Aus dem Institut für Zuckerrübenforschung Göttingen,
An-Institut der Georg-August-Universität Göttingen

**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
zur Erlangung des Doktorgrades
der Fakultät für Agrarwissenschaften
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von
Ulrike Kaiser
geboren in Herzberg/Elster

Göttingen, im Mai 2007

D 7

Referent: Prof. Dr. Bernward Märländer

Korreferent: Prof. Dr. Mark Varrelmann

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Juli 2007

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen	III
Verzeichnis der Abbildungen	IV
Verzeichnis der Tabellen	VI
1. Einleitung	1
2. Material und Methoden	4
2.1 Umwelten, Versuchsanlage, Bestandesführung	4
2.2 Sorten	5
2.3 Bekämpfungsstrategien	6
2.4 Befallserhebung	6
2.5 Area under disease progress curve (AUDPC)	7
2.6 Gruppierung der Umwelten	8
2.7 Anpassung einer Wachstumsfunktion an die erhobenen Befallsparameter	10
2.8 Ertrags- und Qualitätsbestimmung	10
2.9 Statistische Auswertung	11
3. Ergebnisse	13
3.1 Befallsparameter	13
3.1.1 Entwicklung der Befallshäufigkeit kranker Blätter	13
3.1.2 Entwicklung der Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i>	14
3.1.3 Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> zur Ernte	15
3.1.4 Area under disease progress curve	16
3.2 Anpassung einer Wachstumsfunktion an die Boniturmesswerte	17
3.2.1 Befallshäufigkeit kranker Blätter	17
3.2.2 Erreichen der Schwellenwerte der summarischen Bekämpfungsschwelle	19
3.2.2.1 Erreichen der Schwellenwerte bei schwachem Befall	20
3.2.2.2 Erreichen der Schwellenwerte bei mittlerem Befall	22
3.2.2.3 Erreichen der Schwellenwerte bei starkem Befall	24
3.2.3 Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i>	26
3.3 Ertrag und Qualität	32
3.3.1 Bereinigter Zuckerertrag bei schwachem Befall	35
3.3.2 Bereinigter Zuckerertrag bei mittlerem Befall	36
3.3.3 Bereinigter Zuckerertrag bei starkem Befall	38
3.4 Zusammenhang zwischen dem Bereinigten Zuckerertrag und der Befallsintensität	41

3.4.1	Bereinigter Zuckerertrag und Befallsstärke zur Ernte	41
3.4.2	Bereinigter Zuckerertrag und area under disease progress curve	43
4.	Diskussion	45
4.1	Versuchsfragen und methodischer Ansatz	45
4.1.1	Versuchsanlage und Bestandesführung	46
4.1.2	Umwelten	47
4.1.3	Sorten	49
4.1.4	Bekämpfungsstrategien	51
4.1.5	Befallserhebung	52
4.2	Epidemieverlauf bei Sorten unterschiedlicher Anfälligkeit	54
4.2.1	Entwicklung der Befallshäufigkeit kranker Blätter	55
4.2.2	Entwicklung der Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i>	57
4.2.3	Area under disease progress curve	60
4.3	Ertrag und Qualität	61
4.3.1	Bereinigter Zuckerertrag bei unterschiedlichem Befallsniveau	62
4.4	Befalls-Verlust-Relationen	68
4.5	Sortenspezifische Bekämpfungsschwellen	70
4.6	Ausblick	73
5.	Zusammenfassung	76
5.1	Summary	78
6.	Literaturverzeichnis	80
7.	Anhang	96

Verzeichnis der Abkürzungen

°C	Grad Celsius
% a.R.	prozentualer Anteil an der Rübenfrischmasse
Abb.	Abbildung
AmN	α -Amino-Stickstoff-Gehalt
Anh.	Anhang
AUDPC	area under disease progress curve
BH	Befallshäufigkeit
BKS _{sum}	summarische Bekämpfungsschwelle
BS	Befallsstärke
BS _{Ernte}	Befallsstärke zur Ernte
BZE	Bereinigter Zuckerertrag
bzw.	beziehungsweise
€	Euro
GD	Grenzdifferenz
IfZ	Institut für Zuckerrübenforschung
K	Kalium-Gehalt
mm	Millimeter
Na	Natrium-Gehalt
n.s.	nicht signifikant
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
R ²	Bestimmtheitsmaß
RE	Rübenertrag
SMV	Standardmelasseverlust
t	Zeit
Tab.	Tabelle
w'	Stoffmenge eines Bestandteils bezogen auf die Gesamtmasse
ZG	Zuckergehalt

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Geographische Lage der Umwelten (1-14) in Deutschland und Österreich, 2004 und 2005	4
Abb. 2: Entwicklung der Befallshäufigkeit mit <i>Cercospora beticola</i> , <i>Erysiphe betae</i> und/oder <i>Ramularia beticola</i> kranker Blätter in Zuckerrüben und Erreichen der summarischen Bekämpfungsschwelle (BKS_{sum}); 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	13
Abb. 3: Entwicklung der Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> in Zuckerrüben; 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	14
Abb. 4: Gruppierung der Umwelten nach der Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> zur Ernte (BS_{Ernte}) in Zuckerrüben; 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	15
Abb. 5: Area under disease progress curve (AUDPC) von <i>Cercospora beticola</i> zum Zeitpunkt der maximal erreichten Befallsstärke in Zuckerrüben; 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	16
Abb. 6: Rübenenertrag, Zuckergehalt, Standardmelasseverlust und Bereinigter Zuckerertrag von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für <i>Cercospora beticola</i> und verschiedenen Bekämpfungsstrategien; Gesundvariante = 100, 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005	33
Abb. 7: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für <i>Cercospora beticola</i> und verschiedenen Bekämpfungsstrategien bei unterschiedlich starkem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ; Gesundvariante = 100, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005	34
Abb. 8: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für <i>Cercospora beticola</i> und verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) bei schwachem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{Ernte} < 5\%$); Gesundvariante = 100, 3 Umwelten, 6 Sorten, 2 Bekämpfungsstrategien, Deutschland, 2004 und 2005	35
Abb. 9: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für <i>Cercospora beticola</i> in verschiedenen Umwelten mit schwachem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{Ernte} < 5\%$); Gesundvariante = 100, 3 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005	36

Abb. 10: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben in verschiedenen Umwelten, Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für <i>Cercospora beticola</i> und Bekämpfungsstrategien (BKST) bei mittlerem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> (BS_{Ernte} 5 - 20 %); Gesundvariante = 100, 3 Umwelten, 6 Sorten, 5 Bekämpfungsstrategien, Deutschland, 2004 und 2005	37
Abb. 11: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für <i>Cercospora beticola</i> in verschiedenen Umwelten mit mittlerem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> (BS_{Ernte} 5 - 20 %); Gesundvariante = 100, 3 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005	38
Abb. 12: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben in verschiedenen Umwelten, Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für <i>Cercospora beticola</i> und Bekämpfungsstrategien (BKST) bei starkem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} > 20$ %); Gesundvariante = 100, 4 Umwelten, 6 Sorten, 5 Bekämpfungsstrategien, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005	39
Abb. 13: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für <i>Cercospora beticola</i> in verschiedenen Umwelten mit starkem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} > 20$ %); Gesundvariante = 100, 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005	40
Abb. 14: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) in Umwelten mit starkem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} > 20$ %); Gesundvariante = 100, 4 Umwelten, 5 Bekämpfungsstrategien, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005	41
Abb. 15: Beziehung zwischen der Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> zur Ernte (BS_{Ernte}) und dem Bereinigten Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben; Gesundvariante = 100, 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	42
Abb. 16: Beziehung zwischen der area under disease progress curve von <i>Cercospora beticola</i> (AUDPC) und dem Bereinigten Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben; Gesundvariante = 100, 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	44
Abb. 17: Erlösdifferenz für den Anbau einer für <i>Cercospora beticola</i> weniger anfälligen Zuckerrübensorte ohne Behandlung und einer anfälligen Sorte mit Behandlung (summarisches Bekämpfungsschwellensystem) bei schwachem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} < 5$ %) in Abhängigkeit vom Rübenpreis (Zuckergehalt 16 %)	66

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Zuckerrübensorten und deren Einstufung nach der Beschreibenden Sortenliste für Standorte mit Rizomania-Befall (BSA 2005)	5
Tab. 2: Varianztabelle für das Merkmal area under disease progress curve zum Zeitpunkt der maximal erreichten Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> in Zuckerrüben; starker Befall, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	8
Tab. 3: Varianztabelle für die Merkmale area under disease progress curve (AUDPC) zum Zeitpunkt der maximal erreichten Befallsstärke und Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> zur Ernte (BS_{Ernte}) in Zuckerrüben; mittlerer Befall, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	9
Tab. 4: Gruppierung der Umwelten nach der Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> zur Ernte (BS_{Ernte}) in Zuckerrüben im Mittel der anfälligen Sorten; 14 Umwelten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	9
Tab. 5: Varianztabelle für die Parameter der Wachstumsfunktion a (Startwert der Funktion) und b (Wachstumsrate) für das Merkmal Befallshäufigkeit kranker Blätter in Abhängigkeit von der Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> zur Ernte (BS_{Ernte}) in Zuckerrüben; 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	17
Tab. 6: Sortenunterschiede für den Parameter a (Startwert der Funktion) der Wachstumsfunktion für das Merkmal Befallshäufigkeit kranker Blätter in Abhängigkeit von der Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> zur Ernte (BS_{Ernte}) in Zuckerrüben; 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	18
Tab. 7: Sortenunterschiede für den Parameter a (Startwert der Funktion) der Wachstumsfunktion für das Merkmal Befallshäufigkeit kranker Blätter in Abhängigkeit von der Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> zur Ernte (BS_{Ernte}) in Zuckerrüben; 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	19
Tab. 8: Varianztabelle für das Erreichen festgelegter Schwellenwerte der Befallshäufigkeit kranker Blätter in Zuckerrüben; 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	20
Tab. 9: Varianztabelle für das Erreichen festgelegter Schwellenwerte der Befallshäufigkeit kranker Blätter bei schwachem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} < 5\%$) in Zuckerrüben; 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	20

Tab. 10: Erreichen der Befallshäufigkeit kranker Blätter (BH) von 5 %, 15 % und 45 % in Tagen nach Boniturbeginn (t) bei schwachem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} < 5 \%$) in Zuckerrüben; 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	21
Tab. 11: Varianztabelle für das Erreichen festgelegter Schwellenwerte der Befallshäufigkeit kranker Blätter bei mittlerem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} 5 - 20 \%$) in Zuckerrüben; 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	22
Tab. 12: Erreichen der Befallshäufigkeit kranker Blätter (BH) von 5 %, 15 % und 45 % in Tagen nach Boniturbeginn (t) bei mittlerem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} 5 - 20 \%$) in Zuckerrüben; 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	23
Tab. 13: Varianztabelle für das Erreichen festgelegter Schwellenwerte der Befallshäufigkeit kranker Blätter bei starkem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) in Zuckerrüben; 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	24
Tab. 14: Erreichen der Befallshäufigkeit kranker Blätter (BH) von 5 % und 15 % in Tagen nach Boniturbeginn (t) bei starkem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) in Zuckerrüben; 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	24
Tab. 15: Erreichen der Befallshäufigkeit kranker Blätter von 45 % in Tagen nach Boniturbeginn (t) bei starkem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) in Zuckerrüben; 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	25
Tab. 16: Varianztabelle für die Parameter der Wachstumsfunktion a (Startwert der Funktion) und b (Wachstumsrate) für das Merkmal Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> in Abhängigkeit von der Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> zur Ernte (BS_{Ernte}) in Zuckerrüben; 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	27
Tab. 17: Sortenunterschiede für die Parameter a (Startwert der Funktion) und b (Wachstumsrate) der Wachstumsfunktion für das Merkmal Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> bei starkem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) in Zuckerrüben; 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	28

Tab. 18: Varianztabelle für die Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> zu verschiedenen Boniturzeitpunkten bei starkem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) in Zuckerrüben; 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	29
Tab. 19: Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> (BS) zu Beginn ihrer Entwicklung (34. Kalenderwoche) bei starkem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) in Zuckerrüben; 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	29
Tab. 20: Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> (BS) in der 38. Kalenderwoche bei starkem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) in Zuckerrüben; 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	30
Tab. 21: Befallsstärke von <i>Cercospora beticola</i> (BS) zur Ernte bei starkem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) in Zuckerrüben; 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle	31
Tab. 22: Varianztabelle für den Bereinigten Zuckerertrag von Zuckerrüben bei schwachem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} < 5 \%$); Gesundvariante = 100, 3 Umwelten, 6 Sorten, 2 Bekämpfungsstrategien, Deutschland, 2004 und 2005	35
Tab. 23: Varianztabelle für den Bereinigten Zuckerertrag von Zuckerrüben bei mittlerem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} 5 - 20 \%$); Gesundvariante = 100, 3 Umwelten, 6 Sorten, 5 Bekämpfungsstrategien, Deutschland, 2004 und 2005	37
Tab. 24: Varianztabelle für den Bereinigten Zuckerertrag von Zuckerrüben bei starkem Befall mit <i>Cercospora beticola</i> ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$); Gesundvariante = 100, 4 Umwelten, 6 Sorten, 5 Bekämpfungsstrategien, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005	38

1. Einleitung

Cercospora beticola Sacc. ist weltweit der am weitesten verbreitete (BLEIHOLDER und WELTZIEN 1972b, HOLTSCHULTE 2000) und gleichzeitig die größten Einbußen an Ertrag und Qualität verursachende pilzliche Blattkrankheitserreger der Zuckerrübe (ROSSI et al. 2000b). Bereits im 19. Jahrhundert wurden das Auftreten und die schädigenden Auswirkungen von *Cercospora beticola* für den Zuckerrübenanbau beschrieben (KOLBE 1985). Während nach früheren Untersuchungen der Pilz vorwiegend in Süd- und im südlichen Mitteleuropa stärker schädigend auftrat (BYFORD 1996), begann vor etwa 20 Jahren die Ausbreitung des Erregers zunächst in Süd- und Westdeutschland mit Ertragseinbußen bis 30 % (MAIER et al. 2000). Seit den 1990er Jahren wurde zunehmend das Auftreten von Blattkrankheiten mit einem Höhepunkt in 2003 im gesamten Bundesgebiet beobachtet (LADEWIG et al. 2006).

Der Grund für das verstärkte Auftreten von *Cercospora beticola* ist vor allem darin zu sehen, dass die für den Pilz optimalen Witterungsbedingungen in den vergangenen Jahren verstärkt auch im mittel- und norddeutschen Raum gegeben waren. Die optimalen Bedingungen für die Infektion von Zuckerrüben mit dem Pilz sowie dessen Etablierung im pflanzlichen Gewebe und die Bildung von Konidien sind bei Temperaturen zwischen 27 und 30° C und einer relativen Luftfeuchte von 98 bis 100 % gegeben (VON PLOTHO 1951, WOLF et al. 2001b). Dabei reicht die morgendliche Taubildung in den heißen Sommermonaten meist aus, um eine Infektion zu gewährleisten (MISCHKE 1960). Der epidemiologische Krankheitsverlauf gliedert sich in drei Phasen. Zunächst breitet sich die Krankheit von Pflanze zu Pflanze im Bestand aus, was nach WOLF und VERREET (1997) auch als horizontale Verbreitung bezeichnet wird. Anschließend folgt die Phase der vertikalen Verbreitung, bei der sich die Krankheit innerhalb einer Pflanze von Blatt zu Blatt ausbreitet. Erst wenn mehr als die Hälfte der Blätter einer Pflanze befallen sind, setzt eine verstärkte Nekrotisierung der Blattfläche als dritte Phase ein. Durch die Verringerung der photosynthetisch aktiven Blattfläche wird die Assimilatbildung und -einlagerung der Pflanze reduziert, woraus letztlich Ertrags- und Qualitätsverluste resultieren (ROSSI et al. 2000b).

Die Regulierung von *Cercospora beticola* wird vorwiegend durch die Applikation von Fungiziden gewährleistet. Mit zunehmender Ausbreitung der Krankheit in Deutschland stieg auch der Anteil der mit Fungiziden behandelten Rübenfläche an, wobei mit Ausnahme von Jahren mit sehr starkem Befall zumeist nur einmal appliziert wurde (LADEWIG et al. 2006). Neben dem Risiko der Ausbildung fungizidresistenter *Cercospora*-Stämme machten es auch die Vorgaben des integrierten Pflanzenschutzes nach einer Reduktion des Einsatzes chemischer Pflanzenschutzmittel auf das unbedingt notwendige Maß (PFLSCHG 1998) erforderlich, Strategien zur Reduktion des Fungizideinsatzes zu nutzen und weiter zu entwickeln.

Eine solche Strategie besteht darin, Fungizide nicht mehr prophylaktisch, sondern gezielt einzusetzen und den Behandlungszeitpunkt an Bekämpfungsschwellensystemen auszu-

richten. Diese umfassen mehrere Schwellenwerte, die in Abhängigkeit von der entwicklungsbezogenen Schadensrelevanz des Erregers variieren, so dass neben kritischen Befallsintensitäten auch der kalendarische Zeitpunkt einer Applikation berücksichtigt wird. Die Entwicklung von Bekämpfungsschwellensystemen gilt als grundlegende Komponente des integrierten Pflanzenschutzes (HEITEFUß 2000) und setzt umfangreiche Untersuchungen zur Epidemiologie des Erregers und den Auswirkungen auf Ertrag und Qualität in Form von Befalls-Verlust-Relationen voraus. Die Entwicklung von Bekämpfungsschwellensystemen begann für *Cercospora beticola* in Deutschland ab den 1990er Jahren in den Starkbefallsgebieten Bayerns (VERREET et al. 1996, WEIS 1998). Das dabei entwickelte „Integrierte Pflanzenschutzsystem Zuckerrübe“ (IPS-Modell) mit krankheitsspezifischen Bekämpfungsschwellen für *Cercospora beticola* wurde ab 2001 durch eine summarische Betrachtung der Blattkrankheiten bei gleichzeitigem Einschub einer zusätzlichen Schwelle für die erste Augsthälfte modifiziert (JÖRG et al. 2001). Dabei wurde das summarische Bekämpfungsschwellensystem 5/15/45 % Befallshäufigkeit (BH) entwickelt und nach umfangreicher Validierung in bundesweiten Feldversuchen (MITTLER et al. 2004a, 2004b) schließlich 2004 in allen deutschen Rübenanbaugebieten eingeführt (LANG 2004).

Daneben wird im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes auch angestrebt, resistente bzw. weniger anfällige Sorten anzubauen. Wichtigste Voraussetzung dafür ist jedoch die Verfügbarkeit von Sorten mit guter Resistenz sowohl in quantitativer als auch qualitativer Hinsicht und gleichzeitig hoher Leistung bei Anbau unter Nichtbefall (HEITEFUß 2000). Dies war für Zuckerrüben lange Zeit jedoch nicht gegeben (MECHELKE 2000, OSSENKOP et al. 2002). Nach intensiver Züchtungsarbeit sind mittlerweile „neue“ weniger anfällige Sorten vorhanden, die diesen Anforderungen gerecht werden (BSA 2005). Bislang wurden epidemiologische Studien an weniger anfälligen Sorten jedoch nur für „alte“ Sorten mit geringerer Leistung bei Anbau unter Nichtbefall und zudem nur unter den Starkbefallsbedingungen Bayerns durchgeführt. Die epidemiologische Entwicklung von *Cercospora beticola* an „neuen“ weniger anfälligen Sorten bei unterschiedlich starkem Befall sowie deren Reaktionen hinsichtlich Ertrag und Qualität auf den Befall war daher unbekannt und sollte im Rahmen dieser Arbeit im Vergleich zu „alten“ weniger anfälligen und anfälligen Sorten untersucht werden. Eine mathematisch-statistische Analyse von *Cercospora*-Epidemien, insbesondere hinsichtlich des Erreichens festgelegter Bekämpfungsschwellen der BH und der, zu ausgewählten Zeitpunkten während der Entwicklung der Befallsstärke (BS), erreichten BS, anhand logistischer Wachstumsfunktionen zur präzisen Beschreibung der Epidemiologie von *Cercospora beticola* fehlte für diese unterschiedlichen Sorten bislang ebenfalls. Zudem wurde bisher noch nicht geklärt, inwieweit das bestehende summarische Bekämpfungsschwellensystem auch für weniger anfällige Sorten zutrifft oder weiterentwickelt werden muss, und sollte daher im Rahmen dieser Arbeit untersucht werden. Grundlage dafür bildete

eine Analyse der Ertrags- und Qualitätsmerkmale bei unterschiedlich anfälligen Zuckerrübensorten nach Befall mit Blattkrankheiten sowie daraus abgeleitete Befalls-Verlust-Relationen.

Für die eigenen Untersuchungen ergaben sich daher folgende Versuchsfragen:

- Wie unterscheidet sich der Epidemieverlauf von *Cercospora beticola* bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit?
- Welche Unterschiede bestehen zwischen Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit hinsichtlich der Befalls-Verlust-Relation?
- Lassen sich sortenspezifische Bekämpfungsschwellensysteme für den Fungizideinsatz in Zuckerrüben ableiten?

Diese Versuchsfragen sollten auf Grundlage einer umfangreichen, für Deutschland repräsentativen Datenbasis beantwortet werden. Dazu wurden in den Jahren 2004 und 2005 Feldversuche an insgesamt 14 Umwelten (Standort x Jahr) angelegt. Geprüft wurden bei sechs Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* acht Bekämpfungsstrategien. Neben einer unbehandelten Kontrolle und einer Gesundvariante mit mehrmaliger statischer Fungizidbehandlung wurden auch sechs Bekämpfungsstrategien mit zeitlich verzögertem Applikationstermin untersucht, die am summarischen Bekämpfungsschwellensystem 5/15/45 % BH orientiert waren. Die Applikationsstrategien waren im Projekt integriert, um zu testen, wie unterschiedlich anfällige Sorten auf „verspätete“ Fungizidbehandlungen reagieren und um gegebenenfalls sortenspezifische Bekämpfungsschwellensysteme abzuleiten. Dazu wurden regelmäßig ab Ende Juni die BH und die BS der pilzlichen Blattkrankheiten *Cercospora beticola*, *Erysiphe betae*, *Ramularia beticola* und *Uromyces betae* erfasst, woraus die area under disease progress curve (AUDPC) berechnet wurde. Nach der Ernte wurden Rübenenertrag, Zuckergehalt und Gehalte an Kalium, Natrium und α -Aminostickstoff erfasst und daraus der Standardmelasseverlust und der Bereinigte Zuckerertrag errechnet. Die epidemiologischen Daten BS zur Ernte und AUDPC wurden mit dem Bereinigtem Zuckerertrag in Beziehung gesetzt, um Befalls-Verlust-Relationen sortenspezifisch zu berechnen und Bekämpfungsschwellensysteme abzuleiten.

2. Material und Methoden

2.1 Umwelten, Versuchsanlage, Bestandesführung

Die Versuche wurden in den Jahren 2004 und 2005 an jeweils sechs Standorten typischer Zuckerrübenanbaugebiete in Deutschland und zusätzlich an jährlich einem Standort in Österreich, um mit höherer Wahrscheinlichkeit stärkeren Befall zu bekommen, durchgeführt (Abb. 1). Nach WRICKE (1965) wurden die beiden Faktoren Standort und Jahr zu dem Faktor Umwelt zusammengefasst. Für den Infektionsdruck sind die Witterungsbedingungen am Standort (Anh. 1), insbesondere Temperatur und Luftfeuchte von entscheidender Bedeutung (BLEIHOLDER und WELTZIEN 1971, 1972a, WALLIN und LOONAN 1971, 1972). Die Standortauswahl war auf Standorte mit erwartet sicherem Infektionsdruck für *Cercospora beticola*, aber auch mit starkem Vorjahresbefall ausgerichtet, um eine Variation unterschiedlicher Befallssituationen zu erzeugen, welche für Untersuchungen der Epidemiologie sowie der Auswirkungen eines Befalls auf Ertrag und Qualität erforderlich sind (KELBER 1977b). Die Versuche waren zweifaktoriell als vollständig randomisierte Blockanlage mit den Faktoren Sorte und Bekämpfungsstrategie in drei Wiederholungen angelegt. Aussaat, Pflege und Ernte erfolgte durch die regionalen Arbeitsgemeinschaften Nord/Wierthe und Worms, die Züchtungsunternehmen KWS SAAT AG, Strube-Dieckmann und Syngenta Seeds GmbH, die Zuckerrübenforschung Tulln in Österreich und das Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ). Die Aussaat erfolgte standortspezifisch optimal von Ende März bis Anfang April. Die Parzellen waren sechsreihig mit einem Reihenabstand von 45 oder 50 cm angelegt. Durch Einstellen einer

Abb. 1: Geographische Lage der Umwelten (1-14) in Deutschland und Österreich, 2004 und 2005

einheitlichen Bestandesdichte von 75 000 bis 100 000 Pflanzen ha⁻¹ für jede Parzelle einer Umwelt mittels Handvereinzelnung wurde der Versuchsfehler gering gehalten, so dass die Anlage in nur drei Wiederholungen erfolgen konnte (BÜCHSE 1999). Die Bestandesführung erfolgte mit praxisüblicher Grund- und Stickstoffdüngung sowie Unkrautregulierung. Die Versuche in den Umwelten 2, 4, 6, 7, 9, 13 und 14 wurden aufgrund gegebener Umweltvoraussetzungen praxisüblich beregnet (Anh. 2). Dadurch sollte der Epidemieverlauf beschleunigt werden (PUNDHIR und MUKHOPADHYAY 1987, SKARACIS et al. 1996), da die Keimung der Konidien von *Cercospora beticola* durch eine hohe Luftfeuchte (BLEIHOLDER und WELTZIEN 1972a, FRANSEN 1956a) und deren Verbreitung durch Wasserspritzer (FRANSEN 1956b) begünstigt wird. Die Ernte erfolgte von Mitte Oktober bis Anfang November. Die Reihen 2-4 bzw. 3-5 (Erntefläche etwa 10 m²) jeder Parzelle wurden mit ein- oder dreireihigen Parzellenrodern beerntet um Nachbarschaftseffekte zu vermeiden (BÜCHSE 1999). Die Anzahl Rüben je Parzelle, die zur Ertrags- und Qualitätsbestimmung weiterverwendet wurde, entsprach somit dem nach BEIß und VON MÜLLER (1974) notwendigen Stichprobenumfang von etwa 80 bis 100 Rüben.

2.2 Sorten

Es wurden sechs Sorten (A bis F) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* untersucht (Tab. 1). Die Sorten A und B waren als mittel, die Sorte C als mittel bis stark und die Sorten D, E und F als gering anfällig eingestuft. Eine geringere Anfälligkeit ist gleichbedeutend mit höherer Resistenz. Die Sorte F hatte einen mittleren, die Sorten A und C einen mittleren bis hohen und die Sorten B, D und E einen hohen Bereinigten Zuckerertrag. Auch in den Merkmalen Rübenenertrag, Zuckergehalt und den Gehalten der qualitätsmindernden Inhaltsstoffe Kalium, Natrium und α -Amino-Stickstoff hatten alle Sorten eine ähnliche Einstu-

Tab. 1: Zuckerrübensorten und deren Einstufung nach der Beschreibenden Sortenliste für Standorte mit Rizomania-Befall (BSA 2005); Ausprägungsstufen: 1 fehlend oder sehr gering/sehr niedrig, 5 mittel, 9 sehr stark/sehr hoch; RE Rübenenertrag, BZE Bereinigter Zuckerertrag, ZG Zuckergehalt, K+Na Gehalt an Kalium und Natrium, AmN Gehalt an α -Amino-Stickstoff

Sorte	BSA-Kenn- Nummer	Anfälligkeit für <i>Cercospora beticola</i>	RE	BZE	ZG	K+Na	AmN
A	ZR 1302	5	6	6	5	2	7
B	ZR 1409	5	7	7	5	3	6
C	ZR 1464	6	6	6	6	3	7
D	ZR 1491	3	7	7	6	3	6
E	ZR 1374	3	7	7	6	4	7
F	ZR 1341	3	5	5	6	3	6

fung. Die Auswahl der weniger anfälligen Sorten erfolgte für die Einzelmerkmale so, dass der von OSSENKOP et al. (2002) beschriebene Widerspruch zwischen geringer Anfälligkeit und hoher Leistung unter Nichtbefall bei „neueren“ Sorten (Ausnahme Sorte F, „alte“ Sorte) nicht mehr bestand.

2.3 Bekämpfungsstrategien

Zur Regulierung von Blattkrankheiten wurde das summarische Bekämpfungsschwellensystem 5/15/45 % Befallshäufigkeit (BH) angewandt (LANG 2004). Hierbei wurden die drei Blattkrankheiten *Cercospora beticola*, *Erysiphe betae* und *Ramularia beticola* zusammen erfasst und die Behandlungsentscheidung anhand der Befallshäufigkeit kranker Blätter gefällt. Bis zum 31. Juli mussten demnach 5 % der Blätter einen Befall mit zumindest einer dieser drei Krankheiten aufweisen, bis 15. August galt ein erhöhter Schwellenwert von 15 % BH und anschließend von 45 % BH. Für eine Zweitbehandlung war ebenfalls der Schwellenwert von 45 % BH gültig.

Als Standardvarianten wurden eine unbehandelte Kontrolle und eine Gesundvariante mit drei- bis vierwöchiger statischer Fungizidbehandlung geprüft (Anh. 3). Weiterhin wurden sechs schwellenorientierte Bekämpfungsstrategien mit unterschiedlichem Behandlungszeitpunkt getestet. In drei Bekämpfungsstrategien erfolgte nur eine einmalige Fungizidapplikation, welche termingenau beim Überschreiten des summarischen Bekämpfungsschwellensystems (A1T0) oder 14 (A1T14) bzw. 28 Tage (A1T28) nach Überschreiten durchgeführt wurde. In drei weiteren Bekämpfungsstrategien erfolgten zwei Fungizidapplikationen, wobei die erste Applikation einheitlich termingenau beim Überschreiten des summarischen Bekämpfungsschwellensystems durchgeführt wurde. Die Zweitbehandlung wurde wiederum termingenau (A2T0) bzw. 14 (A2T14) und 28 Tage (A2T28) nach Überschreiten appliziert.

Die Fungizidbehandlungen wurden einheitlich mit dem Fungizid SPYRALE® mit einer Aufwandmenge je Applikation von 1 l ha⁻¹ (100 g ha⁻¹ Difenconazol und 375 g ha⁻¹ Fenpropidin) durchgeführt (BVL 2005). Da dieses Mittel nur für eine zweimalige Applikation zugelassen ist, wurde in der Gesundvariante ab der dritten Behandlung je Applikation 1 l ha⁻¹ Opus® (125 g ha⁻¹ Epoxiconazol) verwendet (BVL 2005). Beide Mittel sind systemische Fungizide mit kurativer und protektiver Wirkung (SYNGENTA AGRO 2004, BASF 2005).

2.4 Befallserhebung

Ab Ende Juni/Anfang Juli wurden die Versuche in Kooperation mit Vertretern der Offizialberatung, den Züchtungsunternehmen, der Zuckerforschung Tulln und dem IfZ wöchentlich auf den Befall mit den vier Blattkrankheiten *Cercospora beticola*, *Erysiphe betae*, *Ramularia beticola* und *Uromyces betae* mittels simulierter 100-Blatt-Rupfmethode (WOLF und VERREET 2002) bonitiert. Dabei wurde in Anlehnung an JONES und WINDELS (1991) an insgesamt 100

Blättern des mittleren Blattapparates verschiedener Rübenpflanzen die Befallsintensität getrennt nach Schaderregern ermittelt. Die Bonitur erfolgte in zwei Parzellen an 33 und in einer Parzelle an 34 Blättern im Boniturbereich der Parzellen (Reihe 2-5). Die Befallsintensität wurde erfasst durch die Befallshäufigkeit (prozentualer Anteil befallener Blätter) als Ja/Nein-Aussage und die Befallsstärke (prozentualer Anteil der von Läsionen bzw. Symptomen bedeckten Blattfläche), die getrennt nach Schaderregern am Gesamtblatt geschätzt wurde (JAMES 1974, KRANZ 1996). Die mittlere Befallshäufigkeit und die mittlere Befallsstärke des Gesamtversuches und der Einzelparzellen (Wiederholungen) wurden zu jedem Termin nach Gleichung 1 (verändert nach ROSSI und BATTILANI 1989) berechnet.

$$(1) \quad \left[\sum_{i=1}^n \text{Befallsintensität}_i \right] / n * 100$$

Dabei entspricht n der Anzahl untersuchter Blätter, i dem Erhebungszeitpunkt und die Befallsintensität der Befallshäufigkeit bzw. der Befallsstärke (%) einer Krankheit. Die 100-Blatt-Rupfmethode gilt zwar als etwas zeitaufwändiger als die Ganzpflanzenbonitur nach der italienischen Agronomica-Skala (BATTILANI et al. 1990), ist aber im Boniturbereich bis etwa 5 % Befallsstärke genauer und deshalb insbesondere für die Ableitung von Befalls-Verlust-Relationen geeignet (VEREIJSEN et al. 2003). Während die Befallshäufigkeit die Ausbreitung der jeweiligen Krankheit im Bestand beschreibt, drückt die Befallsstärke das Ausmaß der Krankheit im Verlauf der Vegetationszeit aus, woraus in Abhängigkeit von der Dauer des Auftretens der Krankheit Ertrags- und Qualitätsverluste resultieren (MITTLER et al. 2004a, GAURILČIKIENĖ et al. 2006). Im Versuchsjahr 2004 wurde in den Umwelten 2 und 3 erst während der Bonitur zur Ernte bemerkt, dass die noch spät aufgetretene *Ramularia beticola* als *Cercospora beticola* bonitiert wurde, so dass die ermittelten Befallsstärken zur Ernte von *Cercospora beticola* in diesen Umwelten als Mischinfektion beider Krankheiten anzusehen sind. Im Folgejahr 2005 wurden beide Krankheiten getrennt erfasst. *Erysiphe betae* trat in allen Umwelten auf, erreichte zwischenzeitlich Befallsstärken bis etwa 80 %, war gegen Ende der Vegetationsperiode jedoch meist nicht mehr zu finden. Der Grund dafür liegt in den klimatischen Ansprüchen des Pilzes, der vor allem hohe Temperaturen und geringere Luftfeuchten bevorzugt (MAMLUK und WELTZIEN 1973, DRANDAREVSKI 1969). Da infolge des Befalls mit *Erysiphe betae* jedoch keine Ertrags- und Qualitätsverluste nachgewiesen werden konnten, wird im Weiteren nicht näher darauf eingegangen.

2.5 Area under disease progress curve (AUDPC)

Die area under disease progress curve (AUDPC) ist ein weiteres Merkmal zur Beschreibung von Epidemien und zur Beurteilung von Resistenz (SHANER und FINNEY 1977, 1980). Sie beschreibt die Fläche unterhalb der Verlaufskurve der Befallsstärke und wurde in Anlehnung an CAMPBELL und MADDEN (1990, verändert nach SHANER und FINNEY 1977) nach Gleichung 2 berechnet.

$$(2) \quad \text{AUDPC} = \sum_i^{n-1} \frac{(y_i + y_{i+1})}{2} * (t_{i+1} - t_i)$$

Dabei ist n die Anzahl Erhebungen, i der Erhebungszeitpunkt, y die Befallsstärke (%) und t die Anzahl Wochen nach Boniturbeginn. Aufgrund der wöchentlichen Erhebung wird die AUDPC in % Wochen angegeben. Der Vorteil von AUDPC-Werten ist, dass diese den Krankheitsfortschritt während der gesamten Vegetationsperiode reflektieren; einzelne Befallsstärken erfassen hingegen umweltbedingte Änderungen während der Vegetationsperiode eher weniger (DANIELSEN et al. 2001).

2.6 Gruppierung der Umwelten

Unterschiede in der Anfälligkeit für *Cercospora beticola* zwischen Sorten werden wesentlich durch den Befallsdruck sowie die Infektionsbedingungen am Standort (Witterung, Ausgangsinokulum, Anbaupausen) bestimmt (WOLF et al. 1995). Das Befallsgeschehen differierte an den untersuchten Umwelten mitunter stark. Umwelten mit ähnlichem Befallsgeschehen wurden daher gruppiert, insbesondere im Hinblick auf Differenzierungen in Ertrag und Qualität. Dazu erfolgte eine Einteilung in Umwelten mit vergleichbarem Befall (Befallsgruppen) mit *Cercospora beticola* als Blattkrankheit mit dem höchsten Schädigungspotential (MITTLER et al. 2004a). Zunächst wurden Umwelten zusammengefasst, deren Befallsstärke zur Ernte (BS_{Ernte}) im Mittel der anfälligen Sorten unterhalb von 5 % (entsprechend AUDPC bis 17 % Wochen) lag, da dieser Wert nach WOLF et al. (1998a) als das wirtschaftlich zu tolerierende Erregerpotential anzusehen ist. Diese Umwelten (1, 4, 10, 11) werden im Folgenden als Befallsgruppe „schwacher Befall“ bezeichnet. Für die Gruppierung der restlichen Umwelten wurde das Merkmal AUDPC nach DANIELSEN et al. (2001) herangezogen. Dabei wurde die AUDPC zum Zeitpunkt der maximal erreichten Befallsstärke ermittelt, um eventuelle Verfälschungen durch einen Blattneuaustrieb zu umgehen. In den meisten Umwelten war dies bei der Bonitur zur Ernte und nur in Umwelt 6 zum vorletzten Boniturtermin gegeben.

Tab. 2: Varianztabelle für das Merkmal area under disease progress curve zum Zeitpunkt der maximal erreichten Befallsstärke von *Cercospora beticola* in Zuckerrüben; starker Befall, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; FG Freiheitsgrad, F errechneter F-Wert, p Irrtumswahrscheinlichkeit, R² Bestimmtheitsmaß

Umwelt	Varianzursache	FG	F	p	R ²
	Umwelt	5	56,49	< 0,0001	0,4834
5; 6; 7; 12; 13; 14	Sorte	5	39,06	< 0,0001	0,3343
	Wiederholung	2	1,26	0,2913	0,0043
	Umwelt x Sorte	25	1,36	0,1590	0,0581

Dazu erfolgte eine Aggregation von Umwelten iterativ mit fallender AUDPC (Mittel aller anfälligen Sorten). Daraus ergaben sich bis zu einer AUDPC von 112 % Wochen (entsprechend $BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Umwelt und Sorte. Diese Umwelten (5, 6, 7, 12, 13, 14) wurden deshalb zusammengefasst (Tab. 2) und werden im Folgenden als Befallsgruppe „starker Befall“ definiert. Die übrigen Umwelten 2, 3, 8 und 9 mit AUDPC bis 27 % Wochen (entsprechend $BS_{\text{Ernte}} 5 - 20 \%$) wurden trotz signifikanter Wechselwirkung zwischen Umwelt und Sorte in den Merkmalen

Tab. 3: Varianztabelle für die Merkmale area under disease progress curve (AUDPC) zum Zeitpunkt der maximal erreichten Befallsstärke und Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte (BS_{Ernte}) in Zuckerrüben; mittlerer Befall, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; FG Freiheitsgrad, F errechneter F-Wert, p Irrtumswahrscheinlichkeit, R^2 Bestimmtheitsmaß

Umwelt	Merkmal	Varianzursache	FG	F	p	R^2
2; 3; 8; 9	AUDPC	Umwelt	3	13,73	< 0,0001	0,1792
		Sorte	5	12,05	< 0,0001	0,2622
		Wiederholung	2	1,01	0,3711	0,0088
		Umwelt x Sorte	15	5,36	< 0,0001	0,3497
	BS_{Ernte}	Umwelt	3	15,23	< 0,0001	0,1907
		Sorte	5	10,95	< 0,0001	0,2284
		Wiederholung	2	2,59	0,0857	0,0216
		Umwelt x Sorte	15	5,87	< 0,0001	0,3674

Tab. 4: Gruppierung der Umwelten nach der Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte (BS_{Ernte}) in Zuckerrüben im Mittel der anfälligen Sorten; 14 Umwelten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle

Befallsgruppe	Umwelt	BS_{Ernte} (%) Ø anfällige Sorten
schwacher Befall $BS_{\text{Ernte}} < 5 \%$	10	0,406
	1	2,260
	4	2,499
	11	3,201
mittlerer Befall $BS_{\text{Ernte}} 5 - 20 \%$	8	5,369
	2	5,443
	9	6,052
	3	6,850
starker Befall $BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$	12	21,949
	13	36,807
	7	45,598
	6	69,416
	14	69,691
	5	72,186

AUDPC und BS_{Ernte} (Tab. 3) zusammengefasst und werden im Folgenden als Befallsgruppe „mittlerer Befall“ bezeichnet. Die Gruppierung der 14 Umwelten hinsichtlich der Einteilung nach der BS_{Ernte} in die drei Befallsgruppen schwacher ($BS_{\text{Ernte}} < 5 \%$), mittlerer ($BS_{\text{Ernte}} 5 - 20 \%$) und starker Befall ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) ist in Tab. 4 zusammengefasst.

2.7 Anpassung einer Wachstumsfunktion an die erhobenen Befallsparameter

Befallsverläufe von *Cercospora beticola* folgen einem typischen sigmoiden Verlauf und können daher durch logistische Wachstumsfunktionen beschrieben werden (ROSSI und BATTILANI 1987 zitiert in ROSSI 2000, VAN DER PLANK 1963). An die Messwerte der Befallshäufigkeit mit *Cercospora beticola*, *Erysiphe betae* und/oder *Ramularia beticola* befallener Blätter wurde ebenso wie an die Messwerte der Befallsstärke von *Cercospora beticola* folgende Wachstumsfunktion (Gleichung 3) angepasst.

$$(3) \quad y = 100 / (1 + ((100 - a) / a) * \exp(-b * t))$$

Dabei ist y die ermittelte Befallshäufigkeit bzw. Befallsstärke (%), a der während der Iteration geschätzte Startwert der Funktion (% Befallshäufigkeit bzw. Befallsstärke zu Beginn des Verlaufs), b die ebenfalls während der Iteration geschätzte Wachstumsrate (% Befallshäufigkeit bzw. Befallsstärke pro Zeiteinheit) und t die Zeit (Tage nach Boniturbeginn). Mit dieser Gleichung wurde im Anschluss an den Iterationsvorgang auch die Befallsstärke zu drei festgelegten Terminen ermittelt. Durch Auflösen der Funktion nach t (Gleichung 4) konnten die Zeitpunkte ermittelt werden, an denen die drei Schwellenwerte der Befallshäufigkeit des summarischen Bekämpfungsschwellensystems erreicht wurden.

$$(4) \quad t = -(\ln(((100/y)-1)/((100-a)/a)))/b$$

2.8 Ertrags- und Qualitätsbestimmung

Die Rüben wurden nach der Ernte in speziellen Rübenwäschen unter Hochdruck gereinigt und das Nettogewicht (= Rübenertrag) bestimmt. Die Rüben wurden zersägt und zu Brei verarbeitet, welcher homogenisiert und in spezielle vierfach unterteilte Kunststoffeller eingestrichen (je ca. 25 g) und bis zur Qualitätsanalyse, entsprechend BURBA et al. (1975), bei -20°C gelagert wurde. Die Qualitätsanalyse der Breiprobe wurde unter standardisierten Bedingungen im IfZ Göttingen durchgeführt. Aus den aufgetauten homogenisierten Breiprobe wurden aluminiumsulfatgeklärte Filtrate hergestellt (ICUMSA 1994), aus welchen mittels einer automatisierten Anlage (Venema, Groningen, NL) der Zuckergehalt polarimetrisch (ICUMSA 1994) und die Gehalte an Kalium und Natrium flammenphotometrisch bestimmt wurden. Der Gehalt an α -Amino-Stickstoff wurde fluorometrisch (OPT-Methode; BURBA und GEORGI 1975, 1976) bestimmt. Nach Untersuchungen von HOFFMANN und MÄRLÄNDER (2006) konnte auf eine Umrechnung des α -Amino-Stickstoffgehalts in den Blauzahlwert nach GLATTKOWSKI und MÄRLÄNDER (1993) verzichtet werden. Die Gehalte an

Kalium, Natrium und α -Amino-Stickstoff gehen in die Braunschweiger Formel (Gleichung 5) ein, welche zur Berechnung des Standardmelasseverlustes als Kriterium der Verarbeitungsqualität angewandt wurde (BUCHHOLZ et al. 1995).

$$(5) \quad \text{SMV} = 0,12 * w'(\text{K} + \text{Na}) + 0,24 * w'(\text{AmN}) + 0,48$$

SMV Standardmelasseverlust in % auf Rübe

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

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

Der Bereinigte Zuckerertrag (BZE) wurde in Anlehnung an LÜDECKE (1954) nach MÄRLÄNDER et al. (2003) berechnet (Gleichung 6).

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

RE Rübenertrag in t/ha

ZG Zuckergehalt in % a.R.

0,6 Standard-Fabrik-Verlust in % a.R.

