

Epidemiologische Entwicklung von *Cercospora beticola* (Sacch.) in Zuckerrüben

Epidemiological development of *Cercospora beticola* (Sacch.) in sugar beet crops

P. F. J. WOLF, J.-A. VERREET

Institut f. Phytopathologie, Christian-Albrechts-Universität, D-24118 Kiel

Eingereicht am 25. Juni 1997; angenommen am 23. August 1997

Zusammenfassung

Bei Variation der Prädisposition (57 Fallstudien; 3 Jahre, 3 Standorte, 6 Sorten, 3 N-Stufen) trat der Epidemiebeginn von *Cercospora beticola*, d.h. ein Verbreitungsgrad auf 50 % der Rübenpflanzen, frühestens Mitte Juli, mit einem Schwerpunkt auf der ersten und zweiten Augustdekade ein. Bei Kalkulation in Abhängigkeit vom Reihenschluß ist der Epidemiebeginn in anfälligen Sorten frühestens nach 5 Wochen zu erwarten, gering anfällige Genotypen verzögern den Epidemiebeginn um ca. 2 Wochen.

Der Epidemieverlauf von *Cercospora beticola* läßt sich in drei Phasen gliedern. Das erste Stadium betrifft die horizontale Verbreitung im Bestand von Pflanze zu Pflanze. Vom ersten Auftreten bis zu einer Verbreitung auf alle Pflanzen (= 100 % Befallshäufigkeit), benötigt der Erreger in den meisten Fällen 2–4 Wochen; stark verzögernd wirken resistente Sorten in Verbindung mit ungünstiger Witterung.

Der horizontalen Verbreitung schließt sich die vertikale Verbreitung von Blatt zu Blatt an. Dabei steigt der Anteil befallener Blätter erst stark an, wenn mehr als 70 % der Pflanzen befallen sind. Die geschädigte Blattfläche bleibt zu den ersten beiden Phasen unter 1 %.

Starke Nekrosenbildung (= 3te Phase) setzt eine Verbreitung auf 60–80 % der Blätter voraus. Ein Anstieg über 1 % ist frühestens 4–5 Wochen nach Epidemiebeginn zu erwarten. Dies ist von entscheidender Bedeutung für die Notwendigkeit von Bekämpfungsmaßnahmen. In der Folge nimmt der Anteil an Nekrosen stark zu, unter feuchtwarmen Witterungsbedingungen um bis zu 15 % pro Woche. Der Schädigungsgrad am Ende der Vegetationsperiode betrug bis zu 60 % Nekrotisierung. Mit höherer Häufigkeit werden Blätter des mittleren Blattapparates befallen. Die Datensammlung unterstützt die Entwicklung einer Negativprognose zur Vorhersage des befallsfreien Zeitraums.

Stichwörter: *Cercospora beticola*; Zuckerrübe; Epidemiologie; horizontale und vertikale Verbreitung; Nekrotisierung

Summary

Variation of predisposition influences the epidemiological behavior of *Cercospora beticola*. The results are gained from 57 instances (3 years, 3 locations, 6 sugar beet cultivars, 3 nitrogen degrees). The beginning of the epidemic progress, defined as an infection frequency of 50 % beet plants in a natural sugar beet field, occurred from beginning to middle of July at the earliest, but in most cases to the first and second decade of August. The shortest timespace

from closing of sugar beet rows to the beginning of epidemics is calculated by 5 weeks, exceeded up to 7 weeks by highly resistant cultivars.

Concerning the epidemic progress of the fungus, there are three successive phases. As a first disease stage, the horizontal distribution up to a 100 % plant infection rate is considered, which in most cases needs 2–4 weeks but may be extended up to 8 weeks in cases of resistant cultivars linked with unfavorable weather conditions.

The horizontal distribution is followed by the vertical distribution from leaf to leaf as a second stage. Leaf infection rate increases strong, when 70 % or more plants are infected. The vertical distribution is limited by a leaf infection rate of 60–80 %, because younger leaves in the middle of the leaf apparatus remain free of infection. Necrosis remains under 1 % of the leaf area during the first and second stage of disease progress.

Leaf necrosis increases strong, when 60–80 % of the leaves are infected. The third stage is characterized by increases of necrosis up to 15 % of leaf area per week and at the end of the vegetation period, a maximum of 60 % was evaluated, mainly under infection favoring conditions. From beginning of epidemics to the third stage, it needs 4–5 weeks at least. This fact is very important concerning the necessity of fungicide treatments. Leaf damage is highest to the middle leaf apparatus. The collection of data should support the development of a disease forecasting system.

Keywords: *Cercospora beticola*; sugar beet; epidemiology; horizontal and vertical distribution; necrosis

1 Einleitung

Unter den klimatischen Gegebenheiten Mitteleuropas gilt *Cercospora beticola* als die bedeutendste pilzliche Erkrankung der Zuckerrübe (BLEIHOLDER und WELTZIEN 1972); allgemein ist der Erreger in den wärmeren Anbauregionen Südeuropas weit verbreitet.

Starke Kalamitäten in Süddeutschland und Österreich wurden mit hoher Häufigkeit Ende der 80er und zu Anfang der 90er Jahre beobachtet. Der Pilz überwintert auf oberirdisch verbliebenen Pflanzenresten, wodurch die Infektkette des Erregers geschlossen wird (HEINZE 1983). In diesem Zusammenhang ist der Rückgang der Blattbergung als Ursache für eine deutliche Erhöhung des Inokulumpotentials anzusehen. Unter hohem Krankheitsdruck betragen die Einbußen in der Rübenmasse bis zu 25 %, der bereinigte Zuckerertrag konnte nach Bekämpfung des Parasiten um bis zu 50 % gesteigert werden (WOLF et al. 1995). Nachdem als Folge des Rübenbefalls zudem eine erhebliche Minderung der technischen Verarbeitungsqualität gefunden werden konnte, war vor allem der Zuckerindustrie an einer wirkungsvollen Kontrolle von Pilzkrankheiten gelegen.

In den Schwerbefallsgebieten Niederbayerns wurden bereits in den 50er Jahren Warnmeldungen gegeben; eine optimale Integration von indirekten pflanzenbaulichen und direkten Maßnahmen konnte jedoch nicht gelingen, insbesondere bestanden Wissenslücken zu epidemiologischen Verhaltensmustern, um Fungizidbehandlungen gezielt zu steuern. Darüber hinaus fehlten diagnostische Verfahren, welche für eine epidemieorientierte Vorgehensweise unentbehrlich sind, so daß die landwirtschaftliche Praxis zwischenzeitlich wieder zu Routinemaßnahmen nach Kalendarium zurückkehrte.

Nachdem die optimale Integration von chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen aus ökonomischen und ökologischen Gründen zunehmend gefördert wird, war es dringend erforderlich diese Lücken zu schließen. Epidemiologische Fallstudien und deren Analyse dienen hierbei als Grundlage zur Entwicklung eines Integrierten Pflanzenschutz-Systems (VERREET et al. 1996) und Möglichkeiten der Prognose.

