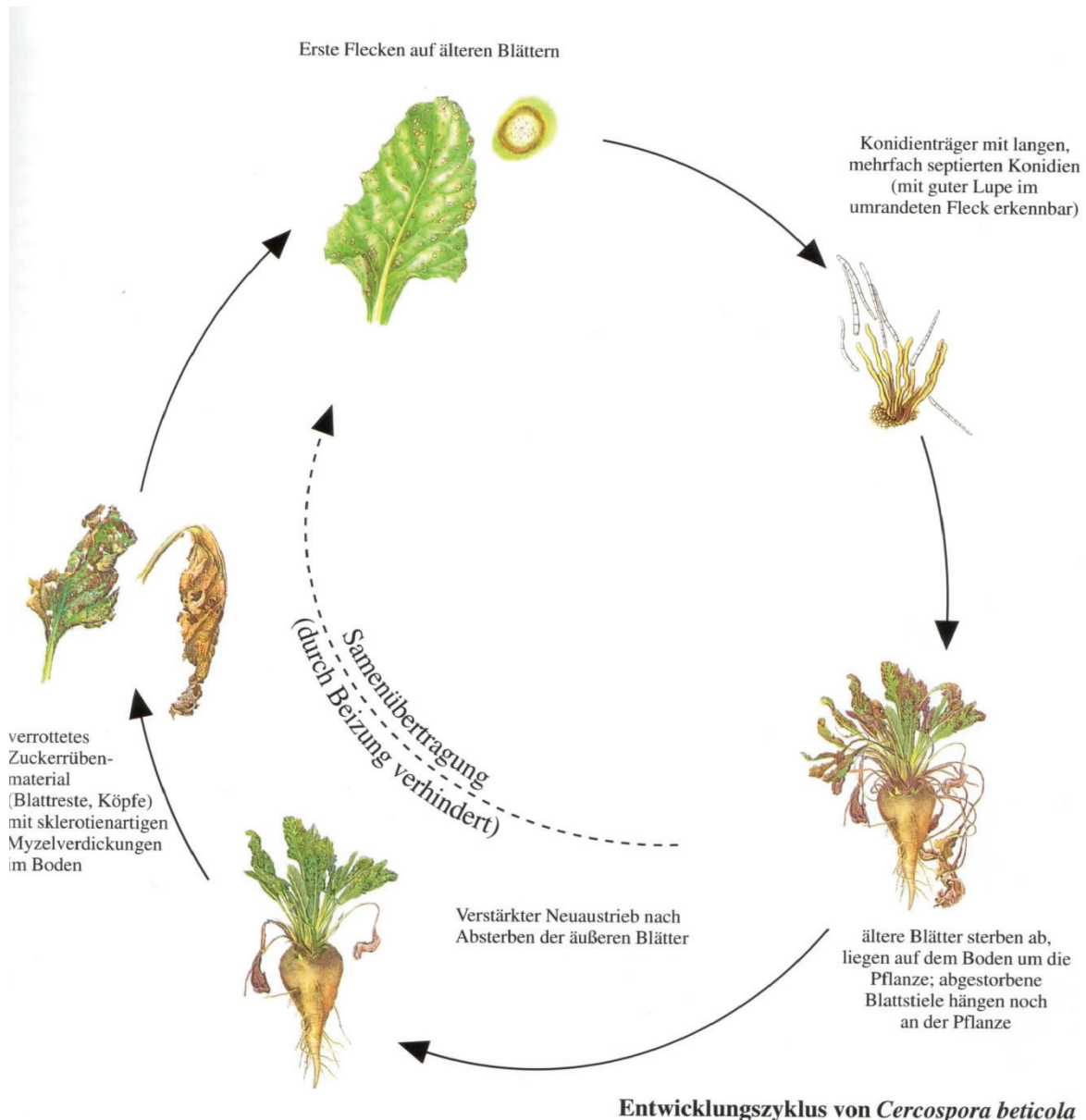


Abbildung 6: Entwicklungszyklus *Cercospora beticola* (Quelle: RIECKMANN 1995)

2.4 Fördernde Faktoren für den Befall

Der Erreger ist, wie oben erwähnt, stark witterungsabhängig. Eine feuchtwarme Witterung wirkt sich daher positiv auf die Entwicklung des Pilzes aus. Zu den weiteren Faktoren zählen die verminderte Blattbergung sowie die nicht wendende Bodenbearbeitung. Die Infektionskette wird dadurch nicht gebrochen. Zuckerrüben sollten in einer mindestens 3-feldrigen Fruchtfolge mit einer zweijährigen Pause angebaut werden, da *Cercospora beticola* circa zwei Jahre im Boden als Myzel überlebt. Durch die zweijährige Anbaupause wird der Abbau des Inokulums im Boden unterstützt. Das verbliebene infizierte Rübenblatt bildet im nächsten Jahr das potentielle Ausgangsinokulum für die Infektionen der Nachbarschläge.

Anfällige Sorten für *Cercospora beticola*, Beregnung bei Zuckerrüben und eine hohe Anbaudichte wirken sich ebenfalls positiv auf einen Befall aus (RÖßNER 1996).

2.5 Andere Blattkrankheiten

2.5.1 *Ramularia beticola*

Ramularia ist eine weitere Blattkrankheit, die bei Zuckerrüben von großer Bedeutung ist. Die Blätter werden oft von *Cercospora* und *Ramularia beticola* zusammen befallen. Die Flecken, die *Ramularia* auf dem Blatt verursacht, sind sehr unregelmäßig von eckig bis rund mit einem Durchmesser von 8 bis 12 mm. Die Flecken weisen innen eine grau bis bräunliche Farbe auf. Sie sind durch einen schmalen bräunlichen Rand zum gesunden Gewebe abgegrenzt. Durch die Ähnlichkeit der Flecken wird der Pilz oft mit *Cercospora beticola* verwechselt (RIECKMANN 1995). Die Temperaturansprüche liegen bei 17 – 20 °C und einer relativen Luftfeuchte von 95 %. Bei diesen Witterungsbedingungen treten Symptome nach etwa 18 Tagen auf. Durch das Überschneiden der Entwicklungstemperaturen von *Ramularia* und *Cercospora beticola* treten sie oft gemeinsam auf. Es ist zu beobachten, dass in wärmeren Jahren *Cercospora beticola* und in kühleren *Ramularia* überwiegt (RIECKMANN 1995).

2.5.2 Echter Mehltau (*Erysiphe betae*)

Der echte Mehltau ist, anders wie *Cercospora* und *Ramularia beticola*, wärme- und trockenheitsliebend. Das Temperaturoptimum des Pilzes liegt bei 25 - 30 °C und einer relativen Luftfeuchte von unter 50 %. Die Sporenkeimung ist in einem weiten Bereich von 5 °C - 35 °C möglich. Der Befall variiert von Anfang Juli bis Anfang September. Er beginnt an der Blattoberseite mit kleinen weißen Pusteln, welche später zusammenwachsen und das ganze Blatt bedecken (siehe Abb. 7). Aus der oberen Schicht der Epidermis zieht der Pilz sich die Assimilate (RIECKMANN 1995). Durch den Belag reduziert sich die Photosyntheseleistung der Blätter. Am Anfang des Befalls bleiben die Blätter grün, die mit fortschreitendem Befall gelb werden und vertrocknen.

Echter Mehltau ist in allen Anbaugebieten mehr oder weniger stark zu finden. Starke Schäden ruft er in Anbaugebieten hervor, die klimatisch günstig liegen, wie z.B. Küstenregionen (HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999).



Abbildung 7: Echter Mehltau
(Quelle: KWS 2013)

2.5.3 Rübenrost (*Uromyces betae*)

Der Erreger befällt nicht ausschließlich Zuckerrüben, sondern wie *Cercospora beticola* auch Rote Rüben, Spinat, Mangold und *Beta vulgaris* ssp. *maritima*. Symptome der Krankheit sind wie in Abbildung 6 zu sehen goldgelbe bis rostbraune Pusteln auf Blattober- und -unterseite. Im weiteren Verlauf der Krankheit wird das gesamte Blatt befallen und die Blätter welken, vertrocknen und sterben schließlich ab. Die Keimung der Sporen erfolgt in einem Temperaturbereich von 10 – 22 °C bei höherer Luftfeuchtigkeit. Der Erreger reagiert empfindlich auf höhere Temperaturen und ist daher häufig im gemäßigten Klima zu finden. Der Erreger überdauert den Winter durch Teleutosporenlager (HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999).



Abbildung 8: Rübenrost
(Quelle: KWS 2013)

3. Bedeutung von *Cercospora beticola*

In Mitteleuropa gilt *Cercospora beticola* als eine der wichtigsten Blattkrankheit der Zuckerrübe (BLEIHOLDER 1971, HOLTSCHULTE 2000). Bei hohem Krankheitsdruck können Verluste bei der Rübenmasse von bis zu 25 % entstehen sowie Verluste beim Zuckergehalt (WOLF und VERREET 1997). Bedingt durch die Blattneubildung bei starkem Befall resultieren Einbußen beim Zuckerertrag. Da jedes Jahr unterschiedliche Witterungsverläufe verzeichnet, ist der Befall stets unterschiedlich. Werden die Felder früh befallen, ist bei entsprechender Nichtbehandlung mit hohen Verlusten zu rechnen. Günstige Befallsjahre waren 1992, 2007 und 2011 in Deutschland.

Die weltweite Bedeutung wurde 2000 von HOLTSCHULTE in Untersuchungen, von Bleiholder, Weltzien und Rossi 1995 sowie in Untersuchungen im Februar 1999 zusammengefasst. Die Schwere des Befalls von *Cercospora beticola* ist in den Ländern sehr unterschiedlich. Hohe Verluste entstehen in Regionen mit einer durchschnittlichen Temperatur von 20 °C während der Vegetationsperiode und einem monatlichen Niederschlag von 80 mm (HOLTSCHULTE 2000). In Ländern wie Chile, Belgien, Polen, China und Tschechien spielt die Krankheit auf Grund des Klimas kaum eine Rolle, sodass dort nur wenige Felder befallen werden und nur geringe Verluste von bis zu 10 % im bereinigtem Zuckerertrag entstehen. Höhere Verluste entstehen wegen des Klimas in den Ländern Österreich, Italien, USA, Japan, Türkei und Griechenland. (siehe Anhang 1).

In deutschen Anbaugebieten ist *Cercospora beticola* inzwischen flächendeckend vorzufinden. Die Regionen im Süden sind stärker befallen als der kühlere Norden Deutschlands (WINDT 2012). Der klimatische Wandel verstärkt den Einzug der Blattkrankheiten in Norddeutschland. Bedingt durch das veränderte Klima, hat sich das Erstauftreten von *Cercospora beticola* in Deutschland tendenziell verfrüht. In den letzten Jahren sind Schwankungen zu verzeichnen, aber der Trend zeigt, dass die Krankheit rund 2-12 Tage früher Auftritt als noch in den neunziger Jahren (RACCA et. al. 2008). Die Ursachen sind beispielsweise, dass die Aussaattermine sich um rund einen Monat von Anfang April auf Anfang März nach vorne verschoben haben und die verlängerte Rodungssaison. Im Herbst können sich noch starke Epidemien entwickeln. Diese sind zwar nicht mehr ertragsschädigend, aber es entwickelt sich viel Myzel für die kommende Saison (RACCA et. al 2008).

Eine Bekämpfung der Krankheit erfolgte in den Jahren 1994 - 1998 auf etwa 20 % der Flächen (siehe Abb. 9). Dies hat sich in den letzten fünf Jahren auf durchschnittlich 70 % der Rübenflächen erhöht. Ein Unterschied ist deutlich zu erkennen beim Befall im Nord-Westen, der dem bundesweiten Mittel von 70 % entspricht und den Flächen im Nord-Osten.

Auf den Flächen ist der Befall mit nur rund 40 % der befallenen Flächen deutlich geringer und lediglich 30 % werden behandelt (BUHRE 2011). In einzelnen Jahren spielen neben *Cercospora beticola* im Norden auch Mehltauinfektionen eine Rolle. Dabei weicht der Norden vom bundesweiten Mittel stark ab, im Norden ist er fast doppelt so hoch (BUHRE 2011). Einen Einfluss auf das vermehrte Auftreten hatten nematodentolerante Sorten, die anfälliger sind für Mehltau. Neuere nematodentolerante Sorten sind blattgesünder (WINDT 2012).

Bei der Behandlungshäufigkeit war bis 2006 in 80 % der Fälle eine einmalige Behandlung ausreichend. Inzwischen sind zwei - oder dreimalige Behandlungen für eine ausreichende Bekämpfung von *Cercospora beticola* notwendig. Zu beobachten ist ein Nord - Süd bzw. West - Ost Gefälle. Im Süden sind regelmäßig drei Behandlungen notwendig, um dem Krankheitsdruck stand zu halten (BUHRE 2011).

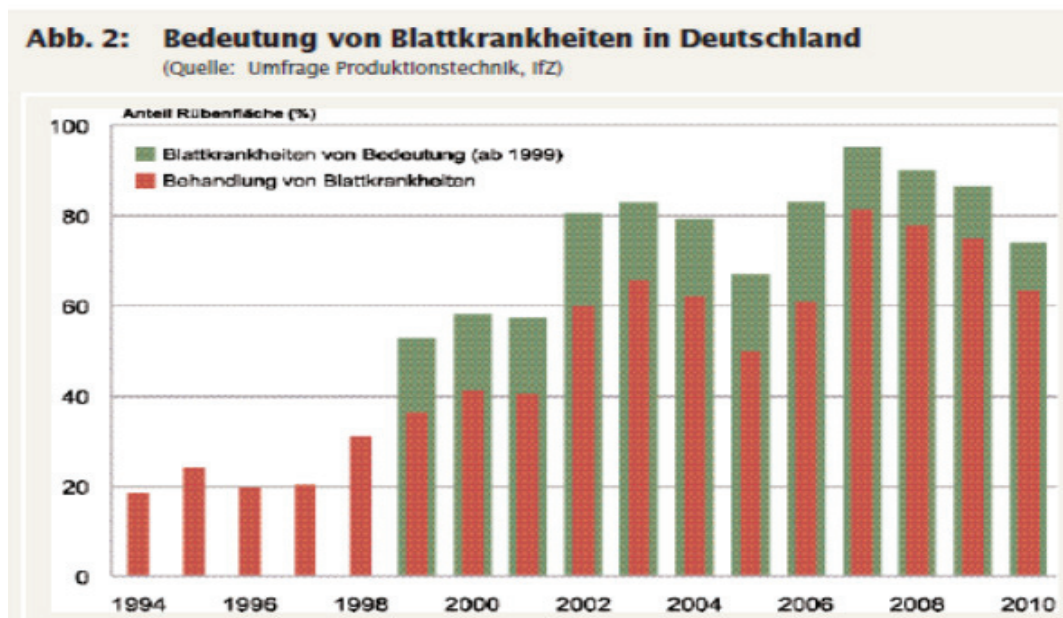


Abbildung 9: Bedeutung von Blattkrankheiten in Deutschland
(Quelle: LADEWIG et.al 2009)

3.1 Bedeutung in Österreich

In Österreich wurden im Jahr 2012 auf circa 50.000 ha Zuckerrüben angebaut. Alle Zuckerrübenflächen werden von *Cercospora beticola* befallen (STEINRÜCKEN 1997). Der größte Teil des Zuckerrübenanbaus ist in Niederösterreich in der Gegend von Wien (75 %). Seit Ende der achtziger und Anfang der neunziger Jahre konnten hohe Krankheitsbefälle von *Cercospora beticola* beobachtet werden (WOLF und VERREET 1997). Wenn keine Behandlung stattfindet, belaufen sich die Verluste auf gut 30 %. Um *Cercospora beticola* möglichst zielführend zu bekämpfen werden in Versuchen vermehrt verschiedene

Bekämpfungsstrategien getestet. In Österreich ist bei der Behandlung gegen *Cercospora beticola* mit drei Behandlungen zu rechnen. In Jahren mit einem schwachen Befall reichen auch zwei Behandlungen aus (RÖBNER 1996).

4. Möglichkeiten der Behandlung

4.1 Integrierter Pflanzenschutz im Zuckerrübenanbau

Aufgrund der von der EU erstellten Richtlinie für die nachhaltige Verwendung von Pflanzenschutzmitteln, die ab dem 1. Januar 2014 für alle Anwender von Pflanzenschutzmitteln gilt, wurde unter Aufruf von der EU eine Leitlinie für den integrierten Pflanzenschutz im Zuckerrübenanbau erstellt. Die Leitlinien sind angepasst an die der EU und sind in acht Kategorien beschrieben: vorbeugende Maßnahmen, Überwachungsmethoden, direkte nichtchemische und chemische Bekämpfungsmaßnahmen, Begrenzung auf das notwendige Maß, Resistenzvermeidungsstrategien, Erfolgskontrolle und Dokumentation (IFZ Göttingen 2011). Weiterhin werden sie in allgemeine und schaderregerspezifische Leitlinien unterteilt (siehe Abb. 10). Es wurden nicht für alle Schaderreger bei der Zuckerrübe spezifische Behandlungsmaßnahmen entwickelt, da viele Erreger keine große Bedeutung besitzen (IFZ Göttingen 2011). Für Sie gelten die allgemeinen Grundsätze der Leitlinie. Wichtig bei der Erstellung dieser Leitlinien war es den Zuckerrübenanbauern Handlungsoptionen und Freiräume zu gewähren um Jahres-, Standort- und betriebsspezifische Entscheidungen zu ermöglichen (GUMMERT und LADEWIG 2012). Die erarbeiteten Leitlinien sollen in Zukunft in die gute fachliche Praxis etabliert werden.

Tab. 1: IPS im Zuckerrübenanbau					
Schaderreger	Bekämpfungsstrategie				Prognosesystem und/oder Schwellenwerte
	indirekt		direkt		
	vorbeugend	Sorte	nicht-chemisch	chemisch	
1. Auflaufkrankheiten Wurzelbrand	+			+++	
2. bodenbürtige Krankheiten Rizomania Rhizoctonia		+++ ++		0 0	
3. Blattkrankheiten Cercospora, Rost, Ramularia, Mehltau	+	+		++	✓
4. tierische Schaderreger Nematoden (<i>H. schachtii</i>) Insekten	++	+++ 0	+++	0 +++	✓
5. Unkräuter Unkräuter und Ungräser Schosser/Unkrautrüben	+	? ++	++ +++	+++ (+)	✓ ¹ ✓ ¹
Kontrolle	+ möglich	++ gut	+++ sehr gut	0 nicht möglich	✓ vorhanden

Abbildung 10: Einteilung der Leitlinien nach Krankheiten

(Quelle: GUMMERT und LADEWIG 2012)

4.2 Vorbeugende Maßnahmen

An erster Stelle steht die Fruchtfolge, um das hohe Auftreten von Krankheiten zu vermeiden. Es sollte mindestens eine dreijährige Fruchtfolge und somit eine Anbaupause von zwei Jahren gegeben sein, da das Myzel des Pilzes *Cercospora beticola* circa zwei Jahre im Boden auf Pflanzenresten überdauert (HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999). Zu beachten ist auch die Entfernung der Felder zueinander im folgenden Jahr, da eine hohe Anbaukonzentration den Befall fördert. In den vergangenen Jahren blieb vermehrt das Rübenblatt auf den Feldern zurück, so dass hohes Potenzial für eine Ausbreitung von *Cercospora beticola* gegeben war. Sobald der Befall mit Blattkrankheiten im Vorjahr sehr stark war, sollte das Rübenblatt daher eingearbeitet werden (IFZ Göttingen 2011). Es beschleunigt den Abbau des Myzels und damit die Infektion im Folgejahr.

In einer dreijährigen Fruchtfolge in der die wendende oder nicht wendende Bodenbearbeitung angewendet wurde, konnten jedoch keine Unterschiede festgestellt werden bezüglich des Befalls mit *Cercospora beticola* (IFZ Göttingen 2011).

Zu den weiteren vorbeugenden Maßnahmen zählt die Sortenwahl. In Gebieten mit hohem Befallsdruck, wie Italien und Österreich sind diese Sorten Standard (STEINRÜCKEN 1997). Auf Flächen in Norddeutschland sind diese Sorten kaum zu finden, da der Krankheitserreger nicht so stark vertreten ist. Durch den Anbau solcher Sorten kann die Ausbreitung im Bestand sowie auf den Nachbarnfeldern verringert werden (GUMMERT und LADEWIG 2012). Die weniger anfälligen Sorten werden im Abschnitt 5 näher beschrieben.

4.3 Bekämpfungsschwellen

Bekämpfungsschwellen dienen als Indikator für die Notwendigkeit und Zeitpunkt einer Bekämpfungsmaßnahme und sollen den Erreger in der Entwicklung stoppen bevor er die wirtschaftliche Schadschwelle erreicht (BÖRNER 2009).

Ist die wirtschaftliche Schadschwelle überschritten können keine geeigneten Maßnahmen mehr ergriffen werden, um einen größeren Schaden zu verhindern. Die wirtschaftliche Schadschwelle ist so definiert, dass die angewandte Maßnahme zu einem Mehrertrag führt oder zumindest die Kosten abdeckt. Aus der wirtschaftlichen Schadschwelle leitet sich die Bekämpfungsschwelle (BKS) ab. Dafür müssen von der Krankheit die Inkubationszeit und der wahrscheinliche Befallsverlauf bekannt sein (KRANZ 1996). Die BKS liegt daher immer vor der wirtschaftlichen Schadschwelle.

Das Bekämpfungsschwellensystem, das entwickelt wurde beruht auf der Befallshäufigkeit im Bestand. Im Rahmen des IPS-Modells Zuckerrübe wurden zuerst für *Cercospora beticola* BKS entwickelt, da es die bedeutendste Blattkrankheit bei der Zuckerrübe ist. Dem folgten später BKS für *Erysiphe betae* und *Ramularia beticola* (WOLF und VERREET 2002). Die BKS für die einzelnen Erreger sind unterschiedlich. Zur vereinfachten Erfassung wurde eine BKS entwickelt, das die Befallssituation summarisch für die wichtigsten Blattkrankheiten *Erysiphe betae*, *Ramularia beticola*, *Uromyces betae* und *Cercospora beticola* erfasst (LANG 2004). Dieses summarische Bekämpfungsschwellensystem wurde 2004 bundesweit eingeführt. Die Bekämpfungsschwelle für die Erstbehandlung liegt bei diesem BKS-System bei 5 % befallener Blätter bis zum 31. Juli, bis Mitte August liegt sie bei 15 % und ab dem 16. August liegt sie bei 45 % Befallshäufigkeit. Die Bekämpfungsschwelle für die Folgebehandlung liegt unabhängig vom Termin der Erstbehandlung bei 45 % Befallshäufigkeit.

Die Schwellenwerte sollten bei der Bekämpfung beachtet werden, da sich im Laufe der Jahre eine frühe Behandlung als positiv herausgestellt hat (MEER-ROHRBECK 2010). Bei der Entscheidung für eine Bekämpfungsmaßnahme sollte die Blattgesundheit der Sorte, zukünftiger Witterungsverlauf, Standort mit oder ohne Beregnung, Befall auf der Fläche bei vorherigen Rübenanbau, Nachbarschlag mit starkem Befall im Vorjahr, Anteil Zuckerrüben in der Fruchtfolge und Erntezeitpunkt mit einfließen (WINDT 2012).

Für weniger anfällige Sorten werden momentan keine gesonderten Bekämpfungsschwellen herausgegeben, da die Befallshäufigkeit von 5 % von den weniger anfälligen Sorten und anfälligen Sorten fast gleichzeitig erreicht wird und eine Erfassung der Befallsstärke wenig praktikabel wäre (KAISER 2007, MEER-ROHRBECK 2010).

4.4 Chemische Bekämpfungsmittel

An chemischen Bekämpfungsmitteln bei *Cercospora beticola* standen zu Anfang des Auftretens der Krankheit Mittel auf Kupfer- und Schwefelbasis zur Verfügung. Diese Fungizide wirken unspezifisch, das bedeutet, sie greifen den Pilz an mehreren Stellen an. Die heute auf dem Markt befindlichen Pflanzenschutzmittel greifen gezielt an einer Stelle in den Stoffwechsel des Pilzes ein.

Im pilzlichen Stoffwechsel sind ca. 8 - 10 Stellen bekannt, die als Angriffspunkte für Fungizide geeignet sind (RÖßNER 1996). Bei der Zuckerrübe und ihren Erregern sind für den Eingriff in den Stoffwechsel der Pilze nur 3 - 5 Stellen beschrieben (RÖßNER 1996). Zu den ersten systemischen Wirkstoffen für die *Cercospora beticola* Bekämpfung zählt Benomyl (ASHER et al 2000). Benomyl bindet die Mikrotubuli an sich, sodass der intrazelluläre

Transport und die Zellteilung nicht mehr stattfinden kann. Nach sehr kurzer Zeit entstanden Resistenzen. Für die Wirkstoffe, die früher zur Bekämpfung von *Cercospora beticola* eingesetzt wurden besteht heute keine Zulassung mehr, wie Maneb und Fentinacetat.

Die heute eingesetzten Fungizide gehören zu den Wirkstoffklassen der Strobilurine, Azole, Piperidine und Benzimidazole (siehe Anhang 2).