Der BZE dient als Leistungsmaßstab für Zuckerrüben (LÜDECKE 1954) und erfasst nicht nur den quantitativen, sondern auch den qualitativen Ertrag bzw. Ertragsverlust (KELBER 1977a). Alle Merkmale wurden relativ zur Gesundvariante dargestellt, da in erster Linie Sortenreaktionen und keine Vorzüglichkeit einzelner Sorten abgebildet werden sollten.

2.9 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung fand mit dem Programmsystem SAS für Windows, Version 8e statt (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Die Varianzanalyse für die Befallsparameter in der unbehandelten Kontrolle erfolgte zweifaktoriell. Die beiden fixen Faktoren Umwelt und Sorte waren dabei kreuzklassifiziert und die erhobenen Daten waren aufgrund der gleichen Anzahl an Beobachtungen (Wiederholungen) balanciert. Die Varianzanalyse für die Ertrags- und Qualitätsparameter erfolgte dreifaktoriell, da neben den beiden Faktoren Umwelt und Sorte zusätzlich der Faktor Bekämpfungsstrategie (fix) berücksichtigt wurde. Die Daten waren wiederum balanciert. In beiden Fällen wurde die glm-Prozedur angewandt (DUFNER et al. 2002). Ein Effekt der Wiederholungen wurde ebenfalls in beiden Fällen untersucht. Die Normalverteilung der Residuen als Voraussetzung für die Varianzanalyse wurde mit der univariate-Prozedur überprüft und anhand der p -Werte des Shapiro-Wilk-Testes angenommen oder abgelehnt (DUFNER et al. 2002). War die Normalverteilungsannahme abzulehnen, wurde dennoch eine Varianzanalyse durchgeführt, da nach ITO (1969 zitiert in BORTZ 1993), ITO und SCHULL (1964 zitiert in BORTZ 1993) und STEVENS (1979 zitiert in BORTZ 1993) Verletzungen der Voraussetzungen für eine Varianzanalyse bei multivariaten Modellen mit großem Stichprobenumfang und gleichen Stichprobengrößen vernachlässigt werden können. Traten bei der Varianzanalyse keine Wechselwirkungen auf, wurden die Hauptwirkungen der Untersuchungsfaktoren untersucht. War die Wechselwirkung zwischen zwei Untersuchungs-

faktoren hingegen signifikant, wäre jede Stufe des ersten Faktors mit jeder Stufe des zweiten Faktors zu vergleichen. Es war jedoch sinnvoller, die Unterschiede des einen Faktors auf gleicher Stufe des zweiten Faktors zu untersuchen (DUFNER et al. 2002), was durch Einschub der Anweisung „by Faktor“ ermöglicht wurde. Dreifaktorielle Wechselwirkungen (Umwelt*Sorte*Bekämpfungsstrategie) traten nicht auf und wurden deshalb nicht dargestellt. Die an die Varianzanalyse angeschlossenen Mittelwertvergleiche erfolgten mit dem Tukey-Test bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ (DUFNER et al. 2002). Signifikante Unterschiede wurden durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet. Das Bestimmtheitsmaß (R^2) der Varianzfaktoren wurde als Quotient der Faktorquadratsumme und der Gesamtquadratsumme errechnet und spiegelt den Anteil des jeweiligen Faktors an der Gesamtstreuung der Werte wider. Regressionen und Korrelationen wurden mit der reg- und der corr-Prozedur berechnet (DUFNER et al. 2002). Das Signifikanzniveau für das Bestimmtheitsmaß der Regressionen wurde durch folgende Symbole gekennzeichnet:

* $0,01 \leq p < 0,05$

** $0,001 \leq p < 0,01$

*** $p < 0,001$

Die Anpassung einer Wachstumsfunktion an die erhobenen Boniturwerte erfolgte mit der nlin-Prozedur (DUFNER et al. 2002).

3. Ergebnisse

3.1 Befallsparameter

3.1.1 Entwicklung der Befallshäufigkeit kranker Blätter

Die Entwicklung der Befallshäufigkeit kranker Blätter (BH) war zwischen den Umwelten, den Sorten und den Jahren ähnlich und nahm einen sigmoiden Verlauf (Abb. 2). Bis zu einer BH von 5 % war der Anstieg der Kurven verhalten. Darauf folgte ein steiler Anstieg, so dass innerhalb von zumeist zwei Wochen eine BH von etwa 100 % erreicht wurde. Kurz vor dem Erreichen des Maximalwertes nahm der Anstieg ab und die Werte verblieben anschließend auf etwa 100 %.

In Umwelt 6 (2004) entwickelte sich die BH im Vergleich zu allen anderen Umwelten deutlich früher und erreichte bereits in der 32. bzw. 33. Kalenderwoche in allen Sorten annähernd

Abb. 2: Entwicklung der Befallshäufigkeit mit *Cercospora beticola*, *Erysiphe betae* und/oder *Ramularia beticola* kranker Blätter in Zuckerrüben und Erreichen der summarischen Bekämpfungsschwelle (BKS_{sum}); 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle

100 %. Dagegen war der Verlauf in Umwelt 4 nicht sigmoid, sondern die Werte nahmen etwa ab der 36. Kalenderwoche ab. An einem Standort in räumlicher Nähe von Umwelt 4, aber im Jahr 2005 (Umwelt 11), verlief die Entwicklung der BH im Vergleich zu allen anderen Umwelten ebenfalls deutlich langsamer. Der Maximalwert der BH von 100 % wurde in dieser Umwelt nur von der anfälligen Sorte A erreicht. In den Umwelten 4 und 11 zeigte sich eine Differenzierung hinsichtlich der Anfälligkeit der Sorten, die jedoch für das Erreichen des summarischen Bekämpfungsschwellensystems 5/15/45 % BH bedeutungslos war.

Die summarische Bekämpfungsschwelle wurde in beiden Jahren mit Ausnahme der Umwelt 11 in allen Umwelten und von allen Sorten erreicht, wobei bei keiner Umwelt eine deutliche Differenzierung zwischen den Sorten im Erreichen der Schwellenwerte zu erkennen war.

3.1.2 Entwicklung der Befallsstärke von *Cercospora beticola*

Die Entwicklung der Befallsstärke (BS) von *Cercospora beticola* variierte zwischen den Umwelten sehr stark und zeigte eine kontinuierliche Zunahme auf Werte bis über 80 %

Abb. 3: Entwicklung der Befallsstärke von *Cercospora beticola* in Zuckerrüben; 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle

(Abb. 3). Mit Ausnahme der Umwelt 6 war die Variation zwischen den Jahren sehr gering. Umwelten mit BS bis etwa 10 % blieben ohne erkennbare Unterschiede zwischen den Sorten. In den Umwelten 5, 6 und 7 (2004) sowie 12, 13 und 14 (2005) mit BS über 10 % war die Variation der Sorten hingegen deutlich. Die Verlaufskurven der anfälligen Sorten A, B und C lagen zumeist über denen der weniger anfälligen Sorten D, E und F, zudem erreichten die anfälligen Sorten insgesamt höhere BS. In Umwelt 6 nahm die BS schon früh wesentlich stärker zu als in allen anderen Umwelten, erreichte bereits in der 39. Kalenderwoche Werte bis etwa 100 % und nahm anschließend infolge Blattneuaustrieb wieder ab.

3.1.3 Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte

Die Umwelten wurden in Abhängigkeit vom Befall gruppiert (Abb. 4, nähere Erläuterungen siehe Kapitel 2.6 S. 8-9). Dabei trat in vier Umwelten ein schwacher Befall mit einer Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte (BS_{Ernte}) von unter 5 % auf. Eine Differenzierung zwischen den Sorten hinsichtlich ihrer Anfälligkeit für den Erreger war nicht erkennbar. Ebenfalls vier Umwelten hatten einen mittleren Befall mit einer BS_{Ernte} von 5 bis 20 %. In den Umwelten 8 und 9 deutete sich eine Differenzierung zwischen den Sorten entsprechend ihrer Anfälligkeit an, indem die beiden anfälligen Sorten A und B höhere BS_{Ernte} erreichten als die weniger anfälligen Sorten. In den beiden Umwelten 2 und 3 hingegen erreichten die beiden weniger anfälligen Sorten D und E die höchsten BS_{Ernte} . Ursache dafür war eine umwelt-spezifische Mischinfektion mit *Ramularia beticola*, für die diese Sorten offensichtlich stärker anfällig waren (siehe Kapitel 2.4). Starker Befall mit einer BS_{Ernte} von über 20 % trat in sechs Umwelten auf. Die Differenzierung hinsichtlich der Anfälligkeit für *Cercospora beticola*

Abb. 4: Gruppierung der Umwelten nach der Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte (BS_{Ernte}) in Zuckerrüben; 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; Gruppierung nach der BS_{Ernte} im Mittel der anfälligen Sorten

zwischen den Sorten war in diesen Umwelten deutlich. Die Relation zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten war dabei unabhängig von der Höhe der erreichten BS_{Ernte} in allen Umwelten ähnlich. Die anfälligen Sorten A, B und C erreichten BS_{Ernte} bis etwa 80 %, die weniger anfälligen Sorten D, E und F hingegen nur bis etwa 50 %. Die Spreizung zwischen den Sorten wurde dabei mit zunehmender BS_{Ernte} weiter.

3.1.4 Area under disease progress curve

Die area under disease progress curve (AUDPC) wurde zum Zeitpunkt der maximal erreichten Befallsstärke von *Cercospora beticola* ermittelt, um Auswirkungen eines Blattneuaustriebs zu vernachlässigen, und ist entsprechend der BS_{Ernte} -Gruppierung dargestellt (Abb. 5). Die Ähnlichkeit zwischen beiden Merkmalen ist auffällig. Bei schwachem Befall variierte die AUDPC zwischen 0,5 und 26 % Wochen. Eine Differenzierung zwischen den Sorten hinsichtlich ihrer Anfälligkeit war nicht zu erkennen. Bei mittlerem Befall variierte die AUDPC zwischen 3 und 57 % Wochen. Eine Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten deutete sich in den Umwelten 8 und 9 an. In den beiden Umwelten 2 und 3 erreichten die beiden weniger anfälligen Sorten D und E die höchsten AUDPC-Werte, was wiederum auf die bis zur Ernte unerkant gebliebene Mischinfektion mit *Ramularia beticola* zurückzuführen ist (siehe Kapitel 2.4). Bei starkem Befall variierte die AUDPC zwischen 22 und 422 % Wochen. Eine Differenzierung zwischen den Sorten hinsichtlich ihrer Anfälligkeit war dabei deutlich. Die höchsten Werte hatten die anfälligen Sorten A und B, während die weniger anfälligen Sorten geringere AUDPC-Werte erreichten. Die anfällige Sorte C wies im Gegensatz zu den ebenfalls weniger anfälligen Sorten A und B in allen sechs Umwelten eine

Abb. 5: Area under disease progress curve (AUDPC) von *Cercospora beticola* zum Zeitpunkt der maximal erreichten Befallsstärke in Zuckerrüben; 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; Gruppierung nach der BS_{Ernte} im Mittel der anfälligen Sorten, BS_{Ernte} Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte

geringere AUDPC auf und lag eher auf dem Niveau der weniger anfälligen Sorten.

3.2 Anpassung einer Wachstumsfunktion an die Boniturmesswerte

3.2.1 Befallshäufigkeit kranker Blätter

An die Boniturwerte für das Merkmal Befallshäufigkeit kranker Blätter wurde, wie in Kapitel 2.7 (S. 10) erläutert, eine logistische Wachstumsfunktion angepasst (Anh. 4-6). Die Parame-

Tab. 5: Varianztabelle für die Parameter der Wachstumsfunktion a (Startwert der Funktion) und b (Wachstumsrate) für das Merkmal Befallshäufigkeit kranker Blätter in Abhängigkeit von der Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte (BS_{Ernte}) in Zuckerrüben; 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; FG Freiheitsgrad, F errechneter F-Wert, p Irrtumswahrscheinlichkeit, R^2 Bestimmtheitsmaß, GD Grenzdifferenz für $p < 0,05$, n Anzahl Umwelten

Umwelten	Parameter	Varianzursache	FG	F	p	R^2	GD
alle n = 14	a	Umwelt	13	10,21	< 0,0001	27,3933	0,8893
		Sorte	5	5,66	< 0,0001	5,8400	0,4931
		Wiederholung	2	0,88	0,4166	0,3635	
		Umwelt x Sorte	65	2,39	< 0,0001	32,1285	2,7642
	b	Umwelt	13	10,37	< 0,0001	34,8720	0,0787
		Sorte	5	2,13	0,0647	2,7497	
		Wiederholung	2	0,63	0,5361	0,3237	
		Umwelt x Sorte	65	1,14	0,2554	19,1237	
schwacher Befall BS_{Ernte} < 5 % n = 4	a	Umwelt	3	19,13	< 0,0001	33,8753	0,5058
		Sorte	5	3,48	0,0095	10,2657	0,6910
		Wiederholung	2	0,06	0,9398	0,0734	
		Umwelt x Sorte	15	3,23	0,0011	28,6366	1,7960
	b	Umwelt	3	15,87	< 0,0001	36,8553	0,0507
		Sorte	5	2,42	0,0500	9,3568	
		Wiederholung	2	0,72	0,4901	1,1219	
		Umwelt x Sorte	15	1,47	0,1578	17,0468	
mittlerer Befall BS_{Ernte} 5 - 20 % n = 4	a	Umwelt	3	1,72	0,1768	4,2431	
		Sorte	5	5,82	0,0003	23,9981	1,3369
		Wiederholung	2	2,04	0,1410	3,3701	
		Umwelt x Sorte	15	2,47	0,0097	30,4841	3,4750
	b	Umwelt	3	5,27	0,0033	20,2958	0,0531
		Sorte	5	1,39	0,2452	8,9309	
		Wiederholung	2	0,48	0,6192	1,2436	
		Umwelt x Sorte	15	0,54	0,9008	10,4763	
starker Befall BS_{Ernte} > 20 % n = 6	a	Umwelt	5	6,29	< 0,0001	23,2841	0,5972
		Sorte	5	1,49	0,2043	5,5173	
		Wiederholung	2	1,56	0,2176	2,3096	
		Umwelt x Sorte	25	0,92	0,5782	17,0390	
	b	Umwelt	5	4,70	0,0009	18,1730	0,0809
		Sorte	5	1,43	0,2252	5,5250	
		Wiederholung	2	0,20	0,8163	0,3152	
		Umwelt x Sorte	25	1,13	0,3391	21,8011	

ter der Funktionen sowie die Irrtumswahrscheinlichkeit für die Gültigkeit des Modells sind im Anhang 7-9 aufgeführt. Für die während des Iterationsvorganges geschätzten Parameter a (Startwert der Funktion bzw. Befallshäufigkeit zu Beginn des Verlaufs) und b (Wachstumsrate) ergab die Varianzanalyse über alle Umwelten bei beiden Parametern einen signifikanten Einfluss der Umwelt (Tab. 5). Der Einfluss der Sorte und die Interaktion zwischen Umwelt und Sorte war nur für a signifikant. Die Varianzanalyse bei unterschiedlichem Befall ergab bei schwachem Befall ($BS_{\text{Ernte}} < 5 \%$) signifikante Effekte von Umwelt, Sorte und deren Interaktion auf den Parameter a. Die Wachstumsrate wurde nur von der Umwelt signifikant beeinflusst. Bei mittlerem Befall ($BS_{\text{Ernte}} 5 - 20 \%$) hatten die Sorte und die Interaktion zwischen Umwelt und Sorte einen signifikanten Einfluss auf a. Die Wachstumsrate wurde wiederum nur von der Umwelt signifikant beeinflusst. Bei starkem Befall ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) hatte ausschließlich die Umwelt einen signifikanten Einfluss auf beide Parameter. Daher wurde ein Mittelwertvergleich nach Tukey zur Untersuchung von Sortenunterschieden für a über alle Umwelten und getrennt nach schwachen und mittleren Befall berechnet (Tab. 6). Aufgrund der signifikanten Wechselwirkung zwischen Umwelt und Sorte wurde außerdem untersucht, wie sich die Sorten in den einzelnen Umwelten bei schwachem und mittlerem

Tab. 6: Sortenunterschiede für den Parameter a (Startwert der Funktion) der Wachstumsfunktion für das Merkmal Befallshäufigkeit kranker Blätter in Abhängigkeit von der Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte (BS_{Ernte}) in Zuckerrüben; 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten, $p < 0,05$

Umwelt	Sorte	a	Tukey
alle n = 14	A	0,30	c
	B	1,15	a
	C	0,57	bc
	D	0,71	abc
	E	0,87	ab
	F	0,61	bc
schwacher Befall $BS_{\text{Ernte}} < 5 \%$ n = 4	A	0,24	b
	B	1,02	a
	C	0,57	ab
	D	0,77	ab
	E	0,72	ab
	F	0,26	b
mittlerer Befall $BS_{\text{Ernte}} < 5 \%$ n = 4	A	0,45	b
	B	2,70	a
	C	1,18	b
	D	1,18	b
	E	1,66	ab
	F	0,94	b

Tab. 7: Sortenunterschiede für den Parameter a (Startwert der Funktion) der Wachstumsfunktion für das Merkmal Befallshäufigkeit kranker Blätter in Abhängigkeit von der Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte (BS_{Ernte}) in Zuckerrüben; 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten je Umwelt, $p < 0,05$

schwacher Befall ($BS_{\text{Ernte}} < 5 \%$)				mittlerer Befall ($BS_{\text{Ernte}} 5 - 20 \%$)			
Umwelt	Sorte	a	Tukey	Umwelt	Sorte	a	Tukey
1	A	0,25	b	2	A	0,35	b
	B	3,09	a		B	4,10	a
	C	1,38	ab		C	1,67	ab
	D	2,23	ab		D	1,31	b
	E	1,27	ab		E	1,66	ab
	F	0,46	ab		F	0,69	b
4	A	0,11	b	3	A	0,84	b
	B	0,18	b		B	1,54	ab
	C	0,03	b		C	0,39	b
	D	0,41	b		D	2,45	a
	E	1,15	a		E	1,79	ab
	F	0,07	b		F	1,64	ab
10	A	0,09	a	8	A	0,32	a
	B	0,56	a		B	0,56	a
	C	0,01	a		C	1,75	a
	D	0,00	a		D	0,24	a
	E	0,02	a		E	1,15	a
	F	0,01	a		F	1,11	a
11	A	0,51	a	9	A	0,29	b
	B	0,25	a		B	4,59	a
	C	0,84	a		C	0,90	ab
	D	0,44	a		D	0,70	ab
	E	0,43	a		E	2,04	ab
	F	0,49	a		F	0,32	b

Befall unterschieden (Tab. 7). Dabei konnte in beiden Darstellungen jedoch in keinem Fall eine eindeutige Differenzierung zwischen den Sorten festgestellt werden.

3.2.2 Erreichen der Schwellenwerte der summarischen Bekämpfungsschwelle

Durch Auflösen der Wachstumsfunktion nach t (Zeit nach Boniturbeginn) (siehe Kapitel 2.7 S. 10) konnten die Zeitpunkte errechnet werden, zu denen die Schwellenwerte des summarischen Bekämpfungsschwellensystems 5 %, 15 % und 45 % BH erreicht wurden (Tab. 8). Für alle drei Schwellenwerte ergab die Varianzanalyse über alle Umwelten signifikante Effekte durch die Umwelt, die Sorte und deren Interaktion, so dass im Einzelnen wiederum zwischen schwachem, mittlerem und starkem Befall differenziert wird.

Tab. 8: Varianztabelle für das Erreichen festgelegter Schwellenwerte der Befallshäufigkeit kranker Blätter in Zuckerrüben; 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; FG Freiheitsgrad, F errechneter F-Wert, p Irrtumswahrscheinlichkeit

Schwellenwert	Varianzursache	FG	F	p
5 % Befallshäufigkeit	Umwelt	13	53,27	< 0,0001
	Sorte	5	6,37	< 0,0001
	Wiederholung	2	0,06	0,9430
	Sorte x Umwelt	65	2,31	< 0,0001
15 % Befallshäufigkeit	Umwelt	13	168,59	< 0,0001
	Sorte	5	13,33	< 0,0001
	Wiederholung	2	0,16	0,8540
	Sorte x Umwelt	65	3,80	< 0,0001
45 % Befallshäufigkeit	Umwelt	13	324,51	< 0,0001
	Sorte	5	22,55	< 0,0001
	Wiederholung	2	0,23	0,7911
	Sorte x Umwelt	65	4,69	< 0,0001

3.2.2.1 Erreichen der Schwellenwerte bei schwachem Befall

Die Varianzanalyse über die Umwelten mit schwachem Befall ergab für das Erreichen der drei Schwellenwerte des summarischen Bekämpfungsschwellensystems einen signifikanten Einfluss von Umwelt, Sorte und deren Interaktion (Tab. 9).

Für das Erreichen des Schwellenwertes von 5 % BH traten signifikante Unterschiede zwischen den Sorten in den einzelnen Umwelten auf (Tab. 10), eine eindeutige Differen-

Tab. 9: Varianztabelle für das Erreichen festgelegter Schwellenwerte der Befallshäufigkeit kranker Blätter bei schwachem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} < 5 \%$) in Zuckerrüben; 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; FG Freiheitsgrad, F errechneter F-Wert, p Irrtumswahrscheinlichkeit

Schwellenwert	Varianzursache	FG	F	p
5 % Befallshäufigkeit	Umwelt	3	69,55	< 0,0001
	Sorte	5	2,70	0,0322
	Wiederholung	2	0,48	0,6239
	Sorte x Umwelt	15	3,73	0,0003
15 % Befallshäufigkeit	Umwelt	3	350,45	< 0,0001
	Sorte	5	6,85	< 0,0001
	Wiederholung	2	0,52	0,6002
	Sorte x Umwelt	15	8,45	< 0,0001
45 % Befallshäufigkeit	Umwelt	3	12,79	< 0,0001
	Sorte	5	727,85	< 0,0001
	Wiederholung	2	0,51	0,6037
	Sorte x Umwelt	15	11,05	< 0,0001

zierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten war jedoch nicht ersichtlich. Der Schwellenwert wurde zudem mit Ausnahme von Umwelt 1 meist erst nach Anfang August (t etwa 30) erreicht und war damit für die Bekämpfungsentscheidung nicht relevant.

Ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den Sorten in den einzelnen Umwelten wurden für das Erreichen des Schwellenwertes von 15 % BH ermittelt (Tab. 10), eine eindeutige Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten war wiederum nicht erkennbar. Der Schwellenwert wurde etwa zur Hälfte erst nach Mitte August (t etwa 45) erreicht und war damit für die Bekämpfungsentscheidung nicht relevant.

Tab. 10: Erreichen der Befallshäufigkeit kranker Blätter (BH) von 5 %, 15 % und 45 % in Tagen nach Boniturbeginn (t) bei schwachem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} < 5\%$) in Zuckerrüben; 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten je Umwelt, $p < 0,05$, fett gedruckter t-Wert bedeutet Schwellenwert 5 % BH wurde bis 31. Juli, 15 % BH zwischen 1. und 15. August und 45 % BH ab 16. August erreicht

	Sorte	5 % BH		15 % BH		45 % BH	
		t	Tukey	t	Tukey	t	Tukey
Umwelt 1	A	24	c	33	d	45	b
	B	6	a	19	a	36	a
	C	15	abc	27	bcd	43	ab
	D	10	ab	24	ab	41	ab
	E	14	abc	26	abc	41	ab
	F	21	bc	31	cd	45	b
Umwelt 4	A	34	ab	42	ab	52	a
	B	29	ab	38	ab	50	a
	C	38	b	45	b	54	a
	D	28	ab	41	ab	57	a
	E	20	a	35	a	55	a
	F	38	b	45	b	53	a
Umwelt 10	A	30	ab	38	a	48	ab
	B	25	a	37	a	53	c
	C	36	b	42	a	49	abc
	D	37	b	43	a	51	bc
	E	34	b	41	a	50	abc
	F	34	ab	39	a	47	a
Umwelt 11	A	33	a	49	a	70	a
	B	46	ab	63	ab	86	b
	C	39	ab	62	ab	92	b
	D	48	ab	71	bc	100	bc
	E	57	b	79	c	107	c
	F	49	ab	71	bc	99	bc

Für das Erreichen des Schwellenwertes von 45 % BH waren ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den Sorten in den einzelnen Umwelten gegeben (Tab. 10), wobei eine eindeutige Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten wiederum nicht ersichtlich war. Der Schwellenwert wurde mit Ausnahme der Sorten B bis F in Umwelt 11 jeweils bis Mitte September (t etwa 75) erreicht und war damit für die Bekämpfungsentscheidung relevant.

3.2.2.2 Erreichen der Schwellenwerte bei mittlerem Befall

In Umwelten mit mittlerem Befall ergab die Varianzanalyse für das Erreichen der drei Schwellenwerte des summarischen Bekämpfungsschwellensystems einen sehr hoch signifikanten Einfluss der Sorte (Tab. 11). Die Umwelt hatte für das Erreichen des Schwellenwertes 5 % BH keinen, für das Erreichen des Schwellenwertes 15 % BH einen signifikanten und für das Erreichen des Schwellenwertes 45 % BH einen sehr hoch signifikanten Einfluss. Die Interaktion zwischen beiden Faktoren war für das Erreichen der drei Schwellenwerte ebenfalls signifikant.

Für das Erreichen des Schwellenwertes von 5 % BH traten signifikante Unterschiede zwischen den Sorten in den einzelnen Umwelten auf (Tab. 12), eine eindeutige Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten war jedoch nicht ersichtlich. Der Schwellenwert wurde mit Ausnahme von Sorte A in Umwelt 2 bis Anfang August (t etwa 30) erreicht.

Tab. 11: Varianztabelle für das Erreichen festgelegter Schwellenwerte der Befallshäufigkeit kranker Blätter bei mittlerem Befall mit *Cercospora beticola* (BS_{Ernte} 5 – 20 %) in Zuckerrüben; 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; FG Freiheitsgrad, F errechneter F-Wert, p Irrtumswahrscheinlichkeit

Schwellenwert	Varianzursache	FG	F	p
5 % Befallshäufigkeit	Umwelt	3	2,20	0,1008
	Sorte	5	7,11	< 0,0001
	Wiederholung	2	1,39	0,2597
	Sorte x Umwelt	15	1,99	0,0372
15 % Befallshäufigkeit	Umwelt	3	4,38	0,0085
	Sorte	5	13,32	< 0,0001
	Wiederholung	2	1,80	0,1775
	Sorte x Umwelt	15	2,83	0,0035
45 % Befallshäufigkeit	Umwelt	3	13,80	< 0,0001
	Sorte	5	15,24	< 0,0001
	Wiederholung	2	1,30	0,2836
	Sorte x Umwelt	15	2,07	0,0297

Tab. 12: Erreichen der Befallshäufigkeit kranker Blätter (BH) von 5 %, 15 % und 45 % in Tagen nach Boniturbeginn (t) bei mittlerem Befall mit *Cercospora beticola* (BS_{Ernte} 5 – 20 %) in Zuckerrüben; 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten je Umwelt, $p < 0,05$, fett gedruckter t-Wert bedeutet Schwellenwert 5 % BH wurde bis 31. Juli, 15 % BH zwischen 1. und 15. August und 45 % BH ab 16. August erreicht

	Sorte	5 % BH		15 % BH		45 % BH	
		t	Tukey	t	Tukey	t	Tukey
Umwelt 2	A	27	b	35	b	45	c
	B	2	a	15	a	31	a
	C	14	ab	26	ab	42	bc
	D	13	ab	23	ab	36	ab
	E	12	ab	25	ab	41	bc
	F	23	ab	34	b	47	c
Umwelt 3	A	17	ab	29	ab	43	a
	B	12	ab	24	ab	37	a
	C	23	b	33	b	46	a
	D	8	a	20	a	37	a
	E	12	ab	26	ab	43	a
	F	13	ab	27	ab	44	a
Umwelt 8	A	24	a	31	a	40	a
	B	17	a	25	a	35	a
	C	15	a	27	a	42	a
	D	24	a	30	a	38	a
	E	19	a	30	a	44	a
	F	19	a	30	a	43	a
Umwelt 9	A	25	b	35	b	48	bc
	B	2	a	18	a	38	a
	C	17	ab	29	b	44	ab
	D	21	b	34	b	49	bc
	E	14	ab	31	b	52	c
	F	27	b	37	b	50	bc

Signifikante Unterschiede zwischen den Sorten in den einzelnen Umwelten traten auch für das Erreichen des Schwellenwertes von 15 % BH auf (Tab. 12), wobei eine eindeutige Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten wiederum nicht erkennbar war. Der Schwellenwert wurde etwa zur Hälfte innerhalb des für die Bekämpfungsent-scheidung relevanten Zeitraumes erreicht. Die andere Hälfte überschritt den Wert bereits vor Anfang August, einem Zeitpunkt, zu dem der 5 %-Schwellenwert entscheidend war.

Für das Erreichen des Schwellenwertes von 45 % BH waren ebenfalls signifikante Unter-schiede zwischen den Sorten in den einzelnen Umwelten gegeben (Tab. 12), eine eindeutige Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten war jedoch ebenfalls nicht

ersichtlich. Der Schwellenwert wurde zumeist bis Mitte September (t etwa 75) erreicht oder bereits vor Mitte August (t etwa 45), so dass die Schwellenwerte 5 % und 15 % BH Gültigkeit hatten. Auffällig war, dass in Umwelt 8 keinerlei signifikante Unterschiede zwischen den Sorten im Erreichen der drei Schwellenwerte auftraten.

3.2.2.3 Erreichen der Schwellenwerte bei starkem Befall

Das Erreichen der drei Schwellenwerte des summarischen Bekämpfungsschwellensystems wurde in Umwelten mit starkem Befall sehr hoch signifikant von der Umwelt beeinflusst

Tab. 13: Varianztabelle für das Erreichen festgelegter Schwellenwerte der Befallshäufigkeit kranker Blätter bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) in Zuckerrüben; 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; FG Freiheitsgrad, F errechneter F-Wert, p Irrtumswahrscheinlichkeit

Schwellenwert	Varianzursache	FG	F	p
5 % Befallshäufigkeit	Umwelt	5	68,82	< 0,0001
	Sorte	5	0,96	0,4479
	Wiederholung	2	0,58	0,5645
	Sorte x Umwelt	25	1,00	0,4744
15 % Befallshäufigkeit	Umwelt	5	137,73	< 0,0001
	Sorte	5	2,78	0,0238
	Wiederholung	2	0,92	0,4020
	Sorte x Umwelt	25	1,28	0,2059
45 % Befallshäufigkeit	Umwelt	5	168,33	< 0,0001
	Sorte	5	7,57	< 0,0001
	Wiederholung	2	0,81	0,4489
	Sorte x Umwelt	25	1,98	0,0132

Tab. 14: Erreichen der Befallshäufigkeit kranker Blätter (BH) von 5 % und 15 % in Tagen nach Boniturbeginn (t) bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) in Zuckerrüben; 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Umwelten bzw. Sorten, $p < 0,05$

a)

Umwelt	5 % BH		15 % BH	
	t	Tukey	t	Tukey
5	33	a	39	b
6	10	c	16	e
7	33	a	40	b
12	21	b	31	c
13	36	a	44	a
14	19	b	27	d

b)

Sorte	15 % BH	
	t	Tukey
A	32	ab
B	31	b
C	35	a
D	32	ab
E	33	ab
F	33	ab

(Tab. 13). Die Sorte hatte für das Erreichen des Schwellenwertes 5 % BH keinen, für das Erreichen des Schwellenwertes 15 % BH einen signifikanten und für das Erreichen des Schwellenwertes 45 % BH einen sehr hoch signifikanten Einfluss. Die Interaktion zwischen beiden Faktoren war nur für das Erreichen des Schwellenwertes 45 % BH signifikant.

Entsprechend der spezifischen signifikanten Varianzeffekte von Umwelt und Sorte wurde für das Erreichen des Schwellenwertes von 5 % BH untersucht, welche Umwelten sich signifikant unterscheiden (Tab. 14a). Dabei wurde, wie bereits in Kapitel 3.1.1 (S. 13) erwähnt, deutlich, dass in Umwelt 6 der Schwellenwert wesentlich früher erreicht wurde als in allen anderen Umwelten. In drei Umwelten wurde der Schwellenwert erst nach mehr als 30 Tagen nach Boniturbeginn erreicht und damit nach Anfang August, so dass der Schwellenwert 15 % gültig war. Der Schwellenwert von 15 % BH wurde in Umwelt 6 ebenfalls deutlich früher erreicht als in allen anderen Umwelten (Tab. 14a). Es fiel zudem auf, dass zwischen dem Erreichen des Schwellenwertes von 5 % BH und dem Erreichen des Schwellenwertes von 15 % BH in allen Umwelten maximal 10 Tage (durchschnittlich 7,5 Tage)

Tab. 15: Erreichen der Befallshäufigkeit kranker Blätter von 45 % in Tagen nach Boniturbeginn (t) bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) in Zuckerrüben; 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten je Umwelt, $p < 0,05$, fett gedruckter t-Wert bedeutet Schwellenwert 45 % BH wurde ab dem 16. August erreicht

	Sorte	t	Tukey		Sorte	t	Tukey
Umwelt 5	A	41	a	Umwelt 12	A	43	ab
	B	45	abc		B	38	a
	C	52	bc		C	47	b
	D	48	abc		D	44	ab
	E	43	ab		E	46	ab
	F	54	c		F	39	ab
Umwelt 6	A	22	a	Umwelt 13	A	52	ab
	B	19	a		B	49	a
	C	25	a		C	57	ab
	D	22	a		D	53	ab
	E	25	a		E	58	ab
	F	23	a		F	60	b
Umwelt 7	A	46	a	Umwelt 14	A	35	a
	B	46	a		B	36	a
	C	50	a		C	39	a
	D	49	a		D	33	a
	E	46	a		E	41	a
	F	52	a		F	35	a

lagen. Signifikante Unterschiede zwischen den Sorten wurden auch für das Erreichen des Schwellenwertes von 15 % BH ermittelt (Tab. 14b), wobei eine eindeutige Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten jedoch nicht ersichtlich war.

Für das Erreichen des Schwellenwertes von 45 % BH wurden ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den Sorten, jedoch nicht in allen Umwelten festgestellt (Tab. 15). Eine eindeutige Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten war zudem nicht ersichtlich. Der Schwellenwert wurde in allen Umwelten bis etwa Mitte September (t etwa 75) erreicht, etwa zur Hälfte jedoch bereits vor Mitte August (t etwa 45), so dass die Schwellenwerte 5 % und 15 % BH Gültigkeit hatten. Auffällig war, dass in drei Umwelten keinerlei signifikante Unterschiede zwischen den Sorten im Erreichen des Schwellenwertes 45 % auftraten.

3.2.3 Befallsstärke von *Cercospora beticola*

An die Boniturwerte für das Merkmal Befallsstärke von *Cercospora beticola* wurde, wie in Kapitel 2.7 (S. 10) erläutert, eine logistische Wachstumsfunktion angepasst (Anh. 10-12). Die Parameter der Funktionen sowie die Irrtumswahrscheinlichkeit für die Gültigkeit des Modells sind im Anhang 13-15 aufgeführt. Für die während des Iterationsvorganges geschätzten Parameter a (Startwert der Funktion bzw. Befallsstärke zu Boniturbeginn) und b (Wachstumsrate) ergab die Varianzanalyse über alle Umwelten bei beiden Parametern einen signifikanten Einfluss der Umwelt (Tab. 16). Der Einfluss der Sorte war bei beiden Parametern nicht signifikant. Die Interaktion zwischen Umwelt und Sorte hatte nur auf den Parameter a einen signifikanten Einfluss. Die Varianzanalyse bei unterschiedlichem Befall ergab für beide Parameter bei schwachem Befall keine signifikanten Effekte. Bei mittlerem Befall hatte die Umwelt einen signifikanten Einfluss auf beide Parameter. Bei starkem Befall hatten Umwelt und Sorte sowie deren Interaktion einen signifikanten Einfluss auf beide Parameter der Wachstumsfunktion.

Daher wurde ein Mittelwertvergleich nach Tukey zur Untersuchung von Sortenunterschieden innerhalb jeder Umwelt nur bei dieser Befallsgruppe durchgeführt (Tab. 17). Für den Parameter a traten nur in den Umwelten 5, 6 und 7 signifikante Sortenunterschiede auf, wobei eine eindeutige Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten jedoch nicht ersichtlich war. Der Parameter b wurde nur in den Umwelten 6, 13 und 14 signifikant von der Sorte beeinflusst, wobei eine eindeutige Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten wiederum nicht ersichtlich war.

Tab. 16: Varianztabelle für die Parameter der Wachstumsfunktion a (Startwert der Funktion) und b (Wachstumsrate) für das Merkmal Befallsstärke von *Cercospora beticola* in Abhängigkeit von der Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte (BS_{Ernte}) in Zuckerrüben; 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; FG Freiheitsgrad, F errechneter F-Wert, p Irrtumswahrscheinlichkeit, R^2 Bestimmtheitsmaß, GD Grenzdifferenz, n Anzahl Umwelten

Umwelten	Parameter	Varianzursache	FG	F	p	R^2	GD
alle n = 14	a	Umwelt	13	27,34	< 0,0001	0,4307	0,2393
		Sorte	5	1,64	0,1527	0,0099	
		Wiederholung	2	0,03	0,9694	0,0001	
		Umwelt x Sorte	65	4,55	< 0,0001	0,3581	0,7438
	b	Umwelt	13	2,03	0,0212	0,1098	0,1811
		Sorte	5	0,76	0,5781	0,0159	
		Wiederholung	2	0,37	0,6906	0,0031	
		Umwelt x Sorte	65	0,67	0,9683	0,1806	
schwacher Befall BS_{Ernte} < 5 % n = 4	a	Umwelt	3	1,62	0,1984	0,0662	
		Sorte	5	1,00	0,4257	0,0685	
		Wiederholung	2	1,30	0,2829	0,0354	
		Umwelt x Sorte	15	0,99	0,4815	0,2024	
	b	Umwelt	3	1,59	0,2093	0,0742	
		Sorte	5	0,68	0,6379	0,0531	
		Wiederholung	2	0,47	0,6302	0,0145	
		Umwelt x Sorte	15	0,62	0,8431	0,1443	
mittlerer Befall BS_{Ernte} 5 - 20 % n = 4	a	Umwelt	3	5,09	0,0040	0,1733	0,1039
		Sorte	5	2,20	0,0709	0,1247	
		Wiederholung	2	0,91	0,4115	0,0206	
		Umwelt x Sorte	15	0,93	0,5358	0,1590	
	b	Umwelt	3	15,77	< 0,0001	0,3875	0,0338
		Sorte	5	1,89	0,1145	0,0774	
		Wiederholung	2	0,04	0,9606	0,0007	
		Umwelt x Sorte	15	1,28	0,2518	0,1575	
starker Befall BS_{Ernte} > 20 % n = 4	a	Umwelt	5	12,88	< 0,0001	0,2361	0,3010
		Sorte	5	2,91	0,0193	0,0533	0,3010
		Wiederholung	2	0,05	0,9494	0,0004	
		Umwelt x Sorte	25	4,95	< 0,0001	0,4537	1,0086
	b	Umwelt	5	14,37	< 0,0001	0,3098	0,0196
		Sorte	5	4,99	0,0006	0,1075	0,0196
		Wiederholung	2	0,47	0,6243	0,0041	
		Umwelt x Sorte	25	2,57	0,0011	0,2768	0,0658

Tab. 17: Sortenunterschiede für die Parameter a (Startwert der Funktion) und b (Wachstumsrate) der Wachstumsfunktion für das Merkmal Befallsstärke von *Cercospora beticola* bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20\%$) in Zuckerrüben; 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten je Umwelt, $p < 0,05$

Umwelt	Sorte	a	Tukey	b	Tukey
5	A	0,49	ab	0,05	a
	B	0,26	ab	0,06	a
	C	0,14	b	0,09	a
	D	0,92	ab	0,04	a
	E	1,22	a	0,03	a
	F	0,38	ab	0,06	a
6	A	0,15	b	0,10	ab
	B	0,13	b	0,12	a
	C	1,76	a	0,05	ab
	D	0,84	ab	0,09	ab
	E	0,18	b	0,11	ab
	F	1,74	a	0,04	b
7	A	0,19	ab	0,06	a
	B	0,32	ab	0,05	a
	C	0,26	ab	0,04	a
	D	0,07	b	0,06	a
	E	0,57	a	0,04	a
	F	0,14	ab	0,05	a
12	A	0,71	a	0,04	a
	B	0,67	a	0,04	a
	C	0,51	a	0,03	a
	D	0,61	a	0,03	a
	E	0,79	a	0,03	a
	F	0,53	a	0,03	a
13	A	0,03	a	0,08	a
	B	0,12	a	0,07	ab
	C	0,03	a	0,07	ab
	D	0,32	a	0,04	b
	E	0,08	a	0,04	ab
	F	0,04	a	0,05	ab
14	A	0,04	a	0,11	a
	B	0,42	a	0,06	ab
	C	0,35	a	0,06	ab
	D	0,28	a	0,05	b
	E	0,29	a	0,06	ab
	F	0,62	a	0,04	b

Tab. 18: Varianztabelle für die Befallsstärke von *Cercospora beticola* zu verschiedenen Boniturzeitpunkten bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20\%$) in Zuckerrüben; 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; KW Kalenderwoche, FG Freiheitsgrad, F errechneter F-Wert, p Irrtumswahrscheinlichkeit

KW	Varianzursache	FG	F	p	R^2
34 (t = 41 - 55)	Umwelt	5	62,40	< 0,0001	0,6213
	Sorte	5	6,66	< 0,0001	0,0663
	Wiederholung	2	0,06	0,9435	0,0002
	Umwelt x Sorte	25	3,47	< 0,0001	0,1727
38 (t = 69 - 83)	Umwelt	5	124,40	< 0,0001	0,7134
	Sorte	5	15,69	< 0,0001	0,0900
	Wiederholung	2	3,42	0,0382	0,0079
	Umwelt x Sorte	25	3,78	< 0,0001	0,1085
Ernte (t = 106 - 120)	Umwelt	5	166,21	< 0,0001	0,6650
	Sorte	5	54,47	< 0,0001	0,2179
	Wiederholung	2	0,67	0,5148	0,0011
	Umwelt x Sorte	25	3,00	0,0002	0,0600

Tab. 19: Befallsstärke von *Cercospora beticola* (BS) zu Beginn ihrer Entwicklung (34. Kalenderwoche) bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20\%$) in Zuckerrüben; 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; t Tage nach Boniturbeginn, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten je Umwelt, $p < 0,05$

t	Sorte	BS	Tukey	t	Sorte	BS	Tukey
Umwelt 5 42	A	4,07	a	Umwelt 12 49	A	3,67	a
	B	2,60	a		B	3,73	a
	C	1,23	a		C	2,53	a
	D	3,03	a		D	2,20	a
	E	4,43	a		E	2,56	a
	F	1,61	a		F	2,03	a
Umwelt 6 41	A	8,67	ab	Umwelt 13 55	A	1,18	a
	B	16,01	a		B	2,29	a
	C	12,34	a		C	0,98	a
	D	8,23	ab		D	1,70	a
	E	3,85	b		E	0,60	a
	F	9,34	ab		F	0,49	a
Umwelt 7 49	A	2,52	ab	Umwelt 14 42	A	1,26	a
	B	3,71	a		B	4,70	a
	C	1,95	ab		C	2,56	a
	D	1,30	b		D	2,68	a
	E	2,94	ab		E	2,09	a
	F	1,00	b		F	2,84	a

Da ein signifikanter Sorteneffekt für die beiden Parameter a und b ausschließlich bei starkem Befall auftrat, wurde eine Varianzanalyse für die, anhand der Wachstumsfunktion errechneten Befallsstärken von *Cercospora beticola* (BS) zu drei exemplarischen Terminen der BS-Entwicklung ausschließlich für Umwelten mit starkem Befall durchgeführt (Tab. 18). Die Termine waren bei noch verhaltenem bzw. zu Beginn des exponentiellen Anstiegs (34. Kalenderwoche), bei steilem Anstieg der Verlaufskurve (38. Kalenderwoche) und zum Zeitpunkt der Ernte (in Abhängigkeit von der Umwelt zwischen 42. und 45. Kalenderwoche). Die Varianzanalyse ergab für die BS an allen drei Terminen einen signifikanten Einfluss von Umwelt, Sorte und deren Interaktion.

Zu Beginn der Entwicklung der Befallsstärke (34. Kalenderwoche) traten nur in den Umwelten 6 und 7 signifikante Unterschiede zwischen den Sorten auf (Tab. 19). Eine Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten deutete sich dabei in beiden Umwelten an. In Umwelt 6 erreichten die anfälligen Sorten B und C eine signifikant höhere BS als die weniger anfällige Sorte E. In Umwelt 7 hatte die anfällige Sorte B eine signifikant höhere BS als die weniger anfälligen Sorten D und F.