2 Material und Methoden

2.1 Standorte

Die Datenerhebungen wurden in Rübenschlägen vorgenommen, in welchen nach Erfahrungen der vergangenen Jahre sich regelmäßig ein natürlicher Befall mit *Cercospora beticola* entwickelte. Die Untersuchungen erfolgten in den Jahren 1994–1996 an drei Standorten in Bayern: Seligenstadt (Lkrs. Würzburg), Moosham (Lkrs. Regensburg) und Rottenmann (Lkrs. Deggendorf). Um das Verhaltensmuster des Erregers in Abhängigkeit von der Sortenreaktion und Stickstoffernährung zu erfassen, waren Sorten mit unterschiedlicher Resistenz („Ribella“, „Elan“, „Steffi“, „Meta“, „Evita“, „Patricia“) sowie divergierende N-Niveaus in das Programm einbezogen. Die Stickstoffgaben waren orientiert an der Empfehlung nach der EUF– (Elektro-Ultra-Filtration) Methode. Neben einer "EUF– Variante" waren zwei zusätzliche Versuchsglieder mit abweichenden Düngerniveaus integriert (EUF-60kgN/ha, EUF+60kgN/ha).

2.2 Symptombonitierung

Die Analyse des Befallsverlaufes wurde durch Erhebungen im 7 Tage-Interval sichergestellt. Die Symptombonitierung erfolgte an insgesamt 40 (bzw. 28) Einzelpflanzen (10 bzw. 7 pro Wiederholung, vier Wiederholungen pro Variante). Die für die Bonitierung vorgesehenen Pflanzen wurden vor einem ersten Befallsauftreten markiert und die Erhebungen zu den einzelnen Terminen stets an denselben Pflanzen vorgenommen.

Bonitiert wurde jeweils der "%-Anteil Nekrosen" an sämtlichen Blättern einer Pflanze; die Schätzung erfolgte nach Boniturschema (Battilani et al. 1990), zudem hierarchisch nach Blattalter, d.h. beginnend von außen an den älteren Blättern, dann der Blattrosette folgend nach innen, so daß der Befall jederzeit der Blattstellung zugeordnet werden konnte. Außerdem wurde die Zahl der abgestorbenen und der grünen Blätter vermerkt. Auf der Basis der Einzelblattbonitur konnten Häufigkeitswerte computergestützt berechnet werden. Weitere Angaben zu den Boniturparametern sind in Tabelle 1 verzeichnet.

Tab. 1. Angaben zu Boniturparametern
Table 1. Disease rating parameters

Parameter	Bezeichnung	Erklärung
BHB	Befallshäufigkeit im Bestand frequency of infected plants	%-Anteil befallene Pflanzen % infected plants
BHP	Blattbefallhäufigkeit /Pflanze frequency of infected leaves	%-Anteil befallene Blätter % infected leaves
BSB	Befallsstärke im Bestand severity of attack	%-Anteil befallene Blattfläche % necrosis

3 Ergebnisse

3.1 Epidemieverlauf von *Cercospora beticola*

Um das epidemische Ausmaß an ihren Eckpunkten zu dokumentieren, insbesondere den Beginn, Verlauf und die Stärke bei unterschiedlicher Prädisposition der Rübe, sind zwei Fallstudien zur Darstellung gewählt.

3.1.1 Epidemieverlauf von *Cercospora beticola* bei starkem Befallsdruck Standort Moosham, Sorte ‚Elan‘

Erste Symptome erschienen am Standort Moosham 1994 gegen Mitte Juli (Abb. 1). Ausgehend von ersten Befallsherden schritt die weitere horizontale Ausbreitung des Erregers (siehe Verlauf der BHB = % befallene Pflanzen) im Bestand zügig fort; nach 2–3 Wochen waren sämtliche Pflanzen befallen. In der Folge erfuhr die vertikale Progression des Parasiten (siehe Verlauf BHP = % befallene Blätter) ihre stärkste Zunahme. Die Erfassung des Blattapparates zeigte ihr Maximum bei 60–70 % der grünen Blätter, junge Blätter im Zentrum der Blattrosette blieben befallsfrei. Das Durchlaufen der beiden ersten epidemischen Phasen war Bedingung für eine stärkere Zunahme von Blattnekrosen (siehe Verlauf BSB = % befallene Blattfläche). Bei starker Sekundärinokulumbildung erfolgte der Symptomausbruch explosionsartig, wobei der Anteil an Nekrosen innerhalb 1 Woche um 10–15 % zunahm. Am Standort Moosham 1994 wurde die Ausbreitung des Erregers in der anfälligen Sorte ‚Elan‘ durch geeignete Witterungsbedingungen zusätzlich gefördert, vor allem im August war eine hohe Regenfrequenz gegeben, die für eine ausreichende Feuchte sorgte. Gegen Ende der Vegetationsperiode betrug die nekrotisierte Blattfläche annähernd 60 %. Der starke Blattverlust (siehe Verlauf Blattbildung) betraf vor allem die vollausgebildeten, für das Photosynthesepotential der Pflanze essentiellen Blätter; gegen Ende der Vegetationsperiode waren mehr als 30 Blätter vollständig abgestorben, der Anteil von Blättern mit einem Rest an Chlorophyll war stark rückläufig.

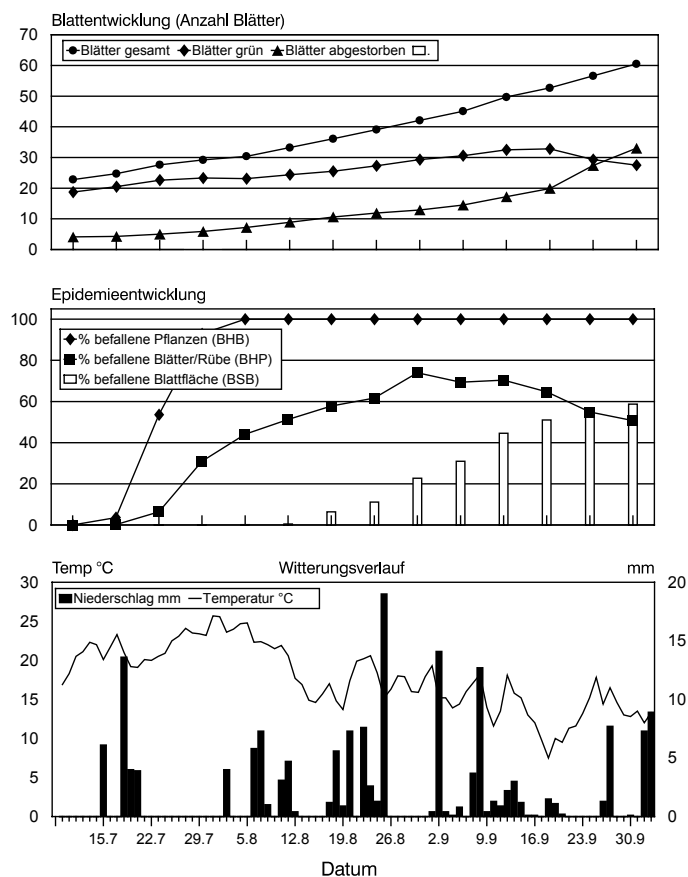


Abbildung 1: Epidemieverlauf von *Cercospora beticola*, Standort Moosham 1994, starker Befallsdruck.