4.4.1. Strobilurine

Der Wirkstoff Strobilurin wurde 1977 entdeckt und aus den Kulturen des Kieferzapfenröhlings gewonnen (*Strobilurus tenacellus*). Dieser Naturstoff Strobilurin A erwies sich als sehr photolabil und damit als Blattfungizid ungeeignet. Damit dieser Wirkstoff als Blattfungizid eingesetzt werden konnte, erfolgte die Beseitigung konjugierter Doppelbindungen und eine Optimierung des Grundmoleküls (BÖRNER 2009). Zu den heute eingesetzten Strobilurinen zählen Azoxystrobin, Kreoxin-methyl, Pyraclostrobin und Trifloxystrobin (BVL 2012). Fungizide dieser Wirkstoffgruppe greifen in die mitochondriale Atmungskette ein, die letzte Stufe der biologischen Oxidation. Die Elektronen werden von Redoxsystemen höheren zu Redoxsystemen niedrigeren Elektronendruckes gegeben und am Ende erfolgt die Umwandlung von Wasserstoff zu Wasser. Die dabei frei werdende Energie wird in ATP gespeichert (BÖRNER 2009).

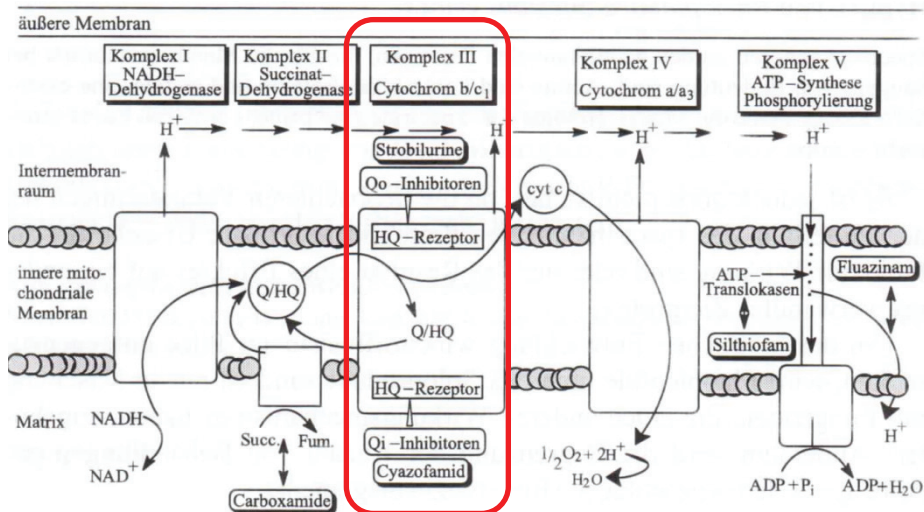


Abbildung 11: Elektronentransportkette (Quelle: BÖRNER 2009)

Die Atmungskette wird in fünf unterschiedliche Komplexe unterteilt (siehe Abb. 11). Diese Komplexe können von unterschiedlichen Wirkstoffen gehemmt werden. Die Strobilurine greifen in den Komplex III- Cytochrom- b/c1 Komplex ein (siehe Abb. 11: roter Rahmen), aber auch die Wirkstoffe Fenamidone, Famoxadone und Cyazofamid setzen hier an (BÖRNER 2009). Der Cytochrom b/c1 Komplex besitzt zwei sogenannte QH-Rezeptoren,

einer auf der Innenseite der Membran, einer auf der Außenseite. Für die Elektronenübertragung müssen beide Rezeptoren funktionieren. Strobilurine blockieren den äußeren QH-Rezeptor und werden daher auch Quione outside- Inhibitoren (QoI) genannt (BÖRNER 2009).

Zu den Eigenschaften der Strobilurine zählen eine protektive Wirkung, daher müssen sie vor oder zu Infektionsbeginn angewendet werden (SYNGENTA 2012). Weitere Eigenschaften sind die Unterbindung von Sporen- und Konidienkeimung und die Ausbildung der Keimschläuche. Die einzelnen Strobilurine weisen eine unterschiedlich ausgeprägte lokalsystemische und translaminare Wirkung auf. Dies gilt z.B. für die beiden Wirkstoffe Azoxystrobin und Picoxystrobin. Sie werden nur eingeschränkt über das Xylem transportiert und bieten damit keinen ausreichenden Schutz für neu zuwachsende Blattmasse (BÖRNER 2009).

4.4.2 Azole

Die eingesetzten Azole stammen aus der Wirkstoffgruppe der Triazole oder Imidazole. Diese Azole greifen in die Sterolbiosynthese ein der an verschiedenen Stellen gebrochen werden kann. Die Fungizide, die in diesen Syntheseweg eingreifen, werden in drei Klassen eingeteilt. Die für die *Cercospora beticola* eingesetzten Triazole und Imidazole zählen zu der Sterolbiosynthesis-Inhibitoren (SBI) Klasse I. Sie verhindern die Demythelierung an der Position C14 von Lanosterol oder 24-Methylendihydrolanosterol durch die Hemmung des Enzyms C-14 Demethylase. Oft werden die Fungizide dieser Klasse auch als DMIs (De-Methylation-Inhibitors) bezeichnet (BÖRNER 2009).

Zu den Imidazolen Wirkstoffen, die zur Bekämpfung eingesetzt werden, zählt Prochloraz. Er wirkt lokalsystemisch, wodurch die Wirkstoffkonzentration am Applikationsort erhalten bleibt und damit vorbeugend und befallsstoppend wirkt (FCS 2012).

Bei den Triazolen werden mehrere Wirkstoffe zur Bekämpfung eingesetzt wie z.B. Epoxiconazol, Propioconazol oder Difenoconazol (siehe Anhang 2). Die Triazole besitzen als Leitstruktur einen fünfatomigen Ring mit zwei Kohlenstoff, drei Stickstoff-Atomen und einem Substituenten an Position eins.

Fungizide dieser Wirkstoffklasse dringen schnell in die Blätter und Stängel ein und werden dort systemisch, in akropetaler Richtung mit dem Xylem verteilt (BÖRNER 2009).

Die Triazole zählen zu den am häufigsten verwendeten Mitteln zur Bekämpfung von *Cercospora beticola* (Asher et. al 2000).

4.4.3 Piperidine

Sie zählen wie die Triazole und Imidazole zu den Sterolbiosynthesehemmern. Sie greifen den Pilz aber an einer anderen Stelle an und gehören damit zu der SBI-Klasse II. Fenpropidin ist der einzige Wirkstoff dieser Klasse der zur Bekämpfung von *Cercospora beticola* eingesetzt wird. Piperidine hemmen im Sterolbiosyntheseweg die $\Delta 14$ Reduktase und $\Delta 8 \rightarrow \Delta 7$ –Isomerase (BÖRNER 2009).

Fenpropidin wird von den Pflanzen schnell aufgenommen und akropetal sowie translaminar in der Pflanze verteilt. Die Wirkung ist kurativ und protektiv. Zur Bekämpfung von *Cercospora beticola* wird es in Verbindung mit einem Triazol dem Difenconazol eingesetzt (BÖRNER 2009).

4.4.4 Benzimidazole

Thiophanat-methyl und Carbendazim sind die Wirkstoffe, die zu dieser Gruppe zählen. Sie verhindern die Mitose und Zellteilung. Dabei greifen sie in das Mikrotubulsystem ein, das essentiell für die Kern- und Zellteilung ist. Jeder der Tubulineinheiten besteht aus zwei fast identischen Untereinheiten, dem α - und β -Tubulin. Der Wirkstoff verhindert dadurch, dass er sich an das β -Tubulin bindet, den Aufbau der Protofilamente (BÖRNER 2009). Aufgrund dessen kommt es zur Rückbildung der Mikrotubuline und des Spindelapparates. Als Folge stirbt die Pilzzelle später ab.

Die Wirkung der Fungizide dieser Gruppe ist protektiv und kurativ. Der Wirkstoff wird von der Pflanze über die Wurzel oder andere Pflanzenteile aufgenommen und mit dem Xylem akropetal verteilt (BÖRNER 2009). Zu den weiteren Eigenschaften zählen das Hemmen der Entwicklung der Keimschläuche, Bildung der Appressorien und das Myzelwachstum des Pilzes.

4.4.5 Resistenzen gegen Fungizide

Durch den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln (PSM), können Schaderreger nach einer gewissen Zeit mit abnehmender Empfindlichkeit auf den Wirkstoff reagieren oder komplett wirkungslos werden.

Für die Entwicklung von Resistenzen liegen unterschiedliche Ursachen vor, wie beispielsweise zu geringe Dosierung, falscher Anwendungstermin, Applikationsfehler oder ungünstige Witterungsbedingungen (BÖRNER 2009).

Über andere Faktoren kann eine Resistenzentwicklung noch gefördert werden wie eine ununterbrochene Anwendung der gleichen Wirkstoffe, eine schnelle Generationsfolge, hohe Vermehrungsraten des Schaderregers sowie eine hohe Anzahl resistenter Individuen in der Ausgangspopulation. Außerdem spielt der Wirkmechanismus eine wichtige Rolle. Resistenzen gegen Wirkstoffe an nur einem Ort entstehen schneller, als bei Wirkstoffen die an mehreren Orten den Pilz angreifen.

Die Resistenz der Schaderreger gegen PSM geht auf mehrere Ursachen zurück. Die Resistenz kann begründet werden durch die Mutation der Bindestelle eines Wirkstoffes am Wirkungsort. Eine weitere Möglichkeit ist die verminderte Wirkstoffaufnahme bedingt durch die veränderte Zusammensetzung der Plasmamembranen. Dadurch kann der Wirkstoff nicht mehr im starken Maße in die Zellen des Schaderregers eindringen. Der Efflux-Transport ist eine weitere Möglichkeit auf die eine Resistenz beruhen kann. Dabei handelt es sich um einen aktiven Transport des Wirkstoffes aus den Zellen heraus. Dadurch bleibt die Konzentration der Zelle unterhalb der kritischen Schwelle. Ein anderer Mechanismus ist die Metabolisierung. Der Wirkstoff wird enzymatisch zu einer weniger toxischen Verbindung abgebaut. Andere Ursachen für eine Resistenz können die Überexpression der Gene für Target-Proteine sein oder die Nutzung alternativer Stoffwechselwege (BÖRNER 2009).

In zwei Formen, der quantitativen und qualitativen Resistenz, kann die Resistenz eines Schaderregers gegen ein Fungizid unterschieden. Die Qualitative beruht meistens auf einer Mutation und alle Individuen sind vollständig resistent. Eine Erhöhung der Wirkstoffkonzentration bewirkt dabei auch keine Abtötung des Schaderregers mehr. Gleichzeitig sind alle anderen Mittel mit demselben Wirkungsmechanismus und der gleichen Bindestelle unwirksam. Dies wird auch Kreuzresistenz genannt (BÖRNER 2009).

Die quantitative Resistenz ist auf andere Mechanismen zurückzuführen und kann in ihrer Ausprägung variieren. Zum Beispiel können Enzyme, die den Wirkstoff abbauen, in hoher oder niedriger Konzentration vorliegen. Durch eine Erhöhung der Wirkstoffkonzentration können die Individuen erst wieder abgetötet werden. Diese weisen aber nach mehrmaliger Anwendung eine schrittweise Erhöhung des Resistenzniveaus auf. Dies wird als Shiffting bezeichnet (BÖRNER 2009).

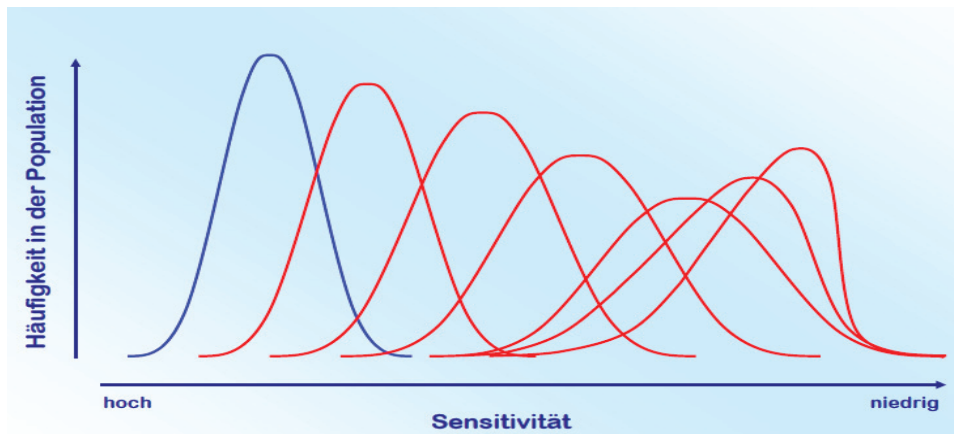


Abbildung 12: Shiffting (Quelle: FELSENSTEIN 2013)

Um Resistenzen zu vermeiden, sollte eine Soloanwendung von Wirkstoffen vermieden werden und die Zahl der Applikationen auf das notwendige Maß reduziert werden. Wirkstoffe wechseln, Dosierungen vom Hersteller einhalten (kein Splitting oder Reduzierung der Aufwandmenge), Anbau resistenter Sorten, Optimierung der Fruchtfolge, infektions- und befallsbezogene Anwendung von PSM und Resistenzmonitorings zählen zu weiteren Maßnahmen um Resistenzen vorzubeugen (IFZ GÖTTINGEN 2011).

Von Bedeutung ist auch die Vererbung der Resistenz für die Entwicklung. Bei Benzimidazolen und Qols wird die Resistenz monogenisch vererbt. Dies bedeutet, dass nur ein Gen des Pilzes die Resistenz vererbt. Bei der polygenischen Vererbung sind mehrere Gene für die Resistenz verantwortlich (BÖRNER 2009). Dadurch wird die Pilzpopulation nicht in einem Schritt resistent, sondern die Sensitivität verschiebt sich langsam (Shiffting) (siehe Abb. 12).

Benomyl ist eines der ersten systemischen Fungizide, die zur Cercosporabekämpfung eingesetzt wurden. Nach kurzer Zeit entstand eine Resistenz von *Cercospora beticola* gegen diesen Wirkstoff, da die Vererbung monogenisch ist. Diese Resistenz wurde in verschiedenen Ländern festgestellt (siehe Abb. 13).

Fungicide	Country	Reference
Benomyl	Greece	Georgopoulos and Dovas, 1973
	Italy	D`Ambra et al., 1974
	USA	Ruppel and Scott, 1974
	Yugoslavia	Maric et al., 1976
	Japan	Uesugi, 1978
	India	Pal and Mukhopadhyay, 1985
Fentin derivatives	Greece	Giannopolitis, 1978
	Italy	Cerato and Grossi, 1983
	USA	Bugbee, 1995
Kasugamycin	Japan	Chikuo, 1984
DIMs	Greece	Karaoglanidis et al., 1996

Abbildung 13: Vorkommen von Resistenzen der verschiedenen Wirkstoffe

(Quelle: ASHER et. al 2000)

In Österreich wurden erstmals 1990 Benomylresistente Cercosporastämme beschrieben. (KURTZ 1990). Für Deutschland sind zurzeit keine Resistenzen gegen Wirkstoffe bekannt. Die Qols stellen wie Benomyl einen Wirkstoff da, der durch die Mutation eines einzigen Gens vollkommen resistent werden kann. In den Monitorings, die der FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) im Jahr 2011 in Frankreich, Österreich und Deutschland durchführte, wurden in Deutschland und Österreich keine Stämme gefunden, die eine Resistenz aufweisen. In Frankreich wurde ein Isolat gefunden, welches noch weiter auf die Resistenz geprüft wird. Erste Resistenzen von Qols wurden in den USA gefunden. In aktuellen Untersuchungen von Felsenstein F. (2013) wurden resistente Cercospora Stämme gegen Strobilurine in Österreich gefunden. Ebenso bei den eingesetzten Azolen konnten Shiftings beobachtet werden. Die SBIs bilden eine große Gruppe für die pilzliche Bekämpfung in vielen Kulturen. In den späten siebzigern wurden die SBIs für die Bekämpfung von Cercospora beticola zugelassen. In den letzten 3 Jahren, beruhend aus den Monitorings der FRAC 2009 - 2011, zeigt sich für die Länder in Zentraleuropa eine stabile Lage bei den SBIs hinsichtlich der Resistenzbildung. Es besteht aber eine große Breite der Sensitivität, was darauf schließen lässt, dass ein Shiffting schon vor dem beginnenden regelmäßigen Monitoring stattgefunden hat. In Griechenland konnten 1999 die ersten Anzeichen einer Reduzierung der Sensitivität beobachtet werden (ASHER et. al 2000). Gegen den Wirkstoff Fentinacetat liegt ebenfalls eine Resistenz vor (RÖßNER 1996). Er ist aber schon seit 2002 nicht mehr für die Bekämpfung zugelassen.

4.5 Behandlungszeitpunkte

Ein genauer Behandlungszeitpunkt kann bei *Cercospora beticola* nicht festgelegt werden, da der Erreger stark von der Witterung abhängt. Vor Reihenschluss ist mit einem Auftreten jedoch nicht zu rechnen (WOLF et. al 2001a). Mit dem Reihenschluss ändert sich das Mikroklima positiv für den Pilz. Es sinkt die Temperatur geringfügig ab, die relative Luftfeuchte erhöht sich um etwa 10 % und die Häufigkeit der Blattnässe steigt bis zu 35 %. Dadurch sind die Ansprüche für eine *Cercospora beticola* Infektion besser gegeben (WOLF et. al. 2001a).

Grundsätzlich kann mit einem Befall ab Ende Juni bis September/Oktober gerechnet werden. Bei einem späten Ausbruch des Erregers ist eine Behandlung nicht mehr zwingend notwendig, da der Schaden nicht mehr im Verhältnis zu den Kosten steht (MEER-ROHBECK 2009). Je später der Befall auftritt, desto geringer sind die Schäden. Jedoch ist eine zeitgerechte Behandlung wichtig (siehe Abb. 14), da eine späte Erstbehandlung nach Überschreiten der Bekämpfungsschwelle nicht zum gewünschten Erfolg führt (MEER-ROHRBECK 2009).

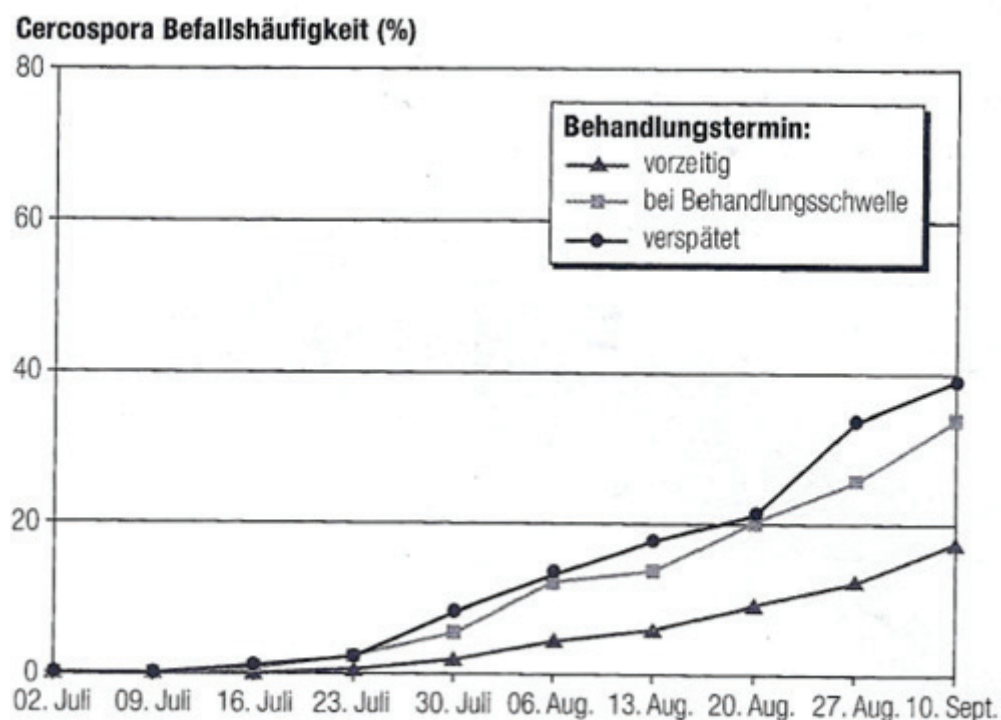


Abbildung 14: Auswirkung des Behandlungstermins auf den Befallsverlauf 2008 bei einmaliger Behandlung

(Quelle: MEER-ROHBECK 2009)

4.6 Prognosemodelle

In vielen Kulturen gibt es Prognosemodelle für Krankheiten wie bei der Kartoffel für *Phytophthora infestans* und bei Getreide für *Pseudocercospora herpotrichoides* (Halmbruch). Durch die starke Ausbreitung von *Cercospora beticola* seit den neunziger Jahren wurden auch für *Cercospora beticola* ein Prognosemodell entwickelt. Das CERCBET-Modell ist neben den Befalls- und Verlustprognosen des IPS-Modells Zuckerrübe und ProPlant eines der Prognosemodelle.

Seit 1999 wurde das Modell CERCBET im Auftrag der Zentralstelle für Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz entwickelt. Autoren waren P. Racca und Erich Jörg (2007) die dazu den Bericht veröffentlichten. Die Grundlage für dieses Modell bildet das an der Universität Piacenza entwickelte Modell CERCOESY. Dieses Modell hat die Zielsetzung, dass bei beim Blattkrankheitsmonitoring, bei den Feldbonituren der Officialberatung, bei Arbeitsgemeinschaften, Anbauverbänden und der Zuckerindustrie Zeit eingespart wird und zur späteren Warnung der Landwirte dient. Ein weiteres Ziel des Modelles ist die Abschätzung des Befallsrisikos und damit die Abschätzung des Termins für die Fungizidapplikation (RACCA und JÖRG 2003). Das Modell CERCBET ist in 3 verschiedene Modelle unterteilt.

CERCBET 1 basiert auf dem italienischen Modell CERCOPRI. Mit CERCBET 1 wird der Verlauf des Erstauftretens von einer Region registriert. Als Region wird der Bereich einer Wetterstation definiert. Ab dem 1. Januar werden zwei Summen berechnet, die Summe der Tagesmitteltemperaturen auf der Basis von 5° C und die Summe der Tagesmittelwerte der relativen Luftfeuchte über einer Schwelle von 60 %. Die Temperatursummen werden mit den Grenzwerten für die Temperatursumme des Modelles verglichen. Daraus werden die Termine für das Erstauftreten und das Auftreten der Krankheit auf 50 % der Felder berechnet. Außer der relativen Luftfeuchte und der Temperatur benötigt das Modell als Informationen die regionalen Anbauverhältnisse, Fruchtfolgegestaltung und die Stärke des Vorjahresbefalles in der Region. Durch diese Faktoren wird versucht das vorhandene Inokulum abzuschätzen. Sind diese Faktoren positiv erhöht dies den Anfangswert des Temperatursummengrenzwertes und bei negativen Faktoren umgekehrt.

Bei den Messungen können durchaus Differenzen auftreten, sodass das Erstauftreten und die Prognose, ab wann 50 % der Felder befallen sind, zu früh, zu spät oder genau richtig gegeben werden. Für das Erstauftreten wurden Differenzen von 7 - 14 Tagen ermittelt und für den 50 % Befall ergaben sich Differenzen von weniger als 7 Tage. Der Anteil des zu spät prognostizierten Erstauftretens war sehr gering, die Prognosen waren tendenziell zu früh oder richtig vorhergesagt. Mit diesem Modell lässt sich das sehr frühe aber auch das späte Auftreten des Erregers erfassen (JÖRG und RACCA 2000).

Das CERCBET 2 spielt für die Praxis eine untergeordnete Rolle und wird eher für wissenschaftliche Untersuchungen genutzt. Daher wird diesem Modell auch keine weitere Beachtung in diesem Kontext gewidmet.

Mit dem CERCBET 3 wird das *Cercospora beticola* Risiko berechnet. Dazu wurde aus dem Modell CERCBET 2, die tägliche Infektionsrate, mit in das Modell CERCBET 3 einbezogen. Weitere Parameter, die mit in die Berechnung einfließen sind in Tab. 1 aufgelistet.

Tabelle 1: Parameter und Variablen die das Modell beinhalten

State Variables	
DI_{BE}	Initial Disease Incidence
DI_{i-1}	Disease incidence at day I-1
DI_i	Disease incidence at day I
Rate Variables	
IPI	Infection pressure index
FE	Fungicide efficacy
Auxiliary variables, constants	
INC	Incubation rate
SPOR	Sporulation rate
IFR	Daily infection rate
CEW	Daily infection pressure
T_i	Temperature at canopy level
T_{RH}	Relative humidity at canopy level
VPD	Vapour pressure deficit
IRR	Irrigation
Of	Other factors (at the moment not included in the model)
P_f	Plant factor (at the moment not included in the model)
Parameters	
T	Temperature
RH	Relative humidity
P	Precipitation
W	Wind speed
Cv	Cultivar effect
Cr	Crop rotation
Sp	Sugar beet prevalence
DS	Disease severity (mean from the past year epidemics)

In diesem Modell wird der Wert der täglichen Infektionsrate als CEW-Wert (Cercospora-Effizienz-Wert) bezeichnet, da er widerspiegelt, wie effizient der Schaderreger die Wetterbedingungen für die Ausbreitung nutzt. Neben dem CEW-Wert wird im Modell der Infektionsdruck berechnet, welcher als IPI-Index (Infection Pressure Index) bezeichnet wird. Der IPI-Index wird täglich aus Infektions-, Sporulations- und Inkubationsraten berechnet. Mit dem IPI-Index lassen sich Standorte und Vegetationsperioden in verschiedene Gebiete hinsichtlich des Infektionsdruckes durch *Cercospora beticola* charakterisieren.