Zum Zeitpunkt des steilen Anstiegs der Befallsstärke (38. Kalenderwoche) traten mit Ausnahme der Umwelten 12 und 14 in allen Umwelten signifikante Unterschiede zwischen

Tab. 20: Befallsstärke von *Cercospora beticola* (BS) in der 38. Kalenderwoche bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20\%$) in Zuckerrüben; 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; t Tage nach Boniturbeginn, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten je Umwelt, $p < 0,05$

	t	Sorte	BS	Tukey		t	Sorte	BS	Tukey
Umwelt 5	70	A	15,23	a	Umwelt 12	77	A	9,17	a
		B	11,31	ab			B	9,56	a
		C	5,27	b			C	6,25	a
		D	7,18	ab			D	4,54	a
		E	10,06	ab			E	5,02	a
		F	4,19	b			F	4,33	a
Umwelt 6	69	A	61,43	ab	Umwelt 13	83	A	7,70	ab
		B	85,44	a			B	11,36	a
		C	36,67	bc			C	5,53	ab
		D	47,46	bc			D	4,54	ab
		E	45,64	bc			E	1,71	b
		F	25,82	c			F	1,87	b
Umwelt 7	77	A	11,09	ab	Umwelt 14	70	A	10,58	a
		B	13,69	a			B	20,33	a
		C	6,21	bc			C	10,14	a
		D	6,62	bc			D	11,23	a
		E	7,48	bc			E	7,79	a
		F	3,35	c			F	7,69	a

den Sorten auf (Tab. 20). Die Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten wird dabei bereits deutlicher als in der 34. Kalenderwoche. In Umwelt 5 erreichte die anfällige Sorte A eine signifikant höhere BS als die ebenfalls anfällige Sorte C und die weniger anfällige Sorte F. In den Umwelten 6 und 7 hatte jeweils die anfällige Sorte B eine signifikant höhere BS als die anfällige Sorte C und die weniger anfälligen Sorten D, E und F. Weiterhin unterschied sich in beiden Umwelten die anfällige Sorte A von der weniger anfälligen Sorte F durch eine signifikant höhere BS. In Umwelt 13 hatte die anfällige Sorte B eine signifikant höhere BS als die weniger anfälligen Sorten E und F.

Für die Befallsstärke zur Ernte traten in allen Umwelten signifikante Unterschiede zwischen den Sorten auf (Tab. 21). Die Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten war zumeist deutlich erkennbar. In Umwelt 5 erreichten die anfälligen Sorten A, B und C signifikant höhere BS als die weniger anfälligen Sorten D, E und F. In Umwelt 6 hatten die anfälligen Sorten A und B eine signifikant höhere BS als die weniger anfällige Sorte F. In Umwelt 7 unterschieden sich die anfälligen Sorte A und B von der ebenfalls anfälligen Sorte C und den weniger anfälligen Sorten E und F durch eine signifikant höhere BS. In Umwelt 12

Tab. 21: Befallsstärke von *Cercospora beticola* (BS) zur Ernte bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20\%$) in Zuckerrüben; 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; t Tage nach Boniturbeginn, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten je Umwelt, $p < 0,05$

	t	Sorte	BS	Tukey		t	Sorte	BS	Tukey
Umwelt 5	120	A	70,57	a	Umwelt 12	112	A	25,98	ab
		B	67,61	a			B	26,45	a
		C	68,19	a			C	18,00	ab
		D	38,08	b			D	10,90	b
		E	34,89	b			E	11,51	ab
		F	33,28	b			F	10,70	b
Umwelt 6	106	A	97,29	ab	Umwelt 13	112	A	42,63	ab
		B	99,82	a			B	47,77	a
		C	79,11	bc			C	27,62	bc
		D	87,24	ab			D	12,73	cd
		E	90,95	ab			E	5,08	d
		F	62,79	c			F	7,34	d
Umwelt 7	119	A	62,07	a	Umwelt 14	112	A	82,02	a
		B	56,35	a			B	72,89	ab
		C	28,54	b			C	58,78	abc
		D	45,67	ab			D	55,49	bdc
		E	26,69	b			E	44,07	cd
		F	21,93	b			F	29,04	d

erreichte die anfällige Sorte B eine signifikant höhere BS als die weniger anfälligen Sorten D und F. In Umwelt 13 hatten die anfälligen Sorten A, B und C eine signifikant höhere BS als die weniger anfälligen Sorten E und F. Außerdem unterschieden sich die anfälligen Sorten A und B auch von der weniger anfälligen Sorte D signifikant. In Umwelt 14 erreichten die anfälligen Sorten A und B eine signifikant höhere BS als die weniger anfälligen Sorten E und F. Außerdem hatte Sorte A eine signifikant höhere BS als die weniger anfällige Sorte D.

3.3 Ertrag und Qualität

Die Werte für Rübenenertrag, Zuckergehalt, Standardmelasseverlust und Bereinigten Zuckrertrag (BZE) variierten zwischen den Sorten und den Extrema der Bekämpfungsstrategie (Gesundvariante und unbehandelte Kontrolle) kaum (Abb. 6, Anh. 17-20). Der Kalium-Gehalt wies ebenfalls kaum eine Variation zwischen den Sorten und den Extrema der Bekämpfungsstrategie auf und hatte zudem ebenfalls nur eine geringe Streuung der Einzelwerte (Anh. 16, Anh. 21). Die Werte für Natrium- und α -Amino-Stickstoff-Gehalt hingegen zeigten zwar Variationen zwischen den Sorten und den Bekämpfungsstrategien sowie eine starke Streuung der Einzelwerte (Anh. 16, Anh. 22-23), hatten auf den Standardmelasseverlust jedoch keinen Einfluss. Daher beschränkten sich die näheren Untersuchungen von Ertrag und Qualität auf den relativen BZE, da dieses Merkmal die Ertrags- und Qualitätsparameter zusammenfasst. Die Absolutwerte für die Merkmale Rübenenertrag, Zuckergehalt, Standardmelasseverlust, Kalium-, Natrium-, α -Amino-Stickstoff-Gehalt und BZE sind je Umwelt, Sorte und Bekämpfungsstrategie im Anhang aufgeführt (Anh. 24-31). Analog dazu befinden sich auch die Relativwerte (Gesundvariante = 100) der einzelnen Ertrags- und Qualitätsmerkmale aufgeschlüsselt nach Umwelt, Sorte und Bekämpfungsstrategie im Anhang (Anh. 32-39).

Der BZE differenzierte unabhängig vom Befallsniveau in Bezug auf die Sorte nur geringfügig (Abb. 7, Anh. 40). Mit zunehmendem Befall trat eine stärkere Streuung der Werte auf. Bei der unbehandelten Kontrolle war eine größere Variationsbreite der Werte zu erkennen als bei der einmalig termingenauen Behandlung. Besonders deutlich wurde dies unter starkem Befall. Auffällig war, dass Sorte F bei schwachem Befall erkennbar geringere BZE-Werte mit höherer Streuung erreichte als alle anderen Sorten, mit zunehmendem Befall jedoch das Niveau der anderen Sorten erreichte.

Abb. 6: Rüben-ertrag, Zucker-gehalt, Standardmelasse-verlust und Bereinigter Zucker-ertrag von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien; Gesundvariante = 100, 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; n Anzahl Umwelten

Abb. 7: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien bei unterschiedlich starkem Befall mit *Cercospora beticola*; Gesundvariante = 100, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; BS_{Ernte} Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte, A1T0 einmalig termingerechte Fungizidapplikation bei Erreichen der summarischen Bekämpfungsschwelle, n Anzahl Umwelten

3.3.1 Bereinigter Zuckerertrag bei schwachem Befall

Die Varianzanalyse für den relativen BZE ergab bei schwachem Befall einen signifikanten Einfluss von Sorte, Bekämpfungsstrategie und der Interaktion zwischen Umwelt und Sorte (Tab. 22).

Tab. 22: Varianztabelle für den Bereinigten Zuckerertrag von Zuckerrüben bei schwachem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} < 5\%$); Gesundvariante = 100, 3 Umwelten, 6 Sorten, 2 Bekämpfungsstrategien, Deutschland, 2004 und 2005; FG Freiheitsgrad, F errechneter F-Wert, p Irrtumswahrscheinlichkeit, R^2 Bestimmtheitsmaß, GD Grenzdifferenz

Merkmal	Varianzursache	FG	F	p	R^2	GD
Bereinigter Zuckerertrag relativ zu Gesund	Umwelt (U)	2	0,56	0,5762	0,0072	
	Sorte (S)	5	4,82	0,0008	0,1565	5,5306
	Bekämpfungsstrategie (B)	1	11,05	0,0014	0,0718	2,1735
	Wiederholung	2	4,03	0,0220	0,0524	
	U x S	10	3,16	0,0022	0,2051	11,8230
	U x B	2	1,33	0,2722	0,0172	
	S x B	5	0,32	0,8982	0,0105	
	U x S x B	10	0,38	0,9534	0,0244

Abb. 8: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) bei schwachem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} < 5\%$); Gesundvariante = 100, 3 Umwelten, 6 Sorten, 2 Bekämpfungsstrategien, Deutschland, 2004 und 2005; A1T0 einmalig termingenaue Fungizidapplikation bei Erreichen der summarischen Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle, n Anzahl Beobachtungswerte, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey, $p < 0,05$

Abb. 9: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* in verschiedenen Umwelten mit schwachem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} < 5\%$); Gesundvariante = 100, 3 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005; n Anzahl Beobachtungswerte, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten je Umwelt, Tukey, $p < 0,05$

Signifikant unterschied sich nur Sorte F von den beiden ebenfalls weniger anfälligen Sorten D und E sowie von der anfälligen Sorte B durch einen etwa 5 % geringeren relativen BZE (Abb. 8). Die Variante mit einmaliger termingenauer Behandlung wies einen um etwa 4 % signifikant höheren relativen BZE als die unbehandelte Kontrolle auf.

Signifikante Sortenunterschiede in den einzelnen Umwelten traten nur zwischen den Sorten mit dem höchsten und dem niedrigsten relativen BZE auf (Abb. 9). Sorte F erreichte dabei in allen Umwelten einen bis etwa 15 % geringeren relativen BZE als alle anderen Sorten.

3.3.2 Bereinigter Zuckerertrag bei mittlerem Befall

Die Varianzanalyse für den relativen BZE ergab bei mittlerem Befall einen signifikanten Einfluss von Umwelt, Sorte, Bekämpfungsstrategie und Interaktion zwischen Umwelt und Sorte (Tab. 23).

Signifikante Unterschiede traten nur zwischen den Umwelten 2 und 3 auf (Abb. 10), die sich um etwa 3 % unterschieden. Die Sorte F unterschied sich signifikant von der anfälligen Sorte B und der weniger anfälligen Sorte D durch einen bis etwa 5 % geringeren relativen BZE. Die zweimalig termingenauere Behandlung gegen Blattkrankheiten, aber auch die einmalig termingenauere und die einmalig 14 Tage verzögerte Behandlung wiesen einen bis etwa 7 % signifikant höheren relativen BZE als die unbehandelte Kontrolle auf.

Tab. 23: Varianztabelle für den Bereinigten Zuckerertrag von Zuckerrüben bei mittlerem Befall mit *Cercospora beticola* (BS_{Ernte} 5 - 20 %); Gesundvariante = 100, 3 Umwelten, 6 Sorten, 5 Bekämpfungsstrategien, Deutschland, 2004 und 2005; FG Freiheitsgrad, F errechneter F-Wert, p Irrtumswahrscheinlichkeit, R^2 Bestimmtheitsmaß, GD Grenzdifferenz

Merkmal	Varianzursache	FG	F	p	R^2	GD
Bereinigter Zuckerertrag relativ zu Gesund	Umwelt (U)	2	5,59	0,0044	0,0376	2,3441
	Sorte (S)	5	3,65	0,0036	0,0613	4,0410
	Bekämpfungsstrategie (B)	4	7,56	< 0,0001	0,1016	3,5287
	Wiederholung	2	2,77	0,0652	0,0186	
	U x S	10	2,08	0,0280	0,0700	8,4238
	U x B	8	1,05	0,4002	0,0282	
	S x B	20	0,27	0,9994	0,0180	
	U x S x B	40	0,49	0,9950	0,0665

Abb. 10: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben in verschiedenen Umwelten, Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und Bekämpfungsstrategien (BKST) bei mittlerem Befall mit *Cercospora beticola* (BS_{Ernte} 5 - 20 %); Gesundvariante = 100, 3 Umwelten, 6 Sorten, 5 Bekämpfungsstrategien, Deutschland, 2004 und 2005; A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle, n Anzahl Beobachtungswerte, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey, $p < 0,05$

Signifikante Sortenunterschiede traten nur in den beiden Umwelten 2 und 9 auf (Abb. 11). Dabei erreichte in Umwelt 2 nur Sorte B einen um bis etwa 10 % signifikant höheren relativen BZE als die ebenfalls anfällige Sorte A und die weniger anfällige Sorte F. In Umwelt 9 unterschied sich nur Sorte F signifikant von der anfälligen Sorte B und der ebenfalls weniger anfälligen Sorte D durch einen um bis etwa 9 % geringeren relativen BZE.

Abb. 11: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* in verschiedenen Umwelten mit mittlerem Befall mit *Cercospora beticola* (BS_{Ernte} 5 - 20 %); Gesundvariante = 100, 3 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005; n Anzahl Beobachtungswerte, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten je Umwelt, Tukey, $p < 0,05$, n.s. nicht signifikant

3.3.3 Bereinigter Zuckerertrag bei starkem Befall

Die Varianzanalyse für den relativen BZE ergab bei starkem Befall einen signifikanten Einfluss der Umwelt, der Sorte und der Bekämpfungsstrategie sowie der Interaktion zwischen Umwelt und Sorte und zwischen Umwelt und Bekämpfungsstrategie (Tab. 24).

Tab. 24: Varianztabelle für den Bereinigten Zuckerertrag von Zuckerrüben bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20$ %); Gesundvariante = 100, 4 Umwelten, 6 Sorten, 5 Bekämpfungsstrategien, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; FG Freiheitsgrad, F errechneter F-Wert, p Irrtumswahrscheinlichkeit, R^2 Bestimmtheitsmaß, GD Grenzdifferenz

Merkmal	Varianzursache	FG	F	p	R^2	GD
Bereinigter Zuckerertrag relativ zu Gesund	Umwelt (U)	3	35,64	< 0,0001	0,1528	2,6634
	Sorte (S)	5	5,32	0,0001	0,0380	3,6223
	Bekämpfungsstrategie (B)	4	22,30	< 0,0001	0,1275	3,1636
	Wiederholung	2	3,68	0,0266	0,0105	
	U x S	15	5,51	< 0,0001	0,1182	11,0430
	U x B	12	5,34	< 0,0001	0,0916	8,2880
	S x B	20	0,88	0,6125	0,0252	
	U x S x B	60	1,12	0,2763	0,0959

Abb. 12: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben in verschiedenen Umwelten, Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und Bekämpfungsstrategien (BKST) bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20\%$); Gesundvariante = 100, 4 Umwelten, 6 Sorten, 5 Bekämpfungsstrategien, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle, n Anzahl Beobachtungswerte, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey, $p < 0,05$

Umwelt 6 unterschied sich durch einen um bis etwa 10 % geringeren relativen BZE signifikant von allen anderen Umwelten (Abb. 12). Umwelt 12 erreichte zudem einen um etwa 4 % höheren relativen BZE als Umwelt 14. Die anfälligen Sorten A, B und C unterschieden sich nicht voneinander. Sorte A und B waren signifikant von der weniger anfälligen Sorte F verschieden, die einen bis etwa 4 % geringeren relativen BZE erreichte. Die weniger anfällige Sorte E hatte einen etwa 6 % signifikant höheren relativen BZE als die ebenfalls weniger anfällige Sorte F. Die unbehandelte Kontrolle wies einen um bis etwa 10 % signifikant geringeren relativen BZE auf als die Bekämpfungsstrategien mit ein- oder zweimaliger Behandlung. Die zweimalig termingenauere Behandlung hatte einen bis etwa 5 % signifikant höheren relativen BZE als die drei Bekämpfungsstrategien mit einmaliger Behandlung. Signifikante Unterschiede zwischen den Bekämpfungsstrategien mit einmaliger termingenauer und verzögerter Behandlung wurden nicht festgestellt.

Signifikante Sortenunterschiede traten nur in den Umwelten 6, 13 und 14 auf (Abb. 13). In Umwelt 6 unterschied sich Sorte F von den Sorten A, C und E durch einen bis etwa 12 % signifikant geringeren relativen BZE. Signifikante Unterschiede wurden auch zwischen den

Abb. 13: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* in verschiedenen Umwelten mit starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$); Gesundvariante = 100, 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; n Anzahl Beobachtungswerte, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten je Umwelt, Tukey, $p < 0,05$, n.s. nicht signifikant

anfälligen Sorten B und C festgestellt. In Umwelt 13 hatte die anfällige Sorte A einen bis etwa 13 % signifikant geringeren relativen BZE als die weniger anfälligen Sorten E und F. Die weniger anfällige Sorte E unterschied sich zudem von allen anfälligen und der weniger anfälligen Sorte D signifikant. In Umwelt 14 waren nur die beiden anfälligen Sorten A und B von den beiden weniger anfälligen Sorten D und F durch einen bis etwa 12 % signifikant höheren relativen BZE verschieden.

Signifikante Unterschiede zwischen den Bekämpfungsstrategien traten nur in den Umwelten 6, 13 und 14 auf (Abb. 14). In Umwelt 6 wies die unbehandelte Kontrolle einen um bis etwa 22 % signifikant geringeren relativen BZE auf als die Bekämpfungsstrategien mit ein- oder zweimaliger Behandlung. Die zweimalig termingenauere Behandlung unterschied sich zudem signifikant von den drei Bekämpfungsstrategien mit einmaliger Behandlung durch einen um bis etwa 13 % höheren relativen BZE. Zwischen den Bekämpfungsstrategien mit einmaliger Behandlung wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. In Umwelt 13 hatte die unbehandelte Kontrolle keinen signifikant geringeren relativen BZE als die behandelten Bekämpfungsstrategien. Die zweimalig termingenauere Behandlung und die einmalig 28 Tage verzögerte Behandlung unterschieden sich im relativen BZE signifikant von der einmalig termingenauen Behandlung um bis etwa 6 %. In Umwelt 14 wies die unbehandelte Kontrolle

Abb. 14: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) in Umwelten mit starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20\%$); Gesundvariante = 100, 4 Umwelten, 5 Bekämpfungsstrategien, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, n Anzahl Beobachtungswerte, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Bekämpfungsstrategien je Umwelt, Tukey, $p < 0,05$, n.s. nicht signifikant

einen bis etwa 14 % signifikant geringeren relativen BZE als die zweimalig termingenaue und die einmalig termingenaue Behandlung auf. Die zweimalig termingenaue Behandlung unterschied sich zudem von der einmalig 28 Tage verzögerten Behandlung signifikant durch einen etwa 9 % höheren relativen BZE.

3.4 Zusammenhang zwischen dem Bereinigten Zuckerertrag und der Befallsintensität

3.4.1 Bereinigter Zuckerertrag und Befallsstärke zur Ernte

Die anfälligen Sorten A, B und C erreichten Befallsstärken von *Cercospora beticola* zur Ernte (BS_{Ernte}) bis etwa 90 % (Abb. 15). Die weniger anfälligen Sorten D, E und F hingegen erreichten maximal 75 % BS_{Ernte} . Die weniger anfälligen Sorten D, E und F zeigten im relativen Bereinigten Zuckerertrag (BZE) eine größere Streuung der Werte. Vor allem bei mittlerer BS_{Ernte} erreichten diese Sorten noch einen BZE um bis zu 100 %, was dem BZE ohne Befall (Gesundvariante) entsprach. Bei den anfälligen Sorten A, B und C traten dagegen ab einer BS_{Ernte} von etwa 40 % keine Einzelwerte mehr auf, die das Niveau der Gesundvariante erreichten. Das Bestimmtheitsmaß R^2 war deshalb bei den weniger

Abb. 15: Beziehung zwischen der Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte (BS_{Ernte}) und dem Bereinigten Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben; Gesundheitsvariante = 100, 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; *, **, *** signifikant bei $p < 0,05$; 0,01; 0,001, Sorten A-C sind anfällig, Sorten D-F sind weniger anfällig für *Cercospora beticola*

anfälligen Sorten kleiner als bei den anfälligen, was darauf hindeutet, dass der Zusammenhang zwischen relativem BZE und BS_{Ernte} bei den anfälligen Sorten enger ist. Insgesamt nahm der relative BZE mit zunehmender BS_{Ernte} bei allen Sorten ab. Der Zusammenhang zwischen dem relativen BZE und der BS_{Ernte} war unabhängig von der Anfälligkeit bei allen Sorten sehr ähnlich. Der Anstieg der Regressionsgeraden lag bei den Sorten A, C, D, E und F zwischen -0,11 und -0,17, bei der Sorte B jedoch bei -0,24. Das bedeutet, dass diese Sorte mit einer etwas stärkeren Reduktion des relativen BZE auf den Befall mit *Cercospora beticola* reagierte. Aufgrund der sich überschneidenden Konfidenzintervalle für den Anstieg der Funktionen waren signifikante Sortenunterschiede für den Zusammenhang zwischen relativem BZE und BS_{Ernte} jedoch nicht anzunehmen (Anh. 41). Anhand der Irrtumswahrscheinlichkeit p ist zu erkennen, dass für alle Sorten ein lineares Modell angenommen werden konnte, bei den weniger anfälligen Sorten jedoch auf einem geringeren Signifikanzniveau.

3.4.2 Bereinigter Zuckerertrag und area under disease progress curve

Die anfälligen Sorten A und B erreichten eine area under disease progress curve (AUDPC) bis etwa 800 % Wochen und damit die höchsten Werte (Abb. 16). Die weniger anfälligen Sorten D und E hatten eine AUDPC von maximal 600 % Wochen. Die anfällige Sorte C und die weniger anfällige Sorte F erreichten eine AUDPC bis etwa 450 % Wochen und damit die geringsten Werte. Die weniger anfälligen Sorten D, E und F sowie die anfällige Sorte C zeigten im relativen Bereinigten Zuckerertrag (BZE) eine größere Streuung der Werte. Vor allem bei höherer AUDPC bis etwa 250 % Wochen erreichten diese Sorten noch einen BZE um 100 %, was identisch war mit dem BZE ohne Befall (Gesundvariante). Bei den anfälligen Sorten A und B traten dagegen mit zunehmender AUDPC Einzelwerte von etwa 100 % BZE nicht mehr auf. Das Bestimmtheitsmaß R^2 variierte zwischen den Sorten erheblich. Sorte B erreichte mit 0,74 das höchste R^2 , während es bei allen anderen Sorten zum Teil deutlich unter 0,50 lag. Damit scheint der Zusammenhang zwischen relativem BZE und AUDPC bei Sorte B enger als bei den anderen Sorten. Mit zunehmender AUDPC nahm der relative BZE bei allen Sorten ab. Der Zusammenhang zwischen dem relativen BZE und der AUDPC war unabhängig von der Anfälligkeit bei allen Sorten sehr ähnlich. Der Anstieg der Regressionsgeraden lag bei allen Sorten zwischen -0,02 und -0,04 und war somit nahezu identisch. Auch aufgrund der sich überschneidenden Konfidenzintervalle für den Anstieg der Funktionen waren signifikante Sortenunterschiede für den Zusammenhang zwischen relativem BZE und AUDPC nicht anzunehmen (Anh. 42). Anhand der Irrtumswahrscheinlichkeit p ist zu erkennen, dass für alle Sorten das lineare Modell angenommen werden konnte.

Abb. 16: Beziehung zwischen der area under disease progress curve von *Cercospora beticola* (AUDPC) und dem Bereinigten Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben; Gesundvariante = 100, 14 Umwelten, 6 Sorten, 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; *, **, *** signifikant bei $p < 0,05$; 0,01; 0,001, Sorten A-C sind anfällig, Sorten D-F sind weniger anfällig für *Cercospora beticola*

4. Diskussion

4.1 Versuchsfragen und methodischer Ansatz

Der integrierte Pflanzenschutz (IPS) ist definiert als die Kombination von Verfahren, bei denen unter vorrangiger Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt wird (PFLSCHG 1998).

Der integrierte Ansatz zur Regulierung von Blattkrankheiten in Zuckerrüben sieht bisher als wesentliche Komponente die Entwicklung von Bekämpfungsschwellensystemen für den Fungizideinsatz vor, welche die Befallsdichte wiedergeben, bei der ein Erreichen der wirtschaftlichen Schadensschwelle durch gezielte Bekämpfungsmaßnahmen verhindert werden kann (HEITEFUß 2000). Aber auch die Nutzung von Prognosemodellen, die in Abhängigkeit von individuellen Standort- und Anbaufaktoren Vorhersagen darüber treffen können, wann Bekämpfungsschwellen erreicht werden, ist in diesem Zusammenhang von Bedeutung (RACCA und JÖRG 2003).

Heute ist vor allem der Anbau resistenter Sorten zur Regulierung von Blattkrankheiten im Rahmen des IPS interessant. Die Kombination hoher Resistenz bei gleichem Leistungspotential unter Nichtbefall wie mittelanfällige Sorten ist für den Anbau resistenter Sorten sowohl in quantitativer als auch qualitativer Hinsicht (HEITEFUß 2000) wichtigste Voraussetzung. Auch wenn vor einigen Jahren weniger anfällige Sorten noch nicht das Leistungsniveau der anfälligen Sorten unter Nichtbefall erreichten, existieren mittlerweile bereits „neue“ weniger anfällige Zuckerrübensorten, die diesen Anforderungen gerecht werden (BSA 2005).

Da in den Wert- und Sortenprüfungen epidemiologische Untersuchungen nicht oder nur eingeschränkt durchgeführt werden können, ist bislang unbekannt, wie die Sorten auf einen Befall mit *Cercospora beticola* in ihrem spezifischen Befallsverlauf reagieren. Die Frage nach sortenspezifischen Bekämpfungsschwellensystemen für die „neuen“ weniger anfälligen Sorten lässt sich daher anhand der Ergebnisse aus den Wert- und Sortenprüfungen nicht klären, sondern bedarf ausführlicher epidemiologischer Studien (OSSENKOP et al. 2006).

Neben Untersuchungen von WOLF und VERREET in den 1990er Jahren an „alten“ weniger anfälligen Sorten wurde die Epidemiologie von *Cercospora beticola* nur unter Starkbefallsbedingungen in Italien und nach künstlicher Inokulation in monozyklischen Gewächshausversuchen untersucht (ROSSI 2000), woraus die Komponenten der „rate-reducing resistance“ abgeleitet wurden (ROSSI et al. 1997, 1999, 2000a), deren Bedeutung für in Deutschland angebaute Sorten bislang unbekannt ist.

Ziel dieser Arbeit war es daher, den Epidemieverlauf von *Cercospora beticola* an unterschiedlich anfälligen Zuckerrübensorten und dessen Konsequenzen für sortenspezifische Bekämpfungsschwellensysteme zu beschreiben.

In Abhängigkeit vom Zeitpunkt des Erstauftritts und dem Ausmaß der Krankheitsentwicklung verursacht *Cercospora beticola* eine Reduktion des Rübenenertrages und des Zuckergehaltes und hat zudem einen Einfluss auf die melassebildenden Nichtzuckerstoffe (WOLF et al. 1998a, ROSSI et al. 2000b). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollte daher zusätzlich eine Analyse der Ertrags- und Qualitätsmerkmale unterschiedlich anfälliger Zuckerrübensorten nach Befall mit Blattkrankheiten vorgenommen und anschließend Befalls-Verlust-Relationen abgeleitet werden.

Auf der Grundlage einer umfangreichen für Deutschland repräsentativen Datenbasis sollten folgende Versuchsfragen beantwortet werden:

- Wie unterscheidet sich der Epidemieverlauf von *Cercospora beticola* bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit?
- Welche Unterschiede bestehen zwischen Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit hinsichtlich der Befalls-Verlust-Relation?
- Lassen sich sortenspezifische Bekämpfungsschwellensysteme für den Fungizideinsatz in Zuckerrüben ableiten?

Dazu wurden in den Jahren 2004 und 2005 Feldversuche in insgesamt 14 Umwelten (Standort x Jahr) angelegt. Geprüft wurden sechs Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und acht Bekämpfungsstrategien (unbehandelte Kontrolle, Gesundvariante mit mehrmaliger statischer Fungizidbehandlung, sechs Bekämpfungsstrategien nach Bekämpfungsschwellensystem). Die Fungizidbehandlungen waren mit Ausnahme der Gesundvariante am summarischen Bekämpfungsschwellensystem 5/15/45 % Befallshäufigkeit (BH) nach LANG (2004) orientiert und erfolgten termingenau (beim Überschreiten der Bekämpfungsschwelle), 14 und 28 Tage verzögert (nach Überschreiten der Bekämpfungsschwelle) als Erstbehandlung (ohne Folgebehandlungen) und als Zweitbehandlung (erste Applikation einheitlich termingenau). Erfasst wurden regelmäßig ab Ende Juni die BH und die Befallsstärke (BS) der pilzlichen Blattkrankheiten getrennt nach Schaderreger, woraus die area under disease progress curve (AUDPC) berechnet wurde. Im Wesentlichen dominierte der Erreger *Cercospora beticola*. Nach der Ernte wurden Rübenenertrag, Zuckergehalt und die Gehalte an Kalium, Natrium und α -Amino-Stickstoff erfasst und daraus der Standardmelasseverlust und der Bereinigte Zuckerertrag errechnet. Abschließend wurden die Daten zu Epidemiologie und Bereinigtem Zuckerertrag in Beziehung gesetzt, um zu klären, ob Befalls-Verlust-Relationen und Bekämpfungsschwellensysteme sortenspezifisch beschrieben werden können.

4.1.1 Versuchsanlage und Bestandesführung

Die Versuche der vorliegenden Arbeit wurden als vollständig randomisierte Blockanlage in Anlehnung an BÄTZ et al. (1987) angelegt. Da der Einzelschätzwert innerhalb einer Umwelt

(Standort x Jahr) in Zuckerrübenversuchen an Bedeutung verliert (BÜCHSE 1999), wurde die Anzahl Wiederholungen auf drei reduziert, die Anzahl Umwelten hingegen auf 14 erhöht. Die nur selten auftretende Signifikanz des Faktors Wiederholung bei der statistischen Auswertung bestätigte dieses Vorgehen. Zudem wurde durch Handvereinzeln eine optimale Bestandesdichte für jede Parzelle eingestellt, um den Versuchsfehler bei gleichzeitiger Minimierung der Wiederholungsanzahl gering zu halten.

Für Rüben werden Parzellen mit mindestens drei Reihen empfohlen (VON LOCHOW und SCHUSTER 1961), da die Aussaat- und Erntetechnik zumeist auf dreireihige Versuche ausgelegt ist. Die Versuche der eigenen Arbeit umfassten pro Parzelle sechs Reihen, wovon drei innere Reihen zur Kernbeerntung und drei äußere Randreihen zur Vermeidung von Nachbarschaftseffekten dienten (BÜCHSE 1999). Mit einer Erntefläche von 10 m² konnte der geforderte Stichprobenumfang für die Ertragsbestimmung von 80 Rüben pro Wiederholung (BEIß und VON MÜLLER 1974) gewährleistet werden.

Die Bestandesführung erfolgte in allen Umwelten praxisüblich. In einigen Umwelten wurde zusätzlich beregnet, um den Infektionsdruck von *Cercospora beticola* zu erhöhen (SKARACIS et al. 1996). Möglicherweise hätte eine Beregnung aller Umwelten die Anzahl stark befallener Umwelten erhöht. Allerdings wurden auch die Umwelten 2, 4 und 9 beregnet und erreichten dennoch keine Starkbefallssituation.

4.1.2 Umwelten

Als Umwelt wird in Anlehnung an WRICKE (1965) die Kombination von Standort und Jahr verstanden. In Abhängigkeit von der Umwelt, insbesondere der Witterung, kann eine *Cercospora*-Epidemie sehr unterschiedlich verlaufen (MISCHKE 1960, WOLF et al. 2001b). Begünstigend wirken dabei vor allem Tagestemperaturen zwischen 27 und 30°C in Zusammenhang mit hohen Nachttemperaturen und einer relativen Luftfeuchte zwischen 98 und 100 % (VON PLOTHO 1951, RADEMACHER 1952, FRANSEN 1956a, 1956b, BLEIHOLDER und WELTZIEN 1971, 1972a, WALLIN und LOONAN 1971, 1972, WOLF et al. 2001b). Beeinflusst wird der Befall mit *Cercospora beticola* aber auch durch acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen wie Fruchtfolge und Bestandesführung (RIECKMANN und STECK 1995). Die Bodenbearbeitung hingegen ist nach PRINGAS und MÄRLÄNDER (2004) für einen *Cercospora*-Befall bedeutungslos. Der Anbau resistenter Sorten kann eine Epidemie verzögern und in Abhängigkeit vom Befallsdruck sogar nahezu eindämmen (WOLF 2002). Für die Untersuchung der Epidemiologie von *Cercospora beticola* an unterschiedlich anfälligen Sorten und der Auswirkungen eines Befalls auf Ertrag und Qualität ist daher eine Variation unterschiedlicher Befallssituationen erforderlich (KELBER 1977b).

Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit sollten daher in Umwelten mit natürlichem *Cercospora*-Befall durchgeführt werden, wobei der Befallsdruck von schwach bis stark

variieren sollte. Dazu wurden Umwelten in typischen Befallslagen des Rheingrabens, der Donauniederung und zusätzlich Niederösterreichs (BLEIHOLDER und WELTZIEN 1972b, HOLTSCHULTE 2000), aber auch in Regionen mit einem starken Vorjahresbefall in 2003 ausgewählt, da nach MITTLER et al. (2004a) Blattkrankheiten nicht nur regional, sondern bundesweit auftreten. In den Untersuchungen trat ein starker natürlicher Befall in beiden Jahren nur in den Umwelten der typischen Befallsregionen auf. Mittlerer und schwacher Befall traten ausschließlich außerhalb dieser Regionen auf. Die Regionalisierung von Starkbefallsgebieten konnte somit bestätigt werden. Nach MITTLER et al. (2004a) können jedoch in allen deutschen Rübenanbaugebieten Blattkrankheiten stark auftreten, so dass eine entsprechende Regionalisierung nicht möglich wäre. Dies gilt sicherlich für Jahre mit starkem Befallsdruck, kann jedoch auf Jahre mit gemäßigttem Befallsdruck wie 2004 und 2005 nicht übertragen werden.

Landwirtschaftliche Feldversuche werden oft an verschiedenen Orten und bzw. oder in verschiedenen Jahren durchgeführt, da Ergebnisse aus Einzelversuchen mitunter erheblich variieren und erst die Auswertung einer Versuchsserie brauchbare Informationen über die Prüfglieder liefert (GEIDEL 1970, 1971). Dabei kann es sinnvoll sein, Einzelversuche verschiedener Orte oder Umwelten in homogene Gruppen einzuteilen (PETERSEN 1994). Das Gruppierungsmerkmal sollte sich aus der Versuchfrage ableiten. Um prüfgliedtypische Reaktionen auf die Umwelten ausschließen zu können, darf die Interaktion zwischen Umwelt und Prüfglied innerhalb einer Gruppe nicht signifikant sein (HAUFE und GEIDEL 1978).

In der vorliegenden Arbeit war die Gruppierung von Umwelten mit ähnlicher Befallsintensität sinnvoll. Als Gruppierungskriterium wurde die Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte (BS_{Ernte}) herangezogen, da dieses Merkmal einen Eindruck von der Befallssituation der jeweiligen Umwelt liefern kann. Zunächst wurden Umwelten mit einer BS_{Ernte} unter 5 % als schwach befallen zusammengefasst, da dieser Wert als die wirtschaftliche Schadensschwelle beschrieben wurde (WOLF et al. 1998a). Da die BS_{Ernte} jedoch nicht die Befallsituation der gesamten Vegetationsperiode widerspiegelt, wurde für die weitere Gruppierung die area under disease progress curve (AUDPC) genutzt (DANIELSEN et al. 2001). Dabei ergab sich, dass Umwelten mit einer AUDPC über 112 % Wochen ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) aufgrund fehlender Interaktionen zwischen Umwelt und Sorte als stark befallen zusammengefasst werden konnten. Bei den restlichen Umwelten traten zwar bei der iterativen Verrechnung jeder Umwelt mit allen anderen Umwelten stets Wechselwirkungen auf, dennoch wurden diese Umwelten als mittel befallen ($BS_{\text{Ernte}} 5 - 20 \%$) zusammengefasst.

Die Gruppierung der Umwelten mit starkem Befall war sinnvoll, da die Analyse von Befalls- sowie Ertrags- und Qualitätsparametern in dieser Gruppe deutliche Variationen zwischen den Untersuchungsfaktoren zeigte. Bei der Gruppe mit mittlerem Befall deuteten sich diese jeweils nur an, während die Ergebnisse bei schwachem Befall keine Aussagen bezüglich der

Beantwortung der Versuchsfragen ermöglichen. Fraglich ist daher, ob die Umwelten mit schwachem und mittlerem Befall nicht zu einer Gruppe zusammengefasst werden könnten. Auch die Analyse von Einzelversuchen einer Versuchsserie, wie bei WOLF (2002), kann eine Möglichkeit der Auswertung sein, dabei ist jedoch nicht auszuschließen, dass ungerichtete Prüfgliedeffekte eher auf die jeweiligen Umweltbedingungen zurückzuführen sind (HAUFE und GEIDEL 1978). Eine Gruppierung von Umwelten, insbesondere bei umfangreichen Versuchsserien, sollte daher stets angestrebt werden.

4.1.3 Sorten

Der Anbau resistenter Sorten ist ein wesentlicher Baustein zur integrierten Regulierung von Blattkrankheiten bei Zuckerrüben. Die Resistenz ist definiert als grundsätzliche Befähigung einer Pflanze, den Befall mit Schaderregern abzuwehren (AUST et al. 1991). Demgegenüber ist die Toleranz die Fähigkeit einer Pflanze, einen Schaderregerbefall ohne größere Einbuße an Leistungsfähigkeit bei gleicher Belastungsintensität zu überstehen als eine sensible Pflanze. Die Resistenz wird über die Anfälligkeit und die Toleranz über die Höhe von Ertragsverlusten beurteilt.

Das auch heute noch verwendete *Cercospora*-resistente Sortenmaterial geht vermutlich auf die Kreuzung von Wild- und Kulturrüben zurück, die MUNERATI bereits in den 1920er Jahren in Italien durchführte (MUNERATI 1920, KOCH 1970, BIANCARDI 1999). Resistenz gegenüber *Cercospora beticola* ist quantitativ (ROSSI et al. 1997), polygen und beruht auf der additiven Wirkung von vier bis fünf Major-Genen, wobei die genaue Anzahl der beteiligten Gene bislang unbekannt ist (SAITO 1966, SMITH und GASKILL 1970, WEILAND und KOCH 2004).

Die dabei wirkenden Resistenzfaktoren sind ebenfalls bis heute kaum bekannt. Als mechanische Wirkmechanismen wurden von FEINDT et al. (1981a) unterschiedlich starke Zellwandanlagerungen sowie das Auftreten extrazellulären Materials im gesamten Infektionsbereich beschrieben. Auch eine unterschiedliche Stomataaktivität wurde in diesem Zusammenhang genannt (FEINDT et al. 1981b), die jedoch von SAITO (1966), SCHLÖSSER (1969), SOLEL und MINZ (1971) und LIEBER (1982) nicht bestätigt werden konnte. Weiterhin wurde der stomatale Tropismus von *Cercospora beticola* als Resistenzfaktor vermutet (RATHAIAH 1977). Dass sich eine geringere Anfälligkeit erst mit zunehmendem Pflanzenalter manifestiert, wurde von FEINDT et al. (1981b) angenommen, da in ihren Untersuchungen unabhängig vom Resistenzgrad innerhalb einer Pflanze auf jüngeren Blättern Konidienkeimung, Hyphenwachstum und Penetrationsrate im Vergleich zu älteren Blättern signifikant erhöht waren. SKARACIS und BIANCARDI (2000) hingegen behaupten, dass junge Blätter immun gegen Infektionen mit dem Pilz sind, was auch erklären würde, warum Symptome zunächst an älteren Blättern auftreten und erst im weiteren Befallsverlauf auf jüngere Blätter übergreifen, wobei die Herzblätter in der Regel verschont bleiben (RIECKMANN und STECK 1995).

Weiterhin wird einer Vielzahl chemischer Substanzen, die in Zuckerrübenblättern natürlich vorkommen, zugeschrieben, das Pilzwachstum auf resistenten Pflanzen zu behindern (SKARACIS und BIANCARDI 2000). Neben pilztoxischen Saponinen (SCHLÖSSER 1969), Polyphenolen (MAAG et al. 1967) sowie einer höheren Aktivität der Enzyme Peroxidase und Orthodiphenol-Oxidase (RAUTELA und PAYNE 1970) werden in diesem Zusammenhang auch die als Phytoalexine vorkommenden Isoflavone Betagarin und Betavulgarin (JOHNSON et al. 1976 zitiert in WOLF 2002, MARTIN 1990) genannt. Aber auch Pilzwachstum hemmende cysteinhaltige Proteine (KRAGH et al. 1995) sowie Proteine mit Chitinase- (NIELSEN et al. 1993) und Glucanase-Aktivität (GOTTSCHALK et al. 1998) und Reaktionen gegen die vom Pilz produzierten Toxine oder deren Wirkung (SKARACIS und BIANCARDI 2000) können nicht ausgeschlossen werden. Nach ROSSI (2000) zeichnet sich Resistenz gegenüber *Cercospora beticola* epidemiologisch vor allem durch eine reduzierte Infektionsrate, eine verlängerte Latenzzeit und eine verkürzte Infektionsperiode aus, was als Komponenten der „rate-reducing resistance“ beschrieben wurde (ROSSI et al. 1997, 1999, 2000a).

Molekulargenetische Untersuchungen ermöglichten in jüngster Zeit mittels Markeranalyse die Lokalisierung von Resistenzgenen (GAO 2000), wodurch eine zunehmende Charakterisierung der beteiligten Gene gelang. Die Entdeckung von quantitative trait loci (QTL) an verschiedenen Chromosomen (NILSSON et al. 1999, SCHÄFER-PREGL et al. 1999, SETIAWAN 1999, KOCH und JUNG 2000, SETIAWAN et al. 2000) stellte dabei einen wichtigen Schritt für die künftige „molekulare“ Züchtung dar (WEILAND und KOCH 2004). Dadurch wurde die Kombination von *Cercospora*-Resistenz und hoher Leistung bei gleichzeitiger Toleranz gegen Rizomania möglich (SETIAWAN et al. 2000).

Die ersten weniger anfälligen Zuckerrübensorten hatten zwar eine hohe Resistenz gegenüber *Cercospora beticola*, die Leistung unter Nichtbefall war bei diesen Sorten gegenüber mittelanfälligen Sorten hingegen deutlich reduziert (MECHELKE 2000, OSSENKOP et al. 2002). Durch intensive Züchtungsarbeit konnte dieser Zusammenhang zwischen höherer Resistenz und minderer Leistung bereits weitestgehend eliminiert werden, so dass mittlerweile „neue“ weniger anfällige Sorten mit annähernd gleichem Leistungspotential wie mittelanfällige Sorten existieren (BSA 2005).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden sechs Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* untersucht. Die beiden Sorten A und B waren als mittel anfällig, die Sorte C als mittel bis stark anfällig und die Sorten D, E und F als gering anfällig eingestuft (BSA 2005). Entsprechend den eigenen Ergebnissen bezüglich der Befallsstärke zur Ernte der sechs Sorten in stark befallenen Umwelten kann die grundsätzliche Unterscheidung zwischen den anfälligen (A, B, C) und den weniger anfälligen Sorten (D, E, F) bestätigt werden. Jedoch erreichte die mittel bis stark anfällige Sorte C jeweils geringere Befallsstärken als die beiden mittel anfälligen Sorten A und B, so dass die Unterteilung zwischen

den anfälligen Sorten nicht mit der Einstufung des Bundessortenamtes übereinstimmte. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit von Starkbefallssituationen, um die Anfälligkeit von Sorten gegenüber Krankheiten sicher beurteilen zu können (RUPPEL und GASKILL 1971).