Figure 1: Epidemic progress of *C. beticola*, location Moosham 1994, severe disease pressure.

3.1.2 Epidemieverlauf von *Cercospora beticola* bei gemäßigtem Befallsdruck, Standort Seligenstadt, Sorte ‚Patricia‘

Am Standort Seligenstadt 1995 traten in der Sorte "Patricia" erste Blattflecken von *Cercospora beticola* erst Mitte August auf (Abb. 2). Die weitere Verbreitung des Erregers im Bestand benötigte einen vergleichsweise langen Zeitraum. Erst Mitte September waren alle Pflanzen mit allerdings sehr geringer Symptomzahl befallen, parallel stieg der Anteil befallener Blätter, jedoch so spät in der Vegetationsperiode, daß ein wesentlicher Anstieg der Befallsstärke (BSB) nicht mehr erfolgen konnte. Besonders im Juli und in der ersten Augushälfte behinderten ausgeprägte Trockenperioden eine stärkere Ausbreitung des Erregers, in der späteren Phase vor allem ein deutlicher Rückgang des Temperaturniveaus. Bei weniger als 1 % BSB (= Befallsstärke im Bestand) zeigte sich der Erreger kaum schadrelevant. Das Absterben von Blättern war ausschließlich auf natürliche Seneszenz zurückzuführen.

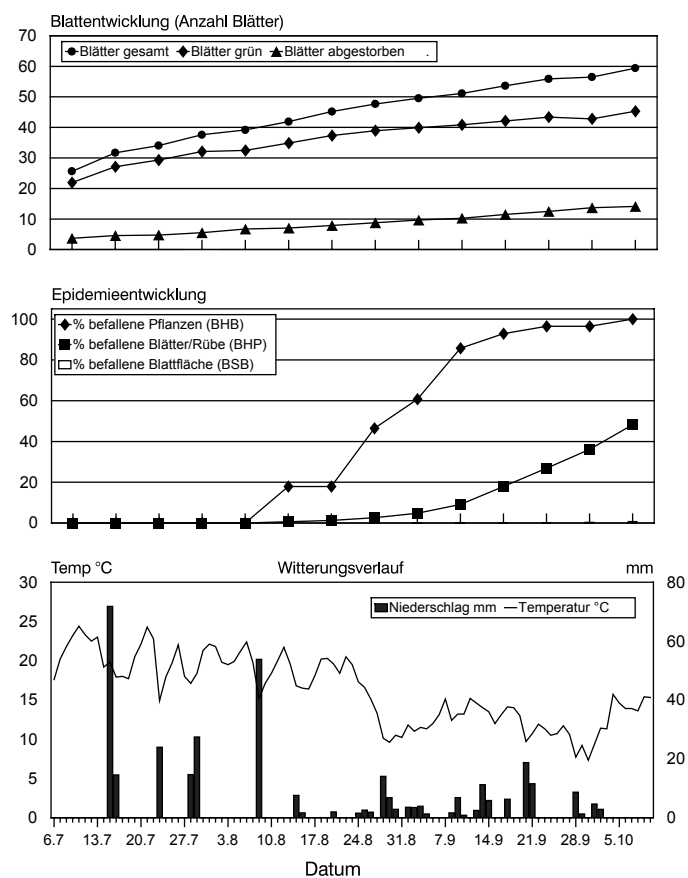


Abbildung 2: Epidemieverlauf von *Cercospora beticola*, Standort Seligenstadt 1994, gemäßigter Befallsdruck.

Figure 2: Epidemic progress of *C. beticola*, location Seligenstadt 1994, moderate disease pressure.

3.2 Analyse der Epidemie

Die Analyse der Epidemiologie von *Cercospora beticola* basiert auf 57 Fallstudien; eine Fallstudie geht auf ein Jahr x Standort x Sorte x N-Stufe zurück. Die Sorten ‚Ribella‘ und ‚Patricia‘ wurden zu "gering anfällig", die Sorten ‚Elan‘, ‚Evita‘, ‚Meta‘ und ‚Steffi‘ zu

"anfällig" zusammengefaßt. Die große Anzahl an Fallstudien ist notwendig, um generelle Aussagen über das Verhalten des Erregers zu treffen im Hinblick auf Differenzierung und Wertung einzelner Phasen der Epidemie.

3.2.1 Horizontale Verbreitung

Die horizontale Verbreitung des Erregers über den Bestand kennzeichnet die erste Phase der Epidemie. Sie bezieht sich auf die Übertragung des Erregers von Pflanze zu Pflanze im Rübenbestand, bei noch äußerst geringer Befallsstärke. Sie geht ausschließlich auf das qualitative Kriterium "Pflanze befallen => ja/nein" zurück. In diesem Zusammenhang wurde als Epidemiebeginn die Halbwertszeit der horizontalen Verbreitung (Termin: BHB > 50 %) definiert, d.h. zu diesem Zeitpunkt weist zumindest jede zweite Pflanze Symptome von *Cercospora beticola* auf. Dieser Wert ist identisch mit dem IPS-Schwellenwert für die Indikation von Fungizidmaßnahmen (VERREET et al. 1996).

Bei Zusammenfassung der Ergebnisse wird ersichtlich, daß erste Symptome von *Cercospora beticola* frühestens Ende Juni/Anfang Juli auftreten. Der Epidemiebeginn erstreckt sich über einen weiten Bereich von Juli bis Mitte September. Zu einem geringem Prozentsatz tritt dieser bei anfälligen Sorten bereits im Juli ein. Die Wahrscheinlichkeit des Epidemiebeginns ist insgesamt deutlich höher gegeben im August (68 %). Während bis Ende August bei anfälligen Sorten das Kriterium von 50 % Befallshäufigkeit in allen Fällen eingetreten ist, so bewirkt eine höhere Teilresistenz in ca. 12 % der Fälle eine Verzögerung bis in die zweite Septemberdekade.

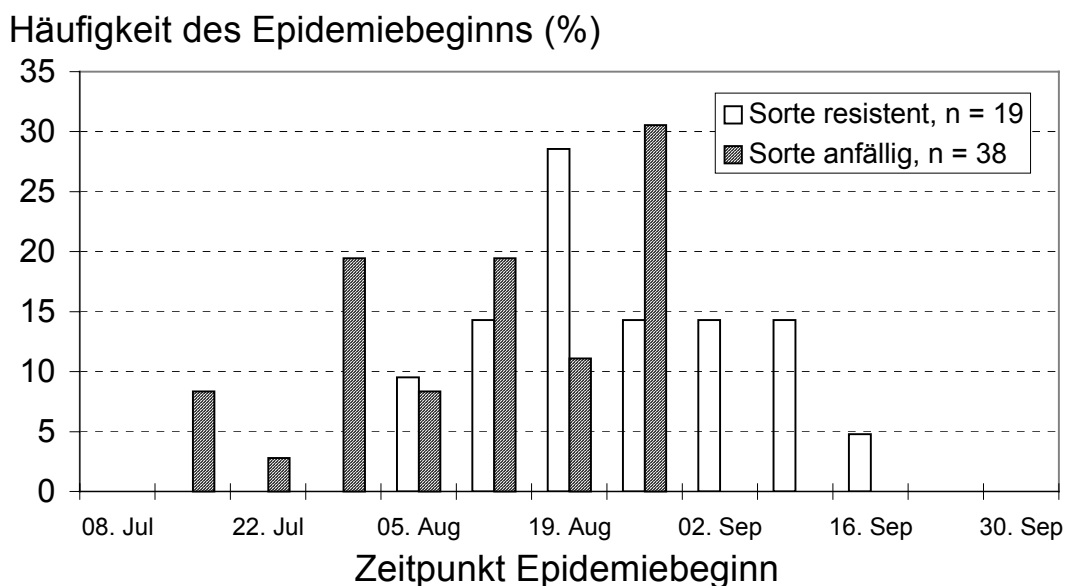


Abbildung 3: Häufigkeit des Epidemiebeginns nach Kalendarium.