Zu Anfang der Simulation muss zunächst einmal die Befallshäufigkeit bezogen auf 100 Blätter bestimmt werden. Aufgrund dieser Basis wird der weitere Verlauf berechnet und

überprüft ab wann die Bekämpfungsschwelle überschritten wird. Die Bekämpfungsschwellen sind im Modell hinterlegt und belaufen sich auf 5 % kranke Blätter bis zum 31.07, 15 % kranke Blätter bis zum 15.08 und 45 % kranke Blätter ab dem 16.08. Die Bekämpfungsschwelle von *Cercospora beticola* liegt bei 5 % und wurde vom Modell zu 90 % richtig prognostiziert. In den weiteren Bekämpfungsschwellen von 15 % konnten in rund 83 % der Fälle und bei der Bekämpfungsschwelle von 45 % wurden rund 80 % richtig vorhergesagt, sodass eine zufriedenstellende Prognose gegeben ist. Weiter werden vom Modell die letzte Fungizidbehandlung und die Sorte beachtet.

Auf dieser Grundlage wurden auch für die Krankheiten Echter Mehltau, Rübengrost und *Ramularia beticola* Prognosemodelle entwickelt (Racca et. al. 2010).

4.7. Monitoring

Das Monitoring, die sogenannte Befallsüberwachung, erfolgt auf ausgewählten und repräsentativen Standorten. Die Kontrolle über die Erreger Mehltau, Rübengrost, *Ramularia beticola* und *Cercospora beticola* fängt meist gegen Anfang Juli an und es folgen wöchentliche Kontrollen der rund 300 Schläge. Das Erstauftreten des Erregers ist von Region zu Region sehr unterschiedlich (MEER-ROHBECK 2009 und OPPERMANN 2005). Der Befall im Rheinland ist in der Regel früher als im nördlichen Niedersachsen oder den östlichen Regionen Deutschlands.

Die Monitoringergebnisse geben Hilfestellung, wann eine eigenständige Kontrolle erfolgen sollte. Mit den Monitoringdaten wird den Landwirten die Arbeit abgenommen, ab Juni/Juli wöchentlich ihre Bestände zu kontrollieren. Die Monitoringdaten werden zum Beispiel auch im Internet unter LIZ-online oder ISIP zur Verfügung gestellt. Zusammen mit den Prognosemodellen bietet das Monitoring eine gute Möglichkeit zur Abschätzung des Erstauftretens des Erregers und damit einer gezielten Fungizidbehandlung (MAIER et. al. 2000).

5. Resistenzzüchtung von *Cercospora beticola*

Die Resistenzzüchtung ist wie andere Maßnahmen der Bekämpfung von Schaderregern im Zusammenhang zu betrachten und Teil des "Integrierten Pflanzenschutzes". Es werden resistente Sorten gezüchtet, da der Erreger von *Cercospora beticola* in den Anbaugebieten immer mehr Bedeutung gewinnt. Die Züchtung von *Cercospora beticola* resistenten Zuckerrüben begann bereits vor gut 60 Jahren (STEINRÜCKEN 1997).

Die Ansprüche an die Züchtung sind unterschiedlich, da nicht jedes Anbauggebiet gleich stark befallen wird. Das hat zur Folge, dass in Italien Sorten mit hoher Resistenz benötigt werden, welche im Norden von Deutschlands keine große Bedeutung besitzen. Lange wurden in Deutschland Sorten mit hoher Resistenz nicht zugelassen, da sie ohne Befallsdruck einen 10 – 20 % niedrigen Ertrag aufwiesen. (MECHELKE 2000)

5.1 Toleranz und Resistenz

Bei der Resistenz ist die Pflanze befähigt, die Vermehrung des Schaderregers zu verhindern oder zu begrenzen. Die Resistenz weist sich durch geringere Krankheitsausprägung und Schäden aus. Neben der Resistenz wird auch immer von der Toleranz gesprochen. Bei der Toleranz wird die Pflanze zwar mit dem Erreger befallen, aber sie zeigt geringere Ertragsdepressionen (KRANZ 1999). Pflanzen können oft verschiedene Eigenschaften bezüglich Toleranzen oder Resistenzen aufweisen, da die Vererbung von Toleranzen und Resistenzen meist getrennt voneinander verläuft.

In Bezug auf die unterschiedlichen Resistenzzüchtungen wird daher entweder von einer Resistenz oder einer Toleranz gesprochen. Ein Beispiel für den Unterschied zwischen Toleranz und Resistenz bilden die Nematodentolerante Sorten. So gibt es Sorten die eine Nematodentoleranz oder – resistenz aufweisen. Die Resistenz kostet den Rüben Energie, daher liegen sie ertraglich oft zurück. Dies ist auch bei den Cercosporaresistenten Sorten zu beobachten (MANTHEY 2009). Bei den Symptomen am Blatt kann von einer Resistenz gesprochen, da die Krankheitssymptome verringert werden können und beim Ertrag kann von einer Toleranz gesprochen werden, da die Ertragseinbußen nicht so stark ausfallen (LADEWIG et. al. 2002). Meist wird auch von einer geringeren Anfälligkeit gegen Blattkrankheiten gesprochen (BSA 2012). Bei den Sorten ist zu beachten, dass nicht immer die Sorte, die den blattgesünderen Zustand aufweist auch den besseren Ertrag aufweist (MANTHEY 2009).

5.2 Anbau von toleranten Sorten

Weniger Anfällige Sorten spielen in den letzten Jahren durch die Zunahme des Erregers vor allem in Gebieten mit hohem Infektionsdruck und regelmäßigem Auftreten von *Cercospora beticola* eine immer größere Rolle. In Österreich und Italien werden die gesamten Flächen von *Cercospora beticola* befallen. In Italien haben sich in den letzten Jahren daher die weniger anfälligen Sorten durchgesetzt und auch in Österreich werden vermehrt weniger anfällige Sorten angebaut (STEINRÜCKEN 1997). In Regionen mit selten oder unregelmäßigem Auftritt von *Cercospora beticola* werden weniger anfällige Sorten seltener angebaut. Dies liegt daran, weil die Sorten unter Nichtbefall eine geringere Ertragsleistung aufweisen (LADEWIG et. al. 2002, MITTLER et al 2003). Im Jahr 2002 wurden die ersten Sorten mit einer Cercosporaresistenz zugelassen. Die Sorten ohne Resistenzen weisen bei Nichtbefall die höchsten Erträge auf, gefolgt von Sorten mit Rizomaniatoleranz, Cercosporaresistenz und Rhizoctoniaresistenz. Die Abstufungen im Ertrag kommen durch den unterschiedlichen züchterischen Fortschritt sowie der Intensität und Dauer der züchterischen Bearbeitung zustande (LAEDWIG et. al 2002). Rizomaniatolerante Sorten wurden bereits im Jahr 1983 das erste Mal zugelassen.

Die jeweiligen Anforderungen an die *Cercospora*-Sorten sind abhängig von dem Anbaugebiet. Je nach Anbaugebiet spielen unterschiedliche Krankheitserreger eine Rolle, so dass die Sorten weitere Resistenzen außer *Cercospora beticola* aufweisen sollten. Sorten, die in Mitteleuropa angebaut werden, müssen auch eine Resistenz gegenüber *Rizomania* aufweisen. Der Echte Mehltau spielt in Deutschland ebenso eine wichtige Rolle. Daher sollten cercosporaresistente Sorten eine gewisse Widerstandsfähigkeit gegen Echten Mehltau zeigen (MECHELKE 2000).

5.3 Herkünfte der *Cercospora* Resistenz

In der Züchtung wird bei der Suche nach neuen Genen oder gesuchten Resistenzen oft auf Wildsorten und nahen Verwandten zurückgegriffen. Durch die Rückkreuzung mit der nahen Verwandten *Beta maritima*, die von Munerati bereits in den 1920er Jahren durchgeführt wurde, wurden Cercosporaresistente Sorten gezüchtet. Auch andere Gattungen der Familie wie *Beta patellaris* und *Beta coriflora* zeigen geringere Anfälligkeit gegenüber *Cercospora beticola*. Bei der Rückkreuzung liegt folgendes Schema vor.

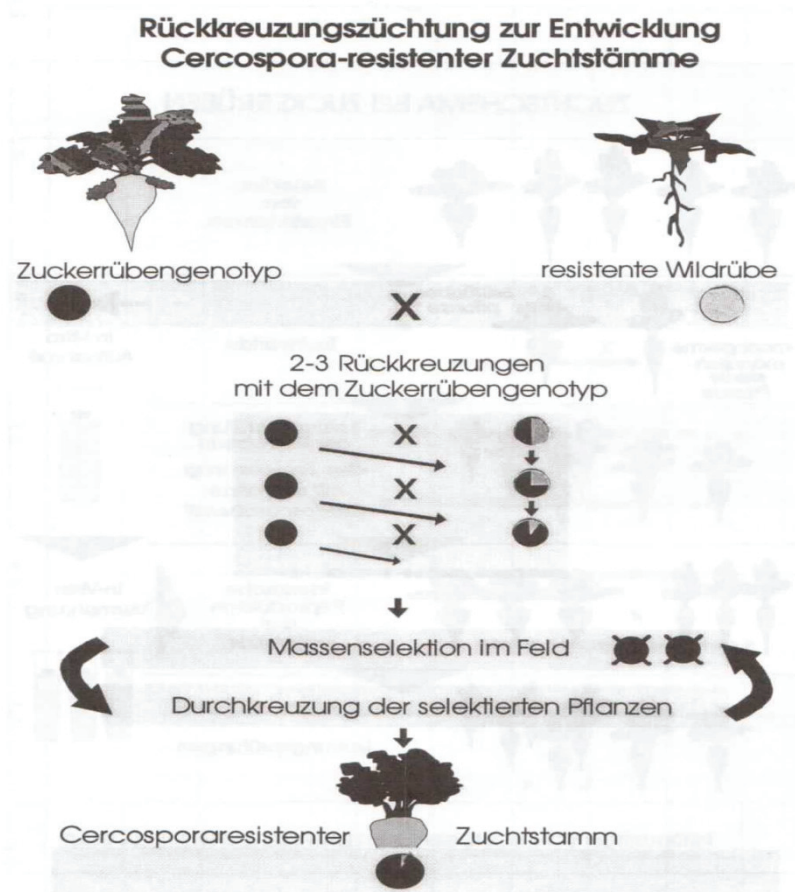


Abbildung 15: Rückkreuzung (Quellen: STEINRÜCKEN 1997)

Als erstes steht die Kreuzung der resistenten Wildsorte *Beta maritima* ssp. mit einem Zuckerrüben-Genotyp. In den weiteren Schritten wird der Zuckerrüben-Genotyp weiter eingekreuzt. Nach einigen Rückkreuzungen entspricht die Pflanze fast dem vorausgegangenen Zuckerrüben-Genotyp (siehe Abb. 13). Damit die Pflanzen am Ende die Cercospora-Resistenz besitzen, muss diese nach jeder Rückkreuzung kontrolliert werden. Beim Einkreuzen aus Wildformen können viele Rückkreuzungen nötig sein, da viele unerwünschte Gene enthalten sind (BECKER 2011). Die Zahl der Rückkreuzungen ist abhängig davon, wie weit die Eltern vom Leistungsniveau auseinander liegen. Wildrüben liegen gegenüber Zuckerrüben stark zurück, sodass die resistent gezüchteten Zuckerrüben oft in der Leistung zurück bleiben (STEINRÜCKEN 1997).

Problem bei der Rückkreuzung und späteren Selektion ist, dass bei der Kreuzung mit der Ertragslinie ca. 4 - 5 Resistenzgene und mindestens 5 Ertragsgene miteinander kombiniert werden müssen. In der F₂-Nachkommenschaft ist eine von 1024 Pflanzen an allen Genorten homozygot resistent. Alle Ertragsallele der Linie zusammen mit den Resistenzallelen weist jedoch nur eine von 1.048.576 Pflanzen auf. (STEINRÜCKEN 1997) Daher ist es schwierig, genau die richtigen Pflanzen zu selektieren.

Neben Munerati nutzten auch später Zuckerrübenzüchter aus den USA Beta maritima für die Resistenzzüchtung. Dieses Züchtungsmaterial findet sich heute in allen Züchtungshäusern wieder. Durch Munerati wurden eher Bestäuber entwickelt, während die USA eher resistente Saateaternlinien züchtete (STEINRÜCKEN 1997).

5.4 Vererbung der Cercospora Resistenz

Mit der Vererbung entscheidet sich, wie erfolgreich ein Züchtungsprogramm verlaufen kann. Entscheidend für die Züchtung ist es, ob eine monogene oder eine polygene Resistenz vorliegt. Die monogene Resistenz beruht auf einem einzelnen Gen und kann relativ einfach in eine Sorte eingebaut werden. Die polygene Resistenz hingegen beruht auf mehreren Genen und lässt sich züchterisch schwieriger bearbeiten. Aus Untersuchungen von Smith und Gaskill (1970) sollen mind. 4 oder 5 Gene an der Resistenz von Cercospora beticola beteiligt sein. Ihre Ausprägung kann unterschiedlich sein je nach Schwere des Befalls. Bei polygenen Resistenzen können die Gene nicht gezielt in das Zuchtmaterial eingebracht werden wie bei monogenen Resistenzen. Polygene Resistenzen müssen durch Verfahren der Rückkreuzung eingebracht werden und über die quantitativen Merkmale selektiert werden. Sie setzen sich aus mehreren Teilen zusammen und wirken bei unterschiedlichen Stadien des Krankheitsbefalls. So können sie eine Verzögerung der Ausbreitung, eine Reduzierung der Infektion oder eine Reduzierung der Bildung von Vermehrungsorganen bewirken (BECKER 2011). Im Fall von Cercospora beticola weisen resistente Sorten acht signifikant verschiedene Faktoren auf im Gegensatz zu anfälligen Sorten. Für die Betrachtung der Entwicklungszeit von Cercospora beticola lassen sich Dauer des 1. Entwicklungszyklus, Befallshäufigkeit und Dauer der Entwicklung von 10 - 90% Befallshäufigkeit differenzieren. Bei Befall können die Faktoren Fläche der Läsionen, Durchmesser der Läsionen und Befallsstärke unterschieden werden sowie die Faktoren Konidiendichte und Konidienlänge (JÖRG et. al 2004).

Die Epidemie kann je nach Sorteneigenschaft stark unterschiedlich ablaufen (JÖRG et. al 2004). Beim Termin des Erstauftretens des Erregers werden aber keine Unterschiede bei den Sorten gefunden. Ebenso in der frühen Phase der Epidemie ist die Entwicklung der Befallshäufigkeit ähnlich (RACCA et. al 2006).

Dadurch dass viele unterschiedliche Abwehrreaktionen beobachtet werden können, weißt dies auf eine polygene Resistenz hin (GROßE-HERRENTHEY 2001).

Aufgrund der geringen Heritabilität der Cercospora-Resistenz und die negative Korrelation zwischen Pathogen-Resistenz und Ertragseigenschaften ist die Züchtung erschwert. (GROßE-HERRENTHEY 2001). Es konnten bisher unterschiedliche Heritabilitäten

nachgewiesen werden. Smith und Gaskill (1970) fanden Heritabilitäten im weiten Sinne von 60 - 70%. Vermutet wird aber, dass der Teil der nicht additiven Genwirkung nicht unerheblich sei. Die Heritabilität im weiten Sinne ist definiert als Teil der in einer Population zu beobachtenden Variationen, die auf genetische Faktoren zurückzuführen sind. In weiteren Untersuchungen von Smith und Ruppel 1974 wurden Heritabilitäten im engeren Sinne von 20 - 27 % geschätzt, und es konnten signifikante additive Geneffekte gezeigt werden. Die Heritabilität im engeren Sinne ist ein Maß für die Übertragung phänotypischer Unterschiede von Eltern auf die Nachkommen. Ein bedeutender Schritt in der Forschung ist die Entdeckung genetischer Marker. Mit Hilfe der Markeranalysen können die verschiedenen Genorte der Resistenz (Quantitative trait loci) selektiert werden und genau bestimmt werden. Mit der Erfassung der Blattsymptome kann dies nicht genau erfolgen. Koch und Jung (2000) konnten vier signifikante QTL (Quantitative trait loci) mit Resistenzallelen identifizieren, die sich ableiten lassen von resistenten Eltern. Sie stellten dabei Heritabilitäten von 30 - 80% fest. Die einzelnen QTL wiesen jedoch große Unterschiede in der Genwirkung auf.

Aus weiteren Untersuchungen mit der Markeranalyse identifizierte Nilsson 1999 fünf QTL an vier Chromosomen, Schäfer-Pregl 1999 sieben QTL an sechs Chromosomen, Setiawan 1999 vier QTL an vier Chromosomen und Kazunorei et. al 2011 vier QTL. Dadurch, dass die Forscher immer unterschiedliche QTL entdecken, besteht noch Forschungsbedarf.

Daneben ist nicht nur die Anzahl der Genorte wichtig für den Zuchterfolg, sondern auch die Genwirkung der Allele, die in der Regel additiv ist. Es hat sich gezeigt, dass die Resistenz stärker und höher ausgeprägt ist, wenn die Resistenzallele an verschiedenen Genorten sitzen (STEINRÜCKEN 1997). So weisen diploide Zuckerrübensorten in der Regel eine höhere Resistenz auf als triploide Sorten, obwohl die gleiche Resistenzquelle verwendet wurde. Es ist anzunehmen, dass auch das Verhältnis zwischen resistenten Allelen und anfälligen Allelen wichtig ist (STEINRÜCKEN 1997).

Bei einer Hybridsorte muss der Saatterter oder der Bestäuber die Resistenz aufweisen. Am besten ist, wenn beide die Resistenz aufweisen, da die Resistenz additiven Charakter aufweist (STEINRÜCKEN 1997).

5.5 Erfassung der Resistenz und Beurteilung

Die Blattkrankheit kann mit Auftreten der Symptome erkannt werden. Die Bonitur bzw. die Prüfung beim Bundessortenamt erfolgte bis 2000 nur durch eine einfaktorische Wertprüfung ohne Fungizideinsatz. Danach wurde die Wertprüfung zweifaktoriell angelegt. Eine unbehandelte Stufe und eine Stufe mit Fungizid. Durch die Abstufung ist es möglich, die Leistung bei vollem Umweltstress und mit geringem oder ohne Stress durch

Blattkrankheiten zu beurteilen (LADEWIG und GUMMERT 2011). Die Beurteilung der Anfälligkeit erfolgt weiter auf der Basis der unbehandelten Stufe und zum Termin der stärksten Differenzierung der Sorten. Mit der Anfälligkeit wird die Symptomausprägung der Krankheit am Blatt beschrieben. Die Boniturnote, die zu diesem Zeitpunkt gegeben wird, kann im Laufe der Vegetation noch geändert werden, falls der Befall stärker wird.

In der zweiten Stufe werden die Blattkrankheiten durch die Fungizidbehandlungen nahezu unterdrückt (Gesundvariante) (LADEWIG und GUMMERT 2011). Damit kann die Toleranz der Sorte ermittelt werden. Als Basis für die Erträge und Gehalte wird das Mittel beider geprüften Stufen dargestellt. Für den bereinigten Zuckerertrag erfolgt eine separate Darstellung der Leistung nach unbehandelter und behandelter Stufe. Durch sie kann das Toleranzniveau der Sorte abgebildet werden. Je stärker eine Sorte mit Ertragsabfall reagiert, desto geringer ist die Toleranz. Daher gilt: Je kleiner die Differenz zwischen dem bereinigtem Zuckerertrag der Stufe 1 oder Stufe 2 einer Sorte, desto höher ist die Ertragstoleranz gegenüber Blattkrankheiten (BSA 2012).



Abbildung 16: Sortenunterschied bei Befall mit *Cercospora beticola* Sacc. (Quelle: GUMMERT und LADEWIG 2009)

Für die Ausprägung bzw. Intensität des Befalls werden Noten von 1 - 9 vergeben.

Sind z.B. 50 % aller Pflanzen befallen oder bereits abgestorben, so ergibt sich eine Ausprägungsstufe von 8. Die Blattkrankheiten werden nur bei Auftreten bonitiert. So ergibt sich jedes Jahr eine unterschiedliche Anzahl von Standorten, die mit in die Wertung gehen.

Die Bonitur für *Cercospora beticola* erfolgt mit den Boniturnoten. Ist die Sorte mit einer 6 bonitiert worden in diesem Jahr, bedeutet dies nicht, dass sie diese Note in der beschreibenden Sortenliste erhält. Durch den unterschiedlichen Befall der Jahre wird dies in einem 5-jährigem Mittel verglichen. Die Sorte kann nach dem Vergleich eine bessere oder schlechtere Boniturnote erhalten. Ist ein 5-jähriges Mittel des Standortes nicht gegeben, so erfolgt in der Sortenliste ein Strich (keine Beurteilung ist möglich). Die Bonitur von *Cercospora beticola* erweist sich als schwierig aufgrund der unterschiedlichen Sortenreaktionen auf den Befall. Einige Sorten reagieren bei Befall schnell mit Blattabwurf und treiben neue Blätter. Bei solchen Sorten müsste der Bonitör normalerweise eine 1 vergeben, da kein Blatt befallen ist bzw. nur geringfügig. Andere Sorten wiederum behalten ihre Blätter bis zum Ende auch bei starkem Befall. Welcher Mechanismus besser ist, lässt sich in Frage stellen. Es ist daher aber sehr schwierig, die Anfälligkeit der Sorte zu beurteilen (MANTHEY 2009).

Für den Landwirt am wichtigsten jedoch ist die Stufe 1 ohne Fungizid, da sie die verlässliche Ertragsgröße (Basisertrag) bildet auch bei Befall mit *Cercospora beticola* (MITTLER 2009). Bei der Sortenwahl sollte daher nicht nur auf die Gesundvariante geachtet werden, da sonst manche Sorten unterbewertet werden (MANTHEY 2009).

5.6 Resistenzmechanismus

Der komplette Mechanismus wie die Pflanze den Pilz abwehrt, konnte bisher nicht geklärt werden. Bei der Zuckerrübe lassen sich unterschiedliche Abwehrreaktionen beobachten wie in den Bereichen Konidienkeimung, Hyphenwachstum, Penetration, interzelluläres Wachstum, Abgabe fungistatischer Stoffe (z.B. phenolische Verbindungen) und Läsionsgröße, die auf eine Resistenz von mehreren Genen schließt.

Ein Wirkmechanismus wurde von Feindt et. al 1981 beschrieben. Durch den Kontakt des Pilzes mit der Wirtszelle wurden Zellwandlagerungen von Polysacchariden im interzellulären Raum beobachtet. Im Zusammenhang mit dem Resistenzmechanismus wird auch die Stomaaktivität gebracht (FEINDT et. al 1981). So ist laut Feindt (1981) das Eindringen des Pilzes nur über die geöffnete Stomata möglich. Weiter als Resistenzmechanismus werden chem. Substanzen genannt, die auf resistenten Pflanzen das Pilzwachstum verhindern.

Zu diesen zählen das *Cercospora beticola* toxin und Cercosporin. Das Toxin Cercosporin wird nur unter Lichteinfluss produziert. Durch die Produktion von reaktiven Sauerstoff Spezies wie Superoxid-Radikale und Singulett-Sauerstoff zerfällt die Zellmembran durch Lipidperoxidation. Bei der Lipidperoxidation stehen die freien Radikale Elektronen von

Lipiden in der Zellmembran. Somit wird eine Kettenreaktion ausgelöst, die zur Zellschädigung führt. Es wird vermutet das resistente Genotypen eine höhere Konzentration an Cercosporin vertragen als normal anfällige Genotypen (Asher et. al 2000). Bei resistenten Pflanzen werden noch andere chemische Substanzen beschrieben. Diese kommen in den Blättern der Zuckerrübe natürlich vor und ihnen wird zugeschrieben den Pilz im Wachstum zu behindern. Zu diesen Stoffen zählen die fungitoxischen Saponine, die eine reduzierte Keimung hervorrufen sowie Polyphenole, eine höhere Aktivität der Enzyme Peroxidase und Orthodiphenol-Oxidase und auch die flavonoide Phytoalexine Betagarin und Betavulgarin. In Verbindung mit der Behinderung des Pilzwachstums werden auch cysteinhaltige Proteine und Proteine mit Chitinase- und Glucanaseaktivität gebracht (Asher et. al 2000).

6. Fungizidversuch *Cercospora beticola* in Österreich

6.1 Material und Methoden

6.1.1 Umwelten, Versuchsanlage, Bestandsführung

Der Versuch wurde an 3 verschiedenen Standorten in Österreich zusammen mit der Agrana GmbH 2012 das erste Mal angelegt. Für den Befall mit *Cercospora beticola* sind am Standort die Witterungsbedingungen wichtig. Von Bedeutung dabei sind vor allem die Temperatur und die relative Luftfeuchte. In allen Gebieten Österreichs kann davon ausgegangen werden, dass ein Befall stattfindet, da die Witterungsbedingungen für den Erreger gegeben sind.