Bezüglich der Einschätzung der Leistung wurden die beiden weniger anfälligen Sorten D und E gezielt ausgewählt, da diese dem „neuen“ Sortentyp mit annähernd gleicher Leistung unter Nichtbefall wie anfällige Sorten angehören. Bei der ebenfalls weniger anfälligen Sorte F handelte es sich um den „alten“ Sortentyp mit geringerer Leistung unter Nichtbefall. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit war eine Untersuchung von absoluten Ertragsdaten nicht sinnvoll, da nicht die Vorzüglichkeit einzelner Sorten, sondern vielmehr die Reaktionen im Ertrag auf einen *Cercospora*-Befall dargestellt werden sollte. Deshalb wurde ausschließlich der Bereinigte Zuckerertrag (BZE) relativ zur Gesundvariante (siehe Kapitel 2.8) der jeweiligen Sorte dargestellt, jedoch ist eine drei- bis viermalige Fungizidbehandlung in der Praxis nicht üblich (MERKES et al. 2003). Auch in der Wert- und Sortenprüfung ist es üblich, die Differenz einer Sorte im BZE zwischen einer statisch behandelten (= 100) und einer unbehandelten Stufe darzustellen. Dieser Wert wird auch als Toleranzzahl bezeichnet (OSSENKOP et al. 2004, 2006).

4.1.4 Bekämpfungsstrategien

Eine Regulierung von Blattkrankheiten wird bereits seit Anfang des 19. Jahrhunderts und auch heute noch vorwiegend durch die Applikation von Fungiziden erreicht (GROßE-HERRENTHEY 2001). Eine Vorzüglichkeit einzelner Pflanzenschutzmittel war bisher kaum nachweisbar (WOLF und VERREET 2001, MITTLER et al. 2002, 2004b). Deshalb wurde im Rahmen dieser Arbeit mit nur einem bzw. in der Gesundvariante aus zulassungsrechtlichen Gründen mit zwei Pflanzenschutzmitteln gearbeitet (siehe Kapitel 2.3).

Neben dem Auftreten fungizidresistenter *Cercospora*-Stämme (GEORGOPOULOS und DOVAS 1973, RUPPEL et al. 1976, RUPPEL und PETERSEN 1977, GIANNOPOLITIS 1978, GIANNOPOLITIS und CHRYSAYI-TOKOUSRALIDES 1980, PERCICH et al. 1985, RÖßNER 1996, CAMPBELL et al. 1998, IOANNIDIS und KARAOGLANIDIS 2000, KARAOGLANIDIS et al. 2001, WEILAND und HALLOIN 2001, KARAOGLANIDIS und THANASSOULOPOULOS 2002, KARAOGLANIDIS et al. 2002, KARAOGLANIDIS et al. 2003) machten es vor allem die Forderungen des IPS (PFLSCHG 1998) notwendig, Strategien zur Reduktion des Fungizideinsatzes zu nutzen und weiter zu entwickeln. Solche Strategien sind insbesondere im Anbau resistenter Sorten und in der Entwicklung von Bekämpfungsschwellensystemen sowie deren Kombination zu sehen (HEITEFUß 2000).

In der vorliegenden Arbeit wurden aus diesem Grund verschiedene Bekämpfungsstrategien geprüft. Neben den Standardvarianten unbehandelt (keine Behandlung) und gesund (drei- bis viermalige statische Behandlung) wurden auch Bekämpfungsstrategien getestet, die am

summarischen Bekämpfungsschwellensystem 5/15/45 % Befallshäufigkeit (BH) (LANG 2004) orientiert waren. Dabei werden die pilzlichen Blattkrankheiten *Cercospora beticola*, *Erysiphe betae*, *Ramularia beticola* und regional auch *Uromyces betae* zusammen erfasst und die Bekämpfungsentscheidung kalenderorientiert anhand der BH gefällt, so dass neben dem Befallswert auch die zeitliche Komponente berücksichtigt wird. Eine Behandlung wird durchgeführt, wenn bis 31. Juli 5 von 100 Blättern des mittleren Blattapparates einen Befall mit zumindest einer Blattkrankheit aufweisen. Ab 1. August gilt ein erhöhter Schwellenwert von 15 % und ab dem 15. August von 45 % BH kranker Blätter, wobei letzterer Wert auch für etwaige Folgebehandlungen gilt.

Bei den geprüften Bekämpfungsstrategien erfolgte die Behandlung termingenau bei Erreichen der Bekämpfungsschwellen sowie 14 und 28 Tage nach Schwellenüberschreitung. Die schwellenorientierten Bekämpfungsstrategien galten sowohl für die einmalige Behandlung als auch für etwaige Zweitbehandlungen (Erstbehandlung in dem Fall einheitlich termingenau). Die verzögerten Bekämpfungsstrategien wurden im Projekt integriert, um gegebenenfalls sortenspezifisch Bekämpfungsschwellensysteme ableiten zu können oder zumindest Aussagen zum Verhalten weniger anfälliger Sorten auf „verspätete“ Fungizidbehandlungen zu erhalten, um letztlich zu klären, inwieweit diese Sorten einen höheren Befall „abpuffern“ können.

Die verzögerten Strategien der Zweitbehandlung wurden aufgrund des sehr späten bzw. standortabhängig gar nicht auftretenden Befalls nur unvollständig durchgeführt und konnten daher nicht ausgewertet werden. Zudem wurden in Abhängigkeit von dem Befallsdruck, der Umwelt und der Sorte 14 bzw. 28 Tage nach Schwellenüberschreitung mitunter sehr unterschiedliche Befallsintensitäten (Befallshäufigkeit und Befallsstärke) erreicht. Die zeitliche Staffelung von Behandlungsterminen war zwar zur Ableitung sortenspezifischer Reaktionen geeignet, im Rahmen eines sortenspezifischen Bekämpfungsschwellensystems für die Definition spezifischer Schwellenwerte jedoch nicht praktikabel.

4.1.5 Befallserhebung

Die Überprüfung von Resistenz- und Ertragsleistung neuer und bereits zugelassener Sorten erfolgt in Deutschland in umfangreichen, bundesweiten Versuchsserien koordiniert durch das Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ). Die Resistenz bzw. Anfälligkeit wird dabei mit Hilfe eines neunstufigen Boniturschemas (Note 1 = keine Symptome, Note 9 = nahezu abgestorbener Blattapparat) über die Symptomausprägung am Blatt zum Zeitpunkt der größten Sortendifferenzierung beurteilt (OSSENKOP et al. 2004). Diese Boniturmethode ist an die erweiterte neunstufige KWS-Skala mit Beurteilung am Einzelblatt oder an der Gesamtpflanze angelehnt (KLEINWANZLEBENER SAATZUCHT 1970), da die Beurteilung von Merkmalsausprägungen in der Beschreibenden Sortenliste einheitlich für alle Fruchtarten neun Stufen

umfasst. Nach SHANE und TENG (1992) ist diese Boniturmethode zur Ableitung von Befalls-Verlust-Relationen jedoch, aufgrund fehlender exakter Definition der einzelnen Stufen der Skalierung, insbesondere im Bereich geringer Befallsintensität ungeeignet. Ebenfalls auf Grundlage der KWS-Skala wurde die sogenannte Agronomica-Skala in Italien entwickelt, welche vorwiegend zur Erhebung von Befallsdaten als Grundlage von computergestützten Prognosesystemen genutzt wird (BATTILANI et al. 1990). Daneben kann aber auch die Befallsstärke als prozentualer Anteil befallener Blattfläche jedes einzelnen Blattes einer Pflanze geschätzt werden (VERREET et al. 1996, WOLF und VERREET 1997, WEIS 1998, WOLF et al. 1998a, WOLF et al. 2001a), woraus sich die Befallsstärke der Gesamtpflanze errechnen lässt. WINDELS et al. (1998) bonitierten nach der Spot Percentage scale von JONES und WINDELS (1991), wobei die Befallsstärke an 100 älteren Blättern verschiedener Rübenpflanzen beim kreuzförmigen Durchschreiten eines Bestandes geschätzt wird. In Anlehnung an dieses Schema wurde auch die 100-Blatt-Rupfmethode nach WOLF und VERREET (2002) entwickelt, bei der die prozentuale Befallsstärke an 100 zufällig ausgewählten Blättern des mittleren Blattapparates verschiedener Rübenpflanzen geschätzt wird. Nach VEREIJSEN et al. (2003) sind letztere Methoden zwar zeitaufwändiger, erfassen den Befallsgrad jedoch genauer, während die Nutzung von Skalen den Vorteil der besseren Reproduzierbarkeit hat. Unabhängig von der angewandten Methode ist die genaue Kenntnis der Symptome und das exakte Erkennen der Krankheit am wichtigsten.

In der vorliegenden Arbeit wurde die simulierte 100-Blatt-Rupfmethode in Anlehnung an WOLF und VERREET (2002) zur Befallsbonitur der vier Blattkrankheiten *Cercospora beticola*, *Erysiphe betae*, *Ramularia beticola* und *Uromyces betae* angewandt, wonach 100 Blätter aus dem mittleren Blattapparat verschiedener Pflanzen entnommen und auf Befall mit Blattkrankheiten bonitiert werden. In den eigenen Untersuchungen wurden die Blätter jedoch nicht „gerupft“, sondern verblieben an der Pflanze, um den Einfluss eines zusätzlichen wöchentlichen Blattverlustes zu minimieren. In den drei Wiederholungen wurden dabei insgesamt 100 Blätter pro Versuchsglied (entsprechend 33 bzw. 34 Blätter pro Parzelle) untersucht. Die Bonituren wurden innerhalb einer Umwelt jeweils von derselben Person durchgeführt, so dass der Fehler innerhalb des Einzelversuches minimiert wurde. Fraglich ist, ob die Variation der Bonitурwerte zwischen den Umwelten hätte reduziert werden können, wenn in allen Umwelten dieselbe Person bonitiert hätte. Dies war aus technischen Gründen jedoch nicht möglich, da die Umwelten zum Teil räumlich stark voneinander getrennt waren. Für eine quantitative Beschreibung von Sortenreaktionen war die Variation der Boniteure zudem bedeutungslos. Eine Überprüfung der Schätzgenauigkeit aller Boniteure beispielsweise durch digitale Bildprogramme wurde nicht vorgenommen, jedoch wurden sie mittels eines computergestützten Schätzprogramms (RACCA et al. 1992) trainiert. Die eindeutige Erkennung der Krankheiten wurde zwar in einem Boniturseminar vor Beginn der Erhebungen

im Juni 2004 geübt, dies konnte jedoch nicht verhindern, dass *Cercospora beticola* in den Umwelten 2 und 3 mit der gleichzeitig aufgetretenen *Ramularia beticola* verwechselt wurde, was zu einer Verfälschung der Befallsstärke von *Cercospora beticola* führte. Aufgrund der insgesamt jedoch geringen Entwicklung der Befallsstärke in diesen Umwelten war dies für die Aussagen der Arbeit nicht relevant. Daher ist es ratsam, Blattflecken stichprobenartig nach vorheriger Inkubation in einer feuchten Kammer mikroskopisch zu untersuchen und eine sichere Unterscheidung beider Krankheiten anhand der unterschiedlich gefärbten Konidienträger vorzunehmen.

Insgesamt war die Wahl der simulierten 100-Blatt-Rupfmethode für die eigenen Untersuchungen praktikabel, da in Abhängigkeit von der Befallssituation deutliche Sortenunterschiede erkennbar waren. Unter schwachem und mittlerem Befall war dies zwar nur bedingt gegeben, eine andere Erhebungsmethodik hätte aber vermutlich auch keine deutlicheren Unterschiede zwischen den Sorten in der Befallsstärke und der daraus berechneten area under disease progress curve von *Cercospora beticola* ermöglicht.

4.2 Epidemieverlauf bei Sorten unterschiedlicher Anfälligkeit

Unter einer Epidemie wird das gehäufte Auftreten bzw. die örtliche Konzentration einer Infektionskrankheit innerhalb eines begrenzten Zeitintervalls verstanden (GÄUMANN 1951). Eine Epidemie kann charakterisiert werden durch die Entwicklung der Befallshäufigkeit (BH) und der Befallsstärke (BS). Die BH beschreibt die Ausbreitung eines Erregers im Bestand und bezieht sich auf die Übertragung des Erregers von Pflanze zu Pflanze, bei meist sehr geringer BS (WOLF und VERREET 1997). Ein Prozent BH ist bereits erreicht, sobald nur eine von einhundert untersuchten Pflanzen einen Fleck auf einem Blatt aufweist. Die Entwicklung der BH wird als erste Phase einer *Cercospora*-Epidemie verstanden. Nach der Verbreitung der Krankheit im Bestand schließt sich die Entwicklung der BS als nächste Phase an. Die BS beschreibt den prozentualen Anteil befallener Blattfläche und damit die Schadorelevanz des Erregers. Die dadurch verursachten Ertrags- und Qualitätsverluste gehen auf die BS zurück (MITTLER et al. 2004a, GAURILČIKIENĖ et al. 2006).

Unter deutschen Anbaubedingungen wurden umfangreichere epidemiologische Untersuchungen zum Befall mit *Cercospora beticola* an unterschiedlich anfälligen Zuckerrübensorten bislang nur in den 1990er Jahren von WOLF und VERREET durchgeführt (beschrieben in WOLF 2002). In diesen Versuchen wurde vor allem *Cercospora*-resistentes Sortenmaterial aus Italien geprüft, da dieses nur in Südeuropa existierte, jedoch nicht an die mitteleuropäischen Anbaubedingungen angepasst war (PFLEIDERER 1997). Dieses italienische Zuchtmaterial war bis etwa 1995 genetische Basis für die Einführung rizomaniatoleranter Sorten. Die Notwendigkeit sehr hoher *Cercospora*-Resistenz für die Starkbefallsgebiete Italiens bei gleichzeitig zu tolerierender und dort bedeutungsloser geringerer Leistung ohne Befall entsprach jedoch nicht den deutschen Anforderungen (MECHELKE 2000). In Deutschland

herrscht zumeist ein schwacher oder mittlerer Befall mit *Cercospora beticola*, so dass Sorten benötigt werden, die ein ausgewogenes Gleichgewicht zwischen Resistenz und Leistung ohne Befall vereinen (MÄRLÄNDER et al. 2003). Die Resistenz von Zuckerrübensorten wurde zudem in den 1990er Jahren durch das Bundessortenamt noch nicht überprüft, so dass für den deutschen Rübenanbau keine Sorten mit bekannt geringerer Anfälligkeit zur Verfügung standen. Nach 1995 wurden zur Regulierung von Rizomania Sorten eingesetzt, die dem „üblichen“ auf Mitteleuropa ausgerichteten Genpool entsprachen. In diesem Genpool erfolgte ab den 1990er Jahren zunehmend eine Selektion auf *Cercospora*-Resistenz bei gleichzeitig hoher Ertragsleistung auch unter Nichtbefall (MECHELKE 2000).

Die von WOLF und VERREET untersuchten weniger anfälligen Sorten zeichneten sich durch einen späteren Befallsbeginn und eine verzögerte Entwicklung der Krankheit (BH und BS) gegenüber anfälligen Sorten aus (WOLF und VERREET 1997). GAURILČIKIENĖ et al. (2006) konnten diese Ergebnisse unter litauischen Anbaubedingungen bestätigen, wobei vermutlich ein ähnlicher, weniger anfälliger Sortentyp geprüft wurde wie von WOLF und VERREET in den 1990er Jahren in Deutschland. Eine mathematisch-statistische Analyse von *Cercospora*-Epidemien anhand logistischer Wachstumsfunktionen, insbesondere hinsichtlich des unterschiedlichen Erreichens der fixen Bekämpfungsschwellen, fehlte jedoch in diesen epidemiologischen Studien. Für die eigenen Untersuchungen galt es daher zu überprüfen, inwieweit Unterschiede in der Entwicklung von BH und BS bei anfälligen, weniger anfälligen „alten“ und weniger anfälligen „neuen“ Sorten bestehen und wie sich diese auf den Epidemieverlauf von *Cercospora beticola* und den Zeitpunkt des Erreichens von Schwellenwerten auswirken.

4.2.1 Entwicklung der Befallshäufigkeit kranker Blätter

Nach MISCHKE 1960, WOLF und VERREET 1997 und WOLF et al. 2001b sind erste Symptome von *Cercospora beticola* unter deutschen Anbaubedingungen frühestens Ende Juni, keinesfalls jedoch vor Reihenschluss zu erwarten, da erst danach ein pilzförderndes Bestandesklima entsteht. Daher wurde der Boniturbeginn für die eigenen Untersuchungen auf Ende Juni/Anfang Juli festgelegt. Zu diesem Zeitpunkt waren die Versuche weitestgehend symptomfrei, was bestätigt, dass der Boniturbeginn richtig gewählt wurde. Der Befallsbeginn variierte in Abhängigkeit von der Umwelt mitunter erheblich. Die Entwicklung der BH kranker Blätter folgte einem sigmoiden Verlauf bis auf Werte von 100 % und war in allen Sorten und fast allen Umwelten sehr ähnlich.

Durch Anpassung einer Wachstumsfunktion an die erhobenen Bonitурwerte für die BH kranker Blätter konnte eine Analyse der Signifikanz etwaiger Sortenunterschiede hinsichtlich des Erreichens der drei Schwellenwerte des summarischen Bekämpfungsschwellensystems 5/15/45 % BH durchgeführt werden. Dazu wurde eine logistische Wachstumsfunktion

ausgewählt, da diese den Befallsfortschritt sigmoider Verlaufskurven am besten beschreibt (VAN DER PLANK 1963) und im Vergleich zu anderen Funktionsanpassungen zudem das höchste Bestimmtheitsmaß und die kleinste Irrtumswahrscheinlichkeit über alle Umwelten und Sorten aufwies (Anh. 7-9). Während des Iterationsvorganges wurden zunächst die beiden Parameter a (Startwert der Funktion bzw. BH zu Beginn der BH-Entwicklung) und b (Wachstumsrate) geschätzt. Für die Wachstumsrate konnten dabei unabhängig vom Befallsniveau der Umwelt varianzanalytisch keine Sortenunterschiede festgestellt werden. Dies zeigt, dass die Ausbreitung von Blattkrankheiten im Bestand bei anfälligen und weniger anfälligen Sorten ähnlich ist. Für den Startwert der Funktion konnte über alle Umwelten sowie bei Umwelten mit schwachem und mit mittlerem Befall ein signifikanter Einfluss von Umwelt, Sorte und deren Interaktion nachgewiesen werden. Da es nicht Ziel dieser Arbeit war, Umwelteffekte abzubilden, sondern vielmehr Sortenunterschiede zu untersuchen, wurde ausschließlich der Einfluss der Sorte über alle Umwelten einer Befallsgruppe bzw. in den einzelnen Umwelten überprüft. Dabei konnte jedoch in keinem Fall eine eindeutige Differenzierung zwischen den Sorten ermittelt werden. Durch Auflösen der Wachstumsfunktion wurden die Zeiträume errechnet, die für das Erreichen der Schwellenwerte des summarischen Bekämpfungsschwellensystems benötigt wurden. Dies ermöglichte im Anschluss eine varianzanalytische Überprüfung, ob eindeutige Unterschiede zwischen den Sorten insbesondere hinsichtlich ihrer Anfälligkeit für *Cercospora beticola* im Erreichen der Schwellenwerte bestehen. Dabei traten zwar sowohl bei schwachem als auch bei mittlerem und starkem Befall ungerichtete signifikante Sortenunterschiede für das Erreichen aller drei Schwellenwerte auf, eine eindeutige Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten war hingegen nicht erkennbar.

Somit ist die von RACCA et al. (2006) geäußerte Vermutung, dass sich die BH und damit die Ausbreitung der Krankheiten im Bestand unabhängig von der Anfälligkeit einer Sorte sehr ähnlich entwickelt, erstmalig mathematisch-statistisch nachgewiesen worden. Die Ergebnisse von WOLF und VERREET (1997), die eine verzögerte Entwicklung der BH bei weniger anfälligen gegenüber anfälligen Sorten feststellten, lässt sich auf Sorten neueren Typs somit nicht übertragen. Zudem traten selbst bei starkem Befall, also unter Bedingungen, die für das Pilzwachstum besonders günstig sind und eine Resistenzreaktion entsprechend sichtbar sein müsste, keine signifikanten Effekte der Sorte auf, d. h. die BH zu Beginn der Ausbreitung des Pilzes war in diesen Umwelten bei anfälligen Sorten nicht höher als bei weniger anfälligen Sorten. Die Annahme, dass die Sortenresistenz besonders zur frühen epidemischen Phase wirksam ist (WOLF 2002), gilt daher für diesen Typus weniger anfälliger Sorten nicht. Auch ein späterer Befallsbeginn und eine zögerlichere Entwicklung der BH bei weniger anfälligen Sorten, wie von WOLF und VERREET (1997) beobachtet, kann für „neue“ weniger anfällige Sorten auf Grundlage der eigenen Untersuchungen nicht mehr angenommen

werden, was sich auch mit Aussagen von MITTLER et al. (2003) und RACCA et al. (2006) deckt. Bereits PUNDHIR und MUKHOPADHYAY (1987) sowie ROSSI und BATTILANI (1987 zitiert in ROSSI 2000) stellten fest, dass die Entwicklung einer *Cercospora*-Epidemie einem sigmoiden Verlauf folgt. Die eigenen Ergebnisse zeigen, dass der sigmoide Verlauf der BH unabhängig von der Anfälligkeit für alle Sorten zutrifft.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Höhe der BH zu Beginn ihrer Entwicklung unabhängig von der Sortenanfälligkeit ähnlich war und somit nicht als Merkmal geringerer Anfälligkeit dienen kann. Die Entwicklung der BH sowie deren Beginn war bei anfälligen und weniger anfälligen Sorten ähnlich. Bekämpfungsschwellen wurden unabhängig von der Anfälligkeit einer Sorte zu nahezu einheitlichem Termin erreicht.

4.2.2 Entwicklung der Befallsstärke von *Cercospora beticola*

Die Entwicklung der BS von *Cercospora beticola* folgt nach PUNDHIR und MUKHOPADHYAY (1987) sowie ROSSI und BATTILANI (1987 zitiert in ROSSI 2000) ebenfalls einem sigmoiden Verlauf und beginnt zunächst mit einer Phase geringen Anstiegs, wobei die für Neuinfektionen verfügbare Inokulummenge den Krankheitsfortschritt begrenzt. Anschließend folgt eine Phase mit exponentiellem Anstieg und als letzte Phase verlangsamt sich die Entwicklung der Befallsstärke wieder und erreicht letztlich den Maximalwert (ROSSI 2000).

In den eigenen Untersuchungen entwickelte sich die BS kontinuierlich auf Werte bis 80 % und variierte in ihrer Entwicklung zwischen den Umwelten stark. Allein in Umwelt 6 wurde im Gegensatz zu allen anderen Umwelten bereits sehr früh der Maximalwert von 100 % erreicht, die BS nahm nachfolgend jedoch aufgrund verstärkten Blattneuaustriebs wieder ab. Der sigmoide Verlauf der gesamten BS-Entwicklung war somit nur in Umwelt 6 bei Nichtberücksichtigung des Blattneuaustriebs erkennbar. Eine Variation der Sorten trat bei einer BS von unter 10 % kaum auf. Erst mit zunehmender BS wurden Sortenunterschiede bezüglich der Anfälligkeit deutlich. Um eine eindeutige Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten zu ermöglichen, wurde ebenfalls, wie bei der Untersuchung der BH, eine logistische Wachstumsfunktion an die Boniturwerte für das Merkmal BS angepasst (VAN DER PLANK 1963). In Umwelten mit schwachem und mittlerem Befall waren dadurch weder signifikante noch eindeutige Sortenunterschiede zu erkennen, da die Befallsstärke auf zu geringem Niveau verblieb (siehe Kapitel 3.2.3). In Umwelten mit starkem Befall war hingegen die verzögerte Entwicklung der BS bei den weniger anfälligen gegenüber den anfälligen Sorten deutlich zu erkennen, indem die Werte der anfälligen Sorten während des gesamten Beobachtungszeitraumes über den Werten der weniger anfälligen Sorten lagen. Für die während des Iterationsvorganges geschätzten Parameter a (Startwert der Funktion bzw. BS zu Beginn der BS-Entwicklung) und b (Wachstumsrate) konnten signifikante Sorteneffekte

nur bei starkem Befall festgestellt werden. Damit verhält sich der Parameter a für das Merkmal BS konträr zum Merkmal BH.

Im Anschluss an den Iterationsvorgang wurde anhand der logistischen Wachstumsfunktion die Höhe der BS der sechs Sorten zu drei Terminen errechnet. Die Termine lagen bei beginnendem Anstieg (34. Kalenderwoche) und bei stärkerem Anstieg der BS (38. Kalenderwoche) sowie zum Zeitpunkt der Ernte (zwischen 42. und 45. Kalenderwoche). Da eine sichere Beurteilung der Resistenz unter Feldbedingungen nur unter ausreichend hohem Infektionsdruck möglich ist (ADAMS und MÄRLÄNDER 1996) und zudem signifikante Sorteneffekte für die geschätzten Parameter a (Startwert der Funktion bzw. Beginn der BS-Entwicklung) und b (Wachstumsrate) nur bei starkem Befall auftraten, wurde ein Mittelwertvergleich für die BS zu diesen drei Terminen ausschließlich für Umwelten mit starkem Befall durchgeführt. Zum Zeitpunkt des beginnenden Anstiegs der BS war keine eindeutige Differenzierung der Sorten hinsichtlich der Anfälligkeit zu erkennen, zumal nur in zwei der sechs Umwelten überhaupt signifikante Unterschiede zwischen den Sorten hinsichtlich der Höhe der BS auftraten. Zum Zeitpunkt eines steilen Anstiegs erreichten die anfälligen Sorten in vier Umwelten tendenziell eine höhere BS als die weniger anfälligen Sorten, wobei Signifikanz zumeist nur zwischen einer anfälligen und einer weniger anfälligen Sorte auftrat. Zur Ernte erreichten die anfälligen Sorten in allen Umwelten eine deutlich höhere BS als die weniger anfälligen Sorten. In einzelnen Umwelten war die BS zur Ernte (BS_{Ernte}) bei den anfälligen Sorten um bis zu 60 % höher als bei den weniger anfälligen Sorten. Signifikante Unterschiede traten dabei vor allem zwischen den anfälligen Sorten A und B und den weniger anfälligen Sorten auf.

Die Betrachtung der BS_{Ernte} in Umwelten mit schwachem Befall ergab keine Variation zwischen den Sorten (siehe Kapitel 3.1.3). Bei mittlerem Befall deutete sich in den Umwelten 8 und 9 eine Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten bezüglich ihrer Anfälligkeit für *Cercospora beticola* an. In den Umwelten 2 und 3 erreichten die beiden weniger anfälligen Sorten D und E die höchste BS_{Ernte} , jedoch handelte es sich dabei nicht um eine Infektion mit *Cercospora beticola*, sondern um eine zu spät erkannte Mischinfektion mit *Ramularia beticola*, wobei letztgenannte dominierte.

Epidemiologische Studien von WOLF und VERREET (1997), ROSSI (2000), GAURILČIKIENĖ et al. (2006) und RACCA et al. (2006), nach denen Sortenunterschiede bezüglich der Anfälligkeit erst mit zunehmender BS deutlich werden, können durch die eigenen Ergebnisse bestätigt werden. Der von PUNDHIR und MUKHOPADHYAY (1987) sowie ROSSI und BATTILANI (1987 zitiert in ROSSI 2000) beschriebene sigmoide Verlauf der BS-Entwicklung konnte hingegen nur andeutungsweise festgestellt werden, da in den meisten Umwelten die BS-Entwicklung zu gering war oder ein Blattneuaustrieb auftrat. Fraglich ist daher, inwieweit ein Blattneuaustrieb bei epidemiologischen Untersuchungen mit erfasst werden sollte. Bei der 100-Blatt-

Rupfmethode als einer Form der Befallserhebung werden nur Blätter des mittleren Blattapparates bonitiert, was eine Befallsstärkeschätzung insbesondere erschwert, wenn nur ältere bzw. abgestorbene und jüngere, weniger befallene Blätter existieren und ein mittlerer Blattapparat krankheitsbedingt nicht mehr vorhanden ist, was unter sehr starkem Befall durchaus vorkommt. Die deutlich verzögerte Entwicklung der BS auf weniger anfälligen Sorten unter starkem Befallsdruck wurde von ROSSI (2000) bereits bei italienischem Sortenmaterial beobachtet. Diese Sorten entsprachen auch etwa den von WOLF und VERREET in den 1990er Jahren untersuchten „alten“ weniger anfälligen Sorten, die ebenfalls eine verzögerte Entwicklung der BS in den Starkbefallsgebieten Süddeutschlands aufwiesen. Anhand der eigenen Untersuchungen unter deutschen Anbaubedingungen mit unterschiedlich starkem Befall können diese Ergebnisse auch auf in Deutschland zugelassene „neue“ weniger anfällige Sorten übertragen werden.

Erklären lässt sich die verzögerte Entwicklung der BS durch die Komponenten der „rate-reducing resistance“ (ROSSI et al. 1997, 1999, 2000a, ROSSI 2000). Diese äußern sich vor allem durch eine reduzierte Infektionsrate, eine verlängerte Latenzzeit sowie eine verkürzte Infektionsperiode. Begründet wird dies damit, dass auf resistenten Pflanzen weniger und kleinere Läsionen erscheinen, in denen eine geringere Anzahl Sporen gebildet wird, die zudem kürzer, dünner und weniger stark septiert sind und somit eine geringere Infektionseffizienz aufweisen. Konidien, die auf resistenten Pflanzen gebildet werden, benötigen eine längere Inkubations- und auch Konidiationsperiode, wobei nach Untersuchungen von RACCA et al. (2006) ein Sorteneinfluss auf die Konidiationsperiode nicht festgestellt werden konnte. Verwunderlich erscheint hingegen, dass die während der Iteration geschätzte Wachstumsrate bei anfälligen Sorten nicht signifikant höher war als bei weniger anfälligen Sorten, obwohl nach VAN DER PLANK (1968) dies bei Verlängerung der Latenzzeit und der Infektionsperiode zu erwarten ist. Tendenziell hatten die weniger anfälligen Sorten zwar eine geringere Wachstumsrate als die anfälligen Sorten, dies war aber nur im Einzelfall signifikant und könnte darauf zurückgeführt werden, dass der Starkbefall in den untersuchten Umwelten zumeist erst sehr spät einsetzte und zudem bei weitem nicht dem Starkbefall unter italienischen Bedingungen entsprach.

Bezüglich der BS_{Ernte} spiegelte sich die Einstufung der Sortenanfälligkeit (BSA 2005) bei schwachem Befall nicht, bei mittlerem Befall tendenziell und bei starkem Befall deutlich wider. Auch in Untersuchungen von WOLF (2002) war bei schwachem Befallsdruck die BS_{Ernte} bei allen Sorten gering und eine unterschiedliche Sortenresistenz nicht erkennbar. Bei mittlerem Befallsdruck war die Entwicklung der Befallsstärke auf resistenten Sorten nahezu unterbunden, während anfällige Sorten eine BS_{Ernte} von 15-30 % erreichten. Bei starkem Befallsdruck erreichten die anfälligen Sorten eine BS_{Ernte} von über 50 %, während die resistenten Sorten nur eine BS_{Ernte} bis 15 % aufwiesen. Die beiden Umwelten mit der sehr spät

erkannten Mischinfektion bei mittlerem Befall verdeutlichen, dass die geringere Anfälligkeit von Sorten gegenüber *Cercospora beticola* nicht gleichzeitig mit einer geringeren Anfälligkeit für den ebenfalls Blattflecken hervorrufenden Erreger *Ramularia beticola* kombiniert sein muss. Zur Beurteilung der Resistenz gegenüber einzelnen Erregern ist somit eine exakte Diagnose erforderlich.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Differenzierung zwischen den Sorten hinsichtlich ihrer Anfälligkeit erst im Verlauf der Entwicklung der BS erkennbar wird und zudem nur unter stärkerem Befallsdruck Unterschiede zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten deutlich werden. Unter natürlichen Befallsbedingungen kann das Merkmal BS_{Ernte} durchaus zur Beurteilung der Anfälligkeit von Sorten dienen, sofern der Befallsdruck ausreichend stark ist. Dies wird jedoch aufgrund der starken Witterungsabhängigkeit unter natürlichen Bedingungen in Deutschland nur schwer gewährleistet. Durch die breite Variation an BS_{Ernte} -Werten von niedrig bis hoch sind die Voraussetzungen zur Ableitung von Befalls-Verlust-Relationen (KELBER 1977b) anhand dieses Merkmals gegeben. Somit hat sich die Testung an einer hohen Anzahl Umwelten bewährt.

4.2.3 Area under disease progress curve

Die Erfassung der area under disease progress curve (AUDPC) bietet gegenüber der Befallsstärke zur Ernte (BS_{Ernte}) den Vorteil, dass der gesamte Befallsverlauf in einer Größe zusammengefasst wird (VAN DER PLANK 1963). Zudem wird dadurch ermöglicht, Änderungen, die durch umweltbedingte Fluktuationen hervorgerufen werden, mit zu erfassen (DANIELSEN et al. 2001). Nach WOLF (2002) eignet sich dieser Wert vor allem zur Überprüfung der Effizienz von Fungizidbehandlungen in Abhängigkeit vom Applikationstermin, während JEGER (2004) darauf hinweist, dass die AUDPC auch geeignet ist, die quantitative Resistenz von Pflanzen gegenüber pilzlichen Blattkrankheiten zu erfassen.

In der vorliegenden Arbeit war in Umwelten mit schwachem Befall eine Differenzierung der Sorten in der AUDPC bezüglich ihrer Anfälligkeit für den Erreger nicht erkennbar. Bei mittlerem Befall deutete sich in den Umwelten 8 und 9, ähnlich wie bei der BS_{Ernte} , eine Differenzierung der Sorten an. In den Umwelten 2 und 3 war aufgrund der Mischinfektion von *Cercospora beticola* und *Ramularia beticola* in den Sorten D und E auch die AUDPC falsch eingeschätzt, jedoch insgesamt niedrig. In Umwelten mit starkem Befall erreichten die anfälligen Sorten A und B jeweils deutlich höhere AUDPC-Werte als die weniger anfälligen Sorten. Im Gegensatz zur BS_{Ernte} war die AUDPC bei den anfälligen Sorten nur in Umwelt 13 drei- bis viermal höher als bei den weniger anfälligen Sorten. Die Sorte C als ebenfalls anfällige Sorte hatte zumeist eine geringere AUDPC als die beiden anderen anfälligen Sorten und lag in den meisten Umwelten eher auf dem Niveau der weniger anfälligen Sorten, während die BS_{Ernte} dieser Sorte zumeist ähnlich hoch war wie bei den anfälligen Sorten.

Ähnlich wie für das Merkmal BS_{Ernte} scheint auch für die AUDPC ein stärkerer Befallsdruck nötig, um Sortenunterschiede sicher ableiten zu können. Im Gegensatz zu Untersuchungen von WOLF und VERREET (2002), bei denen die wirtschaftliche Schadensschwelle von BS_{Ernte} bis 5 % mit einer AUDPC bis 1 % Tage gleichzusetzen war, variierte die AUDPC in den eigenen Untersuchungen bis zu einer BS_{Ernte} von 5 % zwischen 0,5 und 26 % Wochen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass bei wöchentlicher Bonitur die Angabe in % Wochen für die AUDPC sinnvoller ist, während die Angabe in % Tagen eine tägliche Befallserhebung suggeriert.

Bei starkem Befall waren die geringeren AUDPC-Werte der anfälligen Sorte C gegenüber den beiden anderen anfälligen Sorten bei ähnlich hoher BS_{Ernte} besonders auffällig. Der Grund dafür mag in dem etwas verspäteten Befallsbeginn sowie der anfangs etwas zögerlicheren Entwicklung der Befallsstärke von *Cercospora beticola* bei dieser Sorte liegen. Auch KELBER (1977a) weist daraufhin, dass ein früh einsetzender, aber niedrig bleibender Befall die gleiche AUDPC bedingen kann wie ein später, aber starker Befall.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten zwar insgesamt anhand der AUDPC zu erkennen war, jedoch nicht so deutlich wie bei der BS_{Ernte} . Eine sichere Beurteilung der Anfälligkeit von Sorten gegenüber *Cercospora beticola* scheint daher nur über die Betrachtung beider Merkmale gegeben. Daher ist die Beobachtung des gesamten Krankheitsverlaufes für die Beurteilung der Resistenz sowohl in Sortenprüfungen als auch in der Züchtung entscheidend (SKARACIS und BIANCARDI 2000). Aufgrund des enormen Zeitaufwandes ist dieses jedoch im Rahmen der Wert- und Sortenprüfung nicht möglich. Ob spezielle Versuche mit künstlicher Inokulation, die einen sicheren Befall gewährleisten, für epidemiologische Studien im Rahmen der Selektion sowie der Wert- und Sortenprüfung nutzbar sein könnten, muss in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

4.3 Ertrag und Qualität

Der Zuckerrübenanbau erfolgt in erster Linie zur Erzeugung von Zucker, daher sind die Leistungsmerkmale Rübenenertrag, Zuckergehalt und Gehalt qualitätsmindernder Inhaltsstoffe des Ernteproduktes von besonderer Bedeutung (HOFFMANN 2006). Als qualitätsmindernde Inhaltsstoffe der Zuckerrübe gelten vor allem die Melassebildner Kalium, Natrium und α -Amino-Stickstoff. Diese ergeben über die Braunschweiger Formel den Standardmelasseverlust (BUCHHOLZ et al. 1995). Neben Rübenenertrag, Zuckergehalt und Standardfabrikverlust (festgelegt auf 0,6) geht der Standardmelasseverlust in die Berechnung des Bereinigten Zuckerertrages (BZE) ein (MÄRLÄNDER et al. 2003).

Der BZE kann als Ergebnis während der Entwicklung der Zuckerrübe ablaufender Reaktionsmechanismen angesehen werden und hängt im Wesentlichen von den während der Ertragsbildung herrschenden Umweltbedingungen ab (GEISLER 1981). Neben der Witterung spielt

dabei der Befall mit Krankheiten eine entscheidende Rolle. Den größten Einfluss hat bei den pilzlichen Blattfleckenerregern *Cercospora beticola*, welcher nicht nur eine Reduktion des Rübenenertrages und des Zuckergehaltes bewirkt, sondern auch einen Anstieg der Melassebildner verursacht, woraus letztlich ein geringerer BZE resultiert (WOLF et al. 1995, ROSSI et al. 2000b). SMITH und RUPPEL (1971) wiesen zudem einen Einfluss eines *Cercospora*-Befalls auf Lagerungsverluste nach, wobei die Sortenanfälligkeit ebenfalls eine Rolle spielte. KENTER et al. (2006) hingegen konnten einen eindeutigen Effekt auf die Lagerungsfähigkeit nicht feststellen.

Um Unterschiede zwischen den Sorten deutlich zu zeigen, wurde in der vorliegenden Arbeit die Variation der Merkmale Rübenenertrag, Zuckergehalt, Standardmelasseverlust, Kalium-, Natrium- und α -Amino-Stickstoff-Gehalt nur zwischen den Extrema der Bekämpfungsstrategie (Gesundvariante und unbehandelte Kontrolle) untersucht, da diese die größte Spreizung erwarten ließen. Dabei zeigten jedoch nur die beiden Qualitätsmerkmale Natrium- und α -Amino-Stickstoff-Gehalt Variationen zwischen den Sorten und den Bekämpfungsstrategien mit einer breiten Streuung der Einzelwerte. Damit treffen die Ergebnisse von SMITH und MARTIN (1978) und WOLF et al. (1998a), die einen starken Einfluss eines *Cercospora*-Befalls auf diese beiden Merkmale beobachteten, auch für derzeitige Sorten zu, wobei jedoch in den eigenen Untersuchungen keine Unterschiede hinsichtlich der Anfälligkeit der Sorten erkennbar waren. Auf den Standardmelasseverlust hatten beide Merkmale zudem keinen nachweislichen Einfluss. Alle anderen Merkmale blieben ebenfalls ohne erkennbare Unterschiede zwischen den Sorten und Bekämpfungsstrategien und hatten nur eine geringe Streuung der Einzelwerte. Dies kann damit begründet werden, dass der Befall mit *Cercospora beticola* in nahezu allen untersuchten Umwelten spät einsetzte bzw. erst nach Mitte August deutlich zunahm. Nach SHANE und TENG (1992) wirkt sich ein früher Befall vor allem durch eine Reduktion des Rübenenertrages aus, ein später Befall hingegen vor allem durch eine Minderung des Zuckergehaltes, während die Melassebildner davon unbeeinflusst bleiben. WEIS (1998) hingegen beobachtete, dass späte Infektionen, die vor allem den oberen, jüngeren Blattapparat betreffen, einen merklichen Einfluss auf die Melassebildner haben, während der Rübenenertrag kaum vermindert wird.

Aufgrund dessen wurde ausschließlich der relative BZE eingehender untersucht, da dieser alle Ertrags- und Qualitätsmerkmale vereint und zudem seit Jahrzehnten als allgemeines Leistungskriterium bei der Auswertung von Zuckerrübenversuchen dient (LÜDECKE 1954).

4.3.1 Bereinigter Zuckerertrag bei unterschiedlichem Befallsniveau

Unter deutschen Anbaubedingungen stellten MAIER und BÜRCKY (1999) durch *Cercospora beticola* verursachte Verluste an Bereinigtem Zuckerertrag (BZE) zwischen 5 und 15 % fest. WOLF et al. (1995) berichteten, dass im Extremfall der BZE um bis zu 50 % reduziert sein

kann. Verursacht werden die Schäden durch den Blattverlust, der in Abhängigkeit vom Befallsfortschritt des Erregers einsetzt und einen verstärkten Neuaustrieb von Blättern bewirkt, wodurch eingelagerte Reservestoffe verbraucht werden (MECHELKE 2000, ROSSI et al. 2000b, LANG 2004). Die Sortenanfälligkeit spielt hierbei eine entscheidende Rolle. Resistente Sorten weisen mit zunehmendem Befallsdruck höhere Erträge auf als anfällige Sorten (SMITH und MARTIN 1978, MILLER et al. 1994). Während in früheren Untersuchungen jedoch ausschließlich weniger anfällige Sorten mit geringerer Leistung unter Nichtbefall wie anfällige Sorten geprüft wurden, blieb zu klären, wie „neue“ weniger anfällige Sorten mit ähnlicher Leistung unter unterschiedlichen Befallssituationen hinsichtlich des BZE reagieren, was Bestandteil dieser Arbeit und Voraussetzung zur Ableitung von Befalls-Verlust-Relationen war.

Bei schwachem Befall ($BS_{\text{Ernte}} < 5 \%$) wurden nur die Bekämpfungsstrategien unbehandelt, gesund und einmalig termingenau behandelt durchgeführt und zudem nur in drei der vier Umwelten. Alle anderen Strategien wurden wegen der zögerlichen Entwicklung des Blattkrankheitsbefalls und der gesetzlich festgelegten Wartezeit zwischen letzter Pflanzenschutzmaßnahme und Ernte von 28 (SPYRALE®) bzw. 35 Tagen (Opus®) nur unvollständig durchgeführt. Bei mittlerem ($BS_{\text{Ernte}} 5 - 20 \%$) und starkem Befall ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) wurden mit Ausnahme der beiden verzögerten Zweitapplikationen alle Bekämpfungsstrategien durchgeführt. Dabei konnten aufgrund des spät einsetzenden Befalls bei mittlerem Befall nur drei und bei starkem Befall nur vier Umwelten für die Analyse des relativen BZE der jeweiligen Sorte genutzt werden.

Sortenunterschiede traten bei schwachem Befall (siehe Kapitel 3.3.1) sowohl über alle Umwelten als auch innerhalb der einzelnen Umwelten auf, wobei die „alte“ weniger anfällige Sorte F jeweils den geringsten relativen BZE erreichte. Alle anderen Sorten hatten zumeist einen relativen BZE um 100 %. Der Unterschied zwischen den beiden Bekämpfungsstrategien unbehandelt und einmalig termingenau behandelt war über alle Sorten und Umwelten signifikant. Bei mittlerem Befall (siehe Kapitel 3.3.2) konnten Sortenunterschiede weder bei Betrachtung über alle Umwelten noch in den einzelnen Umwelten zwischen den „neuen“ weniger anfälligen und den anfälligen Sorten nachgewiesen werden. Die „alte“ weniger anfällige Sorte F hatte zumeist einen geringeren relativen BZE als alle anderen Sorten, in Umwelt 2 war jedoch der relative BZE der anfälligen Sorte A am niedrigsten. Ob dies tatsächlich bereits eine krankheitsbedingte Reduktion des BZE darstellte ist unklar, da dieser Effekt nur in einer der drei Umwelten auftrat und zudem die beiden ebenfalls anfälligen Sorten B und C jeweils einen ähnlich hohen relativen BZE hatten wie die weniger anfälligen Sorten D und E. Über alle Umwelten und Sorten hatte die unbehandelte Kontrolle einen signifikant geringeren relativen BZE als die Bekämpfungsstrategien mit termingenaue(r) (einmalig und zweimalig) sowie einmalig 14 Tage verzögerter Fungizidbehandlung. Die

einmalig 28 Tage verzögerte Behandlung unterschied sich hingegen von keiner der anderen Bekämpfungsstrategien signifikant.