Figure 3: Beginning of the epidemic progress, date and frequency.

Während des Untersuchungszeitraumes sind erste Blattflecken in keinem Fall vor Eintreten des Reihenschlusses beobachtet worden. Da möglicherweise ein Einfluß des Entwicklungsstadiums auf die Prädisposition der Rübe im Zusammenhang mit der Veränderung des Mikroklimas vorliegt, erscheint es sinnvoll den Zeitpunkt des Reihenschlusses in die Kalkulation einzubeziehen. Bei entsprechender Berechnung beträgt

die Zeitdauer bis zum Epidemiebeginn mindestens 5 Wochen bei anfälligen Rübensorten. Mit hoher Häufigkeit beginnt die Epidemie 6–8 Wochen nach Reihenschluß in anfälligen Sorten. In Beständen mit teilresistenten Rübensorten (‘Ribella’, ‘Patricia’) ist der Epidemiebeginn, wie bereits aufgezeigt, im Durchschnitt um 2–3 Wochen verzögert.

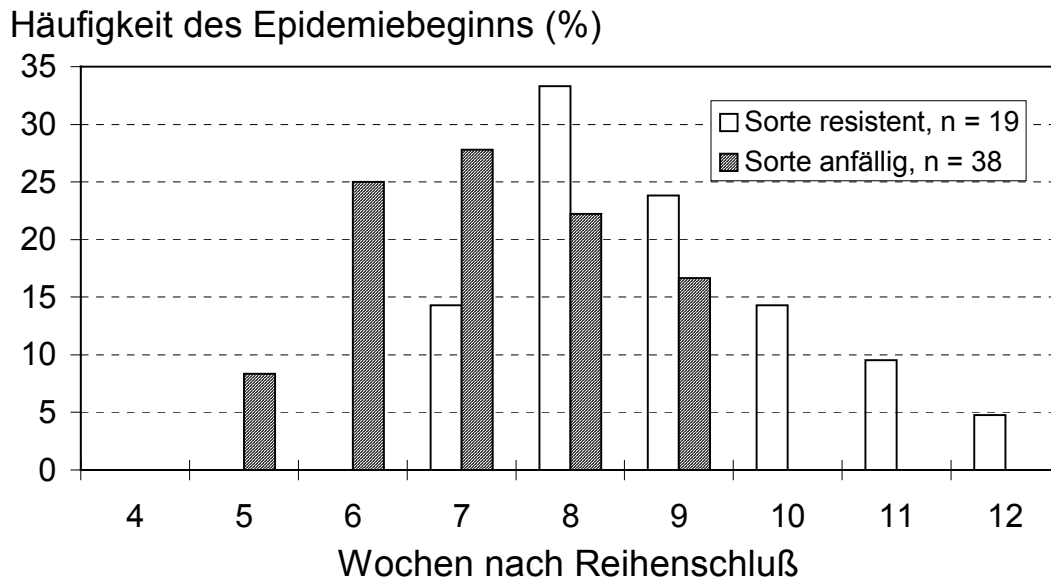


Abbildung 4: Häufigkeit des Epidemiebeginns in Abhängigkeit vom Reihenschluß.

Figure 4: Beginning of the epidemic progress, related to the closing of beet rows.

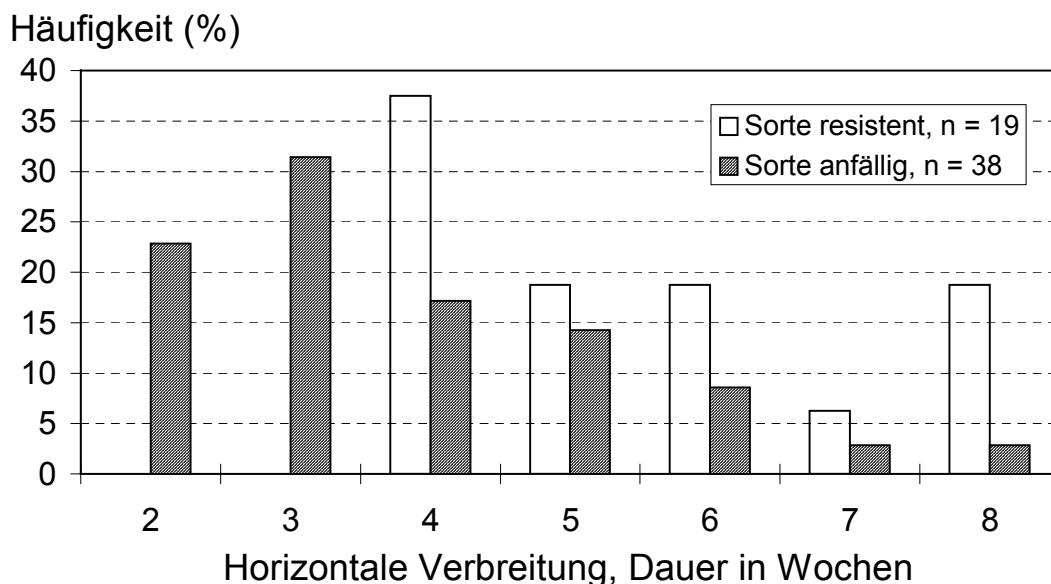


Abbildung 5: Zeitdauer der horizontalen Verbreitung (0-100 % BHB) von *Cercospora beticola*.

Figure 5: Timespace of horizontal distribution (0-100 % BHB) of *C. beticola*.

Der Zeitraum, welchen der Erreger benötigt, um alle Pflanzen zu befallen (100 % Befallshäufigkeit, mindestens ein Symptom pro Pflanze), ist aus Abbildung 5 zu ersehen. Es ergibt sich eine weite Spanne von 2–8 Wochen, welche auf die unterschiedliche Witterung

und Inokulumsituation der 57 zugrunde liegenden Fallstudien zurückgeht. Mit einer Häufigkeit von ca. 60 % ist eine vollständige Durchseuchung der Rübenbestände 2–4 Wochen nach Auftreten erster Symptome gegeben. Die Resistenz der Sorten findet deutlich ihren Niederschlag in der Schnelligkeit der Ausbreitung, wobei in anfälligen Genotypen eine Verbreitungsdauer von 2–4 Wochen überwiegt, in resistenten Varietäten von 4–6 Wochen; bei ungünstigen Epidemiebedingungen benötigt die horizontale Verbreitung des Pilzes bis zu 8 Wochen.