Der Versuchsstandort Harlanden (Abb. 1, Punkt 1) liegt bei Pöchlarn und gilt als Feuchtgebiet. Wullersdorf (Abb. 1, Punkt 2) ist ein Trockengebiet ebenso wie Witzelsdorf (Abb. 1, Punkt 3), jedoch wurde Witzelsdorf beregnet.



Abbildung 17: Geographische Lage der Umwelten in Österreich (Quelle: Embassy-World 2013)

Der Versuch wurde als randomisierte Blockanlage mit den Faktoren Sorte und Bekämpfungsstrategie und mit jeweils 4 Wiederholungen angelegt. Insgesamt wurden 10 Prüfglieder unterschieden wie in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 2: Prüfglieder des Versuchs (Quelle: Agrana 2012)

ONr	Sorte	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
1	Amander	Kontrolle		
2	Monsun	Kontrolle		
3	Amander	0,4 l/ha ORTIVA + 0,4 l/ha Score	0,4 l/ha ORTIVA + 0,4 l/ha Score	1,0 l/ha Spyrale
4	Monsun	0,4 l/ha ORTIVA + 0,4 l/ha Score	0,4 l/ha ORTIVA + 0,4 l/ha Score	1,0 l/ha Spyrale
5	Amander	0,4 l/ha ORTIVA + 0,4 /ha Score		1,0 l/ha Spyrale
6	Monsun	0,4 l/ha ORTIVA + 0,4 l/ha Score		1,0 l/ha Spyrale
7	Amander	0,35 l/ha Sphere	0,35 l/ha Sphere	1,0 l/ha Spyrale
8	Monsun	0,35 l/ha Sphere	0,35 l/ha Sphere	1,0 l/ha Spyrale
9	Amander	1,0 l/ha Prüfmittel 1	1,0 l/ha Prüfmittel 1	1,0 l/ha Spyrale
10	Monsun	1,0 l/ha Prüfmittel 1	1,0 l/ha Prüfmittel 1	1,0 l/ha Spyrale

Die Aussaat erfolgte standortspezifisch in Harlanden am 04.04, in Wullersdorf am 26.03 und in Witzelsdorf am 23.03. Die Parzellen wurden sechsreihig angelegt. Geerntet wurde nur der Kern, damit Nachbarschaftseffekte ausgeschlossen werden konnten. In der folgenden Tabelle sind die Eigenschaften der Schläge aufgelistet.

Tabelle 3: Schlagdaten (Quelle: Agrana 2012)

	Harlanden	Wullersdorf	Witzelsdorf
Name	Brunnfeld	Mahden 2	Pfaffensee
Vorfrucht	WW	WW	Grünerbse
Vorvorfrucht	KM	Kürbis	KM
Zwischenfrucht	ja	ja	ja
Letze Zuckerrübe	2007	2008	2006
Beregung	nein	nein	ja
N	100	100	110
P	30	40	90
K	90	0	90

6.1.2 Sorten

Für den Versuch wurden 2 Sorten ausgewählt mit unterschiedlicher Anfälligkeit gegenüber *Cercospora beticola*. Die Sorte Amander ist normal anfällig für *Cercospora beticola* und besitzt eine Rizomaniatoleranz. Die Sorte Monsun ist weniger anfällig gegen *Cercospora beticola* und besitzt ebenso wie Amander eine Rizomaniatoleranz.

Tabelle 4: Sorteneinstufung laut Beschreibender Sortenliste Österreich

Ausprägungsstufen: 1 sehr gering, niedrig, 9 sehr stark, hoch (Quelle: Ages BSA Österreich 2012)

SORTE, ZÜCHTERLAND	ZULASSUNGSJAHR	JUGENDENTWICKLUNG	BLATTENTWICKLUNG	BLATTHALTUNG	RÜBENKOPFDURCHMESSER	RÜBENFORM	WURZELRINNE	OBERFLÄCHE DES RÜBENKÖRPERS	SCHOSSEBILDUNG	ALPHA-AMINO-N-GEHALT	MELASSEZUCKER	CERCOSPORA	ECHTER MEHLTAU	RIZOMANIA	RHIZOCTONIA	NEMATODEN
Amander, CH	2011	2	3	5	4	4	3	4	1	1	6	5	-	T	-	-

Für die Sorte Monsun bestehen noch keine Ergebnisse, da die Sorte in Österreich noch nicht zugelassen ist. Laut Auskünften der Ages Österreich ist Monsun bei Anfälligkeit für *Cercospora beticola* mit einer 5 einzustufen.

6.1.3 Bekämpfungsstrategie

Zum Einsatz bei der Bekämpfung wurde das summarische Bekämpfungsschwellensystem 5/15/45 % der Befallshäufigkeit (siehe Kapitel 4.3) angewandt. Zum Vergleich zu den behandelten Varianten wurde eine unbehandelte Kontrolle für jede Sorte angelegt. Die weiteren Parzellen wurden bei Eintritt der 5 % - Bekämpfungsschwelle behandelt. Die Prüfglieder 3-6 wurden bei der Erstbehandlung mit dem Fungizid Ortiva (Azoxystrobin) und Score (Difenoconazol) mit einer Aufwandmenge von jeweils 0,4 l/ha behandelt. Die zweite Behandlung in den Prüfgliedern 3+4 erfolgte ebenso mit Ortiva und Score. Die Prüfglieder 5+6 wurden während der Vegetationsperiode nur zweimal behandelt, im Gegensatz zu den anderen Prüfmitgliedern in denen eine dreimalige Bekämpfungsstrategie geführt wurde. Bei allen Prüfgliedern erfolgte die Abschlussbehandlung mit Spyrale (Difenoconazol und Fenpropidin). Bei den Prüfgliedern 7+8 erfolgte die Erstbehandlung und auch die Zweitbehandlung mit dem Produkt Sphere von Bayer (Tifloxystrobin und Cyproconazol) mit

einer Aufwandmenge von 0,35 l/ha. Bei den Prüfgliedern 9+10 wurde ein neues Mittel getestet, das wahrscheinlich 2015 zugelassen werden soll mit den Wirkstoffen Difenoconazol und Azoxystrobin. Es wurde zur Erst- und Zweitbehandlung bei den beiden Prüfgliedern mit einer Aufwandmenge von 1 l/ha verwendet.

6.1.4 Befallserhebung

Ab dem 27.06.2012 fanden die Bonituren an den einzelnen Standorten statt. Die Bonituren wurden von der Agrana GmbH in Zusammenarbeit mit einem Externen durchgeführt. Die Bonitur erfolgte mittels der 100 Blatt-Rupf-Methode. Bei dieser Methode soll der Rübenschlag diagonal durchquert werden und 100 Blätter zufällig entnommen werden. Pro Rübe soll nur ein Blatt aus dem mittleren Blattapparat gewählt werden (siehe Abb. 18). Diese entnommenen Blätter werden auf Befall kontrolliert. In den Parzellen wurden pro Kontrolle jeweils 25 Blätter kontrolliert und auf 100 Blätter hochgerechnet.



Abbildung 18: Entnahmepunkt der Blätter bei der 100-Blatt-Rupf-Methode (Quelle: LIZ – Online 2013)

Die Befallshäufigkeit (prozentualer Anteil befallener Blätter) wurde als Ja- oder Nein-Aussage erfasst. Sie gibt Auskunft über die Ausbreitung des Erregers innerhalb des Bestandes. Die Befallsstärke (prozentualer Anteil der befallenen Blattfläche) wurde mit Hilfe einer Schätztafel von BASF und ZEPP geschätzt (siehe Anhang 13 und 14). Mit der Befallsstärke lässt sich das Ausmaß der Krankheit während der Vegetation beschreiben (WOLF 1997). Die Bonituren für die ersten vier Prüfglieder fanden wöchentlich statt. Für die Prüfglieder 5 - 10 fanden an vier Terminen Teilbonituren statt bei denen die Befallshäufigkeit

erfasst wurde. Jeweils an zwei Terminen fanden Vollbonituren mit Erfassung der Befallsstärke statt. Wegen des hohen Arbeitsaufwandes konnte dies nicht anders koordiniert werden.

6.1.5 Ertrags- und Qualitätsbestimmung

Die Ertrags- und Qualitätsbestimmung erfolgte von der Agrana GmbH. Es wurden der Rübenenertrag, Zuckerertrag, Zuckergehalt, Kalium, Natrium, α – Aminostickstoff und der Dicksaftquotient bestimmt. Die bestimmten Werte gehen dann mit ein in die Berechnung für den Standardmelasseverlust und die Berechnung für den bereinigten Zuckerertrag. Diese werden nach der Braunschweiger Formel (Buchholz et al. 1995) berechnet:

$$\text{SMV} = 0,12 * w'(K+Na) + 0,24 * w'(AmN) + 0,48$$

SMV Standardmelasseverlust in % auf Rübe-Frischmasse

$w'(K+Na)$ Gehalt an Kalium und Natrium in mmol/100g Rübe

$w'(AmN)$ Gehalt an α -Amino-Stickstoff in mmol/100g Rübe

Der bereinigte Zuckerertrag gilt als wichtigste Kenngröße. Mit ihr wird der Zucker erfasst, der pro Hektar gewonnen werden kann.

$$\text{BZE} = \text{RE} * (\text{ZG} - \text{SMV} - 0,6) / 100$$

RE Rübenenertrag in t/ha

ZG Zuckergehalt in % an der Rübe

0,6 Standard-Fabrik-Verlust in % an der Rübe

Für die Ermittlung von Ertrag und Qualität wurden nur die Standorte Harlanden und Witzeldorf analysiert, da der Bestand in Wullersdorf zu lückig war und damit nicht ausreichend für eine aussagekräftige Ertrags- und Qualitätsanalyse. Für die Erfassung der Befallshäufigkeit und Befallsstärke hatten die Lücken keine Auswirkung.

6.2 Ergebnisse

6.2.1 Entwicklung der Befallshäufigkeit

Die Entwicklung der Befallshäufigkeit (BH) war an allen drei Standorten unabhängig von der Sorte oder Bekämpfungsmaßnahme ähnlich und stellte ein sigmoiden Verlauf dar (siehe Abb. 19). Ab Beginn der Bonituren, an dem die Befallshäufigkeit erfasst wurde, startete die Befallshäufigkeit im Bereich von 4 % – 23 % am Standort Harlanden, am Standort Witzelsdorf von 2 % – 44 % und am Standort Wullersdorf von 2 % – 29 %. Vom Anfang der Bonituren bis zu einer Befallshäufigkeit knapp über 90 % stieg die Kurve innerhalb eines Monats rapide an. In den weiteren zwei Monaten stieg die BH nur langsam weiter bis schließlich an allen Standorten der Wert von 100% erreicht war.

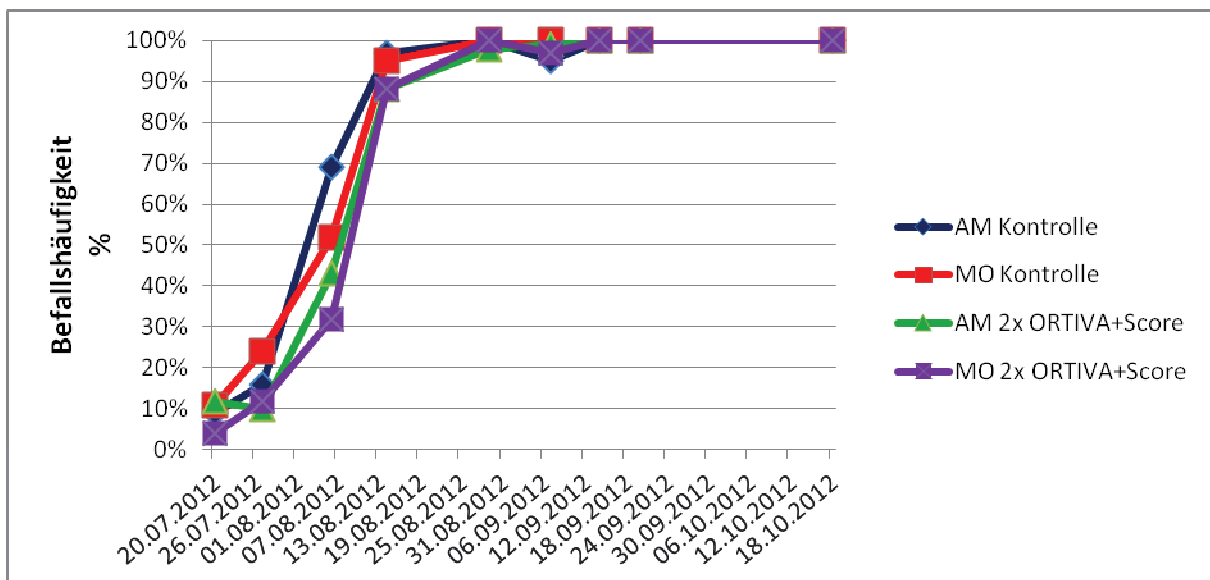


Abbildung 19: Entwicklung der Befallshäufigkeit am Standort Harlanden (Quelle: eigene Darstellung)

Am Versuchsstandort Witzelsdorf wurde im Jahr 2012 nach der ersten Bonitur ein Abfall der Befallshäufigkeit beobachtet. In weiteren Bonituren stieg die BH wieder und nahm einen ähnlichen Verlauf wie die anderen Standorte (siehe Abb. 20).

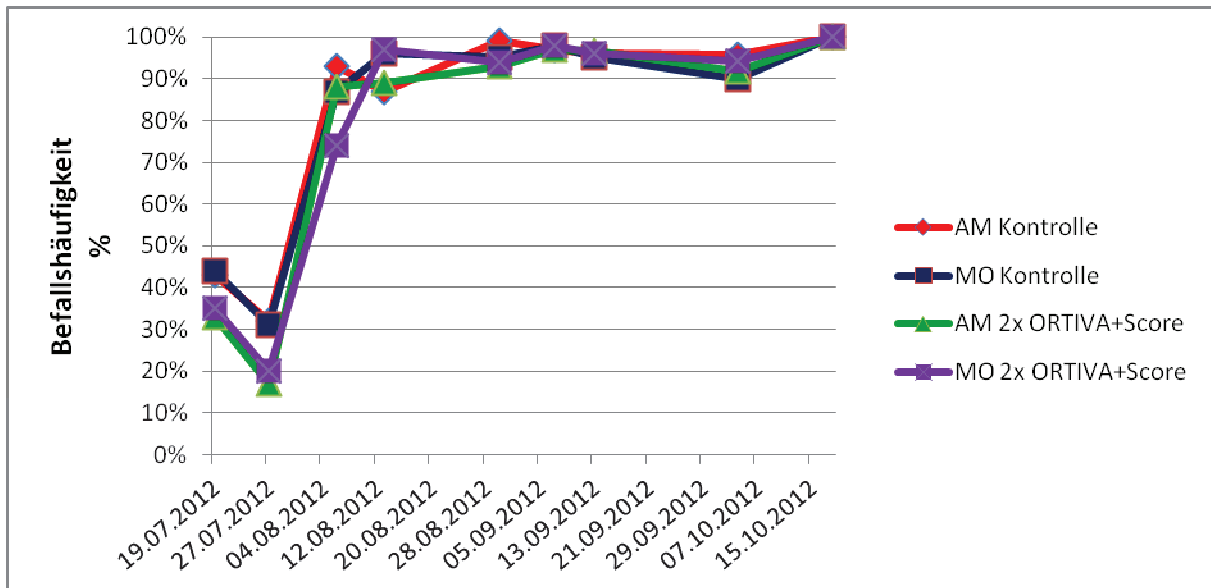


Abbildung 20: Entwicklung der Befallshäufigkeit am Standort Witzelsdorf (Quelle: eigene Darstellung)

Weitere detaillierte Darstellungen zu den verschiedenen Standorten befinden sich im Anhang.

6.2.2 Entwicklung der Befallsstärke

Zu Beginn war ein sehr verhaltener Anstieg der BS zu verzeichnen, der zum späteren Zeitpunkt stieg (siehe Abb. 21). Am Standort Harlanden ist eine 8 % geringere Befallsstärke bei der weniger anfälligen Sorte Monsun in der Kontrolle durch die Cercosporaresistenz zu erkennen (siehe Abb. 21). Dieser Unterschied ist am Standort Wullersdorf mit nur 5 % ebenfalls zu beobachten. In Wullersdorf hingegen weist die anfällige Sorte Amander eine 4 % geringere Befallsstärke auf (siehe Anhang 7).

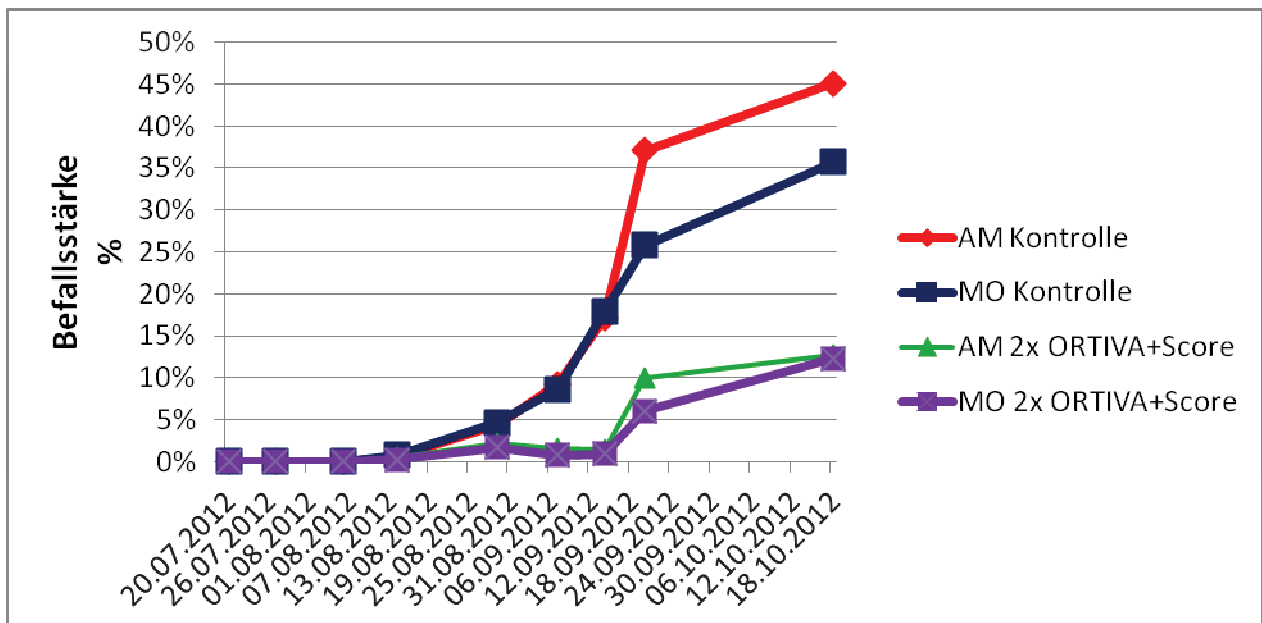


Abbildung 21: Entwicklung der Befallsstärke am Standort Harlanden (Quelle: eigene Darstellung)

In Witzelsdorf wurde zunächst ein Anstieg der BS auf ungefähr 25 % beobachtet werden. Anschließend fiel die Befallsstärke wieder ab. Zu erkennen ist das die vier Varianten unterschiedlich stark abfallen. Die Sorte Monsun mit zweimal Ortiva+Score zeigt den geringsten Abfall (siehe Abb. 22).

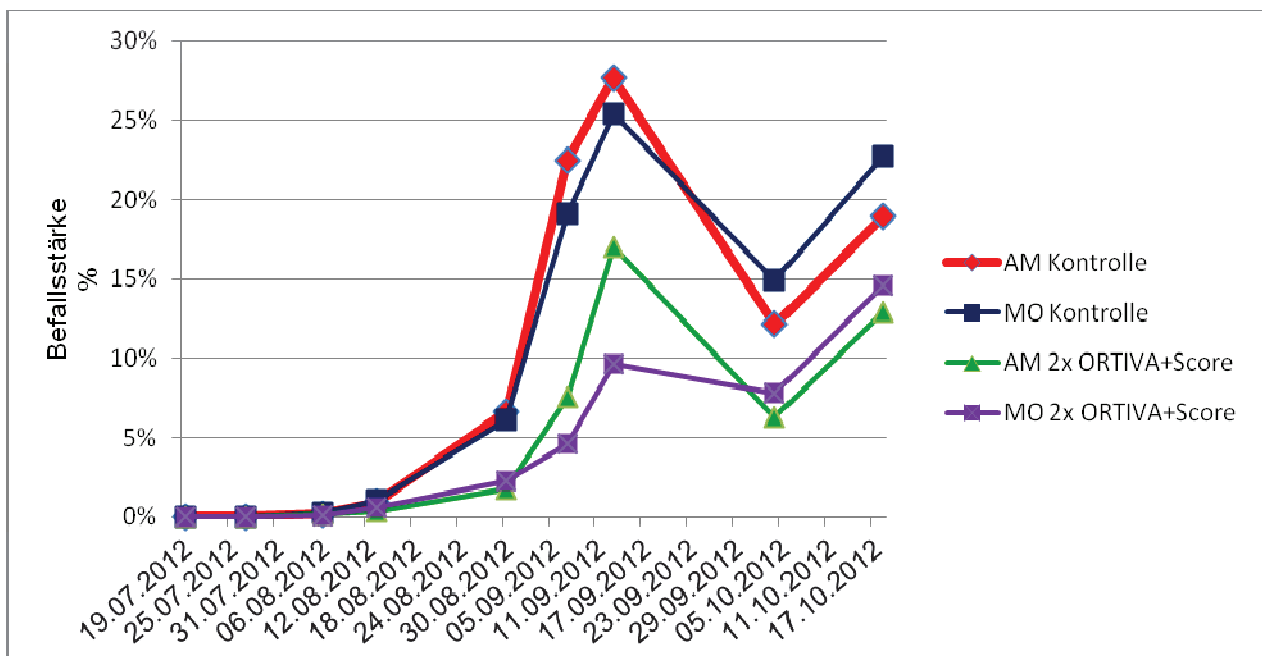


Abbildung 22: Entwicklung der Befallsstärke am Standort Witzelsdorf (Quelle: eigene Darstellung)

6.2.3 Befallsstärke am Ende der Vegetation

Die Befallsstärke lag bei allen behandelten Varianten deutlich niedriger als bei der unbehandelten Kontrolle. Wullersdorf weist die geringste Befallsstärke auf. Sie steigt über alle Prüfmitglieder nicht über 11% hinaus (siehe Anhang 8). In Witzelsdorf ist die Befallsstärke nur knapp über den Werten von Witzelsdorf. Der höchste Befall, bei den behandelten Varianten, wird bei Prüfglied Nr. 6 (MO 1x Ortiva+Score) mit 18,47 % erreicht (siehe Abb. 23). Die höhere Befallsstärke in den Prüfgliedern 5 und 6 gegenüber den anderen behandelten Prüfgliedern spiegelt sich auch auf den anderen Standorten wieder.

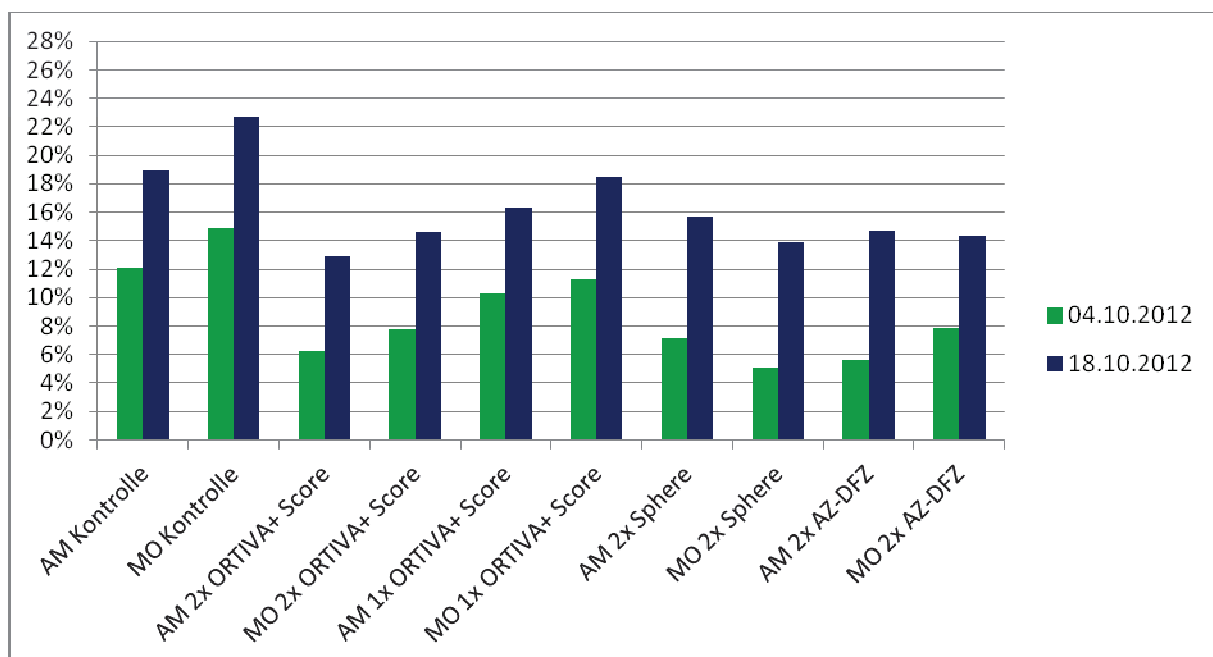


Abbildung 23: Endbefallsstärke am Ende in Witzelsdorf (Quelle: eigene Darstellung)

Auf dem Standort in Harlanden kann ein deutlicher Unterschied zwischen dem Prüfmittel und dem Vergleichsmittel Sphere erkannt werden (siehe Abb. 24). Bei den anderen Versuchsstandorten weisen die Prüfmitglieder, die mit Sphere behandelt wurden, ebenso geringere Befallsstärken auf. Allerdings ist die Differenz zu den anderen Prüfmitgliedern sehr gering. Am Standort Harlanden lässt sich eine hohe Befallsstärke der Kontrollen mit einem hohen Unterschied zu den behandelten Prüfmitgliedern erkennen (siehe Abb. 24).