Auch bei starkem Befall (siehe Kapitel 3.3.3) waren signifikante Sortenunterschiede zwar über alle Umwelten und Bekämpfungsstrategien sowie in den einzelnen Umwelten gegeben, eine eindeutige Differenzierung zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten war hingegen nicht zu erkennen. Allein die weniger anfällige Sorte E erreichte einen teilweise höheren relativen BZE als die anfälligen Sorten, was jedoch nur in Umwelt 13 signifikant war. Der relative BZE der unbehandelten Kontrolle war bei Betrachtung über alle Umwelten und Sorten signifikant niedriger als bei allen anderen Bekämpfungsstrategien. Die zweimalig termingenaue Behandlung ermöglichte zudem einen signifikant höheren relativen BZE als die nur einmal behandelten Varianten und lag auf dem Niveau der Gesundvariante. Die einmaligen Bekämpfungsstrategien unterschieden sich untereinander nicht signifikant. Diese Ergebnisse spiegelten sich tendenziell auch bei Betrachtung der einzelnen Umwelten wider, wobei die Unterschiede in den Umwelten 6 und 14 noch deutlicher waren.

Bereits bei „alten“ weniger anfälligen Sorten wurden nach WOLF et al. (1995) unter schwachem Befallsdruck durch deren Anbau keine signifikanten Verlustminderungen sichtbar, was anhand der eigenen Ergebnisse auch auf „neue“ Sorten übertragbar ist. Fraglich ist, ob in den eigenen Untersuchungen die stärkere Reaktion der älteren weniger anfälligen Sorte F gegenüber allen anderen Sorten in Anlehnung an die Definition von AUST et al. (1991) mit einer geringeren Toleranz begründet werden kann. Vielmehr ist zu beachten, dass durch die Relativierung des BZE bei geringerem Absolutertrag dieser Sorte prozentuale Unterschiede größer ausfallen als bei höherem Absolutertrag und so Reaktionen vorgetäuscht werden, die tatsächlich gar nicht so stark sind. Zur Vermeidung solcher Effekte kann es ratsam sein, eine andere Bezugsbasis zur Relativierung zu wählen, wie beispielsweise das Versuchsmittel aller Sorten oder der anfälligsten Sorte in der unbehandelten Kontrolle. Für die eigenen Untersuchungen ergaben sich jedoch auch bei veränderter Bezugsbasis keine deutlicheren Effekte (Anh. 43 und 44), sondern waren sogar noch reduziert, da bei schwachem und mittlerem Befall bei veränderter Bezugsbasis keine Wechselwirkungen mehr auftraten.

Erstaunlich war, dass die einmalig termingenaue Behandlung nach dem summarischen Bekämpfungsschwellensystem bei schwachem Befallsdruck einen signifikant höheren relativen BZE erreichte als die unbehandelte Kontrolle, obwohl die wirtschaftliche Schadensschwelle, die nach WOLF et al. (1998a) bei einer Befallsstärke zur Ernte (BS_{Ernte}) von 5 % liegt, letztlich gar nicht erreicht wurde. Es stellt sich die Frage, ob dieser um etwa 4 % höhere BZE unter Berücksichtigung von Fungizid- und Applikationskosten auch wesentliche Auswirkungen auf den Geldrohertrag hätte. Unterstellt man einen Durchschnittsertrag im Praxisanbau von 60 t ha⁻¹ (Mittelwert 2000-2006, Anh. 45; BMELV 2006, STATISTISCHES BUNDESAMT 2007) und Kosten für eine Fungizidmaßnahme inklusive Pflanzenschutzmittel von etwa 45 € ha⁻¹ (20 ha

Schlag; Anh. 46; KTBL 2006, AGRAVIS 2005), sowie bei Anbau weniger anfälliger Sorten einen um etwa 10 € ha⁻¹ höheren Saatgutpreis, dann hängt es letztlich vom Rübenpreis ab, ob die Fungizidbehandlung wirtschaftlich ist.

Für die Erzeugung von Zuckerrüben in der Europäischen Union ist die Erzeugungsmenge (Quote) und der Rübenpreis durch die Zuckermarktordnung fixiert. Bis zum Wirtschaftsjahr 2005/06 betrug der Rübenpreis ohne Berücksichtigung der Standardqualität (Zuckergehalt 16 %) 46,72 € t⁻¹ (EG 2001, ANONYMUS 2002), im Wirtschaftsjahr 2006/07 32,86 € t⁻¹ und wird bis 2009/10 auf 26,29 € t⁻¹ gesenkt (EG 2006). Zusätzlich zu dem gesetzlich festgelegten Mindestpreis gibt es Qualitätsprämien, die freiwillig in Abhängigkeit vom Zuckerunternehmen in Höhe und Verteilung sehr variabel sind. Auch bei der alternativen Verwertung von Zuckerrüben zur Produktion von Bioethanol variiert der Rübenpreis in Abhängigkeit von der Qualität und beträgt 22 bis 18 € t⁻¹ Rüben je nach Ethanolpreis (NORDZUCKER 2006).

Da weniger anfällige Sorten einen Befall mit *Cercospora beticola* „abpuffern“, kann unterstellt werden, dass diese Sorten bei schwachem Befall keinen bzw. nur einen geringen BZE-Verlust haben werden. Daher könnte auf eine Fungizidbehandlung dieser Sorten bei schwachem Befall gegebenenfalls verzichtet werden, während dies bei anfälligen Sorten nicht möglich ist. Dadurch ermöglicht der Anbau weniger anfälliger Sorten bei Verzicht auf eine Behandlung eine Einsparung von 35 € ha⁻¹ (45 € ha⁻¹ Kosten für die Fungizidmaßnahme abzüglich 10 € ha⁻¹ höherer Saatgutkosten) gegenüber der Kombination von anfälligen Sorten mit Fungizidbehandlung. Unabhängig von der Verwertungsrichtung scheint daher der Anbau weniger anfälliger Sorten bei schwachem Befall und dem Verzicht auf eine Fungizidbehandlung auch aus ökonomischer Sicht lukrativer als der Anbau einer anfälligen Sorte mit Fungizidbehandlung (Abb. 17). Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dass die Fungizidbehandlung bei anfälligen Sorten mit sinkendem Rübenpreis ebenfalls unwirtschaftlich wird.

Letztlich müsste die wirtschaftliche Schadensschwelle in Abhängigkeit vom variablen Rübenpreis (Produktionsziel, Höhe des Zuckergehalts, regionalspezifisch unternehmensbezogene Zuschläge), unterschiedlicher Qualitätsbezahlung, unterschiedlichen Saatgutkosten sowie zusätzlich der jeweiligen Leistung der angebauten Sorte (BZE) korrigiert werden. Auch die Kosten für das Pflanzenschutzmittel können erheblich variieren. Schließlich wäre zu berücksichtigen, dass bei betriebsbezogener Qualitätsprämie die durch *Cercospora beticola* bedingte schlechtere Qualität nur eines Rübenschlages Auswirkungen auf den Erlös der gesamten betrieblichen Rübenanbaufläche hätte. Letztlich würde sich eine Vielzahl individueller wirtschaftlicher Schadensschwellen ergeben, was jedoch nicht praktikabel ist. Aufgrund dessen bildet üblicherweise der BZE die Grundlage für die Definition von Bekämpfungsschwellen bei Zuckerrüben und nicht eine wirtschaftliche Schadensschwelle

Abb. 17: Erlösdifferenz für den Anbau einer für *Cercospora beticola* weniger anfälligen Zuckerrübensorte ohne Behandlung und einer anfälligen Sorte mit Behandlung (summarisches Bekämpfungsschwellsensystem) bei schwachem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} < 5\%$) in Abhängigkeit vom Rübenpreis (Zuckergehalt 16 %); unter Berücksichtigung unterschiedlicher Saatgutkosten und der Kosten für die Fungizidbehandlung, zusätzliche Qualitätsprämien wurden nicht berücksichtigt, Rübenpreise entnommen aus: EG (2001), EG (2006) und NORDZUCKER (2006)

unter Berücksichtigung der Leistungs-Kosten-Differenz. Die von WOLF et al. (1998a) definierte wirtschaftliche Schadensschwelle könnte zwar nach unten korrigiert werden, für die Behandlungsentscheidung des Landwirtes ist dies jedoch von untergeordneter Bedeutung, da hierfür die spezifische Einzelsituation entscheidend ist.

Nach WOLF et al. (1995) kann bei Verzicht auf eine Fungizidbehandlung durch den Anbau resistenter Sorten bereits bei mittlerem Befall eine Verlustminderung realisiert werden. In den eigenen Ergebnissen war dies bei einer BS_{Ernte} zwischen 5 und 20 % hingegen nur tendenziell zu erkennen. Erst bei starkem Befall ($BS_{\text{Ernte}} > 20\%$) zeigte sich deutlicher, dass „neue“ weniger anfällige Sorten bei Nichtbehandlung Verluste verhindern. Bezüglich der Bekämpfungsstrategien werden nach WEIS (1998) bei mittlerem Befall mit *Cercospora beticola* BZE-Verluste durch Behandlungen, unabhängig von Anzahl und Termin, gegenüber einer Nichtbehandlung deutlich reduziert. In den eigenen Ergebnissen wurde dieser Effekt unabhängig von der Anfälligkeit der Sorten bei mittlerem Befall ebenfalls festgestellt, wobei

jedoch der BZE bei den Bekämpfungsstrategien mit zunehmender zeitlicher Entfernung der Behandlung vom Zeitpunkt des Erreichens der Bekämpfungsschwelle tendenziell abnahm. Bei starkem Befall wäre zu erwarten gewesen, dass die weniger anfälligen gegenüber den anfälligen Sorten einen höheren relativen BZE aufweisen, wie es von WOLF et al. (1995) für „alte“ weniger anfällige Sorten festgestellt wurde. Auch GAURILČIKIENĖ et al. (2006) ermittelten unter Starkbefall einen signifikant höheren BZE der resistenten gegenüber den anfälligen Sorten. In den eigenen Untersuchungen konnte dies jedoch nur bei einer der drei untersuchten weniger anfälligen Sorten tendenziell beobachtet werden. Fraglich ist daher, ob der Befallsdruck auch bei Umwelten mit starkem Befall noch zu gering war, um sortenspezifische Reaktionen sichtbar zu machen, zumal der BZE im Mittel über alle Umwelten maximal um etwa 10 % reduziert war. Auch der zumeist erst sehr spät einsetzende Befall mit *Cercospora beticola* kann als Grund angenommen werden, da nach WOLF et al. (1995) und MITTLER et al. (2004a, 2004b) der BZE-Verlust bei einem Befallsbeginn nach Anfang August merklich reduziert wird. Hinsichtlich der Bekämpfungsstrategien wurde deutlich, dass unter Starkbefall durch die Behandlung bei Erreichen der summarischen Bekämpfungsschwelle insbesondere in Kombination mit einer Folgebehandlung BZE-Verluste vollständig aufgefangen werden, was auch VERREET et al. (1996) bereits für „ältere“ Sorten beschrieben haben. Dabei wurde noch deutlicher als unter mittlerem Befall, dass die zeitliche Verzögerung von Behandlungen gegenüber der Behandlung bei Schwellenüberschreitung eine Minderung des BZE bedingte. Demnach muss unter starkem Befall damit gerechnet werden, dass Ertragsverluste entstehen, wenn nicht zum optimalen Zeitpunkt (Erreichen der Bekämpfungsschwelle) behandelt wird. WEIS (1998) begründete dies damit, dass durch die zunehmende zeitliche Entfernung vom epidemiologisch sensiblen Stadium einer *Cercospora*-Epidemie, welches durch Bekämpfungsschwellen annähernd definiert ist, die Krankheitsentwicklung länger ungestört ablaufen kann und damit der Infektionsdruck erhöht wird. Dadurch lässt sich die Krankheit und damit einhergehende BZE-Verluste durch verzögerte Fungizidgaben nur noch bedingt aufhalten.

Aufgrund der fehlenden Interaktionen zwischen Sorte und Bekämpfungsstrategie war es nicht möglich, sortenspezifische Effekte hinsichtlich des Applikationszeitpunktes abzuleiten. Jedoch hatten die weniger anfälligen Sorten tendenziell mit zunehmendem Befall nicht nur einen höheren BZE, sondern reagierten auch weniger empfindlich auf eine verspätete Fungizidapplikation als anfällige Sorten (siehe Anh. 23-38).

Zusammenfassend konnte in der vorliegenden Arbeit erstmalig gezeigt werden, wie Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola*, als repräsentative Auswahl des derzeitigen Sortenspektrums, auf differenzierte Befallssituationen im BZE reagieren. Dabei fiel auf, dass mit zunehmendem Befallsdruck Sortenunterschiede im relativen BZE deutlicher werden. Die „neuen“ weniger anfälligen Sorten erreichten unabhängig vom jeweiligem

Befallsdruck zumeist einen ähnlich hohen BZE wie unter Nichtbefall, während die anfälligen Sorten und die „alte“ weniger anfällige Sorte dies mit zunehmendem Befallsdruck nicht mehr realisieren konnten. Die Unterschiede zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten waren aufgrund des insgesamt geringen und meist spät einsetzenden Befalls jedoch nur im Einzelfall signifikant. Mit zunehmendem Befall konnten durch die zweimalige termingenaue Behandlung BZE-Verluste vermieden werden, so dass durch die Behandlung nach dem summarischen Bekämpfungsschwellensystem keine Nachteile gegenüber der Gesundheitsvariante auftraten. Bei nur einmaliger Behandlung war der BZE geringer als bei zweimaliger Behandlung, negative Effekte einer zeitlichen Verzögerung der Erstbehandlung gegenüber der termingenaue Behandlung konnten jedoch nicht festgestellt werden.

4.4 Befalls-Verlust-Relationen

Befalls-Verlust-Relationen geben die Beziehung zwischen der Befallsintensität eines Erregers und dem Ertrag bzw. Ertragsverlust wieder (KRANZ 1996). Die Korrelation zwischen Befall und Ertrag bildet die Grundlage zur Berechnung wirtschaftlicher Schadensschwellen, auf denen wiederum Bekämpfungsschwellen basieren. Als Befallsparameter werden häufig die Befallsstärke zur Ernte (BS_{Ernte}) und die area under disease progress curve (AUDPC) genutzt (KELBER 1977a). Zwischen den Parametern eines *Cercospora*-Befalls und den Ertrags- und Qualitätsmerkmalen der Zuckerrübe besteht nach WOLF et al. (1998a) ein linearer Zusammenhang. Auch KELBER (1977a), SHANE und TENG (1992) und MITTLER et al. (2004a, 2004b) fanden einen linearen Zusammenhang zwischen dem Verlust an BZE und der BS_{Ernte} bzw. der AUDPC.

Daher wurde auch für die eigenen Untersuchungen eine lineare Korrelation zwischen Befall und Ertrag erwartet und konnte durch die Signifikanz für dieses Modell bestätigt werden. Sowohl bei Betrachtung des Zusammenhangs zwischen der BS_{Ernte} und relativem BZE als auch zwischen AUDPC und relativem BZE konnte festgestellt werden, dass die weniger anfälligen Sorten nicht nur insgesamt geringere BS_{Ernte} - bzw. AUDPC-Werte erreichten, sondern auch eine breitere Streuung der Werte hatten als die anfälligen Sorten. Dadurch erreichten die weniger anfälligen Sorten in einzelnen Umwelten auch noch im Bereich höherer BS_{Ernte} bzw. AUDPC einen ähnlich hohen relativen BZE wie bei Nichtbefall. Während die anfälligen Sorten mit zunehmender BS_{Ernte} im BZE abnahmen, bildete beim Modell mit der AUDPC die anfällige Sorte C eine Ausnahme und reagierte wie die weniger anfälligen Sorten. Bei Korrelation mit der BS_{Ernte} war mit Ausnahme der anfälligen Sorte B und bei Korrelation mit der AUDPC bei allen Sorten der Regressionskoeffizient nahezu identisch. Bei den anfälligen Sorten erklärte das lineare Modell jeweils einen größeren Anteil der Variation des relativen BZE als bei den weniger anfälligen Sorten, wobei das Bestimmtheitsmaß insgesamt jedoch sehr gering war. Die Schätzpräzision war durch das Modell mit der AUDPC jedoch gegenüber dem Modell mit der BS_{Ernte} verbessert.

Es konnte somit gezeigt werden, dass die Beziehung zwischen AUDPC und BZE unabhängig von der Anfälligkeit der Sorten des derzeitigen Sortenspektrums enger ist als zwischen BS_{Ernte} und BZE. Dies wurde bereits von KELBER (1977a) bei anfälligen und weniger anfälligen „alten“ Sorten und von MITTLER et al. (2004a, 2004b) bei mittelanfälligen Sorten beobachtet. SHANE und TENG (1992) hingegen fanden eine engere Beziehung zwischen BS_{Ernte} und BZE. Die insgesamt bei beiden Modellen sehr geringe Schätzpräzision könnte nach KELBER (1977b) damit erklärt werden, dass die Versuche mehrjährig durchgeführt wurden und so der Effekt der großen Anzahl zum Teil sehr unterschiedlicher Umwelten sehr stark war. Da sich der Regressionskoeffizient zwischen den Sorten nicht signifikant unterschied, kann davon ausgegangen werden, dass bei gleicher Befallsintensität alle Sorten den gleichen BZE hätten. In Anlehnung an die Definition von AUST et al. (1991) ist somit der höhere BZE der „neuen“ weniger anfälligen Sorten bei stärkerem Befall nicht als Ergebnis einer veränderten Toleranzreaktion anzusehen, sondern resultierte vielmehr aus der geringeren BS_{Ernte} bzw. AUDPC dieser Sorten d. h. deren geringerer Anfälligkeit. Die anfällige Sorte B zeigte zwar im Zusammenhang zwischen BS_{Ernte} und BZE einen steileren Anstieg der Regressionsfunktion als alle anderen Sorten, jedoch lässt sich aufgrund der nicht signifikanten Unterschiede anzweifeln, dass dies tatsächlich ein Hinweis auf eine geringere Toleranz dieser Sorte sein könnte. Bei der Darstellung der Ergebnisse aus den Sortenprüfungen wird die Ertragsreaktion einer Sorte als Differenz zwischen einer unbehandelten und einer stetig behandelten Stufe wiedergegeben und als Toleranzzahl bezeichnet (OSSENKOP et al. 2006). Diese ermöglicht dem Landwirt einfach festzustellen, welche Sorten einen Befall mit Blattkrankheiten im BZE „abpuffern“ können, auch wenn dies nicht direkt die Toleranz entsprechend ihrer Definition widerspiegelt, sondern vielmehr aus der Resistenz resultiert.

Ergebnisse aus Feldversuchen mit Zuckerrüben charakterisieren in Abhängigkeit von der Umwelt eine besonders hohe Streuung (BURBA und HAUFE 1972), was die insgesamt starke Streuung der Einzelwerte in der vorliegenden Arbeit erklärt. Die höhere Streuung bei den weniger anfälligen Sorten im Zusammenhang zwischen BS_{Ernte} bzw. AUDPC und BZE resultierte hingegen auch daraus, dass diese Sorten in Abhängigkeit vom Befall zum Teil mit einer ähnlich starken Reduktion des BZE reagieren wie die anfälligen Sorten, zum anderen aber auch noch bei stärkerem Befall einen BZE erreichen wie bei geringerem Befall. Daher kann vermutet werden, dass diese Sorten einen Befall mit *Cercospora beticola* stärker „abpuffern“ können als anfällige Sorten und somit mit zunehmendem Befall einen Vorteil gegenüber anfälligen Sorten haben.

4.5 Sortenspezifische Bekämpfungsschwellen

Im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes sind Pflanzenschutzmaßnahmen an Bekämpfungsschwellen (BKS) auszurichten (DIERCKS und HEITEFUß 1990). BKS sind Indikatoren für eine chemische Behandlung, so dass ein Höchstmaß an Effizienz gegenüber dem Zielorganismus erwartet werden kann (WOLF et al. 2001a). Sie zeigen den richtigen Behandlungstermin an, welcher in Form einer gewissen Häufigkeit oder Stärke des Befalls den Zeitpunkt der Krankheitsentwicklung wiedergibt, bei dessen Nichtbehandlung im weiteren Krankheitsverlauf das Risiko eines wirtschaftlichen Schadens entsteht (HEITEFUß 2000). Grundlage für die Entwicklung von BKS bilden zunächst umfangreiche, mehrjährige epidemiologische Studien, da direkte Bekämpfungsmaßnahmen an der Epidemiologie des Erregers zu orientieren sind (HOFFMANN 1990, HOFFMANN et al. 1991). Die Schadensrelevanz eines Erregers kann mit fortschreitender Vegetationsperiode der Wirtspflanze jedoch abnehmen, so dass BKS häufig nur auf einen „gefährlichen“ Zeitraum begrenzt sein müssen. In diesem Fall wird aufgrund der Kombination von Bekämpfungsschwellenwert und Zeitkomponente auch von Bekämpfungsschwellensystemen gesprochen.

Seit Anfang der 1990er Jahre wurde ein verstärktes Auftreten pilzlicher Blattkrankheiten bei Zuckerrüben beobachtet, womit ein verstärkter Einsatz von Fungiziden einherging (LADEWIG et al. 2006). Daher war es erforderlich, BKS für den Fungizideinsatz in Zuckerrüben zu entwickeln. Da *Cercospora beticola* weltweit die stärkste Verbreitung aufweist (BLEIHOLDER und WELTZIEN 1972b, HOLTSCHULTE 2000) und die höchsten Ertrags- und Qualitätsverluste verursacht (ROSSI et al. 2000b), begann die Entwicklung kalenderorientierter BKS für Blattkrankheiten bei Zuckerrüben im Rahmen des IPS-Modells Zuckerrübe in den 1990er Jahren zunächst für diesen Erreger (VERREET et al. 1996, WEIS 1998). Später wurde das IPS-Modell um individuelle BKS für *Erysiphe betae* und *Ramularia beticola* ergänzt (WOLF und VERREET 2002). Verschiedene Aspekte dieses krankheitsspezifischen Systems waren jedoch immer wieder Anlass zu Kritik aus der landwirtschaftlichen Praxis. Dabei stand der hohe Zeitaufwand für die Bestandesüberwachung (ZIRM 1998), ungerechtfertigte Fungizidbehandlungen nach Schwellenwerten bei verhaltenem Epidemieverlauf (RÜCKER und WOLFF 2002) und die nicht berücksichtigte Gefahr einer erst spät einsetzenden starken Epidemie auf Flächen, die erst Ende Oktober bzw. im November geerntet werden sollen (JÖRG et al. 2001), im Mittelpunkt. Besonderer Kritikpunkt war jedoch die krankheitsspezifische Erfassung mit zum Teil unterschiedlichen Schwellenwerten (LANG 2004). Der Vorschlag, die wichtigsten Blattkrankheiten der Zuckerrübe *Cercospora beticola*, *Erysiphe betae*, *Ramularia beticola* und *Uromyces betae* nicht mehr getrennt voneinander zu erfassen, sondern die Befallssituation summarisch zu betrachten (JÖRG et al. 2001), wurde zunächst im Gebiet der Arbeitsgemeinschaft für Versuchswesen und Beratung in Hessen und Rheinland-Pfalz geprüft (SIEKMANN 2002). Nach umfangreicher Validierung in bundesweiten Feldversuchen

(MITTLER et al. 2004a, 2004b) wurde das summarische Bekämpfungsschwellensystem 5/15/45 % Befallshäufigkeit (BH) schließlich 2004 bundesweit eingeführt (LANG 2004) und ist heute allgemeiner Standard der Beratung.

Offen blieb aus früheren Untersuchungen, inwieweit die Schwellenwerte des summarischen Bekämpfungsschwellensystems bei weniger anfälligen Sorten Gültigkeit haben. Zudem stellte sich die Frage, ob sortenspezifische Schwellenwerte für die künftige Regulierung von Blattkrankheiten notwendig sind (MITTLER et al. 2004a) und ob die Entwicklung solcher Bekämpfungsschwellen überhaupt möglich ist. Anhand der eigenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Schwellenwerte des summarischen Bekämpfungsschwellensystems 5/15/45 % BH sowohl von anfälligen als auch von weniger anfälligen Sorten in der gleichen Umwelt zu einem nahezu einheitlichen Termin erreicht wurden. Die Befallsstärke (BS) hingegen entwickelte sich bei weniger anfälligen Sorten deutlich langsamer als bei anfälligen Sorten und verblieb vor allem bei starkem Befall auf einem niedrigeren Niveau, woraus letztlich auch geringere Ertragsverluste resultierten.

Eine Behandlung von anfälligen und weniger anfälligen Sorten zum selben Termin ist daher unlogisch, und es stellte sich die Frage nach spezifischen Schwellenwerten für weniger anfällige Sorten. Da Bekämpfungsschwellen jedoch stets an der BH ausgerichtet sind (LANG 2004), weil diese einfacher und exakter erfasst werden kann als die BS, gestaltet sich die Lösung des Problems als äußerst schwierig. Außerdem waren Sortenunterschiede im Regressionskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen BS_{Ernte} bzw. AUDPC und BZE nicht feststellbar. Dies bedeutet, dass auch bei gleicher BS_{Ernte} bzw. AUDPC die Ertragsverluste bei allen Sorten ähnlich hoch sind und somit keine sortenspezifischen Bekämpfungsschwellen festgelegt werden können. Tendenziell lässt sich die Epidemie durch den Anbau weniger anfälliger Sorten aufhalten, jedoch hält nach WOLF et al. (1995) die quantitative Resistenz von Zuckerrübensorten gegen *Cercospora beticola* einem hohen Befallsdruck nicht stand, um Verluste vollständig aufzufangen, was eine Fungizidbehandlung nach Bekämpfungsschwelle auch bei weniger anfälligen Sorten nötig macht (HARVESON et al. 2002). Bei früher Anwendung kann dies einen Verzicht auf Folgeapplikationen ermöglichen, während bei schwachem Befall durchaus auch auf eine Fungizidbehandlung verzichtet werden kann.

Die Form der geprüften Bekämpfungsstrategien als zeitliche Staffelung von Behandlungsterminen ermöglichte zwar zu untersuchen, wie die unterschiedlich anfälligen Sorten auf verzögerte Fungizidapplikationen reagieren; was die zeitliche Komponente eines Bekämpfungsschwellensystems umfasst, war aber für die Entwicklung sortenspezifischer Schwellenwerte kaum geeignet. Dafür wäre es notwendig gewesen, zuvor festgelegte Schwellenwerte in unterschiedlichen Abstufungen der Befallsintensität (BH und BS) zu prüfen. Daraus hätte anschließend abgeleitet werden können, ob sich die Sorten im Erreichen festgelegter Werte

unterscheiden und letztlich auch, um wie viel später diese Werte von den einzelnen Sorten erreicht werden. Diese Form wurde bei der Entwicklung des IPS-Modells Zuckerrübe (VERREET et al. 1996, WOLF et al. 1998b, WOLF et al. 2001a) angewandt, führte jedoch auch nur dazu, dass ein System fixer Schwellenwerte entwickelt wurde. Diese wurden so gewählt, dass merkliche Verluste bei allen Sorten möglichst vermieden werden, auch wenn dies bedeutet, dass in einzelnen Sorten nicht der optimale Applikationszeitpunkt realisierbar ist, sondern bereits früher als nötig behandelt wird. Zudem sind Bekämpfungsschwellen stets an der BH ausgerichtet, auch wenn sortenspezifische Reaktionen meist nur anhand der BS sichtbar sind und somit Bekämpfungsentscheidungen eher daran orientiert sein sollten. Die Ermittlung der BS ist jedoch sehr zeitaufwändig. Zudem erfordern Bekämpfungsschwellen, die an der BS ausgerichtet sind, eine exakte Krankheitsdiagnose sowie eine sehr hohe Schätzpräzision. Letztlich konnten bislang für Zuckerrüben keine Bekämpfungsschwellen entwickelt werden, die für das gesamte Sortenspektrum zutreffend sind. Vielmehr stellen die Bekämpfungsschwellensysteme einen Kompromiss aus dem sortenspezifisch optimalen Behandlungszeitpunkt und dem minimalen Ertragsverlust dar. Um für alle Zuckerrübensorten die optimalen, individuellen Bekämpfungsschwellen zu ermitteln, müssten für jede Sorte des derzeitigen Sortenspektrums und auch für alle künftigen Sorten eine breite Variation eng abgestufter Befallsintensitäten getestet werden. Dies ist jedoch aufgrund des enormen Aufwands keinesfalls realisierbar. Zudem würden in Beratung und Praxis für jede Sorte individuelle Bekämpfungsschwellen sicher nicht akzeptiert werden.

Die Anwendung des summarischen Bekämpfungsschwellensystems 5/15/45 % BH hat sich für alle geprüften Sorten als praktikabel erwiesen. Bereits bei schwachem Befall konnten durch die schwellenorientierte einmalige Behandlung Ertragsverluste vermieden werden. Diese Maßnahme brachte zudem, wenn auch in Abhängigkeit vom Rübenpreis unterschiedlich, einen ökonomischen Gewinn gegenüber der Nichtbehandlung. Bei zusätzlicher Qualitätsbezahlung wird dieser sogar noch größer ausfallen. Unterstellt man jedoch, dass weniger anfällige Sorten um etwa 10 bis 20 € ha⁻¹ höhere Saatgutkosten verursachen, wird der ökonomische Gewinn durch die Fungizidbehandlung nach Bekämpfungsschwellen bei schwachem Befall maximal bei Verwendung als Quotenrüben oder als Ethanolrüben bei höherem Ethanolpreis und einem Zuckergehalt von mindestens 17,5 % bestehen bleiben, so dass die Fungizidmaßnahme bei Anbau weniger anfälliger Sorten und schwachem Befall auch eingespart werden kann.

Auch mit zunehmendem Befallsdruck wurden durch die Behandlung nach dem summarischen Bekämpfungsschwellensystem Ertragsverluste vermieden. Die zeitliche Verzögerung von Applikationen ergab dabei ebenfalls kaum einen Verlust an relativem BZE, jedoch darf der Zeitpunkt der Behandlung nicht zu weit vom optimalen Termin entfernt sein (WEIS 1998), insbesondere bei starkem Befall. Aufgrund der weder bei mittlerem noch bei starkem Befall

vorhandenen Interaktion zwischen Sorte und Bekämpfungsstrategie konnte im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht eindeutig geklärt werden, wie die unterschiedlich anfälligen Sorten auf eine zeitliche Verzögerung von Fungizidmaßnahmen reagieren. Tendenziell wurde jedoch festgestellt, dass weniger anfällige Sorten einen Befall „abpuffern“ und daher eher stabile Erträge bei verspäteter Fungizidbehandlung erreichen. Sortenspezifische Bekämpfungsschwellen lassen sich aus den Untersuchungsergebnissen aber nicht ableiten.

4.6 Ausblick

Im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes wird die Reduktion des Einsatzes chemischer Pflanzenschutzmittel auf das unbedingt notwendige Maß gefordert (PFLSCHG 1998). Das notwendige Maß ist wesentlicher Bestandteil des „Reduktionsprogramms chemischer Pflanzenschutz“ und wird über den Behandlungsindex definiert (BMVEL 2004). Dieser gibt das Verhältnis zwischen eingesetzter und zugelassener Pflanzenschutzmittelmenge unter Berücksichtigung von reduzierten Aufwandmengen und Teilflächenbehandlungen wieder. Für den Fungizideinsatz in Zuckerrüben lag der Behandlungsindex nach ersten Untersuchungen in den Jahren 1999 bis 2000 bei 0,15 (ROßBERG et al. 2002) und war damit sehr gering. Nach erneuter Erhebung im Jahr 2005 lag der Behandlungsindex für den Fungizideinsatz in Zuckerrüben bei 0,47 und hatte sich, wenn auch auf sehr niedrigem Niveau, bereits verdreifacht (ROßBERG 2007), wobei darauf hinzuweisen ist, dass der Vergleich beider Ergebnisse aufgrund sehr unterschiedlicher Stichprobenauswahl nur bedingt möglich ist. Es gilt konsequent Strategien zu entwickeln, die dazu beitragen, den Fungizideinsatz zu senken.

Aus der vorliegenden Arbeit geht hervor, dass dies sowohl durch die Anwendung des summarischen Bekämpfungsschwellensystems 5/15/45 % BH bei der Ausbringung von Fungiziden als auch durch den Anbau weniger anfälliger Sorten möglich ist. Durch die Behandlung gegen Blattkrankheiten, insbesondere *Cercospora beticola*, nach dem summarischen Bekämpfungsschwellensystem können unabhängig von der Sortenanfälligkeit Ertragsverluste weitestgehend vermieden werden. Nach Erreichen der Bekämpfungsschwelle müssen anfällige Sorten möglichst zeitnah behandelt werden, um eine Cercospora-Epidemie und damit verbundene Ertragsverluste aufhalten zu können. Da weniger anfällige Sorten zwar meist zum selben Zeitpunkt die Bekämpfungsschwelle erreichen wie anfällige Sorten, jedoch eine verzögerte Entwicklung der Befallsstärke aufweisen, woraus letztlich auch geringere Ertragsverluste resultieren, kann die Behandlung bei diesen Sorten durchaus um einige Tage oder bei zögerlicher Befallszunahme auch Wochen später erfolgen. Das hat den Vorteil, dass bei Arbeitsspitzen, wie beispielsweise in der Getreideernte, Fungizidmaßnahmen in Zuckerrüben auch etwas verschoben werden können und so eine Entlastung des Landwirts ermöglicht wird. Auf Flächen, die erst nach Mitte Oktober gerodet werden sollen,

könnte zudem durch die zeitliche Verzögerung der Fungizidbehandlung eine zusätzliche späte Applikation eingespart werden. Ebenso ist es bei schwachem Befall, also einer in Abhängigkeit von der Witterung sehr langsamen Entwicklung von *Cercospora beticola*, möglich, durch den Anbau weniger anfälliger Sorten auf eine Behandlung zu verzichten. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass diese Sorten höhere Saatgutkosten verursachen, was ebenfalls den Verzicht auf eine Fungizidbehandlung bei schwachem Befall rechtfertigen kann. Diese positiven Effekte des Anbaus weniger anfälliger Sorten für den integrierten Pflanzenschutz werden jedoch nur in die landwirtschaftliche Praxis umgesetzt, wenn die Leistung weniger anfälliger Sorten unter Nichtbefall identisch mit der Leistung anfälliger Sorten ist, was im derzeitigen Sortenspektrum durchaus gegeben ist, und zudem die Mehrkosten für das Saatgut der weniger anfälligen Sorten möglichst gering sind.

Da die Ausrichtung von Fungizidmaßnahmen an Bekämpfungsschwellensystemen für den Landwirt einen erheblichen Aufwand für die Bestandesüberwachung bedeutet, wurde 1996 zunächst an 200 Standorten auf 300 Schlägen in Bayern, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Hessen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen ein Monitoring (Schaderregerüberwachung) für Blattkrankheiten eingerichtet (MAIER et al. 2000) und wird seit 1999 auch in Norddeutschland durchgeführt (VON KRÖCHER 2000). Dieses bildete die Grundlage für die Einrichtung eines Warndienstes, welcher anhand des regionalen Auftretens von Blattkrankheiten Empfehlungen zur Feldkontrolle für den Landwirt ermöglicht (WOLF et al. 1998b). Das Monitoring erfolgt dabei jedoch nicht an einer bestimmten Sorte. Da die Entwicklung der Befallshäufigkeit, die letztlich darüber entscheidet, ob ein Warnaufruf gestartet wird, unabhängig von der Anfälligkeit bei allen Sorten sehr ähnlich ist, ist dies auch von untergeordneter Bedeutung. Dennoch erscheint es sinnvoller, die wöchentliche Schaderregerüberwachung schlagspezifisch eher an einer anfälligen Sorte vorzunehmen, da weniger anfällige Sorten eine reduzierte Entwicklung der Befallsstärke aufweisen, wodurch der Befall bei diesen Sorten „abgepuffert“ wird, während er bei anfälligen Sorten zügig voranschreitet. Insbesondere bei starkem Befall könnte dies dazu führen, dass Warnaufrufe zu spät erfolgen und sich der Befall bei anfälligen Sorten nicht mehr aufhalten lässt, was letztlich zu erheblichen ökonomischen Verlusten führen könnte.

Ein weiteres Instrument des integrierten Pflanzenschutzes ist die Nutzung von Prognose-systemen, welche ebenfalls helfen, den Aufwand der Bestandesüberwachung zu reduzieren. Diese beruhen auf mathematischen Modellen und treffen in Abhängigkeit von individuellen Standort- und Anbaufaktoren Vorhersagen über den befallsfreien Zeitraum bzw. das Erstauftreten von *Cercospora beticola* und geben dem Nutzer so an, wann eine Kontrolle seiner Bestände empfehlenswert ist. Außerdem kann der weitere Befallsverlauf prognostiziert werden und ermöglicht damit eine Vorhersage, wann die Bestände nach einer Behandlung erneut kontrolliert werden sollten. Ausgerichtet auf deutsche Befallsbedingungen wurden die

CERCBET-Modelle entwickelt (RACCA et al. 2002, RACCA und JÖRG 2003). Das Modell CERCBET 1 dient zur Prognose des Erstauftretens (ROßBERG et al. 2000), während CERCBET 3 den weiteren Befallsverlauf simuliert (RACCA et al. 2004). Außerdem wurde im Rahmen des IPS-Modells Zuckerrübe ein Prognosesystem entwickelt, das den befallsfreien Zeitraum angibt (WOLF und VERREET 2000). Unabhängig vom Modell wird mittlerweile auch der Einfluss der Sortenanfälligkeit hinsichtlich der unterschiedlichen BS-Entwicklung berücksichtigt. Die Kombination des sortenunabhängigen Monitorings mit sortenspezifischen Prognosesystemen bietet dem Landwirt die Möglichkeit, den optimalen Zeitpunkt für seine eigene Bestandeskontrolle zu finden, wodurch nicht nur unnötiger Zeitaufwand für Bonituren, sondern gleichzeitig auch die Gefahr, das Erreichen von Bekämpfungsschwellen zu verpassen, reduziert wird.

Im Hinblick auf die Beurteilung der Resistenz von Zuchtmaterial und Sorten im Feld konnte die vorliegende Arbeit auch verdeutlichen, dass dafür ein mittelstarker, gleichmäßiger Krankheitsbefall notwendig ist (RUPPEL und GASKILL 1971). Dieser ist unter natürlichen Bedingungen jedoch stark witterungsabhängig und kann nur in Regionen gewährleistet werden, die sich langjährig durch ein Klima auszeichnen, welches für die Entwicklung von *Cercospora beticola* optimal ist. Dieses ist vorwiegend in Regionen südlich der Alpen gegeben, insbesondere im mediterranen Becken und in Österreich (BYFORD 1996). In deutschen Klimaten ist die Möglichkeit der künstlichen Inokulation zur Erzeugung stärkeren Befalls in Betracht zu ziehen, um das Problem der Witterungsabhängigkeit zu reduzieren. Für *Cercospora beticola* und *Ramularia beticola* wurde dazu bereits eine Methode erarbeitet (ADAMS et al. 1995, ADAMS und MÄRLÄNDER 1996) und weiterentwickelt (PFLEIDERER 1996, PFLEIDERER und SCHÄUFELE 1996, 2000, SCHÄUFELE und WEVERS 1996), die durchaus eine Einstufung von Sorten bezüglich ihrer Anfälligkeit für Blattfleckenkrankheiten ermöglichen kann. Nach Untersuchungen von OSSENKOP et al. (2004) führte die künstliche Inokulation im Vergleich zu natürlichem starkem Befall jedoch zum Teil zu unterschiedlichen Einstufungen hinsichtlich der Resistenzbeurteilung. Der Grund dafür liegt darin, dass die Resistenz von Zuckerrüben gegenüber *Cercospora beticola* keine absolute Resistenz ist, sondern den Befall und die Konidienproduktion ebenfalls zulässt (BAROCKA 1970). Daher darf die Ausgangsinokulumdichte nicht zu hoch gewählt sein, um Resistenzreaktionen nachweisen zu können. Da diese bei natürlichem starkem Befall am deutlichsten sichtbar sind, ist eine Reduktion der Inokulumdichte auf dieses Niveau erforderlich (KAISER et al. 2006), um die Möglichkeit der Inokulation bei der Beurteilung von Resistenz- und Toleranzleistung unterschiedlicher Sorten nutzen zu können und somit auch in Regionen mit unsicherem *Cercospora*-Befall Sortenversuche durchführen zu können. Dies stellt somit ein Ziel für weitere Forschungen dar.

5. Zusammenfassung

Der bedeutendste Erreger von Blattflecken in Zuckerrüben ist *Cercospora beticola* (Sacc.). Der Pilz reduziert durch eine Verringerung der photosynthetisch aktiven Blattfläche die Assimilatbildung und -einlagerung, woraus letztlich Verluste an Ertrag und Qualität resultieren. Das Sortenspektrum für Zuckerrüben in Deutschland umfasst sowohl Sorten mit mittlerer bis hoher als auch mit geringerer Anfälligkeit für *Cercospora beticola*. Die weniger anfälligen Sorten verfügen infolge intensiver Züchtung mittlerweile über ein ähnlich hohes Leistungspotential unter Nichtbefall wie anfällige Sorten, wobei vergleichende epidemiologische Untersuchungen sortenspezifisch im Rahmen der Wert- und Sortenprüfungen aus technischen Gründen nicht möglich sind. Um die Bedeutung des Züchtungsfortschritts bei der Resistenz gegen *Cercospora beticola* für den integrierten Pflanzenschutz zu untersuchen, wurden folgende Versuchsfragen bearbeitet:

- Wie unterscheidet sich der Epidemieverlauf von *Cercospora beticola* bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit?
- Welche Unterschiede bestehen zwischen Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit hinsichtlich der Befalls-Verlust-Relation?
- Lassen sich sortenspezifische Bekämpfungsschwellensysteme für den Fungizideinsatz in Zuckerrüben ableiten?

Ziel dieser Arbeit war es daher, die Epidemiologie des Erregers sowie die Auswirkungen eines Befalls auf Ertrag und Qualität, insbesondere auf den Bereinigten Zuckerertrag (BZE), an „alten“ weniger anfälligen und unter Nichtbefall leistungsschwächeren Sorten im Vergleich mit „neuen“ weniger anfälligen, leistungstärkeren Sorten und anfälligen Sorten zu untersuchen und anhand von Befalls-Verlust-Relationen zu prüfen, ob sich sortenspezifische Bekämpfungsschwellensysteme ableiten lassen.

Dazu wurden in 2004 und 2005 an je sieben Standorten in Deutschland und Österreich Feldversuche mit drei anfälligen, einer „alten“ und zwei „neuen“ weniger anfälligen Sorten sowie acht Bekämpfungsstrategien durchgeführt. Die Bekämpfungsstrategien umfassten neben der unbehandelten Kontrolle und der Gesundvariante, mit mehrmaliger statischer Fungizidbehandlung, sechs Varianten, die am summarischen Bekämpfungsschwellensystem 5/15/45 % Befallshäufigkeit (BH) kranker Blätter (*Cercospora beticola*, *Erysiphe betae* und *Ramularia beticola*) orientiert waren. Die Fungizidbehandlung erfolgte dabei ein- und zweimal termingenau (bei Überschreiten der Bekämpfungsschwelle) sowie 14 und 28 Tage verzögert bei der Erst- und Zweitbehandlung (Erstbehandlung in dem Fall termingenau). Ab Ende Juni wurden regelmäßig BH und Befallsstärke (BS) von *Cercospora beticola* erfasst und nach der Ernte wurden Rübenenertrag, Zuckergehalt und die technische Qualität ermittelt.

Die Entwicklung der BH folgte einem sigmoiden Verlauf bis auf einen Wert von 100 %. Die summarische Bekämpfungsschwelle wurde in fast allen Umwelten (Standort x Jahr) und

Sorten erreicht. Durch Anpassung einer logistischen Wachstumsfunktion an die Messwerte für die BH konnte festgestellt werden, dass Sortenunterschiede statistisch nicht existieren und alle Sorten in der gleichen Umwelt zu nahezu einheitlichem Termin die Bekämpfungsschwellen erreichten. Die anfälligen Sorten erreichten mit zunehmendem Befallsdruck deutlich höhere BS. Durch Anpassung einer Wachstumsfunktion an die Messwerte und anschließender statistischer Analyse zu drei Zeitpunkten der BS-Entwicklung wurde festgestellt, dass bei einer BS zur Ernte (BS_{Ernte}) von über 20 % die Sortendifferenzierung signifikant war. Bei schwachem ($BS_{\text{Ernte}} < 5 \%$) und mittlerem Befall ($BS_{\text{Ernte}} 5 - 20 \%$) war dies nicht gegeben. Die area under disease progress curve (AUDPC) zeigte ebenfalls erst mit zunehmendem Befallsdruck eine Sortendifferenzierung, die jedoch nicht so eindeutig war, wie bei der BS_{Ernte} . Mit zunehmendem Befallsdruck unterschieden sich die Sorten im BZE deutlich, Unterschiede zwischen anfälligen und weniger anfälligen Sorten waren aufgrund des insgesamt geringen und meist spät einsetzenden Befalls jedoch nur im Einzelfall signifikant.