3.2.2 Vertikale Verbreitung

Die vertikale Verbreitung, d.h. die Übertragung des Pilzes auf der Pflanze von Blatt zu Blatt, setzt bereits mit dem Höhepunkt der horizontalen Ausbreitung ein.

Der Zusammenhang von horizontaler und vertikaler Verbreitung ist in Abbildung 6 dargestellt. Demnach steigt der Anteil befallener Blätter überproportional an, wenn mehr als 70 % der Pflanzen befallen sind. Eine weitgehende Verbreitung des Erregers im Bestand ist somit Voraussetzung für die Infektion des gesamten Blattapparates.

Die Parameterschätzung der Wachstumsfunktion $y(x) = y_{\max} * (1 / e^{-k * x})$ erfolgte durch nichtlineare Regression mit SPSS. Die Funktion ist jedoch umgekehrt als $x(y)$ aufgetragen.

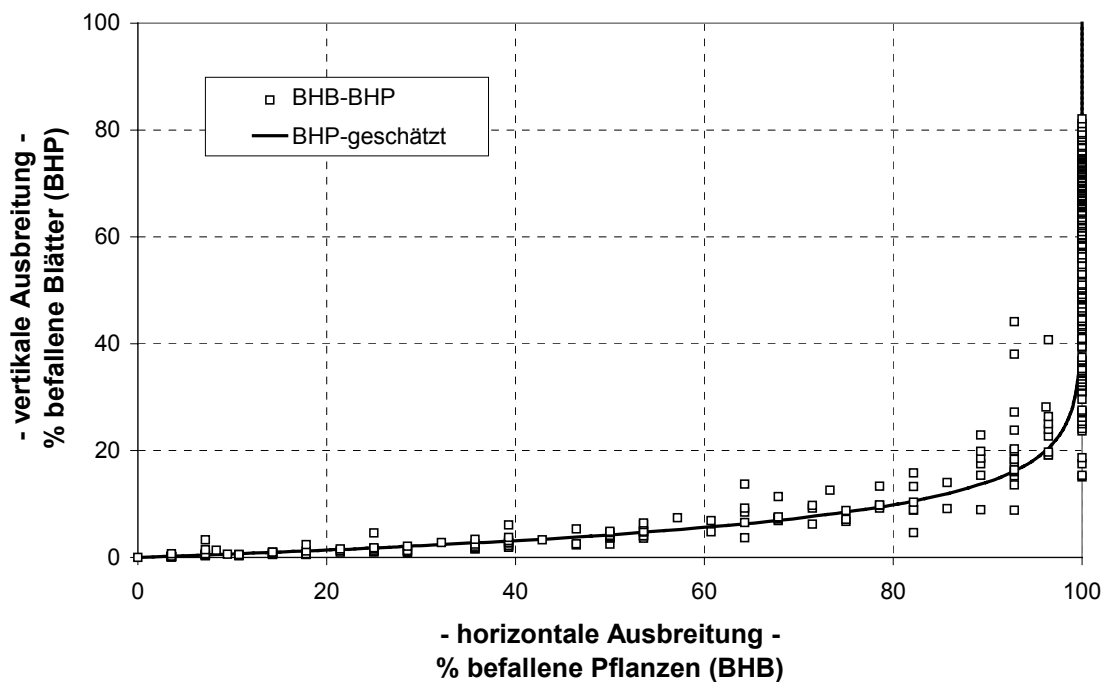


Abbildung 6: Beziehung von horizontaler (BHB) und vertikaler Ausbreitung (BHP).

Figure 6: Relation of horizontal (BHB) and vertical distribution (BHP).

Das Maximum der vertikalen Verbreitung beträgt 70–80 % der grünen Blätter. Dieser hohe Prozentsatz ergab sich nur nach starken Epidemien. Junge Blätter im Zentrum der Blattrosette sind stets befallsfrei, auch zu späteren Stadien, da die Rübe ständig Blätter nachbildet. Das Tempo der Übertragung ist stark abhängig von den Witterungsbedingungen und damit auch vom Zeitpunkt des Epidemiebeginns. Generell ist bei Epidemiebeginn nach Mitte August wegen des sinkenden Temperaturniveaus im Spätsommer und Herbst die epidemische Progression verzögert. Für eine Verbreitung auf mehr als 50 % der Blätter ist mindestens eine

Zeitspanne von 3–4 Wochen notwendig; bei schwachem Befallsdruck oder bei Anbau geringanfälliger Sorten ist die Geschwindigkeit der Ausbreitung deutlich verzögert (Abb. 7). Sie kann unter für den Erreger ungünstigen Bedingungen mehr als 80 Tage betragen. Bei spätem Epidemiebeginn wird dieses epidemische Stadium nicht erreicht.

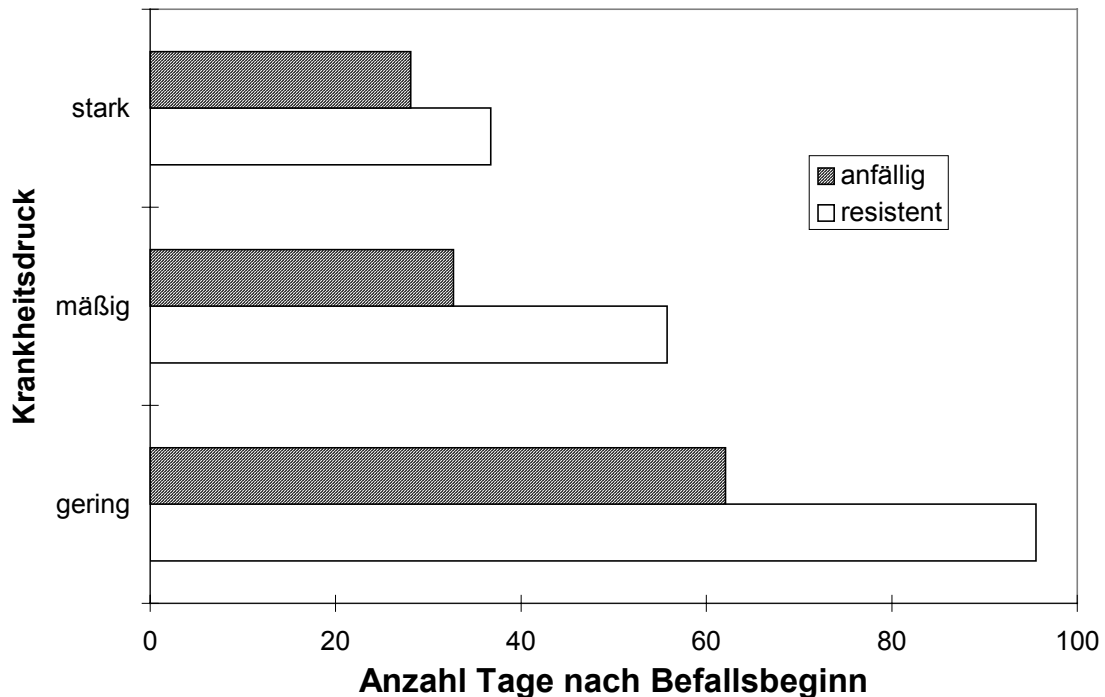


Abbildung 7: Zeitdauer der vertikalen Verbreitung (0-50 % BHP).