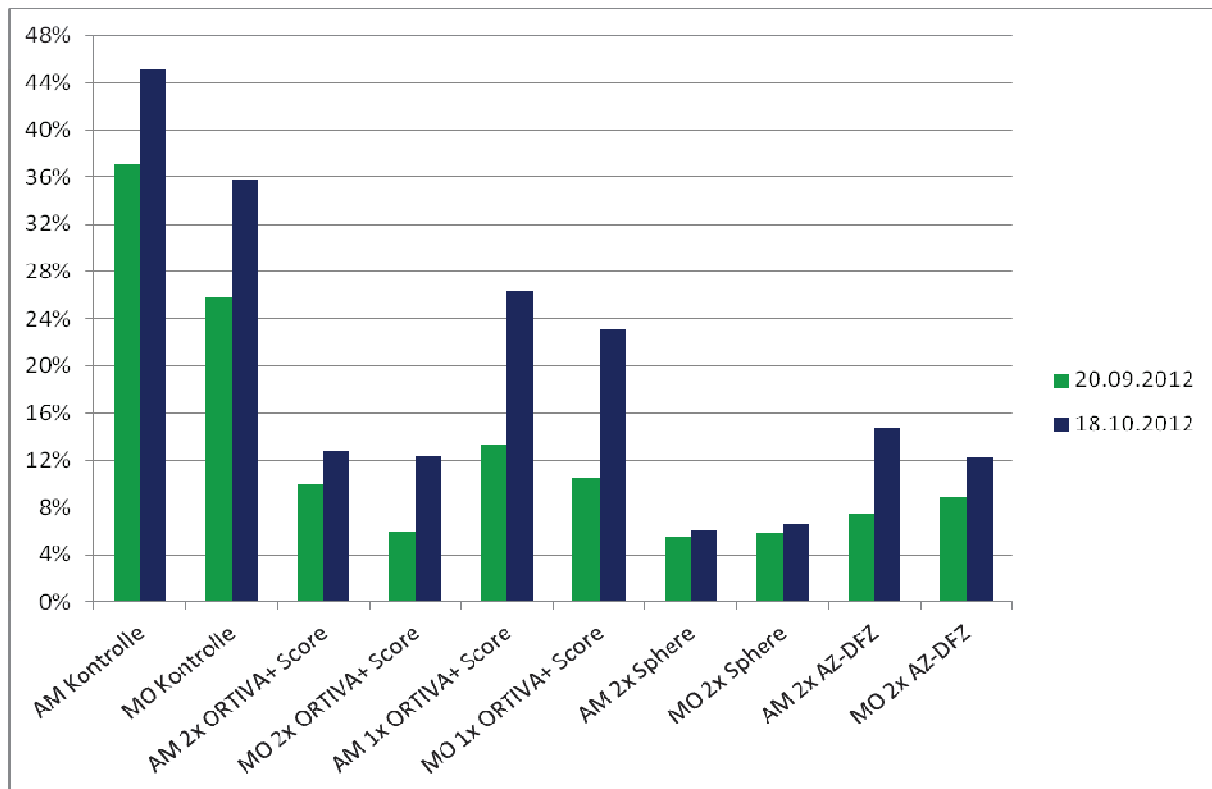


Abbildung 24: Endbefallsstärke am Standort Harlanden

(Quelle: eigene Darstellung)

An den Standorten Harlanden und Wullersdorf wies die Sorte Monsun (weniger anfällig) eine geringere Befallsstärke auf. Am Standort Witzelsdorf ist dieser Unterschied in der unbehandelten Kontrolle umgekehrt (siehe Abb. 23 und 24). Dort wies die Sorte Amander (anfällig) eine geringere Befallsstärke auf.

6.2.4 Ertrag und Qualität

Zur Ermittlung der Ertrags- und Qualitätsparameter wurden die Standorte Harlanden und Witzelsdorf analysiert, da Wullersdorf für die Ertrags- und Qualitätsanalyse einen zu lückigen Bestand aufwies.

Bei beiden Versuchsstandorten lässt sich erkennen, dass die Fungizidmaßnahmen zu einer Steigerung des Ertrages führten. In der unbehandelten Kontrolle weist die Sorte Monsun, die von der Ages vorläufig mit der Boniturnote 5 (=mittel) für die Anfälligkeit von *Cercospora beticola* eingestuft wurde, höhere Rübenenerträge, Zuckergehalte sowie einen höheren bereinigten Zuckerertrag auf (siehe Abb. 25, 26, 27). Zu erkennen ist, dass eine zweimalige Behandlung tendenziell 10 % weniger Ertrag aufweist. Das Vergleichsmittel Sphere und das Prüfmittel mit den Wirkstoffen Difenoconazol und Azoxystrobin weisen tendenziell gute Ergebnisse auf, jedoch zeigt das Vergleichsmittel bessere. Am Standort Harlanden konnten

signifikante Unterschiede zwischen der Kontrolle und der Bekämpfung mit zweimal Ortiva+Score sowie Sphere und das Prüfmittel gemacht werden. Bei den Sorten wurden an beiden Standorten keine Variationen gezeigt. Am Standort Witzelsdorf können beim Rübenenertrag zwischen den Bekämpfungsstrategien keine signifikanten Unterschiede außer zwischen einmal Ortiva+Score und zweimal Ortiva+Score gezeigt werden.

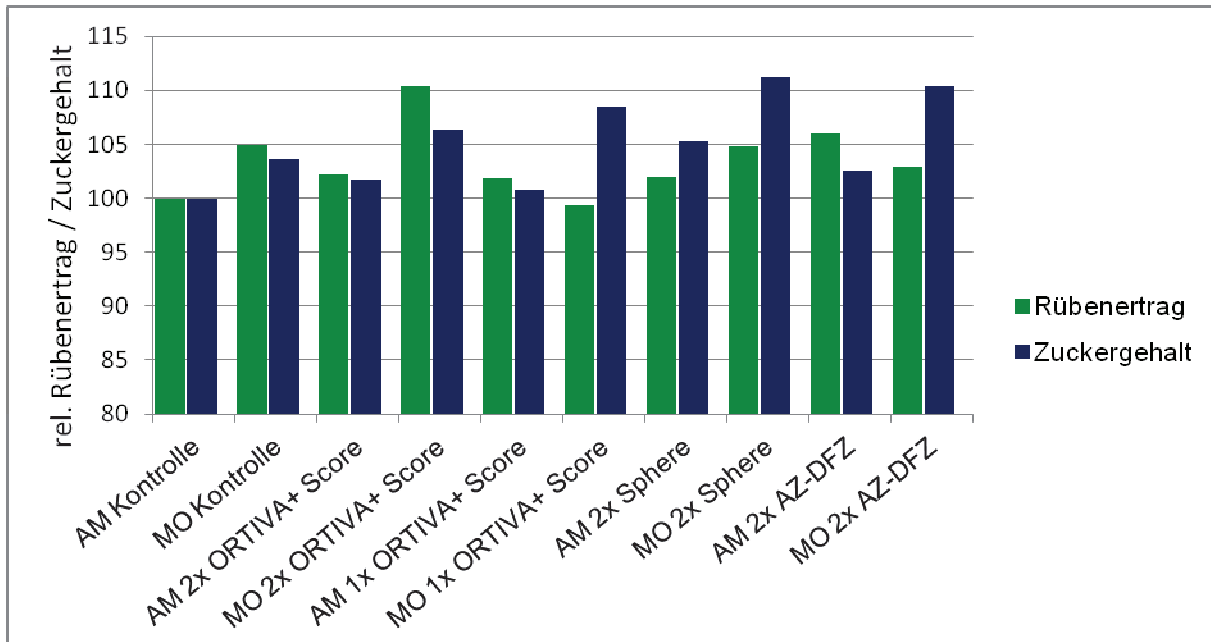


Abbildung 25: rel. Rübenenertrag und Zuckergehalt vom Standort Witzelsdorf (Quelle: eigene Darstellung)

Auch beim Zuckerertrag konnten am Standort Harlanden signifikante Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden. Lediglich die Varianten zweimal Sphere und zweimal Prüfmittel sowie zweimal Prüfmittel zu zweimal Ortiva+Score wiesen keine deutlichen Unterschiede auf. Signifikante Sortenunterschiede wurden nur am Standort Witzelsdorf gemacht werden, in der die Sorte Monsun einen geringfügig besseren Ertrag aufweist. Am Standort Witzelsdorf unterscheiden sich zweimal Prüfmittel und zweimal Sphere signifikant vom Rest sowie einmal Ortiva+Score und die Kontrolle.

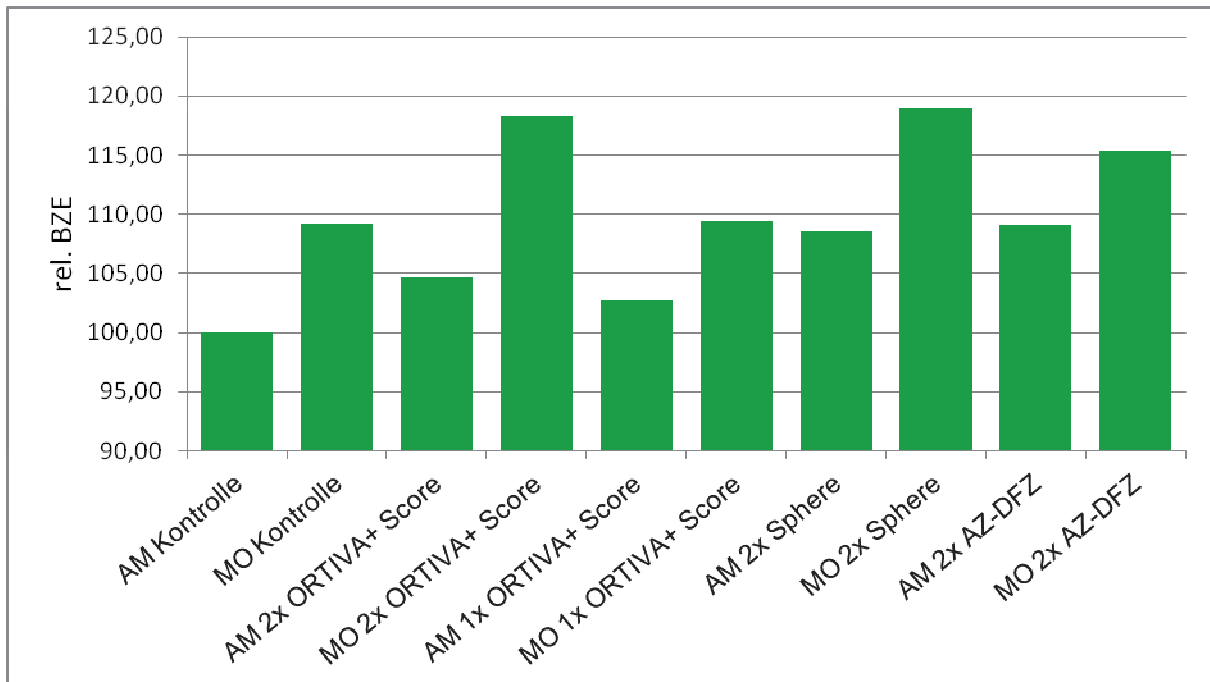


Abbildung 26: rel. bereinigter Zuckerertrag am Standort Witzelsdorf (Quelle: eigene Darstellung)

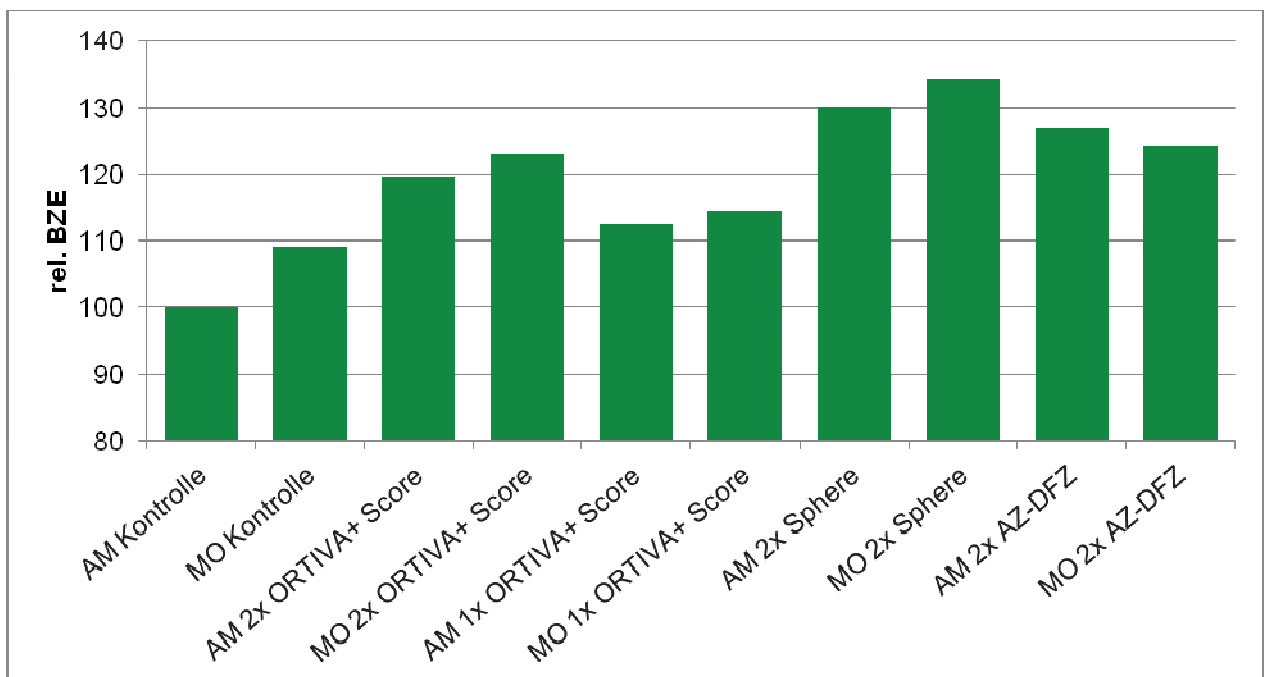


Abbildung 27: rel. Bereinigter Zuckerertrag am Standort Harlanden (Quelle: eigene Darstellung)

Beim bereinigten Zuckerertrag ist die Tendenz zu beobachten, dass Monsun einen höheren BZE aufweist (siehe Abb. 26 und 27). Der α -Amino-Stickstoff ist generell bei der Sorte Monsun höher. Bei diesem Melassebildner schneidet das Mittel Sphere, mit den geringsten Werten besser ab, als die anderen Varianten. Die Gehalte von Kalium und Natrium zeigen

bei den Prüfgliedern zwischen den Sorten und Bekämpfungsmaßnahmen Variationen auf. Diese hatten auf den Standardmelasseverlust wenig Einfluss. Der Standardmelasseverlust zeigte kaum Unterschiede zwischen den Prüfgliedern an (siehe Anhang 11 und 12)

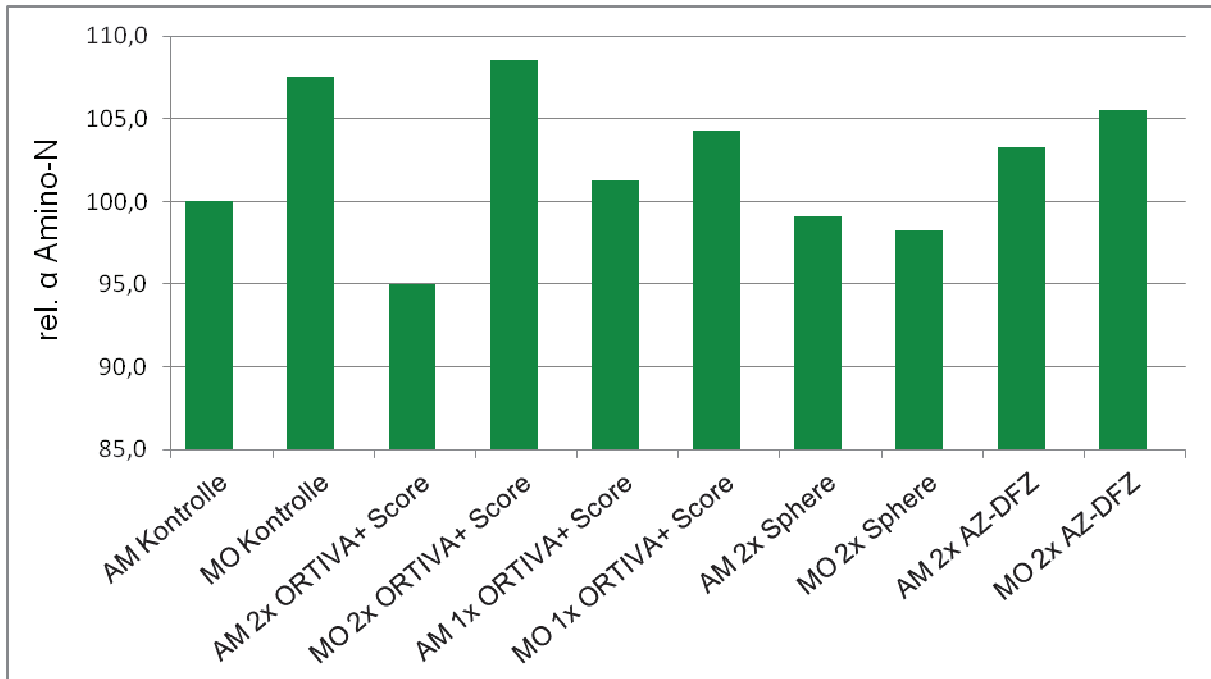


Abbildung 28: rel. Alpha-Amino-Stickstoffgehalt am Standort Witzelsdorf (Quelle: eigene Darstellung)

Beim α -Amino-Stickstoffgehalt am Standort Harlanden kann nur ein signifikanter Unterschied zwischen der Kontrolle und zweimal Sphere beobachtet werden. Am Standort Witzelsdorf konnten mit der Varianzanalyse keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, weder zwischen den Sorten noch zwischen den verschiedenen Varianten.

Weitere Grafiken der Standorte befinden sich im Anhang.

7. Diskussion

7.1 Umwelten und Versuchsanlage

Der Versuch wurde als randomisierte Blockanlage mit jeweils vier Wiederholungen angelegt. Die drei Standorte verteilen sich rund um das Zuckerrübengebiet Wien. In allen Gebieten Österreichs werden die Felder mit *Cercospora beticola* befallen, sodass keine künstliche Inokulation der Standorte erfolgen musste.

Es ist besser, einen Versuch an vielen unterschiedlichen Standorten anzulegen, als an einem Standort viele Wiederholungen anzulegen (BÜCHSE 1999). Durchaus positiv wären mehrere Standorte, dies setzt allerdings einen größeren Arbeitsaufwand voraus welcher im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich war.

Wichtig ist, dass die Witterung im Jahresverlauf berücksichtigt wird, da die Epidemie dadurch unterschiedlich stark ausfällt (WOLF und VEREET 2001a). Wie unter Punkt 2 beschrieben, ist eine relative Luftfeuchte über 95 % und eine Temperatur zwischen 25 °C und 30 °C förderlich für den Befall. Aber auch andere Faktoren beeinflussen den Befallsverlauf und das Erstauftreten auf den Schlägen oder Regionen. Dazu zählen acker- und -pflanzenbauliche Maßnahmen wie die Fruchtfolge (RIECKMANN 1995). Bei den verschiedenen Schlägen lag der letzte Anbau drei bis fünf Jahre zurück. Somit war eine langjährige Anbaupause gegeben, was positiv für den Abbau der Inokulummenge ist. Hinsichtlich der Bodenbearbeitung, wendende oder nicht wendende Bearbeitung, wurden bezüglich des Befalls keine Unterschiede festgestellt werden (PRINGAS und MÄRLÄNDER 2004).

Der vorliegende Versuch wurde in typischen Gebieten für den Zuckerrübenanbau angelegt. Es sind Feucht- und Trockengebiete, wobei ein Trockenstandort beregnet wurde. Beregnung führt zu einer längeren Blattnässedauer und wirkt sich daher fördernd für den Befall aus (RÖBNER 1996). Durch die unterschiedlichen Regionen, Feucht- und Trockengebiete, können unterschiedliche Befallsdrücke entstehen, was positiv für die Untersuchung der Sorten ist.

Oft erweist es sich auch als sinnvoll die Umwelten in Gruppen zusammenzufassen. In diesem Versuch lagen nur drei verschiedene Umwelten vor. Da alle Umwelten ähnlich stark befallen waren, konnten sie nicht nach diesem Kriterium eingeteilt werden. Daher erfolgte keine Einteilung in Gruppen.

Dieser Versuch wurde im Jahr 2012 das erste Mal angelegt. Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, ist es wichtig den Versuch mindestens ein zweites Jahr beziehungsweise den Versuch über mehrere Jahre anzulegen da Ergebnisse aus Einzelversuchen oft sehr stark variieren (KRANZ 1996).

7.2 Befallserhebung

Zur Bonitur wurde die 100-Blatt-Rupf-Methode angewandt. Bei diesem System, das von Wolf und Verreet entwickelt wurde, werden zufällig 100 Blätter aus dem mittleren Blattapparat von 100 verschiedenen Pflanzen entnommen. Die Schwierigkeit, die sich in den Versuchen daraus ergab, lag darin, dass bei späterem, sehr starkem Befall keine Blätter aus dem mittleren Blattapparat mehr existierten. Dieses erschwert die Befallsstärkeschätzung, da entweder nur noch abgestorbene oder jüngere, nahezu befallsfreie Blätter, existierten und kein mittlerer Blattapparat mehr vorhanden war. Neben dieser Methode existieren noch andere bei der die Blattfläche jedes einzelnen Blattes einer Pflanze geschätzt wird (WOLF et. al. 2001b). Daraus lässt sich dann die Gesamtbefallsstärke der Pflanze errechnen. Eine ähnliche Methode zu der 100-Blatt-Rupf-Methode ist die von Windels. Es werden 100 ältere Blätter verschiedener Pflanzen bei kreuzförmigem Durchschreiten des Bestandes entnommen. Aus diesen Methoden entwickelte sich die 100-Blatt-Rupf-Methode.

Bei den Bundessortenversuchen wird die Erfassung anders durchgeführt. Die Symptomausprägung wird am Blatt zum Zeitpunkt des höchsten Befalls in Stufen eingeteilt. Die Stufen beginnen bei 1 = keine Symptome und geht bis 9 = nahezu abgestorbener Blattapparat. Dies ist im Zusammenhang mit dem Versuch eher ungeeignet, da sich so der genaue Verlauf der Krankheit nicht darstellen lässt. Weiteres Problem bei den Sortenversuchen besteht darin, dass die einzelnen Genotypen/Sorten unterschiedlich auf den Befall reagieren. Entweder sie werfen die Blätter nach Befall schnell ab oder versuchen sie so lange wie möglich zu halten (MANTHEY 2009). Dies macht die Befallserhebung umso schwieriger. Im vorliegenden Versuch wurden in jeder Parzelle 25 Blätter an der Pflanze entnommen. In Zukunft könnte man die Blätter an den Pflanzen belassen, um so den wöchentlichen Blattverlust zu minimieren.

Die Bonitur an den Standorten wurde unter anderem von zwei Personen durchgeführt. Dies kann zu Fehlern führen, da jeder eine unterschiedliche Einschätzung besitzt bezüglich der Befallsstärke. Dadurch, dass eine Person in die Bonituren erste Einweisungen erhielt, bestand keine andere Möglichkeit. Im nächsten Jahr kann dieser Fehler ausgeschlossen werden, da die Bonitur dann von einer Person vorgenommen wird.

Am Ende kann die 100-Blatt-Rupf-Methode als praktisch angesehen werden. Mit ihr kann die Befallsstärke und Befallshäufigkeit bestimmt und der Verlauf der Krankheit dokumentiert werden. Andere Methoden waren im Hinblick auf die Erfassung weniger praktikabel einzusetzen, da auch der Arbeitszeitrahmen beachtet werden muss.

7.3 Sorten

Ein bedeutender Bestandteil, um Fungizide bzw. chem. Bekämpfungsmittel auf das notwendige Maß zu begrenzen, liegt im Anbau resistenter Sorten (IFZ Göttingen 2011).