Die Behandlung nach dem summarischen Bekämpfungsschwellensystem führte bereits bei schwachem Befall ($BS_{\text{Ernte}} < 5 \%$) zu signifikant höherem BZE als bei Nichtbehandlung, was mit sinkendem Rübenpreis und höheren Saatgutkosten einen abnehmenden, aber zumeist positiven ökonomischen Effekt hatte. Bei mittlerem ($BS_{\text{Ernte}} 5 - 20 \%$), vor allem aber bei starkem Befall ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$) wurden durch die zweimalige termingenauere Behandlung BZE-Verluste vermieden, während bei nur einmaliger Behandlung der BZE vermindert war. Signifikant negative Effekte einer zeitlichen Verzögerung der Erstbehandlung gegenüber der termingenauen Behandlung wurden nicht festgestellt, mit zunehmender Entfernung vom optimalen Applikationszeitpunkt ging der BZE jedoch zurück. Aufgrund fehlender Interaktionen zwischen Sorte und Bekämpfungsstrategie konnten sortenspezifische Reaktionen auf eine zeitliche Verzögerung von Behandlungen statistisch nicht nachgewiesen werden. Mit zunehmendem Befall reagierten die weniger anfälligen Sorten jedoch tendenziell weniger empfindlich auf eine verspätete Fungizidapplikation und mit höherem BZE. Die Befalls-Verlust-Relation von BZE und BS_{Ernte} bzw. AUDPC war für alle Sorten etwa gleich. Die weniger anfälligen Sorten „pufferten“ einen Befall jedoch stärker ab, erreichten auch noch im Bereich höherer BS_{Ernte} bzw. AUDPC einen BZE wie unter Nichtbefall und hatten somit bei starkem Befall einen Vorteil gegenüber anfälligen Sorten.

Sortenspezifische Bekämpfungsschwellensysteme konnten nicht abgeleitet werden und werden sortenspezifisch für die Praxis allgemein nicht als relevant angesehen. Grundsätzlich konnte jedoch festgestellt werden, dass der zeitliche Spielraum für eine Bekämpfungsent-scheidung bei weniger anfälligen Sorten größer ist. Dies trägt vor allem in Zeiten mit Arbeitspitzen zu einer Entlastung der Landwirte bei. Zudem kann durch den Anbau weniger anfälliger Sorten eine Reduktion des Einsatzes chemischer Pflanzenschutzmittel, wie im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes gefordert, ermöglicht werden.

5.1 Summary

The most important pathogen of leaf spots in sugar beet is *Cercospora beticola* (Sacc.). The fungus reduces the assimilation rate due to a decreasing photosynthetically active leaf area. As a consequence yield and quality losses occur. The wide spectrum of sugar beet varieties offered in Germany includes varieties with medium to high susceptibility to *Cercospora beticola* and varieties with low susceptibility. As a result of intensive breeding efforts the less susceptible varieties have in the meantime reached a nearly identical yield performance in absence of infection compared to susceptible varieties. The conduction of comparative epidemiological, variety-specific studies within official variety trials is impossible because of technical reasons. In order to study the breeding progress of the resistance to *Cercospora beticola* and its importance for the integrated pest management the following questions were asked:

- How does the epidemic progress of *Cercospora beticola* differ among varieties with different susceptibility?
- Which differences exist among varieties with different susceptibility in terms of the disease-loss relationship?
- Is it possible to develop variety-specific threshold systems for fungicide application in sugar beet?

The aim of this work was to study the epidemiology of the pathogen and its effects on yield and quality, especially white sugar yield (WSY), of “old” less susceptible and in absence of infestation lower yielding varieties in comparison with “new” less susceptible and in absence of infestation higher yielding varieties, and susceptible varieties. Furthermore, on the basis of disease-loss relationship the possibility of developing variety-specific threshold systems was investigated.

For this purpose, in 2004 and 2005 field trials on seven sites per year were conducted in Germany and Austria with three susceptible, one “old” less susceptible and two “new” less susceptible varieties, and eight control strategy treatments. The control strategies included an untreated control, a healthy one treated repeatedly with static fungicide applications, and six strategy treatments based on the summary threshold system 5/15/45 % disease incidence (DI) of infected leaves (*Cercospora beticola*, *Erysiphe betae* and *Ramularia beticola*). Fungicide applications were conducted one and two times. The first application was either conducted in time (when exceeding the threshold), or with 14, or 28 days delayed. The second application was also conducted in time, or with 14, or 28 days delayed (first application to these three treatments in time). From the end of June DI and disease severity (DS) of *Cercospora beticola* were assessed regularly and root yield, sugar content, and technical quality determined after harvest.

The development of DI followed a sigmoid curve until reaching 100 %. The summary threshold was reached in nearly every environment (site x year) and by all varieties. By fitting a logistic growth curve to the measured values of DI no shown differences existed among varieties and all varieties within the same environment reached the threshold nearly at the same time. With increasing infestation level susceptible varieties reached considerably higher DS than less susceptible varieties. By fitting a logistic growth curve to the measured values of DS and subsequent statistical analysis at three DS progress times varieties differed significantly when DS at harvest (DS_{harvest}) exceeded 20 %. Under low ($DS_{\text{harvest}} < 5 \%$) and medium infestation level ($DS_{\text{harvest}} 5 - 20 \%$) varieties did not differ. Variety differences for the area under disease progress curve (AUDPC) were found with increasing infestation levels but were less clear than for the DS_{harvest} . With increasing infestation level varieties differed considerably in WSY, however, differences between susceptible and less susceptible varieties were only occasionally significant as a result of the mostly late initiating infestation.

The fungicide application based on the summary threshold system caused a significant higher WSY averaged over all varieties than in the untreated control even under low infestation level ($DS_{\text{harvest}} < 5 \%$). With decreasing sugar beet price and increasing seed price and under the assumption that fungicide application are based on the summary threshold system this WSY gain would diminish but still mostly have a positive economic effect. Under medium ($DS_{\text{harvest}} 5 - 20 \%$) but especially also under high infestation level ($DS_{\text{harvest}} > 20 \%$) the application twice in time minimized WSY losses, whereas the single application in time reduced WSY. Significantly negative effects of the delayed fungicide applications in comparison to the application in time were not found, whereas WSY evidently decreased the more the application was delayed. Due to the lack of interactions between variety and control strategy it was impossible to statistically evaluate variety-specific reactions to the delayed treatments. At increasing infestation level less susceptible varieties tended to show higher WSY and more stable yield performance with the delayed treatments than susceptible varieties. For all varieties the disease-loss relationship between WSY and DS_{harvest} , or AUDPC was nearly the same. However, less susceptible varieties “compensated” for negative infestation effects and showed nearly identical WSY as under no infestation even at higher DS_{harvest} and AUDPC. Therefore, at high infestation levels less susceptible varieties had a yield advantage over susceptible varieties.

It was impossible to develop variety-specific threshold systems which in practice are not considered necessary. In general, it could be determined that for less susceptible varieties the time window for fungicide application is wider than for susceptible varieties. Thus, farmers could be unburdened in times with work peaks. Furthermore, the cultivation of less susceptible varieties could reduce the use of plant protection chemicals as requested for the integrated pest management.

6. Literaturverzeichnis

ADAMS, H., B. MÄRLÄNDER (1996): Inokulation im Feld zur Resistenzbestimmung bei Zuckerrüben gegen Erreger von Blattfleckenkrankheiten. Zuckerindustrie, 121, 575-579

ADAMS, H., W.R. SCHÄUFELE, B. MÄRLÄNDER (1995): A method for the artificial inoculation of sugarbeet with *Cercospora beticola* under field conditions. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 102, 320-322

AGRAVIS RAIFFEISEN AG (2005): Raiffeisen Pflanzenschutz Preisliste 2005. Hannover Münster

ANONYMUS (2002): Zuckermarkt. Rübenanbau, Unternehmen der Zuckerindustrie, Weltmarkt, Zuckerverbrauch, Substitute, EU-Zuckermarktordnung, Rüben- und Zuckerpreise, EU-Selbstfinanzierung. Beilage zur dzz Nr. 32

AUST, H.-J., H. BUCHENAUER, F. KLINGAUF, P. NIEMANN, H.M. PÖHLING, F. SCHÖNBECK (1991): Schriftenreihe der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft. Band 3. Glossar Phytomedizinischer Begriffe. Eugen Ulmer, Stuttgart, ISBN 3-8001-8912-7

BAROCKA, K.H. (1970): Zur Resistenzzüchtung bei Zuckerrüben gegen *Cercospora beticola*. Zeitschrift für die Zuckerindustrie, 20, 79-83

BASF (2005): Pflanzenschutzmittel, Blatt- und Spurennährstoffdünger 2005

BATTILANI, P., G. BELTRAMI, P. MERIGINI, I. PONTI, A. ROSSI, V. ROSSI, F. ROSSO, V. TUGNOLI, A. ZOCCA (1990): Nuovo indirizzi, di difesa anticercosporica. L'Informatore Agrario, 46, 53-70

BÄTZ, G., H. DÖRFEL, A. FUCHS, E. THOMAS (1987): Pflanzenproduktion. Einführung in die Methodik des Feldversuchs. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 2. Auflage, ISBN 3-331-00125-2

BEIß, U., A. VON MÜLLER (1974): Beiträge zur Methodik der Ertrags- und Qualitätsbestimmung bei Zuckerrüben. Zucker, 27, 173-178

BIANCARDI, E. (1999): The breeding work of Munerati. Vortragsmanuskript Commemoration Prof. O. Munerati, Rovigo

BLEIHOLDER, H., H.C. WELTZIEN (1971): Beiträge zur Epidemiologie von *Cercospora beticola* Sacc. an Zuckerrübe. I. Die Inkubations- und Fruktifikationszeit. Phytopathologische Zeitschrift, 72, 344-353

BLEIHOLDER, H., H.C. WELTZIEN (1972a): Beiträge zur Epidemiologie von *Cercospora beticola* Sacc. an Zuckerrübe. II. Die Konidienbildung in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Licht. Phytopathologische Zeitschrift, 73, 46-68

- BLEIHOLDER, H., H.C. WELTZIEN (1972b): Beiträge zur Epidemiologie von *Cercospora beticola* Sacc. an Zuckerrübe. III. Geopathologische Untersuchungen. Phytopathologische Zeitschrift, 73, 93-114
- BORTZ, J. (1993): Statistik für Sozialwissenschaftler. Springer, Berlin, 4. Auflage, ISBN 3-540-56200-1
- BUCHHOLZ, K., B. MÄRLÄNDER, H. PUKE, H. GLATTKOWSKI, K. THIELECKE (1995): Neubewertung des technischen Wertes von Zuckerrüben. Zuckerindustrie, 120, 113-121
- BÜCHSE, A. (1999): Nachbarschaftseffekte in Sortenversuchen bei Zuckerrüben. Dissertation, Universität Göttingen, Cuvillier, ISBN 3-89712-587-0
- BVL, BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT (2005): Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis Teil 1 2005. Ackerbau – Wiesen und Weiden – Hopfenbau – Nichtkulturland. Eigenverlag, Braunschweig, 53. Auflage, ISSN 0178-059X
- BMELV, BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2006): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2006. Landwirtschaftsverlag GmbH Münster-Hiltrup, 50. Ausgabe, ISBN 978-3-7843-3435-6, ISSN 0072-1581
- BMVEL, BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2004): Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz. Nachhaltige Landwirtschaft – Vorsorgender Verbraucherschutz – Schutz des Naturhaushalts.
- BSA, BUNDESSORTENAMT (2005): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölf Früchte, Leguminosen, Hackfrüchte. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Hannover
- BURBA, M., B. GEORGI (1975): Die fluorometrische Bestimmung der Aminosäuren in Zuckerrüben und Zuckerfabrikprodukten mit Fluoreszamin und o-Phthalaldehyd. Zuckerindustrie, 25, 667-673
- BURBA, M., B. GEORGI (1976): Die fluorometrische Bestimmung der Aminosäuren in Zuckerrüben und Zuckerfabrikprodukten mit Fluoreszamin und o-Phthalaldehyd. Zuckerindustrie, 26, 322-329
- BURBA, M., W. HAUF E (1972): Beitrag zur Ermittlung der optimalen Stichprobengröße bei Zuckerrüben – Eine Voraussetzung für die repräsentative Bestimmung von Ertrag und Qualität. Zuckerindustrie, 22, 75-80
- BURBA, M., W. HAUF E, W. KRÜGER (1975): Verhalten von qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffen der Zuckerrübe während der Herstellung und Lagerung von Gefrierbrei. Zucker, 28, 411-418

- BYFORD, W.-J. (1996): A survey of foliar diseases of sugar beet and their control in Europe. Proceedings of the 59th IIRB Congress, Brüssel, 1-10
- CAMPBELL, C.L., L.V. MADDEN (1990): Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons, NY, USA, ISBN 0-471-83236-7
- CAMPBELL, L.G., G.A. SMITH, H.A. LAMEY, A.W. CATTANACH (1998): *Cercospora beticola* Tolerant to Triphenyltin Hydroxide and Resistant to Thiophanate Methyl in North Dakota and Minnesota. Journal of Sugar Beet Research, 35, 29-41
- DANIELSEN, S., S.E. JACOBSEN, J. ECHEGARAY, T. AMES (2001): Impact of downy mildew on the yield of quinoa. Program Report 1999 - 2000, International Potato Center, Lima, Peru, 397-401
- DIERCKS, R., R. HEITEFUß (1990): Integrierter Landbau: Systeme umweltbewußter Pflanzenproduktion; Grundlagen, Praxiserfahrungen, Entwicklungen; Ackerbau, Gemüse, Obst, Hopfen, Grünland. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, ISBN 3-405-13527-3
- DRANDAREVSKI, C.A. (1969): Untersuchungen über den echten Rübenmehltau *Erysiphe betae* (Vanha) Weltzien. II. Biologie und Klimaabhängigkeit des Pilzes. Phytopathologische Zeitschrift, 65, 124-154
- DUFNER, J., U. JENSEN, E. SCHUMACHER (2002): Statistik mit SAS. B.G. Teubner, Stuttgart, 2. Auflage, ISBN 3-519-12088-7
- EG, KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT (2001): Verordnung (EG) Nr. 1260/2001 des Rates vom 19. Juni 2001 über die gemeinsame Marktorganisation für Zucker
- EG, KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT (2006): Verordnung (EG) Nr. 318/2006 des Rates vom 20. Februar 2006 über die gemeinsame Marktorganisation für Zucker
- FEINDT, F., K. MENDGEN, R. HEITEFUß (1981a): Feinstruktur unterschiedlicher Zellwandreaktionen im Blattparenchym anfälliger und resistenter Rüben (*Beta vulgaris* L.) nach Infektion durch *Cercospora beticola* Sacc.. Phytopathologische Zeitschrift, 101, 248-264
- FEINDT, F., K. MENDGEN, R. HEITEFUß (1981b): 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
- FRANSEN, N.O. (1956a): Untersuchungen über *Cercospora beticola*. IV. Die Konidienkeimung. Zucker, 9, 3-5
- FRANSEN, N.O. (1956b): Untersuchungen über *Cercospora beticola*. V. Die Konidienproduktion. Zucker, 9, 51-53

- GAO, D. (2000): Molecular and cytological characterization of a full set of monosomic addition lines from *Beta corolliflora* in *Beta vulgaris* and chromosomal localization of resistance genes to leaf spot (*Cercospora beticola*) and rhizomania disease from wild beets. Dissertation, Universität Kiel, Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 19, ISSN 1435-2613
- GÄUMANN, E. (1951): Pflanzliche Infektionslehre: Lehrbuch der allgemeinen Pflanzenpathologie für Biologen, Landwirte, Förster und Pflanzenzüchter. Verlag Birkhäuser AG., Basel, 2. Auflage
- GAURILČIKIENĖ, I., I. DEVEIKYTĖ, E. PETRAITIENĖ (2006): Epidemic progress of *Cercospora beticola* Sacc. in *Beta vulgaris* L. under different conditions and cultivar resistance. *Biologija*, 54-59
- GEIDEL, H. (1970): Zur zusammenfassenden Auswertung von Versuchsserien. *EDV in Medizin und Biologie*, 1/1970, 2-5
- GEIDEL, H. (1971): Zur Interpretation von Interaktionen bei Versuchsserien. *EDV in Medizin und Biologie*, 1/1971, 13-18
- GEISLER, G. (1981): Ertragsbildung von Kulturpflanzen. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, ISBN 3-534-08283-4
- GEORGOPOULOS, S.G., C. DOVAS (1973): A serious outbreak of strains of *Cercospora beticola* resistant to Benzimidazole fungicides in northern Greece. *Plant Disease Reporter*, 57, 321-324
- GIANNOPOLITIS, C.N. (1978) Occurrence of strains of *Cercospora beticola* resistant to triphenyltin fungicides in Greece. *Plant Disease Reporter*, 62, 205-208
- GIANNOPOLITIS, C.N., M. CHRYSAYI-TOKOUSRALIDES (1980): Biology of triphenyltin-resistant strains of *Cercospora beticola* from sugarbeet. *Plant Disease*, 64, 940-942
- GLATTKOWSKI, H., B. MÄRLÄNDER (1993): Umrechnung der Ergebnisse der Amino-N-Bestimmung in Zuckerrüben für die Verwendung in der Reinefeld-Formel nach Umstellung auf Aluminiumsulfat-Klärung und fluorometrische Messung. *Zuckerindustrie*, 118, 247-249
- GOTTSCHALK, T.E., J.D. MIKKELSEN, J.E. NIELSEN, K.K. NIELSEN, J. BRUNSTEDT (1998): Immunolocalization and characterization of a beta-1,3-glucanase from sugar beet, deduction of its primary structure and nucleotide sequence by cDNA and genomic cloning. *Plant Science*, 132, 153-167

- GROßE-HERRENTHEY, U. (2001): 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, 23, ISSN 1435-2613
- HARVESON, R.M., G.L. HEIN, J.A. SMITH, R.G. WILSON, C.D. YONTS (2002): An integrated approach to cultivar evaluation and selection for improving sugar beet profitability. *Plant Disease*, 86, 192-204
- HAUFE, W., H. GEIDEL (1978): Probleme bei der Zusammenfassung von Einzelversuchen zu Versuchsserien. *EDV in Medizin und Biologie*, 9, 12-20
- HEITEFUß, R. (2000): Pflanzenschutz: Grundlagen der praktischen Phytomedizin. Georg Thieme, Stuttgart, 3. Auflage, ISBN 3-13-513303-6
- HOFFMANN, C. (2006): Zuckerrüben als Rohstoff – Die technische Qualität als Voraussetzung für eine effiziente Verarbeitung. Habilitationsschrift, Weender Druckerei GmbH & Co. KG, Göttingen, ISBN 978-3-930333-87-5, ISBN 3-930333-87-2
- HOFFMANN, C., B. MÄRLÄNDER (2006): Vergleich der Methoden zur Bestimmung des Amino-Stickstoffs in Zuckerrüben. *Zuckerindustrie*, 131, 9-15
- HOFFMANN, G.M. (1990): Grundlagen zur Definition von Bekämpfungsschwellen bei Erregern von Weizenkrankheiten. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*, 266, 133, ISBN 3-489-26600-5
- HOFFMANN, G.M., J.-A. VERREET, J. HABERMEYER (1991): Entwicklung und Einführung des "Weizenmodell Bayern" im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes. *Gesunde Pflanzen*, 43, 333-345
- HOLTSCHULTE, B. (2000): *Cercospora beticola* - worldwide distribution and incidence. In: ASHER, M.J.C., B. HOLTSCHULTE, M. RICHARD MOLARD, F. ROSSO, G. STEINBRÜCKEN AND R. BECKERS (ed.): *Cercospora beticola* Sacc. biology, agronomic influence and control measures in sugar beet. *Advances in Sugar Beet Research* 2, IIRB-Eigenverlag, Brüssel, 5-16, ISBN 2-9600182-2-2
- ICUMSA (1994): The determination of the polarisation of sugar beet by the macerator or cold aqueous digestion method using aluminium sulphate as clarifying agent - official. In: International commission for uniform methods of sugar analysis (eds.): *Methods Book*, Method GS6-3. Dr. A. Bartens, Berlin, 1-3

- IOANNIDIS, P.M., G.S. KARAOGLANIDIS (2000): Resistance of *Cercospora beticola* Sacc. to fungicides. In: ASHER, M.J.C., B. HOLTSCHULTE, M. RICHARD MOLARD, F. ROSSO, G. STEINBRÜCKEN AND R. BECKERS (ed.): *Cercospora beticola* Sacc. biology, agronomic influence and control measures in sugar beet. Advances in Sugar Beet Research 2, IIRB-Eigenverlag, Brüssel, 123-145, ISBN 2-9600182-2-2
- ITO, K. (1969): On the effect of heteroscedasticity and non-normality upon some multivariate tests procedures. In: Krishnaiah, P.R. (ed.): Multivariate Analysis – II, Academic Press, New York, 87-120
- ITO, K., W.J. SCHULL (1964): On the robustness of the T_0^2 -test in multivariate analysis of variance when variance-covariance matrices are not equal. Biometrika, 51, 71-82
- JAMES, W.C. (1974): Assessment of plant diseases and losses. Annual Reviews of Phytopathology, 12, 27-48
- JEGER, M.J. (2004): Analysis of Disease Progress as a Basis for Evaluating Disease Management Practices. Annual Review of Phytopathology, 42, 61-82
- JOHNSON, G., D.D. MAAG, D.K. JOHNSON, R.D. THOMAS (1976): The possible role of phytoalexins in the resistance of sugarbeet (*Beta vulgaris*) to *Cercospora beticola*. Physiol. Plant Path., 8, 225-230
- JONES, R.K., C.E. WINDELS (1991): A Management Model for Cercospora Leaf Spot of Sugarbeets. Minnesota Extension Service, University of Minnesota, AG-FO-5643-E
- JÖRG, E., M. NANZ, C. LANG (2001): Komplexe Befallssituation "summarisch" betrachten. LW, 28, 21-22
- KAISER, U., E. LADEWIG, M. VARRELMANN (2006): Erzeugung verschiedener Befallsverläufe von *Cercospora beticola* durch künstliche Inokulation von Zuckerrübensorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 400, 218, ISBN-10: 3-930037-30-0, ISBN-13: 978-930037-30-8, ISSN 0067-5849
- KARAOGLANIDIS, G.S., C.C. THANASSOULOPOULOS (2002): Phenotypic Instability of *Cercospora beticola* Sacc. Strains Expressing Resistance to the Sterol Demethylation-Inhibiting (DMI) Fungicide Flutriafol after Cold Exposure. Journal of Phytopathology, 150, 692-696
- KARAOGLANIDIS, G.S., C.C. THANASSOULOPOULOS, P.M. IOANNIDIS (2001): Fitness of *Cercospora beticola* field isolates - resistant and - sensitive to demethylation inhibitor fungicides. European Journal of Plant Pathology, 107, 337-347

- KARAOGLANIDIS, G.S., P.M. IOANNIDIS, C.C. THANASSOULOPOULOS (2002): Changes in sensitivity of *Cercospora beticola* populations to sterol-demethylation-inhibiting fungicides during a 4-year period in northern Greece. *Plant Pathology*, 51, 55-62
- KARAOGLANIDIS, G.S., U. MENKISSOGLU-SPIROUDI, C.C. THANASSOULOPOULOS (2003): Sterol Composition of DMI-Resistant and -Sensitive Field Isolates of *Cercospora beticola*. *Journal of Phytopathology*, 151, 431-435
- KELBER, E. (1977a): Zur Aufbereitung von Versuchsergebnissen zur sekundären Auswertung für Befalls-Verlust-Relationen. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 84, 100-113
- KELBER, E. (1977b): Multivariate Schätzmodelle für Ertragsverluste durch *Cercospora beticola* bei Zuckerrüben. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 84, 174-186
- KENTER, C., C. HOFFMANN, B. MÄRLÄNDER (2006): Sugarbeet as raw material - Advanced storage management to gain good processing quality. Optimierung der Rohstoffqualität von Zuckerrüben durch verbessertes Lagerungsmanagement. *Zuckerindustrie*, 131, 706-720
- KLEINWANZLEBENER SAATZUCHT (1970): *Cercospora*-Tafel. Kleinwanzlebener Saatzucht AG, Einbeck, Germany
- KOCH, F. (1970): Resistenz und Resistenzzüchtung bei Zuckerrüben gegen *Cercospora beticola* – eine Literaturübersicht. *Journal of the I.I.R.B.*, 4, 237-247
- KOCH, G., C. JUNG (2000): Genetic localization of *Cercospora* resistance genes. In: ASHER, M.J.C., B. HOLTSCHULTE, M. RICHARD MOLARD, F. ROSSO, G. STEINBRÜCKEN AND R. BECKERS (ed.): *Cercospora beticola* Sacc. biology, agronomic influence and control measures in sugar beet. *Advances in Sugar Beet Research* 2, IIRB-Eigenverlag, Brüssel, 197-210, ISBN 2-9600182-2-2
- KOLBE, W. (1985): 200 Jahre Pflanzenschutz im Zuckerrübenanbau (1784-1984). Rheinischer Landwirtschafts-Verlag G.m.b.H, Bonn, ISBN 3-924683-44-1
- KRAGH, K.M., J.E. NIELSEN, K.K. NIELSEN, S. DREBOLDT, J.D. MIKKELSEN (1995): Characterization and Localization of New Antifungal Cysteine-Rich Proteins from *Beta vulgaris*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 8, 424-434
- KRANZ, J. (1996): Epidemiologie der Pflanzenkrankheiten: Eine Einführung in Grundlagen, Methoden und praktische Anwendung. Eugen Ulmer, Stuttgart, ISBN 3-8001-3096-3
- VON KRÖCHER, C. (2000): Mit Befallsmonitoring gesunde Zuckerrübenbestände. *Zuckerrübe*, 49, 197-199

- KTBL, KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E. V. DARMSTADT (2006): Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07. Lokay, Reinheim, 20. Auflage, ISBN 978-3-939371-07-6
- LADEWIG, E., C. BRUNS, H. LEIPERTZ, G. SANDER, H. WETZLER (2006): Expertenbefragung zum Pflanzenschutz 1994-2005. Zuckerindustrie, 131, Beiträge zur 7. Göttinger Zuckerrübentagung, 80-85
- LANG, C. (2004): Bekämpfung von Blattkrankheiten – Monitoring, Bekämpfungsschwellen und Umsetzung in der Praxis. Zuckerindustrie, 129, 702-710
- LIEBER, H. (1982): Untersuchungen zur Erfassung der Resistenz der Zuckerrübe, *Beta vulgaris* L., gegenüber *Cercospora beticola* Sacc.. Dissertation, Universität Göttingen
- VON LOCHOW, J., W. SCHUSTER (1961): Anlage und Auswertung von Feldversuchen. DLG-Verlag, Frankfurt/Main
- LÜDECKE, H. (1954): Der Begriff des "bereinigten Zuckerertrages" als Bewertungsgröße für die Leistung der Zuckerrübe. Landwirtschaftliche Forschung, 7, 24-30
- MAAG, G.W., M.G. PAYNE, I. WICKHAM, R.J. HECKER, E.E. REMMENG, E.M. HARRISON (1967): Association of Chemical Characters with *Cercospora* Leaf Spot Resistance in Sugar Beets. Journal of the American Society of Sugar Beet Technology, 14, 605-614
- MAIER, J., K. BÜRCKY (1999): Bekämpfung von Blattkrankheiten. Einführung des IPS-Modells in die landwirtschaftliche Praxis. Zuckerrübe, 48, 171-173
- MAIER, J., K. BÜRCKY, R. KÖHLER (2000): Blattkrankheiten-Monitoring und Bewarnung der Anbauer im süddeutschen Zuckerrübenanbau. Zuckerindustrie, 125, 432-435
- MAMLUK, O.F., H.C. WELTZIEN (1973): Untersuchungen über die Hauptfruchtform des echten Rübenmehltaus, *Erysiphe betae* (Vanha) Weltzien. I. Die Fruchtkörperbildung in Abhängigkeit von Umweltfaktoren. Phytopathologische Zeitschrift, 76, 221-252
- MÄRLÄNDER, B., C. HOFFMANN, H.-J. KOCH, E. LADEWIG, R. MERKES, J. PETERSEN, N. STOCKFISCH (2003): Environmental Situation and Yield Performance of the Sugar Beet Crop in Germany: Heading for Sustainable Development. Journal of Agronomy & Crop Science, 189, 201-226
- MARTIN, S.S. (1990): Flavonoid Phytoalexins Are Synthesized by Diverse *Beta vulgaris*. Journal of Sugar Beet Research, 27, 72-80
- MECHELKE, W. (2000): Züchtungs- und Sortenstrategien zur Resistenz bei Zuckerrüben gegenüber *Cercospora beticola*. Zuckerindustrie, 125, 688-692

- MERKES, R., H. COENEN, F. HESSE, G. SCHÜTZ (2003): Stand der Produktionstechnik zu Zuckerrüben – Ergebnisse der Umfrage 2002. Zuckerindustrie, 128, 425-433
- MILLER, J., M. REKOSKE, A. QUINN (1994): Genetic Resistance, Fungicide Protection and Variety Approval Policies for Controlling Yield Losses from Cercospora Leaf Spot Infections. Journal of Sugar Beet Research, 31, 7-12
- MISCHKE, W. (1960): Untersuchungen über den Einfluss des Bestandesklimas auf die Entwicklung der Rüben-Blattfleckenkrankheit (*Cercospora beticola* Sacc.) im Hinblick auf die Einrichtung eines Warndienstes. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, 37, 197-227
- 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 (2004a): Ertragssicherung bei Zuckerrüben durch Bekämpfungsstrategie und Sortenwahl bei Blattkrankheiten. Zuckerindustrie, 129, 694-701
- MITTLER, S., J. PETERSEN, E. JÖRG, P. RACCA (2004b): Integrierte Bekämpfung von Blattkrankheiten bei Zuckerrüben. Proceedings of the 67th IIRB Congress, Brüssel, 97-106
- MUNERATI, O. (1920): Osservazione e Ricerche sulla Barbabietola da Zucchero. Observations and Research on Sugar Beet - Part 1. reprint 1999. Tipografica della R. Accademia dei Lincei
- NIELSEN, K.K., J.D. MIKKELSEN, K.M. KRAGH, K. BOJSEN (1993): An acidic class III chitinase in sugar beet: induction by *Cercospora beticola*, characterization, and expression in transgenic tobacco plants. Molecular Plant - Microbe Interactions, 6, 495-506
- NILSSON, N.O., M. HANSEN, A.H. PANAGOPOULOS, S. TUVESSON, M. EHLDE, M. CHRISTIANSSON, I.M. RADING (1999): QTL analysis of Cercospora leaf spot resistance in sugar beet. Plant breeding, 118, 327-334
- NORDZUCKER (2006): Akzente. Sonderausgabe Bioethanol
- OSSENKOP, A., E. LADEWIG, R. MANTHEY (2002): Leistung von cercosporaresistenten Sorten – Konsequenzen für Prüfsystem und Anbauberatung. Zuckerindustrie, 127, 867-871
- OSSENKOP, A., E. LADEWIG, R. MANTHEY (2004): Sortenleistung von Zuckerrüben bei Befall mit Blattkrankheiten – Möglichkeiten und Grenzen des Sortenversuchswesens. Zuckerindustrie, 129, 687-693

- OSSENKOP, A., U. KAISER, B. MÄRLÄNDER (2006): Sortenprüfsystem: Drei Jahre ohne und mit Fungizid. dzz, 14
- PERCICH, J.A., M.W. HOTCHKISS, L.J. NICKELSON (1986): Survey and Screening of Benomyl-Resistant Strains of *Cercospora beticola* in Minnesota and North Dakota. Journal of the American Society of Sugar Beet Technology, 23, 148-153
- PETERSEN, R.G. (1994): Agricultural Field Experiments – Design and Analysis. Marcel Dekker, Inc., New York, ISBN 0-8247-8912-1
- PFLSCHG, PFLANZENSCHUTZGESETZ (1998): Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen vom 14.05.1998. BGBl I, 1998, 971, zuletzt geändert durch Art. 2 § 3 Abs. 9 Nr. 2 am 01.09.2005, BGBl I, 2005, 2618, <http://www.bmelv.de/SharedDocs/downloads/04-Landwirtschaft/Pflanzenschutz/Pflanzenschutzgesetz,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Pflanzenschutzgesetz.pdf>
- PFLEIDERER, U.-E. (1996): Entwicklung einer Prüfmethode für die Resistenz von Sorten bei Zuckerrüben gegen *Cercospora beticola*. Proceedings of the 59th IIRB Congress, Brüssel, 139-142
- PFLEIDERER, U.-E. (1997): Resistenz von Zuckerrübensorten gegen *C. beticola* nach Inokulation im Feld – Etablierung eines Tests im Sortenversuchswesen. Vortr. Pflanzenzüchtg., 37, 65-75
- PFLEIDERER, U.-E., W.R. SCHÄUFELE (1996): Entwicklung einer Prüfmethode auf Cercospora-Resistenz bei Zuckerrübensorten unter Feldbedingungen – erste Ergebnisse. Zuckerindustrie, 121, 580-585
- PFLEIDERER, U.-E., W.R. SCHÄUFELE (2000): Development of a testing method for resistance against *Cercospora beticola* in sugar beet. In: ASHER, M.J.C., B. HOLTSCHULTE, M. RICHARD MOLARD, F. ROSSO, G. STEINBRÜCKEN AND R. BECKERS (ed.): *Cercospora beticola* Sacc. biology, agronomic influence and control measures in sugar beet. Advances in Sugar Beet Research 2, IIRB-Eigenverlag, Brüssel, 147-153, ISBN 2-9600182-2-2
- VON PLOTTO, O. (1951): Untersuchungen zur Morphologie und Physiologie der *Cercospora beticola*. Zucker, 4, 461-467
- 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
- PUNDHIR, V.S., A.N. MUKHOPADHYAY (1987): Epidemiological studies on cercospora leaf spot of sugar beet. Plant Pathology, 36, 185-191

- RACCA, P., E. JÖRG (2003): Prognose von *Cercospora beticola* mit den CERCBET-Modellen. Gesunde Pflanzen, 55, 62-69
- RACCA, P., P. BATTILANI, V. ROSSI (1992): DAPRO: un programma per l'addestramento alla stima delle malattie. Atti 2° Convegno Nazionale "Informatica e Agricoltura", Firenze, Italia, 577-588
- RACCA, P., E. JÖRG, S. MITTLER, J. PETERSEN (2002): Blattkrankheiten bei Zuckerrüben – Prognoseansätze zur Optimierung des Fungizideinsatzes. Zuckerindustrie, 127, 949-958
- RACCA, P., E. JÖRG, S. MITTLER, J. PETERSEN (2004): CERCBET 3 - a forecaster for epidemic development of *Cercospora beticola*. Proceedings of the 67th IIRB Congress, Brüssel, 295-299
- 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, ISBN-10: 3-930037-30-0, ISBN-13: 978-930037-30-8, ISSN 0067-5849
- RADEMACHER, B. (1952): Die *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit bei Zuckerrüben. Zucker, 5, 357-360
- RATHAIAH, Y. (1977): Stomatal Tropism of *Cercospora beticola* in Sugarbeet. Phytopathology, 67, 358-362
- RAUTELA, G.S., M.G. PAYNE (1970): The Relationship of Peroxidase and Ortho-Diphenol Oxidase to Resistance of Sugarbeets to *Cercospora* Leaf Spot. Phytopathology, 60, 238
- RIECKMANN, W., U. STECK (1995): Krankheiten und Schädlinge der Zuckerrübe. Th. Mann, Gelsenkirchen, ISBN 3-7862-0098-X
- ROßBERG, D. (2007): NEPTUN oder "Wie oft wird gespritzt?". Gesunde Pflanze, Übersichtsartikel, DOI 10.1007/s10343-007-0146-2, bisher nur Online-Veröffentlichung, <http://han.sub.uni-goettingen.de/han/38406/www.springerlink.com/content/496151t4j1563624/fulltext.pdf>
- ROßBERG, D., P. RACCA, E. JÖRG, B. KLEINHENZ (2000): Erste Erfahrungen mit dem Modell CERCBET 1. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz, 52, 153-159
- ROßBERG, D., V. GUTSCHE, S. ENZIAN, M. WICK (2002): NEPTUN 2000. Erhebung von Daten zum tatsächlichen Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel im Ackerbau Deutschlands. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 98, Eigenverlag, ISSN 0947-8809

- ROSSI, V. (2000): Cercospora leaf spot infection and resistance in sugar beet. In: ASHER, M.J.C., B. HOLTSCHULTE, M. RICHARD MOLARD, F. ROSSO, G. STEINBRÜCKEN AND R. BECKERS (ed.): *Cercospora beticola* Sacc. biology, agronomic influence and control measures in sugar beet. Advances in Sugar Beet Research 2, IIRB-Eigenverlag, Brüssel, 17-48, ISBN 2-9600182-2-2
- ROSSI, V., P. BATTILANI (1987): Dinamica delle epidemie di *Cercospora beticola* Sacc. su barbabietola da zucchero. Phytopathologia Mediterranea, 26, 170-176
- ROSSI, V., P. BATTILANI (1989): Assessment of Intensity of Cercospora Disease on Sugarbeet. I. Journal of Phytopathology, 124, 63-66
- ROSSI, V., P. BATTILANI, G. CHIUSA, S. GIOSUÈ, L. LANGUASCO, P. RACCA (1997): Components of rate reducing resistance to Cercospora leaf spot in sugarbeet. Proceedings of the IIRB 60, 203-213
- ROSSI, V., P. BATTILANI, G. CHIUSA, S. GIOSUÈ, L. LANGUASCO, P. RACCA (1999): Components of rate-reducing resistance to Cercospora Leaf Spot in sugar beet: incubation length, infection efficiency, lesion size. Journal of Plant Pathology, 81, 25-35
- ROSSI, V., P. BATTILANI, G. CHIUSA, S. GIOSUÈ, L. LANGUASCO, P. RACCA (2000a): Components of rate-reducing resistance to Cercospora Leaf Spot in sugar beet: conidiation length, spore yield. Journal of Plant Pathology, 82, 125-131
- ROSSI, V., P. MERIGGI, E. BIANCARDI, F. ROSSO (2000b): Effect of Cercospora leaf spot on sugar beet growth, yield and quality. In: ASHER, M.J.C., B. HOLTSCHULTE, M. RICHARD MOLARD, F. ROSSO, G. STEINBRÜCKEN AND R. BECKERS (ed.): *Cercospora beticola* Sacc. biology, agronomic influence and control measures in sugar beet. Advances in Sugar Beet Research 2, IIRB-Eigenverlag, Brüssel, 49-76, ISBN 2-9600182-2-2
- RÖßNER, H. (1996): Zum Risiko der Fungizidresistenz bei Zuckerrüben-Blattkrankheiten und Möglichkeiten zur Vermeidung. Proceedings of the 59th IIRB Congress, Brüssel, 71-81
- RÜCKER, P., C. WOLFF (2002): Zur Bedeutung pilzlicher Blattkrankheiten der Zuckerrübe im mitteldeutschen Trockengebiet – Untersuchungen zum Auftreten, zu Bekämpfungsschwellen und zur Wirtschaftlichkeit des Fungizideinsatzes in Sachsen-Anhalt in den Jahren 1999 bis 2001. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 390, 212-213, ISBN 3-8263-3366-7
- RUPPEL, E.G., J.O. GASKILL (1971): Techniques for Evaluating Sugarbeet for Resistance to *Cercospora beticola* in the Field. Journal of the American Society of Sugar Beet Technology, 16, 384-389

- RUPPEL, E.G., S.J. PETERSEN (1977): Effect of Benomyl on In Vitro and In Vivo Biology of Benomyl-Tolerant Strains of *Cercospora beticola*. Journal of the American Society of Sugar Beet Technology, 19, 233-239
- RUPPEL, E.G., L.M. BURTCH, A.D. JENKINS (1976): Benomyl-Tolerant Strains of *Cercospora beticola* from Arizona. Journal of the American Society of Sugar Beet Technology, 19, 106-107
- SAITO, K.-I. (1966): Studies on the *Cercospora* leaf spot resistance in sugarbeet breeding. Mem. Fac. Agric. Hokkaido, 6, 113-179
- SCHÄFER-PREGL, R., D.C. BORCHARDT, E. BARZEN, C. GLASS, W. MECHELKE, J.F. SEITZER, F. SALAMINI (1999): Localization of QTLs for tolerance to *Cercospora beticola* on sugar beet linkage groups. Theoretical and Applied Genetics, 99, 829-836
- SCHÄUFELE, W.R., J.D.A. WEVERS (1996): Possible contribution of tolerant and partially resistant sugar beet varieties to the control of the foliar disease *Cercospora beticola*. Proceedings of the 59th IIRB Congress, Brüssel, 19-32
- SCHLÖSSER, E. (1969): A review of some mechanisms of resistance of sugar beet to *Cercospora beticola*. Journal of the IIRB, 4, 185-191
- SETIAWAN, A. (1999): Mapping quantitative trait loci (QTL) for resistance to leaf spot disease (*Cercospora beticola* Sacc.) in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Dissertation, Universität Kiel, Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 12, ISSN 1435-2613
- SETIAWAN, A., G. KOCH, S.R. BARNES, C. JUNG (2000): Mapping quantitative trait loci (QTLs) for resistance to *Cercospora* leaf spot disease (*Cercospora beticola* Sacc.) in sugar beet. Theoretical and Applied Genetics, 100, 1176-1182
- SHANE, W.W., P.S. TENG (1992): Impact of *Cercospora* Leaf Spot on Root Weight, Sugar Yield, and Purity of *Beta vulgaris*. Plant Disease, 76, 812-820
- SHANER, G., R.E. FINNEY (1977): The Effect of Nitrogen Fertilization on the Expression of Slow-Mildewing Resistance in Knox-Wheat. Phytopathology, 67, 1051-1056
- SHANER, G., R.E. FINNEY (1980): New Sources of Slow Leaf Rusting Resistance in Wheat. Phytopathology, 70, 1183-1186
- SIEKMANN, A. (2002): Die 5-Prozent-Schwelle ist jetzt entscheidend. LW, 28, 19

- SKARACIS, G.N., E. BIANCARDI (2000): Breeding for *Cercospora* resistance in sugar beet. In: ASHER, M.J.C., B. HOLTSCHULTE, M. RICHARD MOLARD, F. ROSSO, G. STEINBRÜCKEN AND R. BECKERS (ed.): *Cercospora beticola* Sacc. biology, agronomic influence and control measures in sugar beet. Advances in Sugar Beet Research 2, IIRB-Eigenverlag, Brüssel, 177-195, ISBN 2-9600182-2-2
- SKARACIS, G.N., P.M. IOANNIDIS, P.I. IOANNIDIS (1996): Integrated Management Systems against sugarbeet *Cercospora* leaf spot disease. Proceedings of the 59th IIRB Congress, Brüssel, 45-54
- SMITH, G.A., J.O. GASKILL (1970): Inheritance of Resistance to *Cercospora* Leaf Spot in Sugarbeet. Journal of the American Society of Sugar Beet Technology, 16, 172-180
- SMITH, G.A., S.S. MARTIN (1978): Differential Response of Sugarbeet Cultivars to *Cercospora* Leaf Spot Disease. Crop Science, 18, 39-42
- SMITH, G.A., E.G. RUPPEL (1971): *Cercospora* Leaf Spot as a Predisposing Factor in Storage Rot of Sugar Beet Roots. Phytopathology, 61, 1485-1487
- SOLEL, Z., G. MINZ (1971): Infection Process of *Cercospora beticola* in Sugarbeet in Relation to Susceptibility. Phytopathology, 61, 463-466
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2007): Feldfrüchte – Anbauflächen, Hektarerträge, Erntemengen. <http://www.destatis.de/basis/d/forst/forsttab7.php>
- STEVENS, J. (1979): Comment on Olson: Choosing a test statistic in multivariate analysis of variance. Psychol. Bull., 86, 355-360
- SYNGENTA AGRO (2004): Züchten, beraten, schützen. Produktinformation 2004
- VAN DER PLANK, J.E. (1963): Plant diseases: epidemics and control. Academic Press Inc., London
- VAN DER PLANK, J.E. (1968): Disease Resistance in Plants. Academic Press Inc., London
- VEREIJSEN, J., J.H.M. SCHNEIDER, A.J. TERMORSHUIZEN, M.J. JEGER (2003): Comparison of two disease assessment methods for assessing *Cercospora* leaf spot in sugar beet. Crop Protection, 22, 201-209
- VERREET, J.-A., P.F.J. WOLF, F.-J. WEIS (1996): Bekämpfungsschwellen als Grundlage für eine integrierte Bekämpfung von *Cercospora beticola* – Das IPS-Modell Zuckerrübe. Proceedings of the 59th IIRB Congress, Brüssel, 55-69
- WALLIN, J.R., D.V. LOONAN (1971): Effect of Leaf Wetness Duration and Air Temperature on *Cercospora beticola* Infection of Sugarbeet. Phytopathology, 61, 546-549