Figure 7: Timespace of vertical distribution (0-50 % BHP).

3.2.3 Entwicklung der Befallsstärke (Nekrosenbildung)

Der Parameter Befallsstärke (= %-Anteil Nekrosen) konkretisiert über den Grad der epidemischen Verbreitung hinaus die eigentliche Schadrelevanz des Erregers, indem der unmittelbare Verlust an assimilatorisch aktiver Blattfläche wiedergegeben wird. Starke Nekrosenbildung setzt voraus, daß die horizontale und vor allem die vertikale Ausbreitung des Parasiten weit fortgeschritten sind (Abb. 8). Ein Anstieg der Befallsstärke auf >1,0 % tritt erst ein, wenn eine Verbreitung auf ca. 40–50 % der Blätter vorliegt. Befallsstärken >5,0 % sind nur nach Infektion von mehr als 60 % der Blätter zu erwarten. Bei diesem Wert nähert sich die vertikale Ausbreitung ihrer Sättigungsgrenze, die Streuung der Befallsstärke nimmt deutlich zu.

Nach Epidemiebeginn (= 50 % BHB) sind die wöchentlichen Zuwachsraten (D-BSB = Delta-BSB) der Befallsstärke zunächst gering (Abb. 9). Diese bleiben in einem Zeitraum von 4–5 Wochen unter 1 % zurück, wobei diese Phase mit einer starken vertikalen Verbreitung einhergeht. In der Folgephase sind die wöchentlichen Zunahmen stark progredient. Das Maximum der erregerspezifischen Nekrosenbildung tritt 6–10 Wochen nach Epidemiebeginn ein; hier nimmt die Befallsstärke innerhalb 1 Woche im Durchschnitt um 5–10 % zu. Bei frühem Epidemiebeginn und entsprechend starkem Krankheitsdruck ist selbst ein Zuwachs von 15 % keine Seltenheit. In der späteren Phase sind die Zuwachsraten rückläufig. Dieses Stadium war nur eingetreten bei starken Epidemien und sukzessiver Erregerabundanz, d.h. bei

weitgehender Zerstörung des Blattapparates mit nachfolgender Neubildung von Blättern. Der Verlauf der Befallsstärke ist in Abbildung 10 kumulativ aufgetragen. Hierbei wird bestätigt, daß der Anteil an Nekrosen in der Periode 5–10 Wochen nach Epidemiebeginn kontinuierlich zunimmt. Im Durchschnitt resultierte zu Vegetationsende eine Befallsstärke von ca. 30 %.

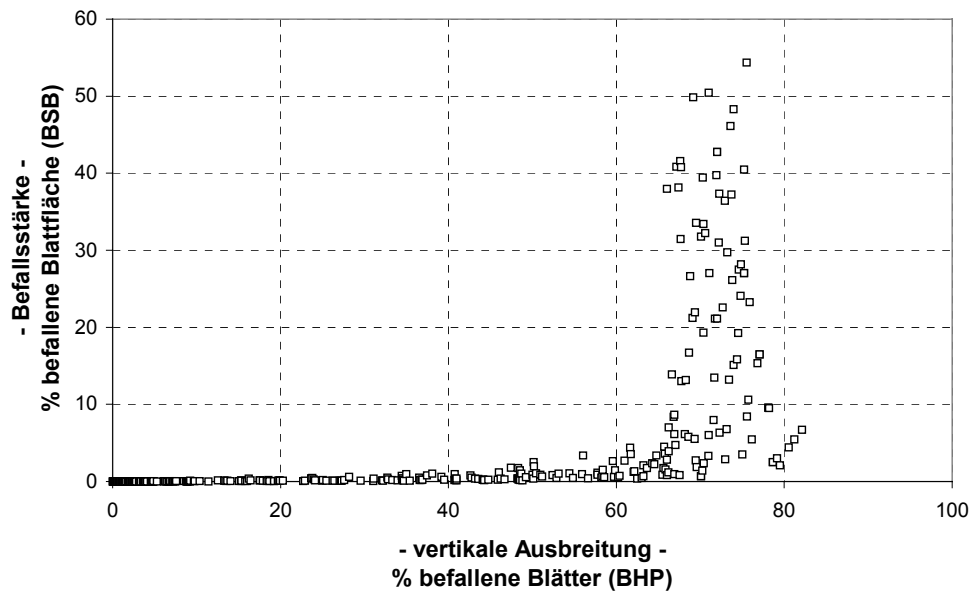


Abbildung 8: Beziehung von vertikaler Verbreitung (BHP) und Befallsstärke (BSB)..

Figure 8: Relation of vertical distribution (BHP) and severity of attack (BSB).

D-BSB (%)

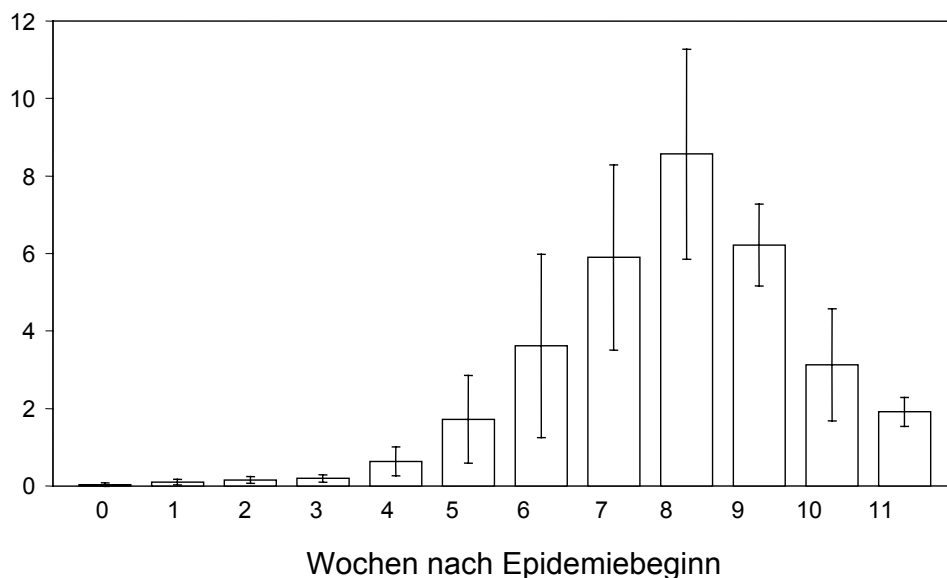


Abbildung 9: Wöchentliche Zuwachsrate der Befallsstärke (D-BSB) mit Angabe des 95 % Vertrauensintervalls des Mittelwertes.

Figure 9: Increase of severity of attack (%-necroses = D-BSB) per week with 95 % confidence interval of mean.