Im Versuch wurden zwei Sorten getestet. Eine rizomaniatolerante Sorte (Amander) und eine rizomania- und cercosporatolerante Sorte. Dabei liegt die bisherige Einstufung der Ages (Bundessortenamt Österreich) der beiden Sorten gleich. Weiter konnte in den Versuchen aber gezeigt werden, dass die Endbefallsstärke der Sorte Monsun sich geringer darstellte als die der Sorte Amander. Das lässt darauf schließen, dass eine durchaus bessere Genetik vorliegt. Genauere Untersuchungen wurden in diesem Versuch nicht durchgeführt. Um den Anbau zu fördern, müssen die Ertrags- und Qualitätsleistung mit einer guten Blattgesundheit kombiniert werden. Bisher besteht hier immer noch eine Differenz. Neuere Zulassungen von cercosporatoleranten Sorten zeigen aber bereits eine gute Ertragsleistung auch unter Nichtbefall (GUMMERT und LADEWIG 2012). Bezüglich des integrierten PSM ist der Anbau weniger anfälliger Sorten ein wichtiger Punkt, aber auch wegen der Entwicklung von Resistenzen gegen die eingesetzten Fungizide, die in verschiedenen Ländern wie die USA, Frankreich und Griechenland bestehen. Außerdem ist es mit cercosporatoleranten Sorten durchaus möglich, das Fenster des Einsatzes von PSM flexibler zu gestalten hinsichtlich der Behandlung oder es besteht auch die Möglichkeit Fungizidbehandlungen einzusparen. (DUNKER et. al 2008)

7.4 Bekämpfungsmaßnahme/ -strategie

Die Kontrolle von Cercospora findet bis heute mit Fungiziden statt. Es werden unterschiedliche Wirkstoffe, wie bereits in Kapitel 4.4 beschrieben eingesetzt. Durch bereits bestehende Fungizidresistenzen und Shiftings (FRAC 2012), wurden Strategien entwickelt, die den Fungizideinsatz begrenzen. Bei der Bekämpfung stellte das summarische Bekämpfungsschwellensystem 5/15/45 % Befallshäufigkeit (LANG 2004) einen wichtigen Punkt da. Dieses BKS kam auch in den durchgeführten Versuchen in Österreich zur Anwendung. Es ist eine möglichst termingenaue Applikation notwendig, da eine zu späte Behandlung zu höherem Befall führt. Im Versuch wurden alle Standorte bei Überschreiten der Bekämpfungsschwelle behandelt. Im Hinblick darauf, dass sich eine frühe Erstbehandlung als effektiv herausgestellt hat, also vor Erreichen der Bekämpfungsschwelle, ist über eine geringere BKS nachzudenken (MEER-ROHBECK 2010). Daher bestehen die Überlegungen, die BKS in Österreich niedriger zu setzen, um die Ausbreitung gering zu halten. Eine verspätete Erstbehandlung kann nicht mehr ausgeglichen werden. Daher ist es

für den Erfolg der Behandlung wichtig, den richtigen Zeitpunkt der Erstbehandlung zu wählen (MEER-ROHBECK 2010). Diese BKS müssen deutlich an die Landwirte übermittelt werden. Um den richtigen Zeitpunkt zu erfassen, stehen Prognosemodelle und Monitorings zur Verfügung. Diese sind hilfreich, da jedes Jahr witterungsbedingt unterschiedlich verläuft und der Befall früher oder später auftritt. Durch die zur Verfügung gestellten Methoden wird dem Landwirt die Möglichkeit gegeben, das Erstauftreten und den Verlauf der Krankheit zu beobachten und durch eigene Kontrolle den Behandlungstermin festzulegen, da die Fruchtfolge und Nachbarschaftseffekte durchaus den Befallsdruck beeinflussen können.

Im durchgeführten Versuch kamen verschiedene Wirkstoffe zum Einsatz, außerdem wurde eine zweimalige Behandlung getestet. Dabei wurde verdeutlicht, dass eine zweimalige Behandlung in den Ertrags- und Qualitätsparametern sowie in der Entwicklung der Befallsstärke gegenüber den anderen geprüften Varianten zurück lag. Eine dreimalige Behandlung lieferte noch bessere Ergebnisse. Eine dreimalige Behandlung ist nicht immer notwendig, da dies stark von der Witterung abhängt. In den letzten Jahren hat sich aber in Starkbefallsgebieten eine dreimalige Behandlung durchgesetzt (BUHRE 2009).

Eine höhere Aufwandmenge stellt eine Möglichkeit zur erfolgreichen Bekämpfung von *Cercospora beticola* dar. Dabei ist jedoch fraglich, ob die Landwirte bereit sind, diesen höheren Preis zu zahlen. Deswegen ist es wichtig auf eine gezielte Erstbehandlung zu setzen.

Bei der Bekämpfung treten immer mehr Resistenzen des Erregers gegen Fungizide auf. Zu den betroffenen Wirkstoffen zählen Strobilurine und Azole. Pilze sind dafür bekannt, dass sie sich gut anpassen können. Daher muss bei der Bekämpfung auf ausreichende Wirkstoffwechsel und Mixturen der Wirkstoffe geachtet werden. In Deutschland sind zurzeit keine Resistenzen bekannt. In Österreich wurden bereits erste resistente Stämme und Sensitivitätsverschiebungen gegenüber den eingesetzten Wirkstoffen gefunden werden (FELSENSTEIN 2013).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Monitorings und Prognosemodelle eine gute Hilfestellung leisten. Ob eine Behandlung notwendig ist, liegt in letzter Instanz in der Entscheidung des Landwirtes. Neben den Bekämpfungsschwellensystemen bilden resistente Sorten einen wichtigen Punkt in der Strategie zur Reduktion des Fungizideinsatzes. Bei den Versuchen wurde gezeigt, dass cercosporatolerante Sorten die Zunahme der Befallsstärke um gut 10 % reduzieren. Dadurch lässt sich der Behandlungszeitpunkt vor allem für die Folgebehandlung flexibler gestalten, aber die effektive Erstbehandlung bleibt als wichtigstes anzusehen (MEER-ROHBECK 2009).

7.5 Entwicklung der Befallshäufigkeit

Die ersten Symptome treten in Deutschland frühestens Ende Juni mit Reihenschluss auf, da sich dann das Bestandesklima positiv für den Pilz entwickelt (WOLF 2001a). Deswegen wurde mit den Bonituren erst am 27.06.2012 begonnen. Anschließend wurde die wöchentliche Entwicklung des Erregers fortführend erfasst.

Die Epidemie wird dabei in drei Phasen eingeteilt. Zuerst beginnt die horizontale Verbreitung von Pflanze zu Pflanze (WOLF und VERREET 1997). In den eigenen Versuchen wurde gezeigt, dass die Anzahl der befallenen Pflanzen erst langsam und dann stark steigt. Dies wird auch in anderen Untersuchungen gezeigt (WOLF und VERREET 1997, KAISER 2007). Im Gesamten entwickelte sich die Befallshäufigkeit bei allen Sorten ähnlich. Sie nahm einen sigmoiden Verlauf bis nahe der 100 % BH ein. Wie bei dem Versuch von Wolf und Verreet (1997) nahm die Entwicklung bis kurz vor 100 % BH schnell zu und stieg langsam weiter bis zur Endbefallshäufigkeit von 100 %. Zwischen den Sorten und den Bekämpfungsstrategien wurden dabei kaum Unterschiede festgestellt. Das Merkmal BH unterscheidet nicht die verschiedenen Sortenanfälligkeiten für *Cercospora beticola*, wie der durchgeführte Versuch und Untersuchungen von Racca et. al. (2006) und Kaiser (2007) bestätigen.

7.6 Entwicklung der Befallsstärke

Die Befallsstärke bildet die eigentliche Relevanz des Erregers, da durch den Verlust der assimilierenden Blattfläche der Ertrag zurückgeht. Die Untersuchungen zeigen, dass die Befallsstärke, wie die Befallshäufigkeit, einen sigmoiden Verlauf nimmt. Zunächst entwickelt sich die Befallsstärke sehr langsam bis sie später stärker steigt und zum Ende wieder verlangsamt. Eine Befallsstärke von über 1 % tritt erst ein wenn 40 - 50 % der Blätter befallen sind (WOLF und VERREET 1997). Nach einer langsamen Entwicklung folgt eine stärkere Zunahme der Nekrosenbildung, die sich später wieder verlangsamt und ihren maximalen Wert erreicht. Im Versuch entwickelte sich die Befallsstärke hinsichtlich der Endbefallsstärke unterschiedlich. In der unbehandelten Kontrolle wurden Werte von 45 % festgestellt. In Wullersdorf und Witzelsdorf hingegen fiel die Befallsstärke mit 20 - 25 % geringer aus. In Witzelsdorf war ein schneller Anstieg auf 30 % zu beobachten, allerdings nahm die Befallsstärke aufgrund des Blattneuaustriebes wieder ab.

Zu Beginn der Entwicklung der Befallsstärke konnte keine Differenzierung der Sorten stattfinden. Zum späteren Zeitpunkt wurde eine geringere Befallsstärke der weniger anfälligen Sorte Monsun beobachtet, was belegt, dass die Sorte Monsun durch die eingebrachte Cercosporaresistenz die Entwicklung verlangsamt. Am Ende der Epidemie

kann die Befallsstärke um den Faktor 3 - 4 höher sein als bei weniger anfälligen Sorten. (RACCA et. al 2006) Mit der Bekämpfung in den einzelnen Varianten konnte die Befallsstärke verringert werden, nicht aber die Befallshäufigkeit, wie sich in den Untersuchungen zeigt und auch in den Untersuchungen von Kaiser (2007) belegt wird. Weitere Faktoren, die zu einer Differenzierung der Sorten beitragen, wurden von Rossi als „rate-reducing-resistance“ bezeichnet. Zu diesen Faktoren zählen eine reduzierte Infektionsrate, längere Latenzzeit und eine verkürzte Infektionsperiode. Beschrieben werden auch kleinere Läsionen und eine geringere Anzahl von Sporen. Diese Beobachtungen wurden in den Untersuchungen außeracht gelassen. Zusammenfassend lässt sich eine Differenzierung erst zum späteren Zeitpunkt, bei stärkerem Befall gut, feststellen (KAISER 2007). Hinsichtlich der eingesetzten Mittel konnte die Befallsstärke, egal mit welchem Mittel behandelt wurde eingedämmt werden.

7.7 Ertrag und Qualität

Zu den Leistungsmerkmalen der Zuckerrübe zählen Zuckergehalt, Rübenenertrag und der Gehalt qualitätsmindernder Inhaltsstoffe. Besonders hervorzuheben sind die Melassebildner Kalium, Natrium und α -Amino-Stickstoff, die auch als Standardmelassebildner in die Braunschweiger Formel für die Berechnung des bereinigten Zuckerertrages mit eingehen. Dabei verhindert ein Teil Kalium oder Natrium ungefähr fünf Teile Saccharose am auskristallisieren. Dazu verhindert schon ein Teil α -Amino-Stickstoff 25 – 30 Teile am auskristallisieren (THOME 2013). Ebenfalls fließen in die Berechnung des BZE der Rübenenertrag, Zuckergehalt und Standardfabrikverlust, der auf 0,6 festgelegt wurde, mit ein. In Deutschland sowie auch in Österreich wird auf den BZE und Zuckergehalt geachtet, da nach diesem bezahlt wird. In Österreich spielt darüber hinaus der α -Amino-Stickstoff bei der Bezahlung eine Rolle. In anderen Anbaugebieten werden unterschiedliche Ansprüche an die Sorte gestellt. So werden in den USA und China nur Sorten mit extrem hohem Zuckergehalt angebaut. In Italien hingegen sind der Zuckerertrag und die Saftqualität entscheidend (MECHELKE 2000).

Zur Entwicklung eines hohen BZE sind die Witterung und der Befall mit Krankheiten ausschlaggebend. *Cercospora beticola* führt zur Reduktion des Rübenenertrages, Zuckergehaltes und zu einer Steigerung der Melassebildner. Daraus ergibt sich der geringere BZE (WOLF 1995). Es können Verluste entstehen, die sich auf einen 30 % geringeren Rübenenertrag und einen 2 % geringeren Zuckergehalt belaufen sowie einen bis zu 40 – 50 % niedrigeren BZE (WOLF et. al 1998).

Im vorliegenden Versuch wurden die Merkmale Rübenenertrag, Zuckergehalt, Kalium-, Natrium- und α -Amino-Stickstoff hinsichtlich der Bekämpfungsvariante unterschieden. Ebenso wurde im Gesamten geschaut, wie sich die Sorten bezüglich der Ertragsparameter Rübenenertrag, Zuckergehalt und α -Amino-Stickstoff unterscheiden. Bei Starkbefall können die Verluste, die durch den Erreger entstehen, gut durch Fungizidbehandlungen aufgefangen werden. Laut Kaiser spielt unter Starkbefall, der Behandlungszeitpunkt eine entscheidende Rolle, da der Erreger sonst mehr Zeit hat, entsprechendes Inokulum zu entwickeln und sich im Bestand zu etablieren (WEIS 1998). Es muss daher eine zeitgerechte Behandlung bei Starkbefall erfolgen, um möglichst Verluste zu vermeiden.

In den eigenen Untersuchungen konnten diese Unterschiede nicht gemacht werden, da nur Starkbefallsgebiete mit in die Untersuchungen einbezogen waren.

Es sollte jedoch geschaut werden, welche Leistung die Sorten ohne Fungizidbehandlung leisten. Diese Basisgröße bildet den eigentlichen Ertrag, mit dem auch unter starkem Befall fest gerechnet werden kann (MITTLER 2003).

In dem eigenen Versuch schnitt tendenziell die Sorte Monsun in den Ertragsparametern besser ab, jedoch sind in der Rübenmasse höhere Werte an den Melassebildnern vorhanden. Dies lässt sich durch den Mechanismus der Resistenz erklären, da dies der Rübe Energie kostet.

Tendenziell wurde beobachtet, dass das Vergleichsmittel Sphere einen höheren BZE sowie einen höheren Rübenenertrag aufweist. Jedoch kann hier das geprüfte Testmittel gut mithalten.

7.8 Ausblick

Der Resistenzzüchtung kommt durch die Ausbreitung in Gebieten, die lange als nahezu befallsfrei galten, immer mehr Bedeutung zu. Durch den Klimawandel wird sich dies in Zukunft weiter fortsetzen. Mit Hilfe von Prognosemodellen und Wetterdaten wurde simuliert, wie sich in 50 Jahren das Auftreten ändern kann. Die Simulation ergab, dass mit einer Temperaturzunahme von 2,5 °C und mit einer Abnahme der relativen Luftfeuchte von 2 – 3 % zu rechnen ist. Durch diese Veränderung würde sich ein noch früheres Erstauftreten von *Cercospora beticola* ergeben (ZEUNER et. al. 2008).

Desweiteren gelangt der Einsatz von PSM immer mehr in den Fokus der Öffentlichkeit. Die eventuellen Auswirkungen und Risiken für die Menschen und die Umwelt werden hinterfragt. Daher folgte der Aufruf der EU, die Grundsätze des integrierten PSM zu entwickeln und diese ab Januar 2014 anzuwenden. Außerdem wurde ein Anliegen ausgesprochen, spezielle Leitlinien für den Einsatz in jeder Kultur oder sektorspezifisch zu entwickeln (GUMMERT und LADEWIG 2012). Für die Zuckerrübe erfolgte dies über das Institut für

Zuckerrübenforschung (IFZ) in Göttingen, die 2011 Leitlinien veröffentlichte. In Zukunft sollte jeder Landwirt die Leitlinien beachten, da sie auch Bestandteil der guten fachlichen Praxis sind.

Bei der Bekämpfung muss ebenfalls darauf geachtet werden, dass keine Fungizidresistenzen entstehen, damit weiterhin eine breite Palette an Wirkstoffen zur Verfügung steht. In Deutschland wurden bisher keine Resistenzen festgestellt. In Untersuchungen, die Anfang dieses Jahres von Felsenstein in einem Vortrag beschrieben wurden, konnten erste resistente Isolate in verschiedenen Regionen Österreichs gegen Strobilurine gefunden werden. Bei den verschiedenen eingesetzten Azolen wurden ebenfalls Shiftings beobachtet. Daher sollten neue Strategien zur Bekämpfung überlegt werden, denen auch in Deutschland Beachtung geschenkt werden sollte, um einen weiteren Einsatz der Wirkstoffe zu gewährleisten (FELSENSTEIN 2013).

8. Zusammenfassung

Cercospora beticola zählt zu den bedeutendsten Blattkrankheiten bei den Zuckerrüben. In allen Anbaugebieten, vor allem in den warmen Regionen wie Italien und Österreich ist der Erreger stark verbreitet und die gesamten Anbauflächen werden befallen. Durch den Pilz entstehen in jedem Jahr Verluste. Je nach Witterungsverlauf fallen diese hoch oder niedrig aus. Der Pilz zerstört die assimilierende Blattfläche, die damit nicht mehr zur Ertragsbildung beitragen kann. Zur Bekämpfung der Krankheit werden verschiedene Wirkstoffe angewendet. Dabei liegt der Haupteinsatz der Wirkstoffe bei den Strobilurinen und den Triazolen. Bei den Wirkstoffen ist in Zukunft vermehrt darauf zu achten, dass keine Resistenzen entstehen. Bereits in Österreich und anderen Ländern konnten gegen Strobilurine Resistenzen festgestellt werden. Ebenfalls bei den Triazolen muss auf Shiftings geachtet werden. Einer immer größer werdenden Bedeutung zur Bekämpfung des Erregers wird der Resistenzzüchtung zugesprochen. Die Züchtung weniger anfälliger Sorten gestaltet sich jedoch als schwierig, da die Resistenz auf 4 – 5 Genen beruht. Weiter muss sie über zeitaufwändige Rückkreuzungsprogramme eingebracht werden. Dadurch, dass die Gene aus Wildrüben eingebracht wird, ist die Ertragsleistung nicht den Zuckerrüben ohne Resistenz angepasst.

In diesem Versuch ging es daher um die Auswirkung der verschiedenen Pflanzenschutzmittel und zwei Sorten unterschiedlicher Anfälligkeit auf den Verlauf der Krankheit. Eine weitere Fragestellung beschäftigt sich mit den ertraglichen Einbußen die sich durch den Befall mit *Cercospora beticola* ergeben.

Um dies genauer zu durchleuchten wurde 2012 in Österreich ein Versuch an drei Standorten mit einer anfälligen Sorte Amander und einer weniger anfälligen Sorte Monsun. Dazu wurden vier Behandlungsvarianten mit unterschiedlichen Pflanzenschutzmitteln getestet. Die Behandlung erfolgte nach dem summarischen Bekämpfungsschwellensystem 5/15/45 %. Eine termingenaue Behandlung bei Eintritt der Bekämpfungsschwelle ist eine wichtige Kontrollmaßnahme von *Cercospora beticola*. Zu späte Behandlungen führen meist zu höheren Befallsstärken und damit zu höheren Verlusten.

Im Versuch erfolgte daher die Behandlung bei Eintritt der 5 % - Bekämpfungsschwelle. Weiter erfolgte die Erfassung für die Befallsstärke und die Befallshäufigkeit ab Anfang Juli. Dabei nahm die Befallshäufigkeit einen sigmoiden Verlauf bis auf einen Wert von 100 %. Bei der Entwicklung der Befallshäufigkeit konnte zwischen den Varianten und den Sorten kein Unterschied festgestellt werden. Dies zeigt, dass die Cercosporaresistenz die Befallshäufigkeit nicht begrenzen kann. Bei der Befallsstärke hingegen wurden Unterschiede festgestellt. In Wullersdorf wurden Befallsstärken bis zu 11 %, in Witzelsdorf bis 18 % und in

Harlanden bis 26 % in den behandelten Varianten beobachtet. In der Kontrolle wies der Standort Harlanden den höchsten Befall auf.

Für den Ertrag- und Qualität wurden Rübenenertrag und Zuckergehalt sowie die Melassebildner ermittelt.

Beim Rübenertag wurden kaum Unterschiede festgestellt weder zwischen den Sorten noch zwischen den Varianten. Der Zuckergehalt wies schon mehrere Variationen auf. Bezüglich der Sorte wies die weniger anfällige Sorte Monsun gering bessere Erträge auf.

Hinsichtlich der Bekämpfung kann das geprüfte Vergleichsmittel gut abschneiden, was sich auch in dem Ertrag und Qualitätsdaten widerspiegelt. Das Prüfmittel kann den Befall reduzieren jedoch nur geringfügig niedriger als das Vergleichsmittel. Die Bekämpfungsvariante mit nur zweimaliger Behandlung war in diesem Jahr nicht ausreichend. Es wurden höhere Befallsstärken und geringere Ertrags- und Qualitätsparameter ermittelt.

9. Literaturverzeichnis

Ages (2013): Österreich Beschreibende Sortenliste 2013 Landwirtschaftliche Pflanzenart, Schriftreihe 21/2013

Asher M.J.C., B. Holtschulte, M. Richard Morland F. Rosso, G. Steinrücken und R. Beckers (2000): *Cercospora beticola* Sacc. biology, agronomic influence and control measure in sugar beet. *Advances in Sugarbeet* Vol. 2, Internationales Institut für Zuckerrübenforschung, Brüssel

Becker H. (2011): *Pflanzenzüchtung* 2. Auflage, UTB – Verlag, Stuttgart

Bleiholder H. (1971): Beiträge zur Epidimologie von *Cercospora beticola* Sacc. an Zuckerrübe, Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelm-Universität, Bonn

Börner H., K. Schlüter, J. Aumann (2009): *Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 8. Auflage, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg

BSA, Bundessortenamt (2012): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölf Früchte, Leguminosen, Hackfrüchte. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Hannover

Büchse, A (1999): Nachbarschaftseffekte in Sortenversuchen bei Zuckerrüben. Dissertation, Universität Göttingen

Buhre C., E. Ladewig, G. Sander (2011): *Pflanzenschutz – Entwicklungen in Zuckerrüben von 1994 bis 2010*. Zuckerrübe, 60 Jg., 5/2011

BVL, Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2013). *Pflanzenschutzmittel – Verzeichnis Teil 1 2005*. Ackerbau – Wiesen und Weiden – Hopfenanbau – Nichtkulturland

Dunker S., M. Varrelmann, B. Märländer (2008): Bekämpfung von Blattkrankheiten – Welche Rolle spielt die Sortenwahl?. Zuckerrübe, 57 Jg., 4/2008

Embassy-World (2013): www.embassyworld.com/maps/Maps_Of_Austria/images

FCS (2013): www.fcs-feinchemie.com/index.php?id=969&no_cache=1&tx_fcspromasconnect_pi1%5Bproduct%5D=25

Feindt F., K. Mendgen, R. Heitfuß (1981): Der Einfluss der Spaltöffnungsweite und des Blattalters auf den Infektionserfolg von *Cercospora beticola* bei Zuckerrüben (*Beta vulgaris* L.) unterschiedlicher Anfälligkeit. *Phytopathologische Zeitschrift*, 101, 281-297

Feindt F., K. Mendgen, R. Heitfuß (1981): Feinstruktur unterschiedlicher Zellwandreaktionen im Blattparenchym anfälliger und resistenter Rüben (*Beta vulgaris* L.) nach Infektion durch *Cercospora beticola* Sacc.. *Phytopathologische Zeitschrift*, 101, 248-264

Felsenstein Friedrich G., Bernhard Jaser (2013): Gibt es Resistenzen bei den in Österreich eingesetzten Wirkstoffen gegen *Cercospora beticola*. *Cercospora-Infotag*, Stockerau 09.04.2013

Große-Herrenthey, U. (2000): Molekulare Analyse der genetischen Variabilität von *Cercospora beticola* Sacc., dem Erreger der *Cercospora* Blattfleckenkrankheit bei Zuckerrüben und Untersuchungen zur Resistenz von *Beta vulgaris* ssp. *Maritima* gegen *C. beticola* unter Anwendung unterschiedlicher Resistenzsysteme. Dissertation, Universität Kiel, Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Gummert A., E. Ladewig, D. Wolber, D. Wollenweber (2012): Integrierter Pflanzenschutz im Zuckerrübenanbau – innovativ, erprobt, praktikabel. *Zuckerrübe*, 61 Jg., 1/2012

Hoffmann G.M., H. Schmutterer (1999): *Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

Institut für Zuckerrübenforschung (IFZ) (2011): *Leitlinien des integrierten Pflanzenschutzes im Zuckerrübenanbau*. Göttingen

Jörg E., P. Racca, T. Erven (2006): *Cercospora beticola* – Epidemiologische Untersuchungen zu Sortenunterschieden an Zuckerrüben

Kaiser U. (2007): Epidemiologie von *Cercospora beticola* Sacc. und Befalls-Verlust-Relationen bei Zuckerrüben (*Beta vulgaris* L.) in Abhängigkeit von der Anfälligkeit von Sorten und Konsequenzen für sortenspezifische Bekämpfungsschwellensysteme. Dissertation, Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen.