- WALLIN, J.R., D.V. LOONAN (1972): The Increase of *Cercospora* Leaf Spot in Sugar Beets and Periodicity of Spore Release. *Phytopathology*, 62, 570-572
- WEILAND, J.J., J.M. HALLOIN (2001): Benzimidazole resistance in *Cercospora beticola* sampled from sugarbeet fields in Michigan, U.S.A.. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 23, 78-82
- WEILAND, J., G. KOCH (2004): Sugarbeet leaf spot disease (*Cercospora beticola* Sacc.). Pathogen profile. *Molecular Plant Pathology*, 5, 157-166
- WEIS, F.-J. (1998): Entwicklung eines Integrierten Pflanzenschutzsystems zur schwellenorientierten Bekämpfung von *Cercospora beticola* in der Zuckerrübenkultur – IPS-Modell-Zuckerrübe. Dissertation, Universität Kiel, Agrimedia, agribusiness & food, 6, ISBN 3-86037-098-7
- WINDELS, C.E., H.A. LAMEY, D. HILDE, J. WIDNER, T. KNUDSEN (1998): A *Cercospora* Leaf Spot Model for Sugarbeet: In Practice by an Industry. *Plant Disease*, 82, 716-726
- WOLF, P.F.J. (2002): Über die Integration von Bekämpfungsmaßnahmen gegen pilzliche Blattkrankheiten der Zuckerrübe – IPS-Modell Zuckerrübe. Habilitationsschrift, Shaker, Aachen, ISBN 3-8322-0125-4
- 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 (2000): Möglichkeiten und Grenzen der Prognose von pilzlichen Blattkrankheiten der Zuckerrübe. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*, 376, 203-204, ISBN 3-8263-3353-5
- WOLF, P.F.J., J.-A. VERREET (2001): Welches Fungizid in Zuckerrüben?. *Zuckerrübe*, 50, 144-146
- WOLF, P.F.J., J.-A. VERREET (2002): The IPM Sugar Beet Model – An Integrated Pest Management System in Germany for the Control of Fungal Leaf Diseases in Sugar Beet. *Plant Disease*, 86, 336-344
- 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., R. KRAFT, J.-A. VERREET (1998a): Schadorelevanz von *Cercospora beticola* (Sacc.) in Zuckerrüben als Grundlage einer Verlustprognose. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 105, 462-474

-
- WOLF, P.F.J., F.-J. WEIS, J.-A. VERREET, K. BÜRCKY, J. MAIER, H. TISCHNER (1998b): IPS (Integriertes Pflanzenschutzsystem)-Modell Zuckerrübe – Entwicklungsschritte und Einführung in die Praxis. *Gesunde Pflanzen*, 50, 264-272
- WOLF, P.F.J., F.-J. WEIS, J.-A. VERREET (2001a): 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., M. HEINDL, J.-A. VERREET (2001b): Zum Einfluss des Bestandesklimas auf die Prädisposition der Zuckerrübe gegenüber Infektionen von *Cercospora beticola* (Sacc.). *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 108, 578-592
- WRICKE, G. (1965): Die Erfassung der Wechselwirkung zwischen Genotyp und Umwelt bei quantitativen Eigenschaften. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, 53, 266-343
- ZIRM, R. (1998): Überprüfung der im IPS-Modell Zuckerrübe erarbeiteten Schwellenwerte für *Cercospora beticola* - Auswertung anhand einer Versuchsreihe im Jahr 1996. Diplomarbeit, Universität Gesamthochschule Kassel, Fachgebiet Phytomedizin

7. Anhang

Anh. 1: Übersicht über die Monatsmittelwerte der Temperatur (T, in °C), die Monatsmittelwerte der relativen Luftfeuchte (L, in %) und die monatlichen Niederschlagssummen (N, in mm) in den Monaten (M) Januar bis Dezember (01-12); 14 Umwelten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005

M		Umwelt													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
01	T	0,4	0,9	0,9	0,2	-1,8	2,1	-2,5	3,1	3,5	2,8	1,5	-0,5	3,2	1,2
	L	92,4	86,7	89,2	92,2	90,2	90,4	83,0	90,1	84,0	88,7	91,0	93,9	87,7	83,0
	N	81,9	98,1	63,3	67,9	94,0	44,8	34,5	52,4	46,3	73,0	51,4	61,1	24,8	30,3
02	T	3,4	3,6	3,1	2,9	1,4	4,2	2,5	-0,3	0,1	-0,5	-2,0	-2,6	0,7	-1,6
	L	85,2	80,5	85,3	87,0	86,0	81,9	78,0	91,7	84,5	88,8	90,8	91,0	87,3	84,0
	N	34,9	39,7	56,6	11,1	42,4	11,0	54,6	34,5	37,8	36,6	32,6	33,1	29,1	42,9
03	T	4,6	5,0	4,3	4,0	3,6	5,5	4,2	4,1	4,4	4,5	3,7	2,4	6,3	3,6
	L	82,7	75,7	81,8	85,7	81,1	76,4	78,0	84,7	75,7	80,6	85,6	85,5	80,1	74,0
	N	25,0	27,3	31,8	22,2	33,1	26,3	76,3	30,0	27,4	33,5	27,5	29,6	34,6	5,8
04	T	9,4	10,1	9,3	9,9	10,4	11,6	11,8	9,3	10,0	9,3	9,7	9,5	11,7	11,1
	L	79,5	71,0	79,6	75,8	72,6	64,9	70,0	76,7	65,0	78,7	80,5	78,4	73,4	65,0
	N	45,2	40,4	39,5	31,9	24,1	13,0	37,6	35,8	29,9	43,4	67,7	67,8	68,3	35,6
05	T	11,7	12,1	11,3	11,5	12,4	13,7	13,9	12,5	13,1	12,6	13,0	13,6	15,3	15,4
	L	83,8	76,0	80,6	77,8	75,1	66,9	69,0	82,5	74,4	82,3	81,0	72,4	69,7	71,0
	N	70,5	44,7	69,4	64,2	64,0	52,7	40,9	64,3	64,7	80,1	59,9	66,8	51,3	55,3
06	T	15,0	15,4	15,0	15,5	16,0	17,7	17,7	15,4	16,1	15,7	16,9	17,6	19,6	18,4
	L	84,2	76,6	81,4	77,8	80,3	67,5	74,0	78,1	69,2	81,1	75,0	68,0	61,8	65,0
	N	63,9	45,4	65,4	65,5	58,7	67,6	84,8	9,7	11,6	40,3	28,4	67,8	45,3	32,9
07	T	16,2	16,6	16,5	17,1	17,7	19,1	19,8	18,2	18,4	17,8	18,6	18,4	20,5	21,1
	L	83,9	78,9	85,9	80,0	82,3	69,5	69,0	79,5	74,8	83,4	73,9	75,5	68,3	71,0
	N	78,1	116,4	119,9	144,1	82,2	72,0	26,0	86,8	80,4	56,3	83,9	83,6	80,6	110,5
08	T	18,7	19,1	18,8	18,4	18,7	20,2	20,7	16,3	16,2	15,3	16,4	16,2	18,2	18,8
	L	74,4	72,4	80,8	79,5	79,3	72,3	68,0	79,9	78,1	84,6	76,9	79,7	72,7	76,0
	N	82,3	82,2	91,3	61,7	75,1	92,9	33,7	50,2	52,5	67,2	37,0	93,8	41,6	97,0
09	T	14,1	14,6	13,8	14,0	14,1	16,1	15,6	15,3	15,8	14,6	15,5	15,1	17,2	16,8
	L	78,4	75,9	84,6	80,1	83,0	72,7	71,0	80,2	75,8	83,7	79,1	80,3	74,6	72,0
	N	35,6	85,3	56,9	81,1	65,3	26,6	30,5	51,9	49,7	32,6	73,0	19,3	47,2	32,5
10	T	10,1	10,6	9,8	10,0	9,7	11,4	11,9	11,0	11,7	10,7	10,7	9,7	12,0	11,0
	L	86,1	80,8	90,1	89,7	93,3	86,5	85,0	89,1	84,1	88,8	89,1	85,8	89,5	72,0
	N	28,5	10,8	32,7	50,1	37,9	43,4	50,5	53,8	36,2	48,3	34,6	31,5	53,6	2,7
11	T	4,9	5,2	4,6	4,2	3,4	5,5	5,8	5,1	5,5	5,1	3,3	2,1	5,4	3,9
	L	95,1	89,2	94,4	94,6	95,4	92,4	83,0	92,8	85,9	92,7	94,8	95,9	94,5	87,0
	N	59,3	63,4	83,8	37,0	48,6	23,0	34,8	47,2	31,5	29,1	36,2	38,5	39,0	37,3
12	T	1,9	2,2	0,9	0,3	-1,1	1,5	0,9	1,6	2,3	1,8	0,4	-1,2	2,0	0,3
	L	94,3	88,0	93,5	96,0	98,2	93,8	88,0	96,0	89,1	94,2	95,1	94,9	96,2	87,0
	N	19,4	22,8	30,3	24,2	22,6	13,2	13,2	101,8	43,8	39,3	31,9	68,9	22,7	58,9

Anh. 2: Übersicht über die Berechnungsdaten (Termin und Menge) in Zuckerrübenbeständen in verschiedenen Umwelten; Deutschland und Österreich, 2004 und 2005

Umwelt	Termin	Menge
2	08.08.2004	30 l/m ²
4	11.08.2004	45 l/m ²
	12.08.2004	25-30 l/m ²
6	21.04.2004	10 l/m ²
	22.05.2004	22 l/m ²
	06.06.2004	28 l/m ²
	28.06.2004	28 l/m ²
	30.07.2004	30 l/m ²
7	22.07.2004	40 l/m ²
	15.08.2004	40 l/m ²
	01.09.2004	35 l/m ²
9	29.06.2005	30 l/m ²
	09.07.2005	30 l/m ²
13	22.06.2005	20 l/m ²
	07.07.2005	20 l/m ²
	22.07.2005	35 l/m ²
	09.09.2005	25 l/m ²
14	27.06.2005	40 l/m ²
	26.07.2005	50 l/m ²

Anh. 3: Übersicht über die Bekämpfungsstrategien; 2004 und 2005; UK unbehandelte Kontrolle, GV Gesundvariante, A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, Appl. Fungizidapplikation

Nr.	Abkürzung	Bekämpfungsstrategie		Einsatzzeitpunkt
1	UK	unbehandelte Kontrolle		-
2	-	Boniturkontrolle		-
3	GV	Gesundvariante	1. Appl. Spyrale 2. Appl. Spyrale 3. Appl. Opus	vor regionalem Befallsbeginn nach 3-4 Wochen nach 3-4 Wochen
		1. Applikation	2. Applikation	
4	A1T0	terminogenau	ohne	<u>Erstbehandlung:</u> bei Überschreitung der Schwelle
5	A1T14	14 Tage verzögert	ohne	<u>Erstbehandlung:</u> 14 Tage nach Schwellenüberschreitung
6	A1T28	28 Tage verzögert	ohne	<u>Erstbehandlung:</u> 28 Tage nach Schwellenüberschreitung
7	A2T0	terminogenau	terminogenau	<u>Erstbehandlung:</u> bei Überschreitung der Schwelle <u>Zweitbehandlung:</u> bei Überschreitung der Schwelle
8	A2T14	terminogenau	14 Tage verzögert	<u>Erstbehandlung:</u> bei Überschreitung der Schwelle <u>Zweitbehandlung:</u> 14 Tage nach Schwellenüberschreitung
9	A2T28	terminogenau	28 Tage verzögert	<u>Erstbehandlung:</u> bei Überschreitung der Schwelle <u>Zweitbehandlung:</u> 28 Tage nach Schwellenüberschreitung

Anh. 4: Entwicklung der Befallshäufigkeit (BH) mit *Cercospora beticola*, *Erysiphe betae* und/oder *Ramularia beticola* befallener Blätter in Zuckerrüben nach Anpassung einer Wachstumsfunktion an die Messwerte bei schwachem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} < 5\%$); 4 Umwelten, 6 Sorten, 2004 und 2005, Deutschland, unbehandelte Kontrolle; Werte hinter der Klammer wurden bei der Iteration nicht berücksichtigt

Anh. 5: Entwicklung der Befallshäufigkeit (BH) mit *Cercospora beticola*, *Erysiphe betae* und/oder *Ramularia beticola* befallener Blätter in Zuckerrüben nach Anpassung einer Wachstumsfunktion an die Messwerte bei mittlerem Befall mit *Cercospora beticola* (BS_{Ernte} 5 – 20 %); 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle

Anh. 6: Entwicklung der Befallshäufigkeit (BH) mit *Cercospora beticola*, *Erysiphe betae* und/oder *Ramularia beticola* befallener Blätter in Zuckerrüben nach Anpassung einer Wachstumsfunktion an die Messwerte bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20\%$); 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle

Anh. 7: Übersicht über die Parameter (a, b) der Wachstumsfunktion für die Befallshäufigkeit kranker Blätter in Zuckerrüben bei schwachem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} < 5\%$); 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; R^2 Bestimmtheitsmaß, p Irrtumswahrscheinlichkeit

Umwelt	Sorte	a	b	R^2	p
1	A	0,2689	0,1282	0,9625	< 0,0001
	B	2,9150	0,0942	0,9474	< 0,0001
	C	1,3147	0,0967	0,9669	< 0,0001
	D	2,1816	0,0873	0,9538	< 0,0001
	E	1,3133	0,1004	0,9575	< 0,0001
	F	0,5531	0,1131	0,9612	< 0,0001
4	A	0,0751	0,1358	0,8965	< 0,0001
	B	0,1465	0,1271	0,9022	< 0,0001
	C	0,0200	0,1549	0,9329	< 0,0001
	D	0,3798	0,0945	0,8236	< 0,0001
	E	1,1529	0,0770	0,7700	< 0,0001
	F	0,0063	0,1813	0,9245	< 0,0001
10	A	0,0637	0,1484	0,9778	< 0,0001
	B	0,4830	0,0970	0,9682	< 0,0001
	C	0,0017	0,2212	0,9807	< 0,0001
	D	0,0044	0,1948	0,9917	< 0,0001
	E	0,0149	0,1722	0,9796	< 0,0001
	F	0,0090	0,1963	0,9771	< 0,0001
11	A	0,4694	0,0734	0,9572	< 0,0001
	B	0,2487	0,0675	0,9320	< 0,0001
	C	0,6965	0,0518	0,9027	< 0,0001
	D	0,4756	0,0517	0,8844	< 0,0001
	E	0,2727	0,0537	0,8897	< 0,0001
	F	0,3422	0,0557	0,9091	< 0,0001

Anh. 8: Übersicht über die Parameter (a, b) der Wachstumsfunktion für die Befallshäufigkeit kranker Blätter in Zuckerrüben bei mittlerem Befall mit *Cercospora beticola* (BS_{Ernte} 5 – 20 %); 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; R^2 Bestimmtheitsmaß, p Irrtumswahrscheinlichkeit

Umwelt	Sorte	a	b	R^2	p
2	A	0,2040	0,1328	0,9581	< 0,0001
	B	4,7442	0,0919	0,9496	< 0,0001
	C	1,5317	0,0945	0,9558	< 0,0001
	D	1,2739	0,1136	0,9771	< 0,0001
	E	1,6356	0,0962	0,9562	< 0,0001
	F	0,4067	0,1119	0,9528	< 0,0001
3	A	0,8628	0,1050	0,9502	< 0,0001
	B	1,6146	0,1019	0,9526	< 0,0001
	C	0,3706	0,1184	0,9679	< 0,0001
	D	2,4355	0,0957	0,9398	< 0,0001
	E	1,9025	0,0880	0,9157	< 0,0001
	F	2,4190	0,0806	0,8739	< 0,0001
8	A	0,0761	0,1751	0,9762	< 0,0001
	B	0,3555	0,1572	0,9723	< 0,0001
	C	1,6949	0,0944	0,8884	< 0,0001
	D	0,0429	0,1984	0,9624	< 0,0001
	E	1,0509	0,1018	0,9153	< 0,0001
	F	0,6871	0,1130	0,9334	< 0,0001
9	A	0,2602	0,1199	0,9849	< 0,0001
	B	4,3404	0,0761	0,9471	< 0,0001
	C	0,9801	0,1008	0,9745	< 0,0001
	D	0,7049	0,0960	0,9856	< 0,0001
	E	1,9154	0,0727	0,9474	< 0,0001
	F	0,2352	0,1179	0,9646	< 0,0001

Anh. 9: Übersicht über die Parameter (a, b) der Wachstumsfunktion für die Befallshäufigkeit kranker Blätter in Zuckerrüben bei starkem Befall mit *Cercospora beticola*; 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; R^2 Bestimmtheitsmaß, p Irrtumswahrscheinlichkeit

Umwelt	Sorte	a	b	R^2	p
5	A	0,0001	0,3370	0,9896	< 0,0001
	B	0,0013	0,2474	0,9916	< 0,0001
	C	0,0921	0,1315	0,9416	< 0,0001
	D	0,1177	0,1386	0,9436	< 0,0001
	E	0,0036	0,2351	0,9744	< 0,0001
	F	0,1570	0,1161	0,9401	< 0,0001
6	A	0,7879	0,2132	0,9776	< 0,0001
	B	0,2674	0,2964	0,9830	< 0,0001
	C	0,3752	0,2131	0,9756	< 0,0001
	D	0,9612	0,2007	0,9322	< 0,0001
	E	1,5883	0,1624	0,9489	< 0,0001
	F	2,6252	0,1499	0,9291	< 0,0001
7	A	0,0787	0,1505	0,9827	< 0,0001
	B	0,0087	0,1963	0,9814	< 0,0001
	C	0,0057	0,1923	0,9738	< 0,0001
	D	0,0447	0,1535	0,9556	< 0,0001
	E	0,0538	0,1581	0,9798	< 0,0001
	F	0,0025	0,2008	0,9652	< 0,0001
12	A	0,0757	0,1644	0,9697	< 0,0001
	B	0,2399	0,1562	0,9756	< 0,0001
	C	0,1982	0,1294	0,9799	< 0,0001
	D	0,7072	0,1073	0,9559	< 0,0001
	E	0,5275	0,1118	0,9455	< 0,0001
	F	1,2967	0,1069	0,9685	< 0,0001
13	A	0,0027	0,1999	0,9837	< 0,0001
	B	0,0303	0,1612	0,9940	< 0,0001
	C	0,1036	0,1171	0,9652	< 0,0001
	D	0,0239	0,1534	0,9677	< 0,0001
	E	0,0275	0,1368	0,9896	< 0,0001
	F	0,1948	0,1020	0,9444	< 0,0001
14	A	0,3683	0,1536	0,9739	< 0,0001
	B	0,4101	0,1462	0,9769	< 0,0001
	C	0,2618	0,1483	0,9545	< 0,0001
	D	0,3238	0,1707	0,9395	< 0,0001
	E	0,7720	0,1141	0,9515	< 0,0001
	F	0,2166	0,1758	0,9204	< 0,0001

Anh. 10: Entwicklung der Befallsstärke von *Cercospora beticola* (BS) in Zuckerrüben nach Anpassung einer Wachstumsfunktion an die Messwerte bei schwachem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} < 5\%$); 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle

Anh. 11: Entwicklung der Befallsstärke von *Cercospora beticola* (BS) in Zuckerrüben nach Anpassung einer Wachstumsfunktion an die Messwerte bei mittlerem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} 5 - 20 \%$); 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle

Anh. 12: Entwicklung der Befallsstärke von *Cercospora beticola* (BS) in Zuckerrüben nach Anpassung einer Wachstumsfunktion an die Messwerte bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20\%$); 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle

Anh. 13: Übersicht über die Parameter (a, b) der Wachstumsfunktion für die Befallsstärke von *Cercospora beticola* in Zuckerrüben bei schwachem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} < 5\%$); 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005; R^2 Bestimmtheitsmaß, p Irrtumswahrscheinlichkeit

Umwelt	Sorte	a	b	R^2	p
1	A	0,0546	0,0388	0,6430	< 0,0001
	B	0,0093	0,0568	0,8676	< 0,0001
	C	0,0676	0,0257	0,6017	< 0,0001
	D	0,0262	0,0449	0,7672	< 0,0001
	E	0,0777	0,0369	0,5608	< 0,0001
	F	0,0110	0,0440	0,6323	< 0,0001
4	A	0,0286	0,0621	0,7995	< 0,0001
	B	0,0393	0,0634	0,6820	< 0,0001
	C	0,0082	0,0694	0,7252	< 0,0001
	D	0,0289	0,0526	0,6254	< 0,0001
	E	0,0281	0,0580	0,7707	< 0,0001
	F	0,0154	0,0589	0,7299	< 0,0001
10	A	0,0173	0,0296	0,7893	< 0,0001
	B	0,0142	0,0341	0,7695	< 0,0001
	C	0,0207	0,0282	0,5992	< 0,0001
	D	0,0438	0,0318	0,6509	< 0,0001
	E	0,0283	0,0320	0,6885	< 0,0001
	F	0,0151	0,0307	0,7167	< 0,0001
11	A	0,0668	0,0378	0,6109	< 0,0001
	B	0,0069	0,0594	0,8103	< 0,0001
	C	0,0224	0,0328	0,6957	< 0,0001
	D	0,0008	0,0661	0,6840	< 0,0001
	E	0,0002	0,0808	0,7900	< 0,0001
	F	0,0027	0,0387	0,7418	< 0,0001

Anh. 14: Übersicht über die Parameter (a, b) der Wachstumsfunktion für die Befallsstärke von *Cercospora beticola* in Zuckerrüben bei mittlerem Befall mit *Cercospora beticola* (BS_{Ernte} 5 – 20 %); 4 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland, 2004 und 2005; R^2 Bestimmtheitsmaß, p Irrtumswahrscheinlichkeit

Umwelt	Sorte	a	b	R^2	p
2	A	0,1887	0,0373	0,6834	< 0,0001
	B	0,2247	0,0380	0,5841	< 0,0001
	C	0,0706	0,0447	0,8277	< 0,0001
	D	0,2128	0,0457	0,8059	< 0,0001
	E	0,0374	0,0664	0,8842	< 0,0001
	F	0,1214	0,0371	0,7834	< 0,0001
3	A	0,0018	0,0837	0,8533	< 0,0001
	B	0,0001	0,1243	0,9701	< 0,0001
	C	0,0201	0,0405	0,8340	< 0,0001
	D	0,0010	0,1055	0,9161	< 0,0001
	E	0,0000	0,1507	0,7448	< 0,0001
	F	0,0000	0,1505	0,8366	< 0,0001
8	A	0,3002	0,0347	0,6321	< 0,0001
	B	0,1139	0,0388	0,8137	< 0,0001
	C	0,0262	0,0388	0,7003	< 0,0001
	D	0,1436	0,0303	0,6300	< 0,0001
	E	0,0372	0,0317	0,7557	< 0,0001
	F	0,0284	0,0414	0,5394	< 0,0001
9	A	0,1315	0,0396	0,8311	< 0,0001
	B	0,0568	0,0513	0,9373	< 0,0001
	C	0,1053	0,0357	0,7357	< 0,0001
	D	0,1252	0,0322	0,6182	< 0,0001
	E	0,0604	0,0412	0,8099	< 0,0001
	F	0,0435	0,0433	0,6866	< 0,0001

Anh. 15: Übersicht über die Parameter (a, b) der Wachstumsfunktion für die Befallsstärke von *Cercospora beticola* in Zuckerrüben bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$); 6 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; R^2 Bestimmtheitsmaß, p Irrtumswahrscheinlichkeit

Umwelt	Sorte	a	b	R^2	p
5	A	0,4862	0,0516	0,9650	< 0,0001
	B	0,2607	0,0557	0,9611	< 0,0001
	C	0,0587	0,0670	0,9140	< 0,0001
	D	0,6716	0,0371	0,7475	< 0,0001
	E	1,2343	0,0313	0,8276	< 0,0001
	F	0,2133	0,0447	0,8501	< 0,0001
6	A	0,2060	0,0957	0,8975	< 0,0001
	B	0,1231	0,1227	0,9301	< 0,0001
	C	1,7534	0,0505	0,8092	< 0,0001
	D	0,0176	0,1268	0,7576	< 0,0001
	E	0,2076	0,0846	0,7936	< 0,0001
	F	1,8098	0,0425	0,7961	< 0,0001
7	A	0,1281	0,0599	0,9608	< 0,0001
	B	0,3447	0,0497	0,8880	< 0,0001
	C	0,2568	0,0424	0,8266	< 0,0001
	D	0,0772	0,0587	0,9164	< 0,0001
	E	0,5467	0,0351	0,7944	< 0,0001
	F	0,0932	0,0478	0,8508	< 0,0001
12	A	0,6983	0,0348	0,8703	< 0,0001
	B	0,6909	0,0353	0,7458	< 0,0001
	C	0,5050	0,0336	0,8394	< 0,0001
	D	0,6165	0,0265	0,6850	< 0,0001
	E	0,7878	0,0248	0,5504	< 0,0001
	F	0,5282	0,0278	0,7210	< 0,0001
13	A	0,0203	0,0732	0,8962	< 0,0001
	B	0,0677	0,0641	0,9066	< 0,0001
	C	0,0279	0,0644	0,9622	< 0,0001
	D	0,2293	0,0369	0,7299	< 0,0001
	E	0,0733	0,0383	0,7069	< 0,0001
	F	0,0366	0,0479	0,6707	< 0,0001
14	A	0,0878	0,0741	0,9120	< 0,0001
	B	0,4614	0,0570	0,9284	< 0,0001
	C	0,2350	0,0568	0,8891	< 0,0001
	D	0,2790	0,0545	0,9805	< 0,0001
	E	0,2683	0,0504	0,8980	< 0,0001
	F	0,5897	0,0378	0,8380	< 0,0001

Anh. 16: Kalium-, Natrium- und α -Amino-Stickstoffgehalt von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien; Gesundvariante = 100, 14 Umwelten, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; n Anzahl Umwelten

Anh. 17: Rübenenertrag (RE) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien; Gesundvariante = 100, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert am summarischen Bekämpfungsschwellensystem, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, n Anzahl Umwelten

Anh. 18: Zuckergehalt (ZG) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien; Gesundvariante = 100, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert am summarischen Bekämpfungsschwellensystem, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, n Anzahl Umwelten

Anh. 19: Standardmelasseverlust (SMV) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien; Gesundvariante = 100, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert am summarischen Bekämpfungsschwellensystem, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, n Anzahl Umwelten

Anh. 20: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien; Gesundvariante = 100, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert am summarischen Bekämpfungsschwellensystem, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, n Anzahl Umwelten

Anh. 21: Kalium-Gehalt (K) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien; Gesundvariante = 100, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert am summarischen Bekämpfungsschwellensystem, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, n Anzahl Umwelten

Anh. 22: Natrium-Gehalt (Na) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien; Gesundvariante = 100, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert am summarischen Bekämpfungsschwellensystem, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, n Anzahl Umwelten

Anh. 23: α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien; Gesundvariante = 100, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert am summarischen Bekämpfungsschwellensystem, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, n Anzahl Umwelten

Anh. 24: Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV), Kalium-(K), Natrium-(Na), α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben in verschiedenen Umwelten (U), Sorten (S) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und Bekämpfungsstrategien (BKST) bei schwachem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} < 5 \%$); Deutschland, 2004 und 2005; Mittelwert aus drei Wiederholungen, A1T0 einmalig termingenaue Fungizidapplikation bei Erreichen der summarischen Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle

U	S	BKST	RE t ha ⁻¹	ZG %	SMV %	K mmol 100g ⁻¹ Rübe	Na	AmN	BZE t ha ⁻¹
1	A	UK	75,58	18,26	1,58	41,28	4,22	23,00	12,15
1	A	A1T0	77,74	18,55	1,36	37,27	4,12	15,92	12,91
1	B	UK	77,56	18,75	1,47	44,88	6,57	15,33	12,93
1	B	A1T0	74,66	19,69	1,43	42,92	6,28	14,93	13,18
1	C	UK	73,08	19,13	1,45	42,83	4,53	16,67	12,46
1	C	A1T0	68,68	19,22	1,46	45,70	4,33	15,99	11,78
1	D	UK	71,72	18,62	1,60	39,65	10,95	21,40	11,77
1	D	A1T0	71,25	19,30	1,44	38,22	7,87	16,76	12,30
1	E	UK	69,85	19,20	1,43	36,10	8,63	17,08	11,99
1	E	A1T0	69,74	19,03	1,42	36,25	9,98	16,20	11,87
1	F	UK	62,41	18,97	1,57	40,53	10,85	19,93	10,50
1	F	A1T0	64,16	19,04	1,39	40,05	7,50	14,13	10,93
4	A	UK	79,01	16,80	1,05	28,20	3,37	7,85	11,97
4	A	A1T0	80,81	16,93	1,03	27,85	3,25	7,17	12,37
4	B	UK	80,00	16,85	1,13	32,32	5,98	8,00	12,09
4	B	A1T0	83,67	17,03	1,11	32,32	5,30	7,33	12,82
4	C	UK	79,40	17,22	1,13	32,88	4,82	8,23	12,29
4	C	A1T0	80,78	17,19	1,09	33,15	3,97	6,73	12,52
4	D	UK	76,75	17,03	1,11	28,48	7,78	8,07	11,76
4	D	A1T0	78,27	16,96	1,11	28,05	8,78	7,85	11,93
4	E	UK	79,08	16,35	1,12	28,16	8,56	8,34	11,57
4	E	A1T0	81,20	16,76	1,11	28,00	8,58	8,04	12,21
4	F	UK	70,34	16,96	1,19	33,08	8,58	8,65	10,66
4	F	A1T0	73,26	16,95	1,13	32,32	6,70	7,41	11,15
10	A	UK	72,65	19,13	1,13	31,52	1,40	10,56	12,64
10	A	A1T0	76,91	18,94	1,08	31,42	1,30	8,84	13,28
10	B	UK	76,60	18,71	1,07	33,62	2,55	6,54	13,05
10	B	A1T0	80,32	18,60	1,05	32,70	2,67	6,15	13,62
10	C	UK	70,54	18,94	1,15	36,97	1,83	8,41	12,11
10	C	A1T0	74,58	19,15	1,09	36,87	1,68	6,25	13,02
10	D	UK	68,98	19,13	1,13	33,90	2,62	8,65	12,01
10	D	A1T0	72,65	19,20	1,11	33,38	2,73	8,31	12,70
10	E	UK	68,77	18,52	1,13	32,63	3,03	9,15	11,55
10	E	A1T0	70,46	18,89	1,10	32,83	2,85	7,94	12,11
10	F	UK	61,88	18,92	1,14	34,82	2,95	8,79	10,63
10	F	A1T0	67,10	19,03	1,08	33,40	2,47	7,17	11,64

Anh. 25: Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV), Kalium-(K), Natrium-(Na), α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten (S) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) in Umwelt (U) 2 bei mittlerem Befall mit *Cercospora beticola* (BS_{Ernte} 5 - 20 %); Deutschland, 2004 und 2005; Mittelwert aus drei Wiederholungen, A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle

U	S	BKST	RE t ha ⁻¹	ZG %	SMV %	K mmol 100g ⁻¹	Na 100g ⁻¹	AmN Rübe	BZE t ha ⁻¹
2	A	UK	63,25	16,63	1,00	26,23	1,93	7,56	9,50
2	A	A1T28	61,32	17,13	0,96	25,42	2,50	5,95	9,55
2	A	A1T14	64,36	16,91	0,99	26,46	1,83	7,31	9,85
2	A	A1T0	65,49	16,89	0,99	25,62	1,88	7,55	10,02
2	A	A2T0	67,53	16,90	0,96	24,12	2,03	6,76	10,35
2	B	UK	63,37	17,36	1,10	30,67	2,88	9,04	9,92
2	B	A1T28	63,19	17,06	1,00	28,27	2,97	5,92	9,78
2	B	A1T14	64,41	17,36	1,02	28,76	2,75	6,78	10,14
2	B	A1T0	62,89	17,23	1,04	30,18	2,58	7,08	9,81
2	B	A2T0	68,11	17,33	1,00	29,30	2,58	5,92	10,71
2	C	UK	62,43	17,18	1,01	27,90	2,38	6,89	9,71
2	C	A1T28	61,50	17,26	0,98	28,42	2,43	5,55	9,64
2	C	A1T14	60,86	17,62	0,99	28,18	2,13	5,95	9,76
2	C	A1T0	62,17	17,26	0,99	27,55	2,28	6,17	9,73
2	C	A2T0	65,10	17,61	0,98	28,60	2,32	5,47	10,42
2	D	UK	59,38	16,21	1,05	27,57	4,37	7,91	8,64
2	D	A1T28	60,63	17,00	0,98	24,72	4,08	6,61	9,33
2	D	A1T14	62,36	16,98	0,99	26,22	3,73	6,15	9,60
2	D	A1T0	63,72	17,09	1,00	26,20	3,58	6,76	9,86
2	D	A2T0	67,97	16,76	1,00	26,48	3,87	6,37	10,30
2	E	UK	58,27	16,03	1,03	26,87	4,78	7,17	8,39
2	E	A1T28	61,57	16,75	0,97	24,93	3,68	6,31	9,34
2	E	A1T14	61,78	17,03	0,98	25,71	3,43	6,32	9,53
2	E	A1T0	61,16	16,76	1,01	25,77	4,13	7,14	9,27
2	E	A2T0	63,99	16,82	0,97	25,03	3,93	6,00	9,76
2	F	UK	53,95	17,07	1,02	28,71	3,42	6,30	8,33
2	F	A1T28	56,93	17,21	0,99	27,25	3,44	5,74	8,89
2	F	A1T14	56,26	17,11	1,01	28,66	3,50	5,95	8,69
2	F	A1T0	55,91	17,13	1,02	28,28	3,48	6,55	8,67
2	F	A2T0	57,71	17,18	1,00	28,03	3,58	5,98	8,99

Anh. 26: Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV), Kalium-(K), Natrium-(Na), α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten (S) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) in Umwelt (U) 3 bei mittlerem Befall mit *Cercospora beticola* (BS_{Ernte} 5 - 20 %); Deutschland, 2004 und 2005; Mittelwert aus drei Wiederholungen, A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle

U	S	BKST	RE t ha ⁻¹	ZG %	SMV %	K mmol 100g ⁻¹	Na mmol 100g ⁻¹	AmN Rübe	BZE t ha ⁻¹
3	A	UK	81,77	17,06	1,06	28,00	2,10	9,18	12,59
3	A	A1T28	81,27	17,45	1,03	29,30	2,02	7,42	12,87
3	A	A1T14	86,13	17,40	1,04	29,83	1,98	7,58	13,58
3	A	A1T0	85,63	17,64	1,01	28,35	1,78	6,86	13,73
3	A	A2T0	86,40	17,46	1,02	28,92	2,15	6,95	13,66
3	B	UK	78,43	17,14	1,04	31,95	3,43	5,81	12,15
3	B	A1T28	79,88	17,17	1,02	30,92	3,70	5,31	12,42
3	B	A1T14	81,93	17,21	1,04	31,75	3,45	5,56	12,77
3	B	A1T0	83,81	17,26	1,02	31,75	3,15	5,10	13,11
3	B	A2T0	86,51	17,05	1,05	32,60	3,50	5,61	13,33
3	C	UK	75,59	17,73	1,09	34,35	2,62	6,92	12,13
3	C	A1T28	78,18	17,82	1,06	34,46	2,58	5,74	12,64
3	C	A1T14	81,42	17,79	1,06	35,00	2,35	5,66	13,13
3	C	A1T0	79,26	17,76	1,06	34,36	2,36	5,92	12,76
3	C	A2T0	81,05	17,55	1,07	34,62	2,73	5,78	12,87
3	D	UK	74,74	17,40	1,08	29,47	4,79	7,83	11,75
3	D	A1T28	74,10	17,77	1,05	28,89	4,41	7,13	11,95
3	D	A1T14	76,53	17,76	1,02	28,59	4,00	6,15	12,36
3	D	A1T0	75,62	17,39	1,05	28,08	5,08	7,07	11,90
3	D	A2T0	74,24	17,47	1,02	27,60	4,82	6,15	11,77
3	E	UK	75,05	16,91	1,05	28,22	4,76	7,31	11,45
3	E	A1T28	76,48	17,49	1,04	28,78	4,62	6,48	12,12
3	E	A1T14	74,43	17,11	1,01	26,78	5,37	6,11	11,54
3	E	A1T0	75,35	17,18	1,00	26,57	4,83	6,12	11,74
3	E	A2T0	72,15	17,31	0,98	26,08	4,45	5,56	11,35
3	F	UK	66,34	17,20	1,06	31,20	4,38	6,23	10,32
3	F	A1T28	69,54	17,10	1,05	30,43	5,00	6,08	10,75
3	F	A1T14	70,02	17,37	1,05	30,48	4,52	6,09	11,00
3	F	A1T0	70,34	17,50	1,03	30,05	4,45	5,75	11,16
3	F	A2T0	71,60	17,57	1,07	32,83	4,37	5,93	11,39

Anh. 27: Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV), Kalium-(K), Natrium-(Na), α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten (S) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) in Umwelt (U) 9 bei mittlerem Befall mit *Cercospora beticola* (BS_{Ernte} 5 - 20 %); Deutschland, 2004 und 2005; Mittelwert aus drei Wiederholungen, A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle

U	S	BKST	RE t ha ⁻¹	ZG %	SMV %	K mmol 100g ⁻¹	Na 100g ⁻¹ Rübe	AmN	BZE t ha ⁻¹
9	A	UK	68,95	17,27	1,07	26,57	1,67	10,42	10,76
9	A	A1T28	72,51	17,07	0,97	24,70	1,65	7,35	11,24
9	A	A1T14	71,73	17,37	1,02	26,32	1,50	8,47	11,30
9	A	A1T0	72,02	17,29	0,98	24,32	1,67	7,68	11,32
9	A	A2T0	71,17	17,14	0,98	25,27	1,58	7,20	11,08
9	B	UK	66,01	17,99	1,06	31,32	2,38	7,30	10,78
9	B	A1T28	69,30	17,80	1,06	30,72	2,28	7,47	11,18
9	B	A1T14	71,56	17,73	1,10	32,47	2,17	8,67	11,47
9	B	A1T0	71,19	17,95	1,06	30,90	2,08	7,88	11,59
9	B	A2T0	70,53	18,08	1,06	31,99	2,19	7,18	11,58
9	C	UK	65,23	17,72	1,01	28,22	1,73	6,97	10,51
9	C	A1T28	68,27	17,72	1,05	30,35	1,77	7,49	10,97
9	C	A1T14	63,93	17,65	1,05	29,77	1,63	8,07	10,24
9	C	A1T0	64,84	17,70	0,99	27,75	1,70	6,71	10,45
9	C	A2T0	69,84	17,81	1,03	30,61	1,84	6,76	11,30
9	D	UK	62,61	17,75	1,10	29,27	2,65	9,99	10,05
9	D	A1T28	66,21	17,96	1,05	27,92	2,73	8,35	10,80
9	D	A1T14	59,51	17,81	1,05	27,83	2,98	8,17	9,62
9	D	A1T0	63,95	17,83	1,11	30,01	3,37	9,49	10,32
9	D	A2T0	64,65	18,26	1,04	28,53	2,40	7,88	10,74
9	E	UK	64,26	17,76	1,13	29,52	3,10	10,82	10,31
9	E	A1T28	64,38	17,83	1,08	29,72	2,63	8,84	10,40
9	E	A1T14	65,68	17,62	1,10	28,67	3,23	9,94	10,46
9	E	A1T0	67,70	17,76	1,09	29,88	2,83	8,93	10,88
9	E	A2T0	68,11	17,78	1,07	28,76	2,71	8,77	10,98
9	F	UK	59,36	17,71	1,05	29,18	2,82	7,55	9,54
9	F	A1T28	62,94	17,26	1,04	29,43	2,98	7,29	9,83
9	F	A1T14	59,26	17,40	1,04	30,31	2,61	7,04	9,34
9	F	A1T0	59,49	17,48	1,09	31,23	2,88	8,44	9,39
9	F	A2T0	62,67	17,47	1,04	29,68	2,94	6,93	9,92

Anh. 28: Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV), Kalium-(K), Natrium-(Na), α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten (S) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) in Umwelt (U) 6 bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$); Deutschland, 2004 und 2005; Mittelwert aus drei Wiederholungen, A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle

U	S	BKST	RE t ha ⁻¹	ZG %	SMV %	K mmol 100g ⁻¹	Na mmol 100g ⁻¹	AmN Rübe	BZE t ha ⁻¹
6	A	UK	69,70	15,50	1,08	32,55	4,03	6,88	9,64
6	A	A1T28	74,94	16,53	1,09	32,93	3,20	7,55	11,12
6	A	A1T14	75,28	17,43	1,11	34,75	2,30	7,78	11,81
6	A	A1T0	75,61	16,62	1,11	33,27	2,65	8,08	11,26
6	A	A2T0	73,41	17,26	1,04	32,52	2,52	5,77	11,42
6	B	UK	62,76	14,03	1,26	42,37	7,62	7,63	7,61
6	B	A1T28	64,80	15,94	1,23	40,13	5,37	8,44	9,13
6	B	A1T14	70,94	17,01	1,17	38,77	4,20	7,38	10,79
6	B	A1T0	71,24	15,78	1,23	39,60	5,95	8,53	9,94
6	B	A2T0	78,14	17,38	1,24	41,10	4,52	8,72	12,15
6	C	UK	62,90	16,30	1,15	38,42	5,02	6,40	9,14
6	C	A1T28	65,23	16,79	1,17	40,37	4,50	6,30	9,82
6	C	A1T14	65,20	17,79	1,15	39,90	3,40	6,46	10,44
6	C	A1T0	69,47	18,06	1,14	38,78	3,20	6,57	11,31
6	C	A2T0	73,91	17,66	1,14	39,45	3,37	6,03	11,73
6	D	UK	72,21	16,95	1,14	32,93	6,12	7,97	10,96
6	D	A1T28	76,04	18,38	1,10	32,78	4,28	7,27	12,67
6	D	A1T14	77,61	18,43	1,10	31,08	4,92	7,63	12,97
6	D	A1T0	77,31	18,50	1,16	34,30	4,87	8,79	12,92
6	D	A2T0	81,72	19,03	1,15	34,85	4,00	8,35	14,08
6	E	UK	75,81	16,66	1,22	35,70	6,92	9,67	11,24
6	E	A1T28	73,24	18,71	1,17	34,48	4,72	8,98	12,39
6	E	A1T14	74,67	18,20	1,11	32,75	4,88	7,35	12,33
6	E	A1T0	80,68	18,19	1,17	33,87	4,63	9,44	13,22
6	E	A2T0	84,95	18,12	1,13	34,38	4,47	7,66	13,93
6	F	UK	66,80	15,85	1,20	38,96	7,09	7,11	9,42
6	F	A1T28	62,93	16,65	1,18	38,96	6,63	6,44	9,34
6	F	A1T14	67,27	16,99	1,16	36,33	6,65	6,79	10,25
6	F	A1T0	66,20	16,93	1,18	37,67	6,07	7,29	10,03
6	F	A2T0	68,03	17,88	1,18	38,53	5,25	7,39	10,93

Anh. 29: Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV), Kalium-(K), Natrium-(Na), α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten (S) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) in Umwelt (U) 12 bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$); Deutschland, 2004 und 2005; Mittelwert aus drei Wiederholungen, A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle

U	S	BKST	RE t ha ⁻¹	ZG %	SMV %	K mmol 100g ⁻¹	Na 100g ⁻¹	AmN Rübe	BZE t ha ⁻¹
12	A	UK	95,20	18,27	1,19	36,05	0,97	11,20	15,67
12	A	A1T28	90,04	18,64	1,12	33,80	1,07	9,18	15,24
12	A	A1T14	94,89	18,55	1,14	35,53	1,05	9,13	15,95
12	A	A1T0	94,54	18,65	1,15	35,50	0,93	9,54	15,98
12	A	A2T0	93,41	18,56	1,14	34,85	0,92	9,63	15,71
12	B	UK	98,30	17,58	1,16	37,30	1,90	8,57	15,55
12	B	A1T28	96,46	18,12	1,08	36,37	1,48	5,93	15,87
12	B	A1T14	98,81	18,28	1,08	37,15	1,37	5,93	16,40
12	B	A1T0	93,87	18,40	1,09	36,98	1,54	6,07	15,68
12	B	A2T0	95,07	17,82	1,13	37,40	2,10	7,54	15,28
12	C	UK	87,41	18,08	1,24	42,23	1,45	9,64	14,17
12	C	A1T28	93,15	18,48	1,18	40,57	1,23	8,26	15,57
12	C	A1T14	93,50	18,64	1,19	40,69	1,23	8,41	15,76
12	C	A1T0	89,39	18,64	1,13	40,79	1,21	6,02	15,11
12	C	A2T0	91,94	18,54	1,17	42,15	1,23	7,10	15,41
12	D	UK	88,81	18,48	1,16	36,83	1,90	8,96	14,85
12	D	A1T28	84,83	18,58	1,15	36,72	1,67	8,70	14,28
12	D	A1T14	87,94	18,81	1,15	38,56	1,52	8,08	15,01
12	D	A1T0	90,35	18,59	1,16	36,69	1,87	8,88	15,20
12	D	A2T0	86,48	18,73	1,16	38,00	1,57	8,67	14,65
12	E	UK	91,96	17,82	1,22	36,78	2,52	11,18	14,72
12	E	A1T28	89,46	18,57	1,10	34,81	1,57	7,72	15,08
12	E	A1T14	86,11	18,29	1,13	37,86	1,63	7,31	14,25
12	E	A1T0	85,78	18,26	1,11	36,83	1,62	6,97	14,18
12	E	A2T0	91,91	18,16	1,19	37,95	1,67	9,91	15,03
12	F	UK	78,17	18,56	1,16	39,36	1,67	8,01	13,12
12	F	A1T28	82,52	18,19	1,14	37,43	1,89	7,97	13,56
12	F	A1T14	79,02	18,48	1,15	39,38	1,59	7,47	13,22
12	F	A1T0	82,00	18,42	1,14	38,25	1,70	7,67	13,67
12	F	A2T0	82,07	18,11	1,15	37,87	2,05	7,97	13,44

Anh. 30: Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV), Kalium-(K), Natrium-(Na), α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten (S) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) in Umwelt (U) 13 bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$); Deutschland, 2004 und 2005; Mittelwert aus drei Wiederholungen, A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle

U	S	BKST	RE t ha ⁻¹	ZG %	SMV %	K mmol 100g ⁻¹	Na mmol 100g ⁻¹	AmN Rübe	BZE t ha ⁻¹
13	A	UK	105,23	16,77	1,23	34,84	2,27	12,79	15,72
13	A	A1T28	97,67	17,33	1,14	33,25	2,27	9,53	15,18
13	A	A1T14	102,57	17,27	1,19	34,67	2,42	11,09	15,84
13	A	A1T0	98,37	17,55	1,21	37,30	1,87	10,77	15,48
13	A	A2T0	111,28	17,88	1,11	34,02	1,62	8,44	17,99
13	B	UK	109,07	16,97	1,31	38,72	5,20	12,47	16,40
13	B	A1T28	109,93	17,42	1,25	39,17	4,73	10,14	17,11
13	B	A1T14	103,43	17,78	1,30	42,31	4,24	11,01	16,42
13	B	A1T0	103,00	17,66	1,20	37,12	3,95	9,40	16,30
13	B	A2T0	109,30	17,67	1,25	40,33	4,55	9,81	17,27
13	C	UK	100,33	17,58	1,27	41,80	2,67	10,76	15,76
13	C	A1T28	103,23	18,36	1,18	40,13	2,53	7,94	17,10
13	C	A1T14	104,23	18,16	1,19	40,23	2,90	7,89	17,07
13	C	A1T0	99,60	17,55	1,33	44,85	2,97	11,66	15,57
13	C	A2T0	95,23	18,65	1,19	41,45	2,00	7,95	16,05
13	D	UK	97,50	17,82	1,33	39,43	5,17	13,31	15,49
13	D	A1T28	101,37	18,44	1,26	39,60	4,63	10,22	16,77
13	D	A1T14	102,63	18,20	1,28	39,17	5,43	11,15	16,70
13	D	A1T0	89,43	18,35	1,32	40,18	4,23	12,83	14,68
13	D	A2T0	104,23	17,94	1,37	39,52	6,17	14,09	16,61
13	E	UK	97,37	17,71	1,28	38,29	5,58	11,20	15,41
13	E	A1T28	104,80	17,97	1,33	39,72	6,23	12,38	16,81
13	E	A1T14	98,93	17,71	1,23	37,03	5,68	9,77	15,71
13	E	A1T0	98,80	17,53	1,29	39,68	5,37	11,09	15,44
13	E	A2T0	98,47	17,87	1,30	39,78	4,65	11,92	15,66
13	F	UK	87,13	17,91	1,18	36,88	5,35	7,97	14,06
13	F	A1T28	89,43	18,07	1,23	40,10	4,62	9,04	14,49
13	F	A1T14	85,00	18,25	1,10	35,70	4,08	6,07	14,06
13	F	A1T0	89,00	18,26	1,28	39,92	4,42	11,08	14,58
13	F	A2T0	90,47	17,96	1,18	38,23	4,72	7,77	14,63

Anh. 31: Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV), Kalium-(K), Natrium-(Na), α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten (S) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) in Umwelt (U) 14 bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$); Österreich, 2004 und 2005; Mittelwert aus drei Wiederholungen, A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle

U	S	BKST	RE t ha ⁻¹	ZG %	SMV %	K mmol 100g ⁻¹	Na 100g ⁻¹	AmN Rübe	BZE t ha ⁻¹
14	A	UK	91,17	16,89	1,40	40,07	5,47	15,54	13,56
14	A	A1T28	99,67	17,72	1,35	39,81	5,09	14,00	15,65
14	A	A1T14	96,61	18,28	1,34	40,04	4,05	13,97	15,72
14	A	A1T0	101,31	18,14	1,43	42,72	4,00	16,22	16,31
14	A	A2T0	95,53	18,28	1,36	42,22	4,83	13,19	15,52
14	B	UK	89,67	17,13	1,29	40,47	7,84	9,73	13,66
14	B	A1T28	96,81	17,46	1,39	40,31	10,97	12,36	14,98
14	B	A1T14	101,39	17,26	1,33	42,03	9,49	9,51	15,44
14	B	A1T0	96,19	17,48	1,38	41,06	10,13	11,77	14,87
14	B	A2T0	104,78	18,77	1,19	37,59	6,19	7,85	17,86
14	C	UK	89,33	17,21	1,40	44,62	7,52	12,22	13,64
14	C	A1T28	87,44	18,40	1,30	41,79	4,96	10,96	14,44
14	C	A1T14	87,58	18,27	1,36	43,87	5,99	11,89	14,25
14	C	A1T0	101,17	18,06	1,39	43,82	6,58	12,51	16,21
14	C	A2T0	99,72	18,19	1,32	44,04	6,27	10,04	16,20
14	D	UK	84,83	17,93	1,43	40,64	10,46	14,14	13,44
14	D	A1T28	88,83	17,88	1,43	40,42	12,11	13,35	14,05
14	D	A1T14	89,25	17,70	1,47	39,58	14,26	14,47	13,88
14	D	A1T0	85,53	19,00	1,36	40,67	6,65	12,84	14,58
14	D	A2T0	86,67	18,67	1,39	39,78	10,08	12,85	14,45
14	E	UK	93,31	17,91	1,37	39,77	8,76	12,75	14,86
14	E	A1T28	86,36	17,26	1,52	39,94	14,98	15,67	13,01
14	E	A1T14	91,78	17,93	1,43	39,06	13,54	13,19	14,48
14	E	A1T0	87,17	18,43	1,33	41,05	7,97	11,05	14,38
14	E	A2T0	94,81	18,63	1,35	39,21	11,24	10,99	15,67
14	F	UK	75,69	17,38	1,37	38,30	13,19	11,24	11,66
14	F	A1T28	80,89	18,29	1,29	38,24	9,67	9,76	13,23
14	F	A1T14	78,53	18,34	1,32	39,87	10,05	10,15	12,90
14	F	A1T0	80,28	18,23	1,30	39,15	8,99	9,96	13,09
14	F	A2T0	86,42	18,33	1,33	40,50	10,02	9,96	14,13

Anh. 32: Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV), Kalium-(K), Natrium-(Na), α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben in verschiedenen Umwelten (U), Sorten (S) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und Bekämpfungsstrategien (BKST) bei schwachem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} < 5 \%$); Gesundvariante = 100, Deutschland, 2004 und 2005; Mittelwert aus drei Wiederholungen, A1T0 einmalig termingerechte Fungizidapplikation bei Erreichen der summarischen Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle

U	S	BKST	RE %	ZG %	SMV %	K %	Na %	AmN %	BZE %
1	A	UK	95,06	96,80	119,41	108,93	131,09	158,61	90,30
1	A	A1T0	97,77	98,34	102,81	98,33	127,98	109,77	95,93
1	B	UK	96,68	97,64	109,28	108,94	115,88	123,26	93,41
1	B	A1T0	93,07	102,53	106,55	104,17	110,88	120,08	95,23
1	C	UK	103,15	99,81	111,31	105,16	96,45	144,84	101,74
1	C	A1T0	96,93	100,31	112,51	112,19	92,20	138,99	96,16
1	D	UK	103,26	94,61	106,11	100,23	122,90	114,89	96,21
1	D	A1T0	102,58	98,09	95,14	96,60	88,29	89,96	100,55
1	E	UK	103,27	102,53	101,68	98,45	84,23	113,84	106,01
1	E	A1T0	103,11	101,64	101,47	98,86	97,40	108,00	104,89
1	F	UK	90,51	97,78	109,77	99,51	145,96	126,99	87,70
1	F	A1T0	93,06	98,11	96,87	98,32	100,90	90,04	91,32
4	A	UK	100,72	98,75	104,01	100,59	112,22	122,07	99,13
4	A	A1T0	103,01	99,53	101,84	99,35	108,33	111,45	102,45
4	B	UK	97,97	98,85	102,82	97,49	120,88	117,60	96,49
4	B	A1T0	102,46	99,94	100,63	97,49	107,07	107,84	102,37
4	C	UK	96,53	100,60	104,57	101,23	115,60	122,89	96,83
4	C	A1T0	98,20	100,45	100,58	102,05	95,20	100,40	98,64
4	D	UK	94,65	100,08	99,21	98,44	95,11	100,79	94,86
4	D	A1T0	96,52	99,69	99,35	96,95	107,33	98,04	96,25
4	E	UK	95,04	96,96	100,30	96,05	104,39	106,87	91,89
4	E	A1T0	97,58	99,37	99,50	95,51	104,67	102,99	97,00
4	F	UK	92,70	98,87	107,34	101,28	141,48	128,54	91,01
4	F	A1T0	96,56	98,83	101,78	98,93	110,44	110,11	95,19
10	A	UK	94,18	100,37	107,76	101,56	115,07	140,66	94,15
10	A	A1T0	99,70	99,37	103,58	101,24	106,85	117,67	98,87
10	B	UK	99,82	100,81	102,06	102,02	105,52	108,28	100,61
10	B	A1T0	104,67	100,23	100,27	99,24	110,34	101,93	104,99
10	C	UK	92,49	99,08	104,00	98,49	112,24	131,68	91,26
10	C	A1T0	97,79	100,19	99,04	98,22	103,06	97,91	98,10
10	D	UK	100,47	99,96	102,90	101,68	108,30	112,22	100,27
10	D	A1T0	105,82	100,31	101,72	100,13	113,13	107,81	106,10
10	E	UK	98,13	98,16	102,35	97,90	109,64	116,52	96,01
10	E	A1T0	100,55	100,11	99,73	98,50	103,01	101,10	100,69
10	F	UK	86,80	101,25	101,55	97,94	96,20	115,10	87,92
10	F	A1T0	94,11	101,80	96,08	93,95	80,43	93,89	96,25

Anh. 33: Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV), Kalium-(K), Natrium-(Na), α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten (S) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) in Umwelt (U) 2 bei mittlerem Befall mit *Cercospora beticola* (BS_{Ernte} 5 - 20 %); Gesundvariante = 100, Deutschland, 2004 und 2005; Mittelwert aus drei Wiederholungen, A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle

U	S	BKST	RE %	ZG %	SMV %	K %	Na %	AmN %	BZE %
2	A	UK	90,15	87,39	97,37	104,91	106,93	90,91	118,88
2	A	A1T28	87,41	87,84	100,29	100,54	103,60	117,55	93,55
2	A	A1T14	91,73	90,62	98,99	104,44	107,85	85,89	115,00
2	A	A1T0	93,34	92,14	98,87	104,07	104,42	88,56	118,83
2	A	A2T0	96,25	95,19	98,91	100,36	98,30	95,61	106,29
2	B	UK	98,79	98,75	100,48	110,17	111,31	104,85	140,50
2	B	A1T28	98,52	97,29	98,71	99,87	102,60	107,88	91,92
2	B	A1T14	100,41	100,87	100,46	102,28	104,39	100,00	105,28
2	B	A1T0	98,05	97,57	99,73	104,51	109,56	93,94	109,99
2	B	A2T0	106,19	106,59	100,29	100,64	106,35	93,70	91,92
2	C	UK	97,23	94,49	97,71	102,32	98,56	106,72	118,66
2	C	A1T28	95,77	93,84	98,20	99,74	100,39	108,96	95,52
2	C	A1T14	94,78	94,99	100,21	100,05	99,56	95,22	102,47
2	C	A1T0	96,81	94,72	98,16	100,02	97,33	102,24	106,20
2	C	A2T0	101,37	101,46	100,19	99,65	101,04	103,73	94,26
2	D	UK	91,27	84,90	94,04	106,89	105,28	125,36	127,38
2	D	A1T28	93,20	91,67	98,65	99,91	94,40	117,22	106,44
2	D	A1T14	95,85	94,27	98,51	100,20	100,13	107,18	99,09
2	D	A1T0	97,94	96,86	99,13	101,47	100,06	102,87	108,80
2	D	A2T0	104,47	101,15	97,23	101,23	101,15	111,00	102,63
2	E	UK	92,06	88,39	96,68	105,80	109,73	112,55	114,41
2	E	A1T28	97,27	98,44	101,05	99,97	101,84	86,67	100,74
2	E	A1T14	97,60	100,48	102,73	100,63	105,01	80,63	100,90
2	E	A1T0	96,63	97,69	101,13	103,58	105,24	97,25	113,94
2	E	A2T0	101,09	102,87	101,47	99,63	102,25	92,55	95,80
2	F	UK	89,11	88,66	99,63	101,77	101,92	98,28	108,63
2	F	A1T28	94,03	94,68	100,49	98,72	96,76	98,85	99,08
2	F	A1T14	92,92	92,55	99,88	100,98	101,75	100,57	102,70
2	F	A1T0	92,34	92,33	100,02	101,95	100,41	100,00	113,00
2	F	A2T0	95,31	95,66	100,27	100,39	99,53	102,87	103,11

Anh. 34: Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV), Kalium-(K), Natrium-(Na), α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten (S) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) in Umwelt (U) 3 bei mittlerem Befall mit *Cercospora beticola* (BS_{Ernte} 5 - 20 %); Gesundvariante = 100, Deutschland, 2004 und 2005; Mittelwert aus drei Wiederholungen, A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle

U	S	BKST	RE %	ZG %	SMV %	K %	Na %	AmN %	BZE %
3	A	UK	97,05	95,18	98,69	105,09	95,62	102,44	143,01
3	A	A1T28	96,45	97,33	100,98	102,36	100,06	98,37	115,64
3	A	A1T14	102,22	102,69	100,69	103,34	101,88	96,75	118,18
3	A	A1T0	101,63	103,81	102,08	99,63	96,81	86,99	106,91
3	A	A2T0	102,55	103,31	101,04	100,95	98,75	104,88	108,31
3	B	UK	95,49	94,04	98,68	100,96	98,41	105,10	111,23
3	B	A1T28	97,26	96,13	98,87	98,91	95,23	113,27	101,72
3	B	A1T14	99,76	98,79	99,10	100,17	97,79	105,61	106,45
3	B	A1T0	102,05	101,46	99,39	98,76	97,79	96,43	97,70
3	B	A2T0	105,34	103,20	98,18	101,32	100,41	107,14	107,34
3	C	UK	94,54	94,39	100,00	102,54	96,87	120,77	126,59
3	C	A1T28	97,78	98,39	100,49	99,96	97,18	119,23	105,00
3	C	A1T14	101,83	102,22	100,32	100,14	98,70	108,46	103,60
3	C	A1T0	99,13	99,34	100,17	100,01	96,90	108,92	108,35
3	C	A2T0	101,37	100,20	98,98	100,41	97,62	126,15	105,79
3	D	UK	100,50	98,15	98,14	104,83	104,93	110,62	117,21
3	D	A1T28	99,65	99,86	100,23	102,08	102,88	101,77	106,73
3	D	A1T14	102,91	103,25	100,17	98,97	101,82	92,31	92,07
3	D	A1T0	101,68	99,43	98,06	101,77	100,00	117,31	105,74
3	D	A2T0	99,83	98,34	98,51	98,76	98,28	111,15	92,07
3	E	UK	96,68	94,54	98,16	101,39	99,73	94,63	111,89
3	E	A1T28	98,53	100,07	101,53	99,95	101,71	91,84	99,13
3	E	A1T14	95,88	95,29	99,34	97,65	94,64	106,76	93,47
3	E	A1T0	97,08	96,95	99,73	96,82	93,88	96,15	93,72
3	E	A2T0	92,94	93,66	100,48	94,51	92,17	88,53	85,15
3	F	UK	92,27	91,08	98,87	100,27	99,44	94,60	105,60
3	F	A1T28	96,72	94,94	98,28	99,77	96,99	107,91	103,05
3	F	A1T14	97,38	97,13	99,81	99,31	97,15	97,48	103,28
3	F	A1T0	97,83	98,54	100,57	97,96	95,77	96,04	97,57
3	F	A2T0	99,59	100,53	101,00	101,44	104,64	94,24	100,57

Anh. 35: Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV), Kalium-(K), Natrium-(Na), α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten (S) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) in Umwelt (U) 9 bei mittlerem Befall mit *Cercospora beticola* (BS_{Ernte} 5 - 20 %); Gesundvariante = 100, Deutschland, 2004 und 2005; Mittelwert aus drei Wiederholungen, A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle

U	S	BKST	RE %	ZG %	SMV %	K %	Na %	AmN %	BZE %
9	A	UK	93,73	92,38	99,20	108,81	105,49	117,65	136,58
9	A	A1T28	98,57	96,50	98,03	99,01	98,08	116,47	96,33
9	A	A1T14	97,51	97,00	99,77	103,55	104,50	105,88	111,06
9	A	A1T0	97,90	97,22	99,29	99,39	96,56	117,65	100,74
9	A	A2T0	96,76	95,08	98,45	99,26	100,33	111,76	94,41
9	B	UK	91,76	93,50	101,62	99,52	99,47	97,95	98,56
9	B	A1T28	96,34	96,96	100,53	99,12	97,59	93,84	100,90
9	B	A1T14	99,49	99,46	100,13	103,66	103,12	89,04	117,10
9	B	A1T0	98,97	100,51	101,37	100,01	98,15	85,62	106,35
9	B	A2T0	98,05	100,40	102,15	99,79	101,62	90,00	96,94
9	C	UK	94,04	94,93	100,76	98,34	97,88	95,41	95,09
9	C	A1T28	98,43	99,08	100,74	102,12	105,28	97,25	102,27
9	C	A1T14	92,17	92,46	100,36	102,63	103,26	89,91	110,15
9	C	A1T0	93,47	94,35	100,64	97,16	96,27	93,58	91,58
9	C	A2T0	100,68	102,00	101,23	100,79	106,17	101,28	92,27
9	D	UK	99,19	97,23	98,28	101,03	100,00	101,92	104,64
9	D	A1T28	104,89	104,52	99,43	96,03	95,41	104,87	87,47
9	D	A1T14	94,26	93,10	98,63	95,83	95,10	114,74	85,61
9	D	A1T0	101,30	99,87	98,71	101,54	102,54	129,49	99,41
9	D	A2T0	102,41	103,90	101,11	95,31	97,49	92,31	82,54
9	E	UK	93,78	93,43	99,79	103,34	100,34	117,72	112,95
9	E	A1T28	93,96	94,24	100,19	98,71	101,02	100,00	92,31
9	E	A1T14	95,86	94,78	99,03	100,63	97,45	122,78	103,79
9	E	A1T0	98,80	98,67	99,83	99,31	101,59	107,59	93,21
9	E	A2T0	99,40	99,51	99,91	97,60	97,77	102,91	91,58
9	F	UK	89,76	90,83	100,99	98,63	94,96	100,60	102,21
9	F	A1T28	95,18	93,54	98,42	98,50	95,77	106,55	98,60
9	F	A1T14	89,61	88,89	99,20	98,51	98,62	93,21	95,22
9	F	A1T0	89,95	89,40	99,70	103,04	101,63	102,98	114,21
9	F	A2T0	94,77	94,41	99,62	97,92	96,56	105,12	93,73

Anh. 36: Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV), Kalium-(K), Natrium-(Na), α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten (S) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) in Umwelt (U) 6 bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$); Gesundvariante = 100, Deutschland, 2004 und 2005; Mittelwert aus drei Wiederholungen, A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle

U	S	BKST	RE %	ZG %	SMV %	K %	Na %	AmN %	BZE %
6	A	UK	91,66	87,60	105,66	102,79	183,33	118,27	78,95
6	A	A1T28	98,55	93,41	106,72	104,00	145,45	129,95	91,05
6	A	A1T14	98,99	98,49	108,31	109,74	104,55	133,76	96,72
6	A	A1T0	99,43	93,95	107,71	105,05	120,45	139,09	92,19
6	A	A2T0	96,53	97,55	101,26	102,68	114,39	99,24	93,56
6	B	UK	84,65	80,66	106,28	107,58	151,32	104,44	65,78
6	B	A1T28	87,40	91,64	103,39	101,90	106,62	115,56	78,85
6	B	A1T14	95,68	97,80	98,68	98,43	83,44	101,01	93,23
6	B	A1T0	96,08	90,76	103,62	100,55	118,21	116,77	85,84
6	B	A2T0	105,40	99,96	104,07	104,36	89,74	119,39	104,96
6	C	UK	91,33	90,98	101,52	96,28	139,35	113,32	82,18
6	C	A1T28	94,72	93,75	102,81	101,17	125,00	111,49	88,21
6	C	A1T14	94,67	99,29	101,50	100,00	94,44	114,36	93,83
6	C	A1T0	100,87	100,80	100,33	97,20	88,89	116,19	101,68
6	C	A2T0	107,32	98,59	100,09	98,87	93,52	106,79	105,40
6	D	UK	85,94	90,27	101,48	98,80	151,65	98,18	76,54
6	D	A1T28	90,51	97,87	97,87	98,35	106,20	89,55	88,43
6	D	A1T14	92,37	98,14	97,50	93,25	121,90	94,00	90,56
6	D	A1T0	92,02	98,51	103,37	102,90	120,66	108,36	90,22
6	D	A2T0	97,26	101,33	102,09	104,55	99,17	102,91	98,30
6	E	UK	93,85	88,40	109,65	107,80	156,02	125,33	81,27
6	E	A1T28	90,67	99,24	104,50	104,13	106,39	116,44	89,62
6	E	A1T14	92,44	96,57	99,30	98,89	110,15	95,20	89,16
6	E	A1T0	99,88	96,48	104,73	102,26	104,39	122,37	95,63
6	E	A2T0	105,16	96,13	101,27	103,82	100,75	99,24	100,79
6	F	UK	90,06	87,30	104,24	106,64	159,96	93,41	76,96
6	F	A1T28	84,84	91,70	102,37	106,64	149,62	84,59	76,28
6	F	A1T14	90,69	93,57	100,38	99,45	150,00	89,15	83,76
6	F	A1T0	89,25	93,26	102,20	103,10	136,84	95,74	81,90
6	F	A2T0	91,72	98,46	102,47	105,47	118,42	97,09	89,29

Anh. 37: Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV), Kalium-(K), Natrium-(Na), α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten (S) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) in Umwelt (U) 12 bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$); Gesundvariante = 100, Deutschland, 2004 und 2005; Mittelwert aus drei Wiederholungen, A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle

U	S	BKST	RE %	ZG %	SMV %	K %	Na %	AmN %	BZE %
12	A	UK	101,06	97,82	103,13	102,03	105,45	111,15	98,32
12	A	A1T28	95,58	99,82	96,70	95,66	116,36	91,07	95,62
12	A	A1T14	100,73	99,34	98,39	100,57	114,55	90,64	100,06
12	A	A1T0	100,35	99,88	99,08	100,47	101,45	94,71	100,23
12	A	A2T0	99,15	99,36	98,58	98,63	100,00	95,60	98,53
12	B	UK	99,51	99,49	98,37	95,30	90,48	102,68	98,99
12	B	A1T28	97,66	102,58	91,60	92,91	70,63	71,05	101,04
12	B	A1T14	100,04	103,45	92,28	94,92	65,08	71,05	104,41
12	B	A1T0	95,03	104,15	92,56	94,47	73,33	72,68	99,88
12	B	A2T0	96,25	100,87	96,58	95,55	100,00	90,34	97,31
12	C	UK	93,24	96,48	106,14	98,32	127,94	149,28	89,04
12	C	A1T28	99,37	98,63	101,36	94,45	108,82	127,92	97,81
12	C	A1T14	99,74	99,45	101,80	94,75	108,82	130,24	99,00
12	C	A1T0	95,36	99,47	96,95	94,97	106,76	93,24	94,95
12	C	A2T0	98,08	98,93	100,59	98,14	108,82	109,86	96,83
12	D	UK	103,03	98,33	100,36	97,10	120,00	106,71	101,10
12	D	A1T28	98,41	98,88	99,47	96,79	105,26	103,69	97,23
12	D	A1T14	102,02	100,11	99,92	101,65	95,79	96,23	102,17
12	D	A1T0	104,81	98,90	100,01	96,72	117,89	105,80	103,49
12	D	A2T0	100,32	99,68	100,63	100,18	98,95	103,34	99,76
12	E	UK	106,22	95,67	108,06	97,22	142,45	154,39	100,65
12	E	A1T28	103,34	99,68	97,60	92,02	89,06	106,58	103,10
12	E	A1T14	99,47	98,17	100,02	100,06	92,08	100,92	97,43
12	E	A1T0	99,08	98,01	98,19	97,36	91,51	96,18	96,92
12	E	A2T0	106,16	97,51	105,69	100,31	94,34	136,86	102,76
12	F	UK	92,02	102,00	96,25	97,72	78,37	86,97	94,56
12	F	A1T28	97,14	99,93	94,48	92,92	89,03	86,50	97,68
12	F	A1T14	93,02	101,56	95,14	97,78	74,76	81,14	95,23
12	F	A1T0	96,53	101,21	94,52	94,97	79,94	83,32	98,49
12	F	A2T0	96,62	99,52	95,07	94,02	96,39	86,50	96,83

Anh. 38: Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV), Kalium-(K), Natrium-(Na), α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten (S) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) in Umwelt (U) 13 bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$); Gesundvariante = 100, Deutschland, 2004 und 2005; Mittelwert aus drei Wiederholungen, A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle

U	S	BKST	RE %	ZG %	SMV %	K %	Na %	AmN %	BZE %
13	A	UK	95,99	94,09	110,72	99,83	119,65	160,32	88,97
13	A	A1T28	89,08	97,20	101,97	95,27	119,30	119,47	85,93
13	A	A1T14	93,55	96,88	107,02	99,33	127,19	139,01	89,67
13	A	A1T0	89,72	98,47	108,57	106,88	98,25	134,96	87,61
13	A	A2T0	101,51	100,28	99,73	97,47	85,09	105,76	101,81
13	B	UK	100,99	95,59	111,77	100,09	144,44	165,05	95,16
13	B	A1T28	101,79	98,09	106,98	101,27	131,30	134,29	99,29
13	B	A1T14	95,77	100,11	111,48	109,37	117,78	145,76	95,24
13	B	A1T0	95,37	99,47	102,54	95,95	109,72	124,40	94,56
13	B	A2T0	101,20	99,51	107,30	104,27	126,39	129,88	100,21
13	C	UK	96,26	96,31	103,35	100,40	111,11	116,25	92,06
13	C	A1T28	99,04	100,57	96,10	96,40	105,56	85,77	99,91
13	C	A1T14	100,00	99,51	96,46	96,64	120,83	85,27	99,72
13	C	A1T0	95,55	96,15	108,38	107,73	123,61	125,97	90,99
13	C	A2T0	91,37	102,17	96,90	99,56	83,33	85,95	93,79
13	D	UK	95,18	98,53	105,68	102,42	105,44	121,89	93,37
13	D	A1T28	98,96	101,94	99,47	102,86	94,56	93,62	101,11
13	D	A1T14	100,20	100,61	101,58	101,73	110,88	102,14	100,66
13	D	A1T0	87,31	101,46	104,60	104,37	86,39	117,52	88,48
13	D	A2T0	101,76	99,19	108,19	102,64	125,85	129,03	100,16
13	E	UK	101,49	99,51	98,22	97,51	119,07	92,39	101,13
13	E	A1T28	109,24	100,99	102,32	101,15	133,10	102,09	110,29
13	E	A1T14	103,13	99,55	94,50	94,31	121,35	80,54	103,07
13	E	A1T0	102,99	98,52	99,11	101,06	114,59	91,48	101,29
13	E	A2T0	102,64	100,41	100,06	101,32	99,29	98,27	102,73
13	F	UK	96,64	99,46	99,02	97,83	100,94	98,72	96,28
13	F	A1T28	99,19	100,37	103,70	106,37	87,11	112,06	99,21
13	F	A1T14	94,27	101,33	92,73	94,69	77,04	75,26	96,28
13	F	A1T0	98,71	101,39	107,42	105,88	83,33	137,34	99,81
13	F	A2T0	100,33	99,76	99,35	101,41	88,99	96,32	100,18

Anh. 39: Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV), Kalium-(K), Natrium-(Na), α -Amino-Stickstoff-Gehalt (AmN) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten (S) mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien (BKST) in Umwelt (U) 14 bei starkem Befall mit *Cercospora beticola* ($BS_{\text{Ernte}} > 20 \%$); Gesundvariante = 100, Österreich, 2004 und 2005; Mittelwert aus drei Wiederholungen, A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert an der summarischen Bekämpfungsschwelle, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, UK unbehandelte Kontrolle

U	S	BKST	RE %	ZG %	SMV %	K %	Na %	AmN %	BZE %
14	A	UK	95,96	93,99	101,84	94,35	106,29	115,54	89,50
14	A	A1T28	104,91	98,59	98,60	93,74	98,96	104,12	103,28
14	A	A1T14	101,70	101,71	97,85	94,29	78,81	103,92	103,71
14	A	A1T0	106,64	100,95	104,06	100,60	77,77	120,60	107,60
14	A	A2T0	100,56	101,74	99,06	99,41	93,97	98,09	102,40
14	B	UK	89,79	99,07	98,46	99,02	68,60	113,44	88,91
14	B	A1T28	96,94	100,98	105,97	98,64	95,98	144,02	97,47
14	B	A1T14	101,53	99,79	100,99	102,84	83,03	110,84	100,47
14	B	A1T0	96,33	101,10	104,82	100,47	88,63	137,22	96,76
14	B	A2T0	104,92	108,56	90,88	91,99	54,17	91,45	116,23
14	C	UK	97,78	89,73	113,23	106,63	209,18	139,55	85,99
14	C	A1T28	95,71	95,92	105,54	99,86	137,94	125,12	91,07
14	C	A1T14	95,87	95,24	110,37	104,82	166,70	135,74	89,85
14	C	A1T0	110,73	94,18	112,11	104,71	183,21	142,86	102,22
14	C	A2T0	109,15	94,82	107,22	105,24	174,40	114,66	102,16
14	D	UK	85,43	99,13	97,74	93,84	96,76	100,90	84,77
14	D	A1T28	89,45	98,88	97,61	93,32	112,03	95,29	88,64
14	D	A1T14	89,87	97,90	100,52	91,40	131,91	103,26	87,55
14	D	A1T0	86,13	105,09	92,52	93,91	61,52	91,65	91,97
14	D	A2T0	87,27	103,23	94,62	91,86	93,28	91,72	91,11
14	E	UK	98,71	98,39	96,60	94,10	77,58	104,14	97,68
14	E	A1T28	91,36	94,84	106,98	94,52	132,69	128,05	85,55
14	E	A1T14	97,09	98,50	100,81	92,42	119,99	107,76	95,22
14	E	A1T0	92,21	101,26	94,15	97,14	70,58	90,31	94,51
14	E	A2T0	100,29	102,36	95,25	92,78	99,59	89,76	103,04
14	F	UK	89,29	90,95	107,63	94,41	182,18	124,33	80,03
14	F	A1T28	95,41	95,71	101,44	94,24	133,61	107,89	90,84
14	F	A1T14	92,63	95,97	104,08	98,26	138,81	112,24	88,55
14	F	A1T0	94,69	95,43	102,04	96,49	124,22	110,10	89,87
14	F	A2T0	101,93	95,95	104,28	99,82	138,35	110,10	97,04

Anh. 40: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola* und verschiedenen Bekämpfungsstrategien bei unterschiedlich starkem Befall mit *Cercospora beticola*; Gesundheitsvariante = 100, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; BS_{Ernte} Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte, A1/A2 Erst-/Zweitbehandlung orientiert am summarischen Bekämpfungsschwellensystem, T Tage (0/14/28) nach Überschreitung der Bekämpfungsschwelle, n Anzahl Umwelten

Anh. 41: Beziehung zwischen der Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte und dem Bereinigten Zuckerertrag von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola*; Gesundvariante = 100, 14 Umwelten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; Lineare Regression, $y = b_0 + b_1 \cdot x$, R^2 Bestimmtheitsmaß, p Irrtumswahrscheinlichkeit für die Gültigkeit des Modells, Konfidenzintervall für b_1 , unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten hinsichtlich b_1

Sorte	b_0	b_1	R^2	p	Konfidenzintervall		Signifikanz
A	93,90	-0,11	0,27	0,0004	-0,1631	-0,0507	a
B	99,62	-0,24	0,47	< 0,0001	-0,3275	-0,1616	a
C	95,14	-0,15	0,30	0,0002	-0,2276	-0,0786	a
D	96,40	-0,17	0,16	0,0079	-0,2907	-0,0468	a
E	97,49	-0,15	0,11	0,0353	-0,2919	-0,0110	a
F	92,22	-0,17	0,10	0,0404	-0,3295	-0,0077	a

Anh. 42: Beziehung zwischen der area under disease progress curve von *Cercospora beticola* und dem Bereinigten Zuckerertrag von Zuckerrüben bei Sorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit für *Cercospora beticola*; Gesundvariante = 100, 14 Umwelten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005, unbehandelte Kontrolle; Lineare Regression, $y = b_0 + b_1 \cdot x$, R^2 Bestimmtheitsmaß, p Irrtumswahrscheinlichkeit für die Gültigkeit des Modells, Konfidenzintervall für b_1 , unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten hinsichtlich b_1

Sorte	b_0	b_1	R^2	p	Konfidenzintervall		Signifikanz
A	93,73	-0,02	0,32	0,0001	-0,0306	-0,0110	a
B	99,44	-0,04	0,74	< 0,0001	-0,0513	-0,0349	a
C	94,62	-0,03	0,23	0,0012	-0,0458	-0,0122	a
D	97,02	-0,04	0,36	< 0,0001	-0,0541	-0,0216	a
E	97,03	-0,02	0,11	0,0325	-0,0419	-0,0019	a
F	92,86	-0,04	0,22	0,0020	-0,0721	-0,0174	a

Anh. 43: Varianztabelle für den Bereinigten Zuckerertrag von Zuckerrüben in Abhängigkeit von der Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte (BS_{Ernte}); unbehandelte Kontrolle im Mittel aller Sorten = 100, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; FG Freiheitsgrad, F errechneter F-Wert, p Irrtumswahrscheinlichkeit, R^2 Bestimmtheitsmaß, GD Grenzdifferenz für $p < 0,05$, n Anzahl Umwelten

Umwelten	Varianzursache	FG	F	p	R^2	GD
schwacher Befall BS_{Ernte} < 5 % n = 3	Umwelt (U)	2	1,31	0,2770	0,0133	
	Sorte (S)	5	17,96	< 0,0001	0,4572	5,7178
	Bekämpfungsstrategie (B)	1	11,59	0,0011	0,0590	2,2471
	Wiederholung	2	4,24	0,0183	0,0432	
	U x S	10	0,58	0,8235	0,0296	
	U x B	2	1,31	0,2770	0,0133	
	S x B	5	0,30	0,9127	0,0076	
	U x S x B	10	0,40	0,9422	0,0204	
mittlerer Befall BS_{Ernte} 5 - 20 % n = 3	Umwelt (U)	2	2,47	0,0875	0,0116	
	Sorte (S)	5	32,23	< 0,0001	0,3783	4,3674
	Bekämpfungsstrategie (B)	4	7,61	< 0,0001	0,0715	3,8138
	Wiederholung	2	2,65	0,0737	0,0124	
	U x S	10	1,30	0,2349	0,0305	
	U x B	8	1,06	0,3939	0,0199	
	S x B	20	0,28	0,9992	0,0130	
	U x S x B	40	0,48	0,9964	0,0450	
starker Befall BS_{Ernte} > 20 % n = 4	Umwelt (U)	3	52,49	< 0,0001	0,1627	3,1262
	Sorte (S)	5	27,05	< 0,0001	0,1398	4,2517
	Bekämpfungsstrategie (B)	4	23,48	< 0,0001	0,0971	3,7134
	Wiederholung	2	4,62	0,0107	0,0095	
	U x S	15	12,02	< 0,0001	0,1863	11,8280
	U x B	12	6,15	< 0,0001	0,0763	11,8050
	S x B	20	0,79	0,7233	0,0163	
	U x S x B	60	1,07	0,3626	0,0660	

Anh. 44: Varianztabelle für den Bereinigten Zuckerertrag von Zuckerrüben in Abhängigkeit von der Befallsstärke von *Cercospora beticola* zur Ernte (BS_{Ernte}); unbehandelte Kontrolle der Sorte A = 100, 6 Sorten, Deutschland und Österreich, 2004 und 2005; FG Freiheitsgrad, F errechneter F-Wert, p Irrtumswahrscheinlichkeit, R^2 Bestimmtheitsmaß, GD Grenzdifferenz für $p < 0,05$, n Anzahl Umwelten

Umwelten	Varianzursache	FG	F	p	R^2	GD
schwacher Befall BS_{Ernte} < 5 % n = 3	Umwelt (U)	2	1,18	0,3133	0,0122	
	Sorte (S)	5	17,72	< 0,0001	0,4562	5,5834
	Bekämpfungsstrategie (B)	1	11,29	0,0013	0,0581	2,1943
	Wiederholung	2	4,20	0,0190	0,0432	
	U x S	10	0,56	0,8389	0,0290	
	U x B	2	1,20	0,3069	0,0124	
	S x B	5	0,30	0,9097	0,0078	
	U x S x B	10	0,40	0,9412	0,0207	
mittlerer Befall BS_{Ernte} 5 - 20 % n = 3	Umwelt (U)	2	5,89	0,0033	0,0274	2,4112
	Sorte (S)	5	31,95	< 0,0001	0,3709	4,1566
	Bekämpfungsstrategie (B)	4	7,59	< 0,0001	0,0705	3,6297
	Wiederholung	2	2,63	0,0746	0,0122	
	U x S	10	1,23	0,2717	0,0287	
	U x B	8	1,07	0,3892	0,0198	
	S x B	20	0,28	0,9992	0,0129	
	U x S x B	40	0,48	0,9966	0,0442	
starker Befall BS_{Ernte} > 20 % n = 4	Umwelt (U)	3	105,73	< 0,0001	0,2803	3,0957
	Sorte (S)	5	26,66	< 0,0001	0,1178	4,2103
	Bekämpfungsstrategie (B)	4	23,75	< 0,0001	0,0839	3,6772
	Wiederholung	2	4,79	0,0091	0,0085	
	U x S	15	12,20	< 0,0001	0,1617	13,0030
	U x B	12	6,32	< 0,0001	0,0671	13,0910
	S x B	20	0,80	0,7147	0,0141	
	U x S x B	60	1,06	0,3688	0,0563	

Anh. 45: Durchschnittliche Rübenenerträge (RE) in Deutschland

Jahr	RE (t ha⁻¹)
2000 ¹⁾	61,66
2001 ¹⁾	55,24
2002 ¹⁾	60,56
2003 ¹⁾	53,23
2004 ¹⁾	61,65
2005 ¹⁾	60,18
2006 ²⁾	57,73
Mittel (2000-2006)	58,61

¹⁾ Datenquelle: BMELV (2006)

²⁾ Datenquelle: Statistisches Bundesamt (2007)

Anh. 46: Kosten für eine Fungizidmaßnahme ab Hof auf einem 20 ha Rübenschlag

	SPYRALE	Opus
Pflanzenschutzmittel (PSM)		
Zugmaschine (kW) ¹⁾	67	67
Nennvolumen Spritze (l) ¹⁾	3000	3000
Spritzgestänge Arbeitsbreite (m) ¹⁾	24	24
Wassermenge (l) ¹⁾	300	300
Arbeitskraftbedarf (Akh ha ⁻¹) ¹⁾	0,13	0,13
Leistung (ha h ⁻¹) ¹⁾	8,15	8,15
Diesel (l ha ⁻¹) ¹⁾	1	1
Kosten fest (€ ha ⁻¹) ¹⁾	4,63	4,63
Kosten variabel (€ ha ⁻¹) ¹⁾	2,85	2,85
Kosten PSM (€ ha ⁻¹) ²⁾	35,2	39,75
Kosten gesamt (fest+variabel+PSM) (€ ha ⁻¹)	42,68	47,23

¹⁾ Datenquelle: KTBL (2006)

²⁾ Datenquelle: AGRAVIS (2005)

Danksagung

Herrn Prof. Dr. Bernward Märländer danke ich herzlich für die Überlassung des Themas, die Übernahme des Referates und die wissenschaftliche Betreuung dieser Arbeit. Die intensiven Diskussionen und die konstruktiven Anregungen waren stets motivierend und haben zum Gelingen der Arbeit beigetragen.

Herrn Prof. Dr. Mark Varrelmann danke ich für die Übernahme des Korreferats, die ständige Unterstützung während meiner Doktorandenzeit und das angenehme Arbeitsklima in der Abteilung Phytomedizin.

Mein weiterer Dank gilt allen an den Versuchsserien „Blattkrankheiten I“ und „Blattkrankheiten II“ beteiligten Personen und Institutionen. Sie haben wesentlich zur Erhebung einer umfangreichen Datenbasis beigetragen, die eine bedeutende Grundlage dieser Arbeit darstellte. Bei allen Versuchsbesichtigungen wurde ich stets herzlich empfangen und hatte die Möglichkeit interessante Gespräche nicht nur rund um die Zuckerrübe zu führen. In diesem Rahmen sei besonders Dr. Stefan Mittler gedankt, der mich hervorragend in das Projekt eingearbeitet hat und mir die guten Kontakte zu allen beteiligten Versuchspartnern ermöglichte.

Allen meinen Kolleginnen und Kollegen am Institut für Zuckerrübenforschung danke ich für ihre Hilfe und Kooperationsbereitschaft. Besonderer Dank gilt dabei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung Phytomedizin, vor allem Annette Walter, die mich nicht nur bei technischen Problemen enorm unterstützt hat.

Dr. Christian Kluth und Ariane Ossenkop danke ich ganz herzlich für die unerschöpfliche Hilfe bei statistischen Fragen.

Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes und die vielen wertvollen Hinweise danke ich ganz herzlich Dr. Christine Kenter. Auch Kerstin Busse, Dr. Helmut Gerhardt, Kerstin Klapproth und Dr. Ines Rothe sei für das Korrekturlesen der Arbeit gedankt.

Meiner Familie und meinen Freunden inner- und außerhalb des Institutes danke ich für ihren Rückhalt, ihr Interesse an meiner Arbeit und manche angenehme Ablenkung.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Ulrike Kaiser
Geburtsdatum, -ort: 15.07.1978, Herzberg/Elster

Schul Ausbildung

1985-1991 Grundschule Luckau
1991-1998 Gymnasium Luckau, Abschluss: Abitur

Freiwilligen Dienst

1998-1999 Freiwilliges Ökologisches Jahr beim Landesjugendring
Brandenburg Trägerwerk e.V. auf dem Höllberghof bei
Langengrassau

Hochschulausbildung

1999-2004 Studium der Agrarwissenschaften an der
Humboldt-Universität zu Berlin,
Studienrichtung Pflanzenbauwissenschaften,
Abschlüsse: Diplom-Agraringenieurin, Master of Science
2003-2004 Diplom-/Masterarbeit am Institut für Pflanzenbauwissenschaften
der Humboldt-Universität zu Berlin:
„Vergleich von Weizen- und Roggenanbau auf leichten Böden“
2004-2007 Anfertigung einer Dissertation am Institut für Zuckerrüben-
forschung, An-Institut der Georg-August Universität
Göttingen

Berufliche Tätigkeit

seit Juni 2004 Wissenschaftliche Assistentin am Institut für
Zuckerrübenforschung, Göttingen