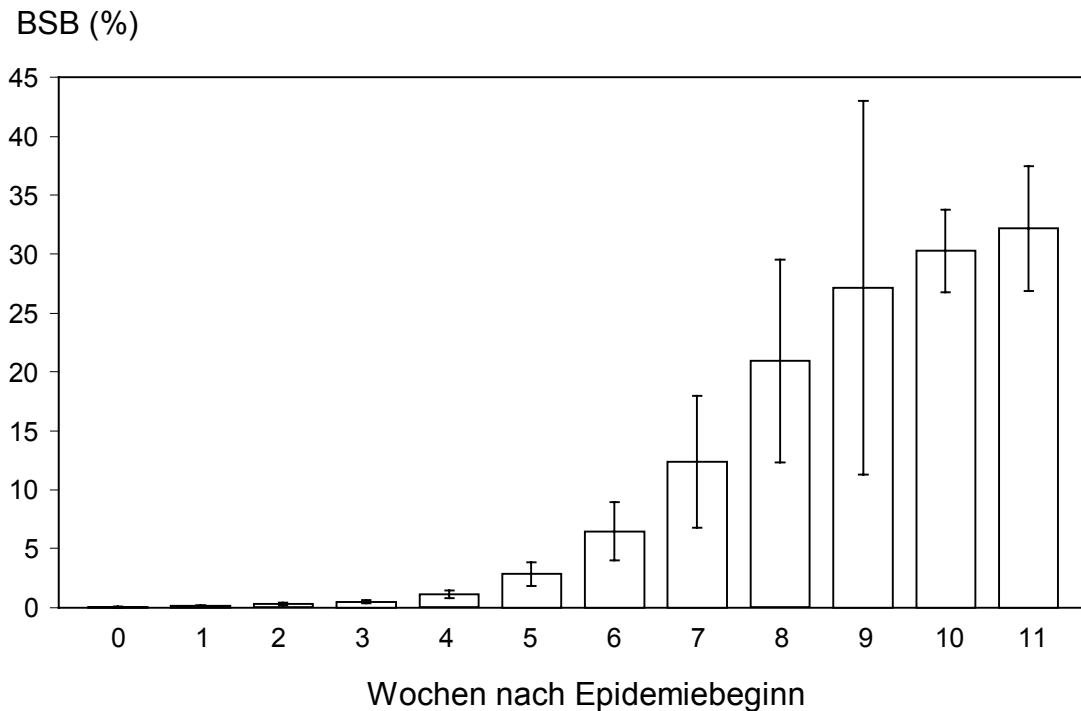


Abbildung 10: Verlauf der Befallsstärke (kumulativ) von *Cercospora beticola* mit Angabe des 95 % Vertrauensintervalls des Mittelwertes.

Figure 10: Development of severity of attack (cumulativ) of *Cercospora beticola* with 95 % confidence interval of mean.

3.3.4 Befallsverteilung am Blattapparat der Rübenpflanze

Nachfolgend wird die Lage des Befalls in der Blattrosette der Rübe aufgezeigt, die Rübe erhält dafür in den Abbildungen 11 und 12 eine schematische Gliederung nach Blattalter (1 = ältestes Blatt, 2 = zweitältestes Blatt, ..., n = jüngstes Blatt). Das Stadium des Epidemiebeginns hat hierbei besondere Bedeutung im Hinblick auf Befallsdiagnosen zur Bekämpfung des Erregers nach epidemieorientierten Bekämpfungsschwellen, der Zeitpunkt "Vegetationsende" um die effektive Schädigung des Blattapparates zu ermessen.

Befallsverteilung zu Epidemiebeginn

Zu Epidemiebeginn (50 % BHB) sind im Durchschnitt je Pflanze 1–2 Blätter mit nur wenigen Blattflecken befallen. In diesem Stadium hat die Rübe im Mittel 28–30 Blätter gebildet, wobei ca. 4–6 Blätter durch natürliche Seneszenz abgestorben sind. Keineswegs sind Blattflecken von *Cercospora beticola* nur auf alten Blättern zu finden. Mit höherer Häufigkeit erscheinen erste Blattflecken im mittleren Blattapparat. Der Befall konzentriert sich schwerpunktartig auf die Blätter 12–24, welche jeweils etwa zu 10 % befallen sind. Alte, bodennahe Blätter (7–11) dagegen sind zu 2–4 % befallen. Auch auf jungen Blättern sind Infektionen nicht ausgeschlossen, dort sind sie jedoch mit deutlich abnehmender Tendenz zu beobachten.

Befallsverteilung zum Vegetationsende

Zum Vegetationsende (Anfang–Mitte Oktober) hat die Rübe ca. 60 Blätter gebildet. Dies bedeutet, daß die Rübe in der Phase der Epidemie im Zeitraum von Juli bis Oktober die

Blattzahl in etwa verdoppelt. In Abbildung 12 ist die Verteilung des Befalls auf den einzelnen Blättern am Höhepunkt der Nekrosenbildung dargestellt. Es zeigt sich, daß das Absterben der zuerst gebildeten Blätter (1–10) fast ausschließlich auf natürliche Seneszenz zurückgeht. Auf den nächst folgenden Blättern nimmt der Anteil an Nekrosen stark zu. Am stärksten betroffen von der Schadtätigkeit des Parasiten ist der mittlere Blattapparat. Der Blattrosette nach innen folgend, nimmt der Befall auf den jüngeren Blättern sukzessive ab. Insgesamt ist zu folgern, daß die Schadwirkung des Pilzes vor allem auf die Zerstörung des mittleren Blattapparates zurückgeht; die Inokulumbildung in der Folge setzt dann auch jüngere Blätter hohem Infektionsdruck aus.

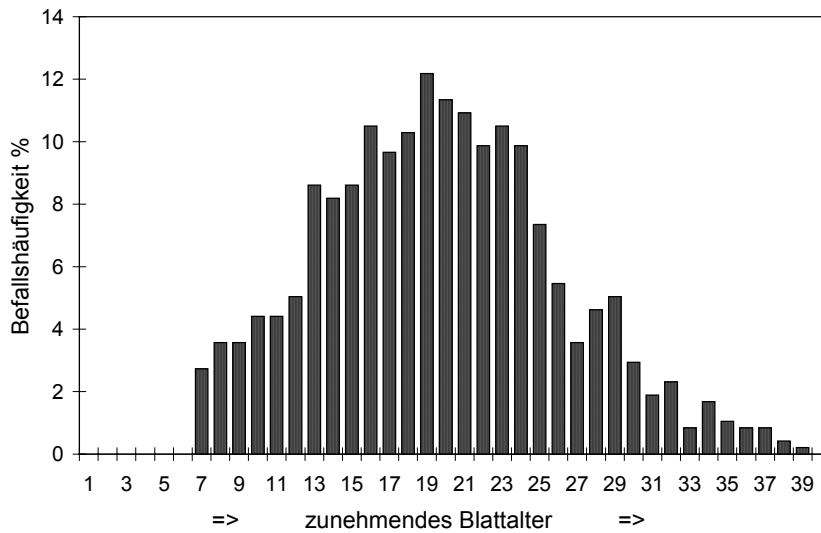


Abbildung 11: Häufigkeit des Blattbefalls in Abhängigkeit vom Blattalter; Epidemiebeginn.