Kurtz E. (1990): Der Nachweis benomykresistenter Formen von *Cercospora beticola* Sacc. – Schlussfolgerungen für die Praxis. Pflanzenschutz, 1990, S. 2 – 4

KWS (2013): www.kws.de/aw/KWS/germany/Produkte/Zuckerruebe/Krankheiten_und_Schaedlinge/~dxcj/Blattkrankheiten/

Ladewig E., A. Gummert (2011): Sortenprüfsystem mit und ohne Fungizid – Was hat das für die Praxis gebracht? dzz-Die Zuckerrübenzeitung, Nr.2, 10

Ladewig E., A. Ossenkop, R. Manthey (2002): Cercosporaresistente Sorten. Zuckerrübe 51. Jg., 4/2002

Lieber H. (1982): Untersuchungen zur Erfassung der Resistenz der Zuckerrübe, *Beta vulgaris*. gegenüber *Cercospora beicola* Sacc.. Dissertation, Instiut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Georg-August-Universität Göttingen

Maier J., K. Bürcky, R. Köhler (2000): Blattkrankheiten – Monitoring und Bewarnung der Anbauer im süddeutschen Zuckerrübenanbau. Zuckerindustrie 125 Nr. 6, 432 – 435

Maier J., K. Bürcky, R. Köhler (2000): Blattkrankheiten-Monitoring und Bewarnung der Anbauer im süddeutschen Zuckerrübenaubau. Zuckerindustrie 125, Nr. 6, 432-435

Manthey R. (2009): Sortenunterschiede erkennen und bewerten. dzz - Die Zuckerrübenzeitung

Mechelke, W. (2000): Züchtungs- und Sortenstrategien zur Resistenz bei Zuckerrüben gegenüber *Cercospora beticola*. Zuckerindustrie, 125, 688-692

Meer-Rohbeck M. (2010): Welche Strategie zur Bekämpfung von Blattkrankheiten ist richtig?. Zuckerrübe, 59 Jg., 4/2010

Meer-Rohbeck M. (2009): Fungizidbehandlung muss sitzen. Zuckerrübe, 58 Jg. , 4/2009

Meer-Rohbeck M., W. Gebhardt Oppermann (2005): Cercospora Monitoring – Mehrjährige Betrachtung zu Befallsverlauf und Behandlungstermin. Zuckerrübe, 54 Jg., 4/2005

Mittler S. (2009): Auf die Basis kommt es an. Zuckerrübe, 58 Jg., 3/2009

Mittler S., J. Petersen, P. Racca, E. Jörg (2002): Blattkrankheiten bei Zuckerrüben- Einfluss von Bekämpfungsstrategie, Sorte sowie Fungizid auf Ertrag und Qualität. Zuckerindustrie, 127, 941-948

Mittler S., J. Petersen, P. racca, E. Jörg (2003): Was leisten tolerante Sorten? DLG-Mitteilungen, 4, 40-42

Mittler S., J. Petersen, P. Racca, E. Jörg (2004): Integrierte Bekämpfung von Blattkrankheiten bei Zuckerrüben – Ertrag und Qualität sowie Befalls-Verlust-Relation. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft 396, 277

Nilsson N.O., M Hansen, A.H. Panagopoulos, S. Tuveesson, M. Ehlde, M. Christiansson, I.M. Rading (1999): QTL analysis of Cercospora leaf spot resistance in sugar beet. Plant breeding 118, 327 – 334h

Pfleiderer U.-E. (1997): Resistenz von Zuckerrübensorten gegen C. Beticola nach Inokulation im Feld – Etablierung eines Tests im Sortenversuchswesen. Vorträge für Pflanzenzüchtung Heft 37, Vortragstagung 4.-5. März 1997, Kiel

Pringas C., B. Märländer (2004): Einfluss konservierender Bodenbearbeitung auf Ertrag, Qualität, Rentabilität und Cercosporabefall von Zuckerrüben – Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großflächen. Pflanzenbauwissenschaften, 8, 82 – 90

Racca P., E. Jörg (2003): Prognose von Cercospora beticola mit den CERCBET-Modellen. Gesunde Pflanzen, 55, 62-69

Racca P., E. Jörg (2003): Prognose von Cercospora beticola mit den CERCBET-Modellen. Gesunde Pflanzen, 55. Jahrg., Heft 3

Racca P., E. Jörg, K. Falke, J. Petersen (2006): Einfluss der Sortenresistenz von Zuckerrüben auf Epidemiologische Parameter von *Cercospora beticola*. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft 400, 282-283

Racca P., T. Zeuner, B. Kleinhenz (2008): Einfluss des Klimas auf die Epidemie von *Cercospora beticola* an Zuckerrüben. Mitteilungen des Julius Kühn-Instituts 417, 271

Racca, P., B. Kleinhenz, C. Braun, and M. Varrelmann. 2010. ERYBET, UROBET & RAMUBET – die Prognosemodelle für die integrierte Bekämpfung der Zuckerrübenkrankheiten Mehltau, Rost und Ramularia. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung 6 - 9 September 2010 428, 156-157

Rieckmann W., U. Steck (1995): Krankheiten und Schädlinge der Zuckerrübe. Th. Mann, Gelstenkirchen

Rößner H. (1996): Zum Risiko der Fungizidresistenz bei Zuckerrüben-Blattkrankheiten und Möglichkeiten zur Vermeidung. Proceedings of the 59th IIRB Congress, Brüssel, 71-81

Secor G.A., V.V. Rivera, M.F.R. Khan, N.C. Gudmestad (2010): Monitoring Fungicide Sensitivity of *Cercospora beticola* of Sugar Beet for Disease Management Decisions. Plant Disease, Vol. 94 No. 11

Steinrücken G. (1997): Die Züchtung von *Cercospora*-resistenten Zuckerrüben. Vorträge für Pflanzenzüchtung Heft 37, Vortragstagung 4.-5. März 1997, Kiel

Syngenta (2013): www3.syngenta.com/country/de/de/produkte/Doucments/ORTIVA_Produktinformation.pdf

Thome U. (2012): Skript Vorlesung zur Zuckerrübe. Hochschule Neubrandenburg

Varrelmann M. (2009): Charakterisierung der Resistenzfaktoren von Zuckerrüben gegenüber *Cercospora beticola* und von Selektionsmethoden zur Züchtung cercosporatoleranter Zuckerrübensorten. Forschungsvorhaben, Verein der Zuckerindustrie e.V.

Wegener M. , F. Göhlich (2004): Sphere – Bekämpfung von Zuckerrüben-Blattkrankheiten auf der Basis von Trifloxystrobin. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft 396, 271

Weiland J., G. Koch (2004): Sugarbeet leaf spot disease (*Cercospora beticola* Sacc.). Molecular Plant Pathology, Vol.5, Issue 3, 157-166

Windels C.E., H.A. Lamey, D. Hilde, J. Widner, T. Knudsen (1998): A *Cercospora* Leaf Spot Model for Sugarbeet: In Practice ba an Industry. Plant Disease, 82, 716 – 726

Windt A. (2012): Wird 2012 ein Jahr mit hohem Blattkrankheitsdruck?- Erfolgreiche Bekämpfung von Blattkrankheiten in Zuckerrüben, viele Faktoren sind entscheidend. Zuckerrübe, 61 Jg., 4/2012

Wolf P.F.J., F.-J. Weis, J.-A. Verreet (1995): Grundlagen einer integrierten Bekämpfung von *Cercospora beticola* in Zuckerrüben. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 102, 574-585

Wolf P.F.J., F.-J. Weis, J.-A. Verreet (2001b): Bekämpfungsschwellen als Indikatoren des Fungizideinsatzes zur Kontrolle des Blattbefalls von *Cercospora beticola* (Sacc.) in Zuckerrüben. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 108, 244-257

Wolf P.F.J., J.-A. Verreet (1997): Epidemiologische Entwicklung von *Cercospora beticola* (Sacc.) in Zuckerrüben. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 104, 545-556

Wolf P.F.J., J.-A. Verreet (2001a): Zum Einfluß des Bestandesklimas auf die Prädisposition der Zuckerrübe gegenüber Infektionen von *Cercospora beticola* (Sacc.). Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 108, 578-592

Wolf P.F.J., J.-A. Verreet (2001c): Welches Fungizid in Zuckerrüben?. Zuckerrübe, 50, 144-146

Wolf P.F.J., J.-A. Verreet (2002): The IMP Sugar Beet Modell- An Integrated Pest Management System in Germany for the Control of Fungal Leaf Diseases in Sugar Beet. Plant Disease, Vol. 86 No. 4, 336-344

Zeuner T., B. Kleinhenz, P. Racca, T. Kartschall, P. Werner (2008): Einfluss des Klimawandels auf das Schaderregerauftreten am Beispiel von *Cercospora beticola* in Zuckerrüben in den nächsten 50 Jahren. Mitt. Julius-Kühn-Institut 417, 271-272

10. Anhang

Anhang 1: Die weltweite Bedeutung von *Cercospora beticola*. (Quelle: ASHER et. al. 2000)

		Table 1. Acreage (in ha x 1000) of sugar beet production worldwide and the incidence and severity of <i>Cercospora beticola</i> .					
	No. in maps	Country	acreage of sugar beet production		incidence of <i>Cercospora</i>		severity ³
			KWS and IIRB estimation for 1998 ¹	FAO data for 1998 ²	acreage	% of IIRB estimation	of <i>Cercospora</i>
North America	1	Canada		14,7			no
	2-8	USA	622,0	589,3	432,0	69,5	
	2	Washington / Idaho	97,0				moderate
	3	California	44,0				moderate
	4	Billings	13,0				moderate
	5	Sidney	19,0				high
	6	Red R. Valley / Minn.	288,0				high
	7	Colorado / Nebraska	47,0				high
South America	8	Michigan	74,0				high
	9	Chile	50,0	42,3	10,0	20,0	moderate
Western Europe	10	Austria	48,0	49,5	40,0	83,3	high
	11	Belgium	105,0	102,0	105,0	100,0	moderate
		Denmark	70,0	70,0	0,0		no
		Finland	30,0	34,9	0,0		no
	12-14	France	455,0	413	50,0	2,2-11,0	
	12	North-West Coast					moderate
	13	Central Region					low
	14	Champagne					high
	15-18	Germany	506,0		248,0	49,0	
	15	Bavaria/ Frankonia	160,0		115,0	71,9	high
	16	Central Region	161,0		34,0	21,1	low
	17	Lower Saxony	115,0		49,0	42,6	low
	18	Rhineland	70,0		50,0	71,4	moderate
	19	Greece	45,1	49,2	44,0	97,6	high
		Ireland	33,0	33,0	0,0		no
	20-23	Italy	270,0	285,0	246,0	91,1	
	20	Po-Valley	171,0		171,0	100,0	high
21	Adriatic Coast	48,0		43,0	89,6	high	
22	Tyrrhenian Coast	13,0		12,0	92,3	high	
23	Southern Region	33,0		20,0	60,6	moderate	
24	Netherlands	113,0	117,0	38,0	33,6	moderate	
25	Portugal	7,0	4,0	3,0	42,9	low	
26-28	Spain	141,0	153,7	22,0	15,6		
26	Ebro-Duero	78,0		12,0	15,4	moderate	
27	La Mancha	10,0		10,0	100,0	high	
28	Andalucia	53,0				low	
	Sweden	59,0	60,4	0,0		low	
29	Switzerland	17,0	18,0	8,5	50,0	low	
	United Kingdom	170,0	195,0	0,0		no	
Subtotal			2741,1	2231,0			

	No. in maps	Country	acreage of sugar beet production		incidence of Cercospora		severity ³	
			KWS and IIRB estimation for 1998 ¹	FAO data for 1998 ²	acreage	% of IIRB estimation	of Cercospora	
Africa		Egypt	25,0	23,0	0,0		no	
	30-32	Morocco	68,0	49,8	34,7	51,0		
	30	Gharb	23,0				moderate	
	31	Dujda	3,5				moderate	
	32	Doukkala	41,5				high	
	33	Tunisia	6,0	2,9	0,0		low	
Eastern Europe		Albania		2,0	n.a.		n.a.	
	35	Poland	380,0	400,3	80,0	21,1	moderate	
	36	Czech Republic	60,0	85,4	20,0	33,3	moderate	
	37	Slovakia	35,0	42,0	28,0	80,0	moderate	
	38	Ukraine	900,0	1000,0	300,0	33,3	moderate	
	39	Hungary	67,0	83,1	30,0	44,8	high	
	40	Romania	100,0	118,0	60,0	60,0	high	
	41	Slovenia	6,0	6,3	3,0	50,0	high	
	42	Croatia	29,0	27,0	29,0	100,0	moderate	
	43	Yugoslavia	50,0	54,0	30,0	60,0	high	
	44	Bosnia and Herzeg.	3,5	20,0	1,8	51,4	high	
	45	Macedonia	4,5	2,0	2,5	55,6	high	
	46-48	Russian Federation	850,0	806,0				
	46	Central Black Soil	410,0		n.a.		low	
	47	Tatarstan/Baschkiria	160,0		n.a.		low	
	48	Kuban Region	181,0		181,0	100,0	high	
	49	Belarus	51,7	63,0	5,0	9,7	low	
	Asia		Albania		2,0	n.a.		low
			Bulgaria	4,0	3,5	0,6		high
			Estonia		60,0	0,0		no
		Latvia	17,0	16,8	0,0	0,0	low	
		Lithuania	31,5	31,2	0,0	0,0	low	
		Afghanistan		70,0	n.a.		n.a.	
51		China	600,0	510,0	250,0	41,7	moderate	
		Georgia		50,0	n.a.		n.a.	
58		Iran	200,0	180,0	5,0	2,5	low	
52		Japan	70,0	68,5	27,3	39,0	high	
		Kazakhstan	21,0	12,0	7,0		high	
		Kyrgyzstan	17,0	20,0	4,0		moderate	
		Lebanon	6,0	4,2	0,0		low	
50		Moldova	75,0	85,0	75,0	100,0	moderate	
53		Pakistan	5,0	7,5	5,0	100,0	moderate	
54-55		Turkey	500,0	500,0	75,6	15,1		
54		Trace			n.a.		high	
55	Marmara / Black Sea			n.a.		high		
57	Syrian Arab Rep.	24,0	28,0	3,0	12,5	moderate		
	Uzbekistan	12,0	1,3	n.a.		n.a.		

subtotal (Table 1, contin.)	4218,2	4434,8
subtotal (Table 1)	2741,1	2231
World	6959,3	6665,8

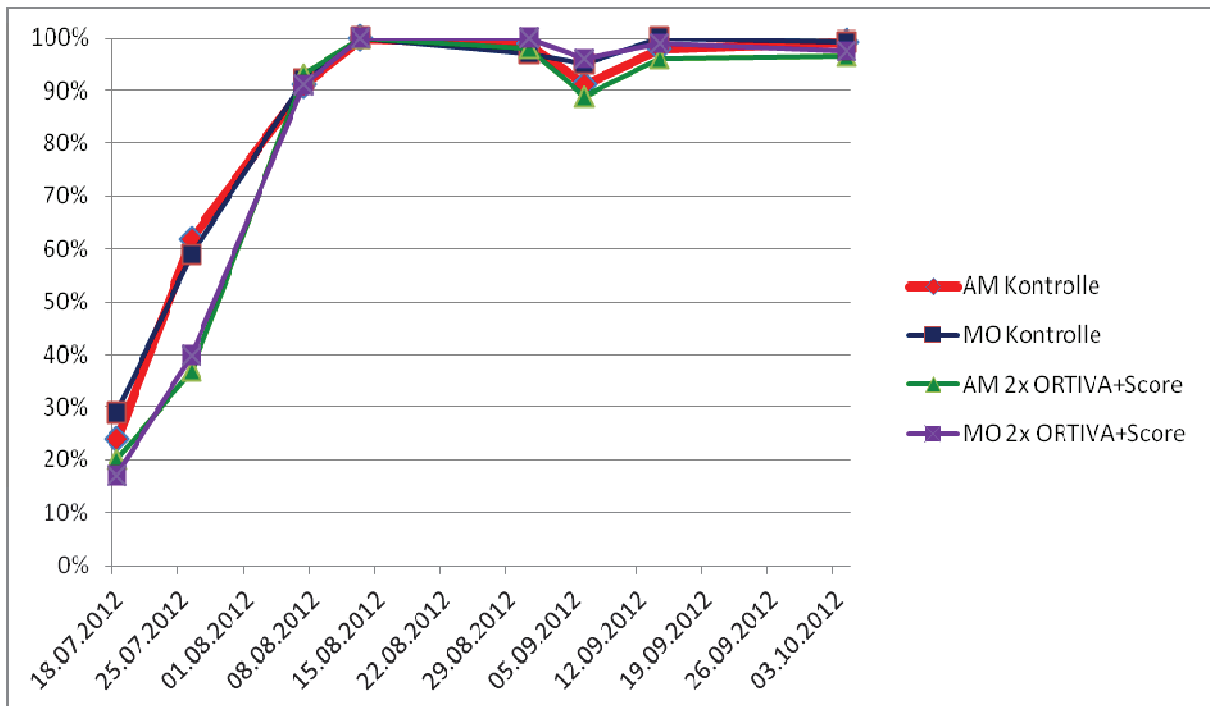
¹ estimation done by IIRB-members in the different countries; data supplemented by sales managers, extension people, etc.
² data from the FAO database (Anonymous, 1999)
³ **n.a.** : data not available
no : no Cercospora or occasionally few plants infected; no significant influence on yield and quality
low: Cercospora is occurring regularly; 0 to 1 fungicide application; slight influence on yield and quality estimated
moderate: 1 to 2 fungicide applications due to Cercospora; estimated losses in yield / sugar content: up to 20 % / 10 %
high: more than 2 fungicide applications; estimated losses in yield / sugar content: >20%/ >10%

Anhang 2: Aktuelle Zulassungsliste der Pflanzenschutzmittel für die Bekämpfung von *Cercospora beticola* (Quelle: BVL 2013)

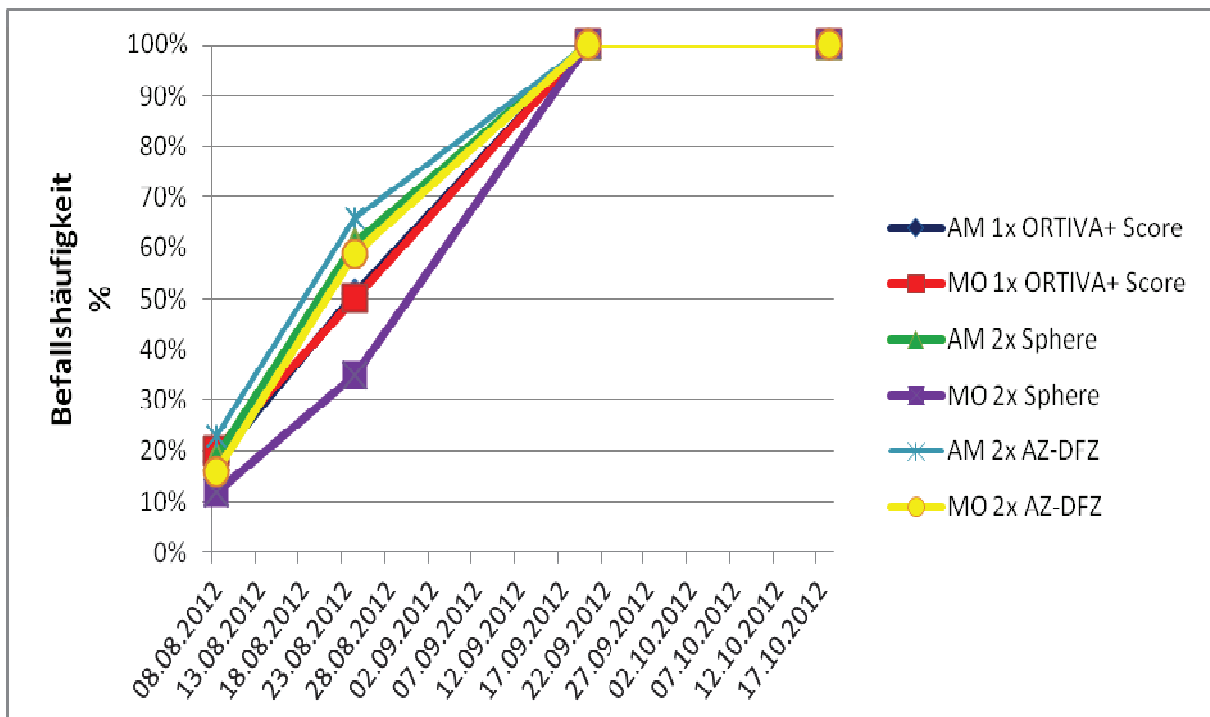
Handelsbezeichnung	Zul.-Nr.	Zul.- Ende	Wirkstoff	Wirkungsbereich
Amistar	005090-00	30.06.13	Azoxystrobin	Fungizid
CAPITAN	024079-00	31.12.15	Flusilazol	Fungizid
Cirkon	024413-00	31.12.14	Propiconazol+ Prochloraz	Fungizid
COMPO Ortiva Rosen Pilz-frei	024560-67	31.12.20	Azoxystrobin	Fungizid
COMPO Ortiva Rosen-Pilzschutz	024560-65	31.12.20	Azoxystrobin	Fungizid
COMPO Ortiva Spezial Pilz-frei	024560-72	31.12.20	Azoxystrobin	Fungizid
COMPO Ortiva Universal Pilz-frei	024560-68	31.12.20	Azoxystrobin	Fungizid
Detia Pflanzen Pilz-frei	024560-70	31.12.20	Azoxystrobin	Fungizid
DOMARK 10 EC	004329-00	31.12.16	Tetraconazole	Fungizid
Duett Ultra	006768-00	31.12.21	Thiophanat-methyl+ Epoconazol	Fungizid
Emerald	004329-60	31.12.16	Tetraconazole	Fungizid
Eminent	004329-61	31.12.16	Tetraconazole	Fungizid
Fungisan Gemüse-Pilzfrei	024560-63	31.12.20	Azoxystrobin	Fungizid
Fungisan Rosen- und Gemüse-	024560-69	31.12.20	Azoxystrobin	Fungizid

Pilzfrei				
Fungisan Rosen-Pilzfrei	024560-61	31.12.20	Azoxystrobin	Fungizid
Gemüse-Pilzfrei Saprol	024560-66	31.12.20	Azoxystrobin	Fungizid
HARVESAN	033923-00	31.12.14	Carbendazim+ Flusilazol	Fungizid
Juwel	024310-00	31.12.16	Epoxiconazol+ Kresoxim-methyl	Fungizid
Opera	024994-00	31.12.14	Epoxiconazol+ Pyraclostrobin	Fungizid
Opus	024183-00	31.12.16	Epoxiconazol	Fungizid
Ortiva	024560-00	31.12.20	Azoxystrobin	Fungizid
Ortiva Pilz-frei	024560-71	31.12.20	Azoxystrobin	Fungizid
Rosen Pilz-Frei Boccacio	024560-62	31.12.20	Azoxystrobin	Fungizid
Rosen- und Gemüse-Pilzfrei Rospin	024560-64	31.12.20	Azoxystrobin	Fungizid
Rosen-Pilzfrei Saprol	024560-60	31.12.20	Azoxystrobin	Fungizid
SCORE	024353-00	31.12.20	Difenoconazol	Fungizid
Sphere 267,5	005589-00	31.12.17	Cyproconazol+ Trifloxystrobin	Fungizid
SPYRALE	004706-00	30.06.14	Difenoconazol+ Fenpropidin	Fungizid

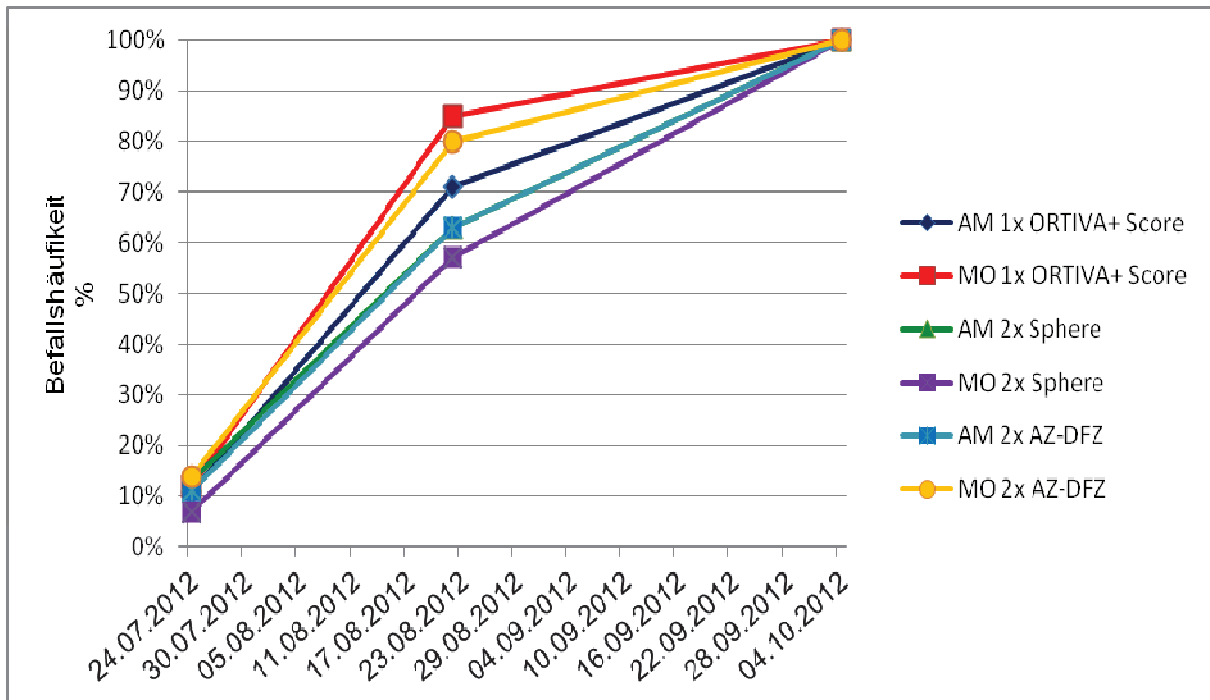
Anhang 3: Entwicklung der Befallshäufigkeit der Prüfglieder 1-4 am Standort Wullersdorf
(Quelle: eigene Darstellung)



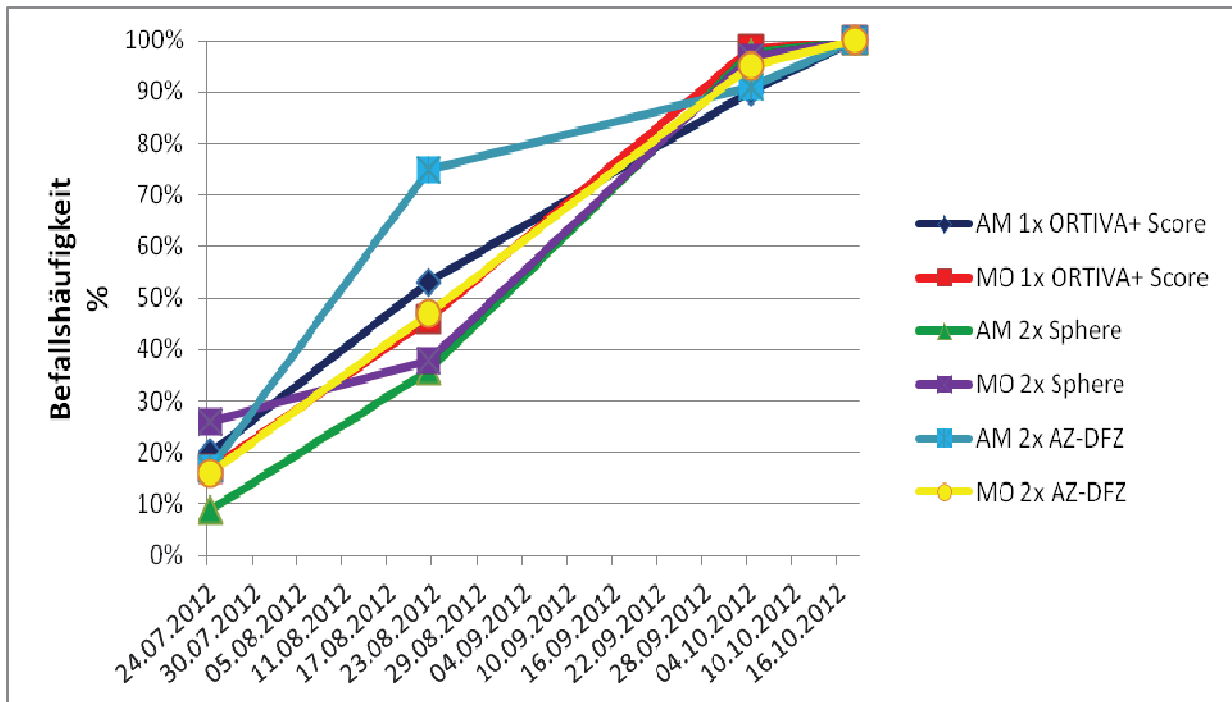
Anhang 4: Entwicklung der Befallshäufigkeit der Prüfglieder 5-10 am Standort Harlanden
(Quelle: eigene Darstellung)



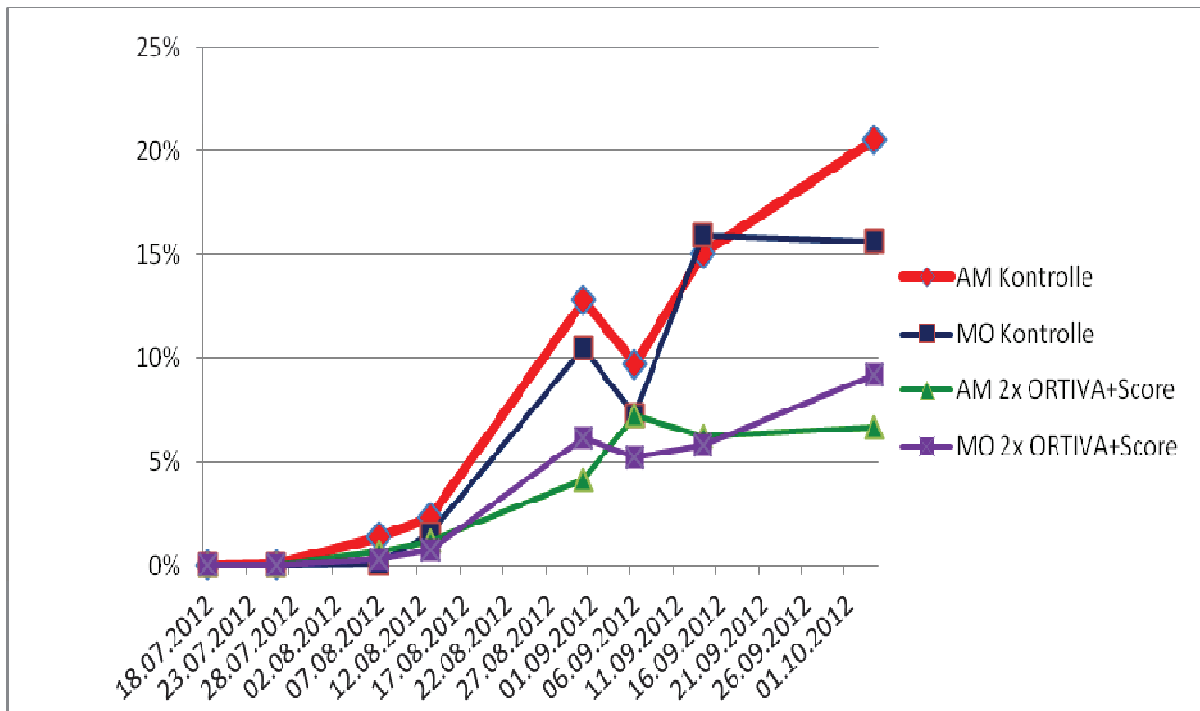
Anhang 5: Entwicklung der Befallshäufigkeit der Prüfglieder 5-10 am Standort Wullersdorf
(Quelle: eigene Darstellung)



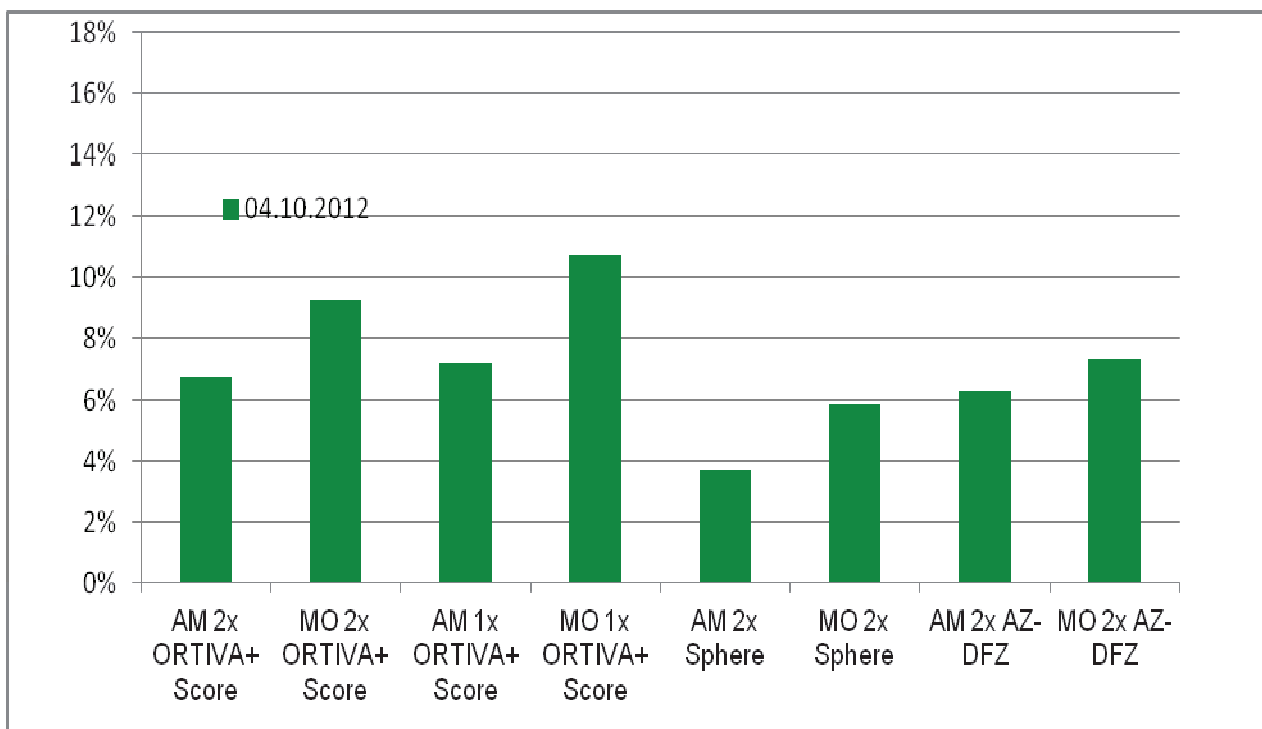
Anhang 6: Entwicklung der Befallshäufigkeit der Prüfglieder 5-10 am Standort Witzelsdorf
(Quelle: eigene Darstellung)



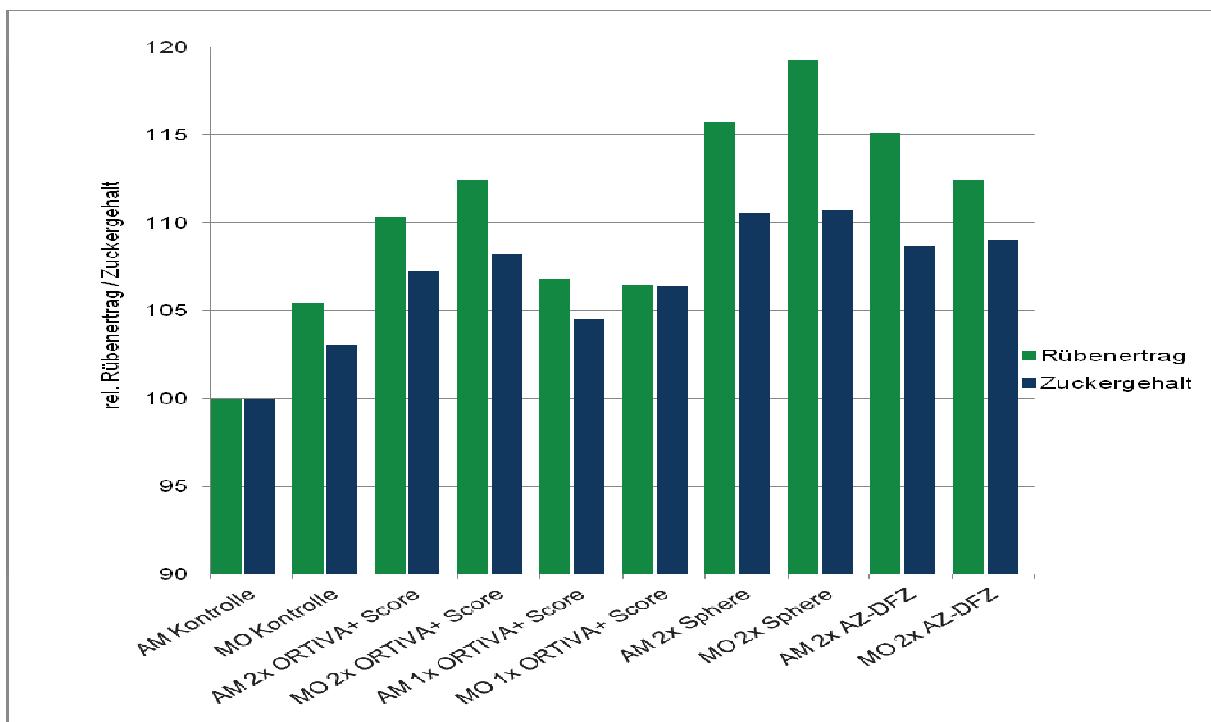
Anhang 7: Entwicklung der Befallsstärke der Prüfglieder 1-4 am Standort Wullersdorf (Quelle: eigene Darstellung)



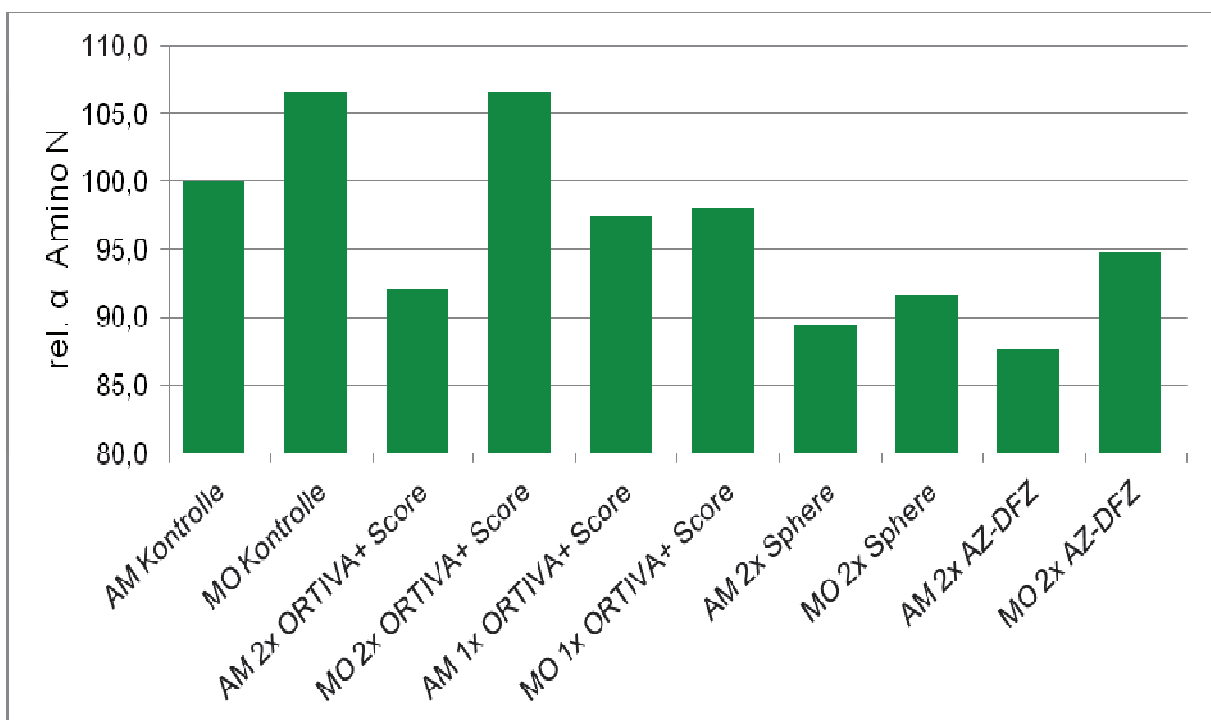
Anhang 8: Endbefallsstärke der Prüfglieder 3-10 am Standort Wullersdorf (Quelle: eigene Darstellung)



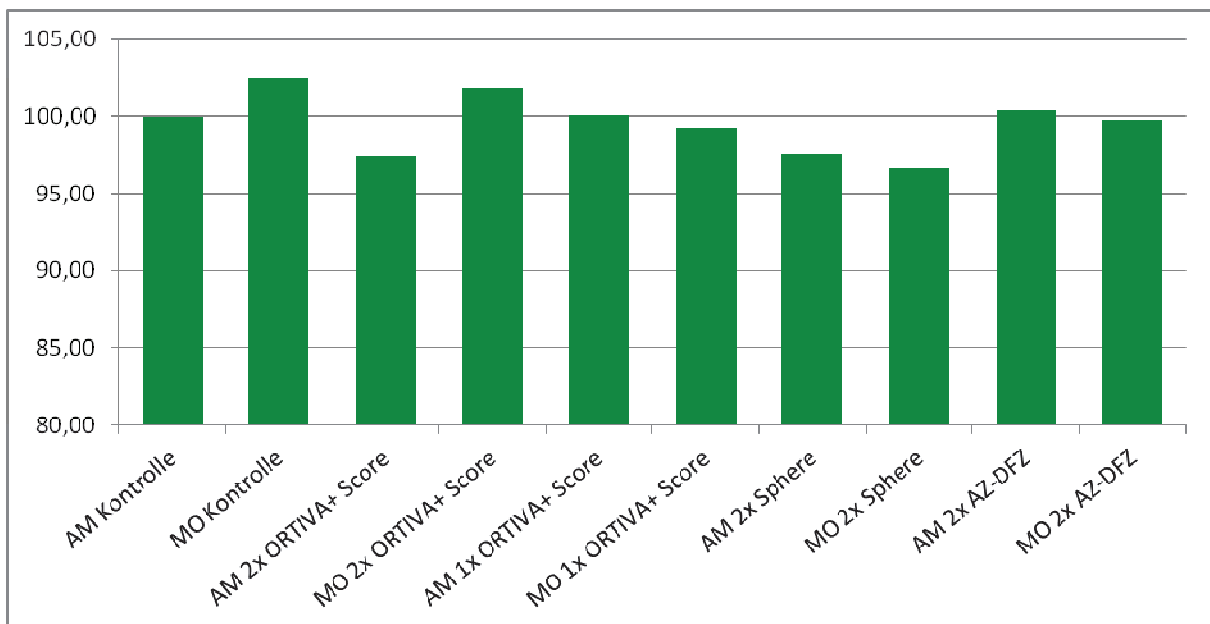
Anhang 9: relativer Rübenenertrag und Zuckergehalt am Standort Harlanden (Quelle: eigene Darstellung)



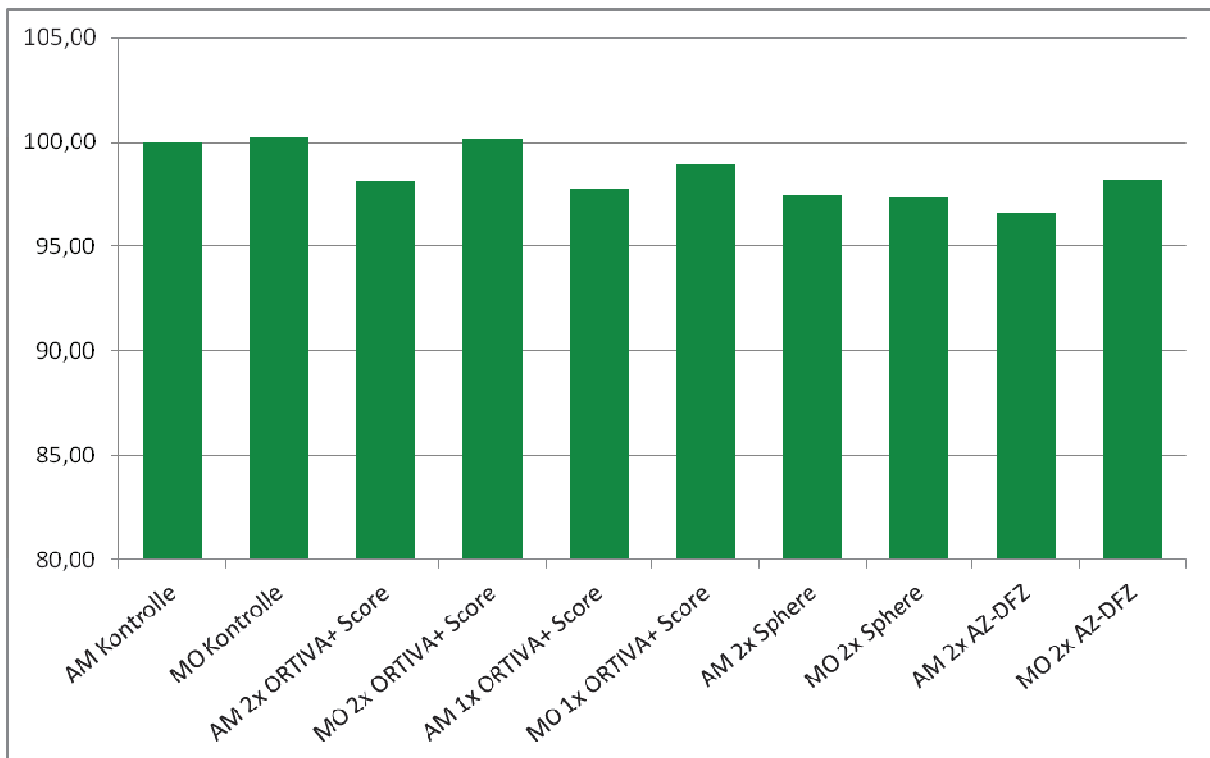
Anhang 10: relativer α -Amino-Stickstoff Gehalt am Standort Harlanden (Quelle: eigene Darstellung)



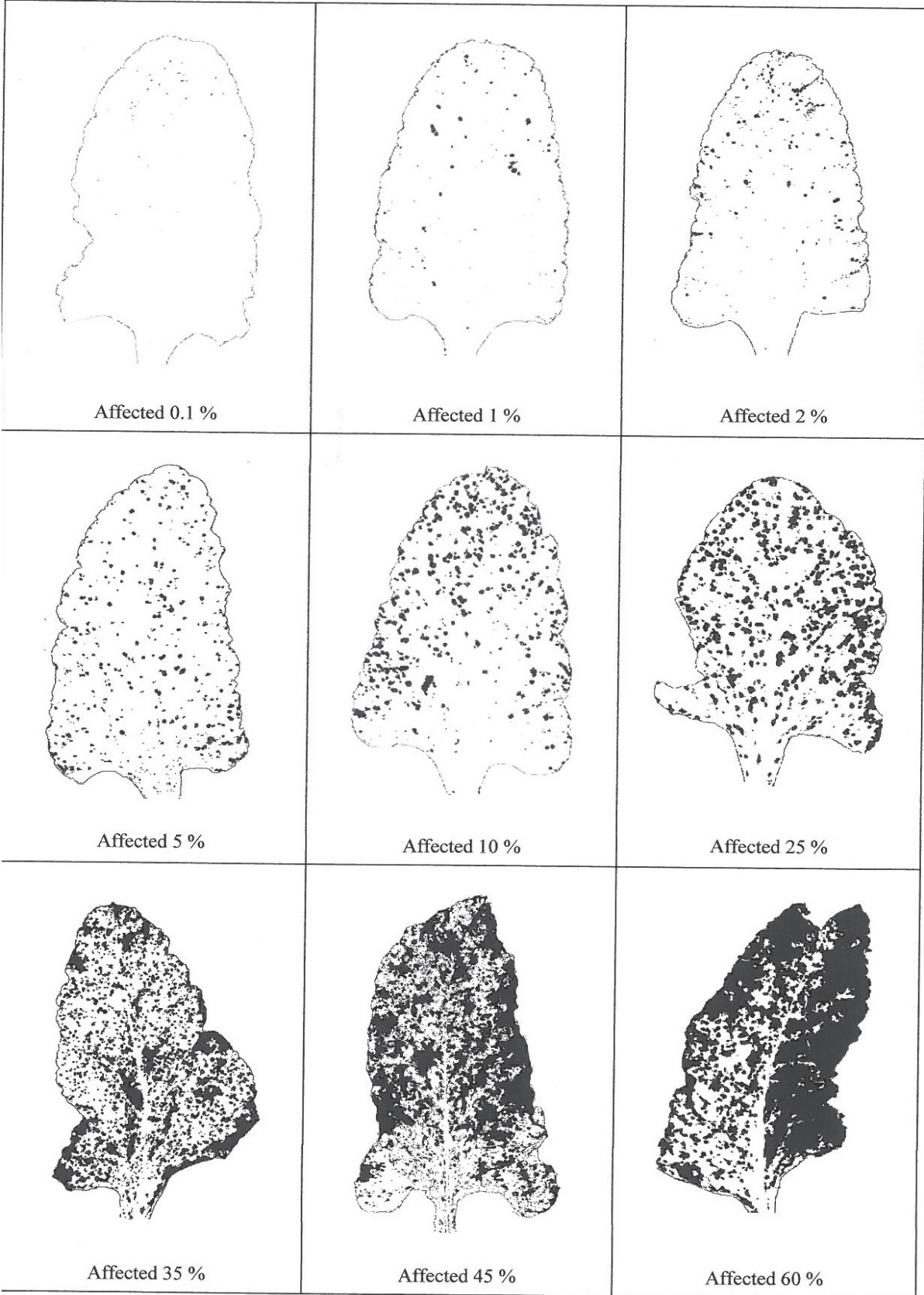
Anhang 11: relativer Standardmelasseverlust am Standort Witzelsdorf (Quelle: eigene Darstellung)



Anhang 12: relativer Standardmelasseverlust am Standort Harlanden (Quelle: eigene Darstellung)



Anhang 13: Cercospora-Bewertungstafel zur Erfassung der Befallsstärke (Quelle: BASF, Deutschland)



Anhang 14: Cercospora-Bewertungstafel zur Erfassung der Befallsstärke (Quelle: Paolo Raccca, ZEPP)