Figure 11: Influence of leaf age on the frequency of leaf infection at the beginning of epidemics.

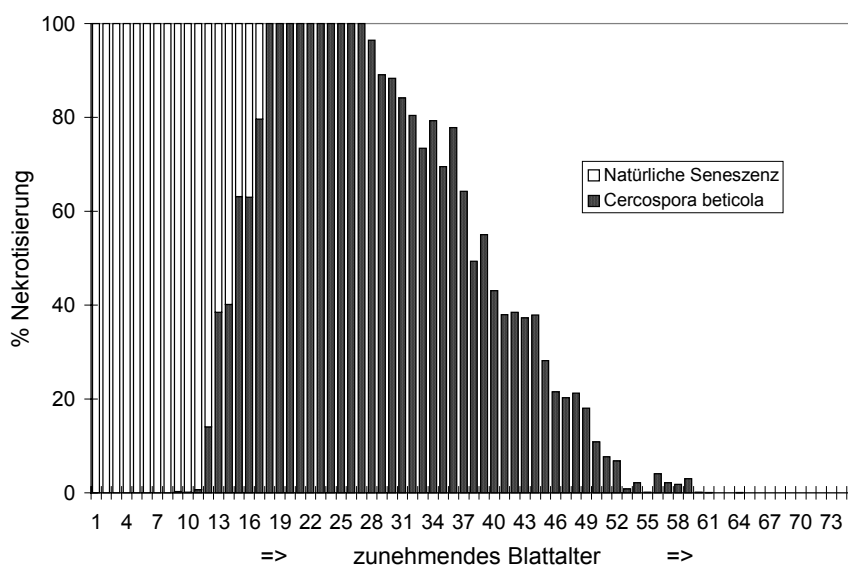


Abbildung 12: Nekrotisierung in Abhängigkeit vom Blattalter, Vegetationsende.

Figure 12: Influence of leaf age on necrosis at the end of vegetation period.

4 Diskussion

Die vorliegenden Studien zur Epidemiologie von *Cercospora beticola* ermöglichen eine grundsätzliche Charakterisierung des Erregerverhaltens im Feldbestand unter den naturgegebenen Bedingungen der landwirtschaftlichen Praxis. In die Betrachtungsweise sind verschiedene Jahre, Befallslagen, Sortenresistenzen und Stickstoffniveaus einbezogen, da diese die epidemische Progression des Erregers in hohem Maße beeinflussen. Es sollten hier jedoch nicht die speziellen Auswirkungen der einzelnen Faktoren aufgezeigt werden, sondern die Dimension divergierender Epidemien, deren Breite durch die Wahl unterschiedlicher Prädisposition gefördert wurde. Unterstützend kam hinzu, daß in den einzelnen Vegetationsperioden (1994–1996) die Witterungsbedingungen stark unterschiedlich vorlagen, wodurch sich eine breite Streuung von Befallsverläufen ergab.

Aus dieser Konstellation kann abgeleitet werden, daß von statischen Methoden der Fungizidterminierung in keiner Weise das Optimum des Grenznutzens erwartet werden kann, wenn es das Ziel ist, Verluste an Ertrag und Qualität mit dem gerade notwendigen Aufwand an Pflanzenschutz zu mindern. In erster Linie sollte daher die Kenntnis der Epidemiologie Grundlage zur Definition von Bekämpfungsschwellen sein; dazu war es erforderlich, Parameter zu definieren, mit Hilfe derer sich verschiedene Stadien der Erregerverbreitung nachvollziehbar beschreiben lassen. Jedoch kann die Modellierung eines Bekämpfungssystems nicht gelingen ohne Prüfung von Bekämpfungsschwellen im praktischen Feldeinsatz. Über die Entwicklung von epidemieorientierten Bekämpfungsschwellen im natürlichen Feldbestand unter Einbeziehung von frühen bis späten Erregerstadien wurde von VERREET et al. (1996) berichtet. Darüber hinaus lassen sich aus der Analyse einer Vielzahl von Fallstudien einzelne Phasen in der epidemischen Progression des Erregers erkennen, welche Möglichkeiten und Ansatzpunkte im Hinblick auf eine Prognose des Befallsbeginns beziehungsweise des befallsfreien Zeitraums aufzeigen.

Der Epidemieverlauf von *Cercospora beticola* läßt sich in mehrere Abschnitte gliedern. Die erste Phase betrifft die horizontale Ausbreitung von Pflanze zu Pflanze; ohne sorgfältige Diagnose wird dieses Stadium in der Praxis häufig völlig übersehen, da nur sehr wenige Symptome zu finden sind und die Erregerzuordnung in Zusammenhang mit dem Auftreten von *Pseudomonas syringae* schwerfällt. Unter den klimatischen Bedingungen Süddeutschlands treten erste Symptome frühestens Ende Juni/Anfang Juli auf, bevorzugt auf Blättern des mittleren Blattapparates; der Epidemiebeginn, d.h. ein Verbreitungsgrad auf 50 % der Pflanzen kann frühestens in der ersten Julidekade mit einem Höhepunkt in der ersten Augushälfte erwartet werden. Etwa 1–2 Wochen früher als in Süddeutschland erscheinen erste Symptome in den Rübenanbaugebieten Norditaliens, wobei ROSSI und BATTILANI (1991) den Zeitraum für die westliche Poebene von 15. Juni bis spätestens 15. August mit einem Höhepunkt in der letzten Juni- und ersten Julidekade angeben. In den eigenen Untersuchungen wird der Epidemiebeginn, welcher als Halbwertszeit der horizontalen Verbreitung definiert ist, gegenüber dem ersten Erscheinen von Symptomen deshalb als überlegenes Kriterium herausgestellt, da hier die Quantifizierung im Zusammenhang mit der Diagnose als höher gesichert gelten kann und zudem Einflußfaktoren wie Sortenresistenz und Witterung deutlichere Auswirkung finden.

Nach Epidemiebeginn liegt der Beginn der Blattentwicklung mindestens 8 Wochen zurück, wobei die Rübe in keinem Fall während der Jugendentwicklung Symptome von *Cercospora* zeigte. Möglicherweise kommt hier dem Reihenschluß entscheidende Bedeutung zu. Nach Untersuchungen von MISCHKE (1960) liegen bezüglich des Bestandesklimas insbesondere die Werte der Luftfeuchtigkeit nach Reihenschluß erhöht vor, so daß Infektionen erst ab diesem Stadium in höherem Maße begünstigt werden. Wird der Epidemiebeginn auf den Zeitpunkt des Reihenschlusses bezogen, so nimmt die Streuung des Epidemiebeginns in der Tendenz eine Normalverteilung an. Ein Teil der verbleibenden Varianz ist auf die Sortenresistenz

zurückzuführen, die Reststreuung geht zusätzlich auf andere Einflußfaktoren zurück, deren Gewichtung im Hinblick auf die Prognose von ausschlaggebender Bedeutung sein dürfte. Als fördernd werden allgemein feuchtwarme Witterung, dichte Bestände und eine enge Fruchtfolge erachtet (BLEIHOLDER und WELTZIEN 1972; ANTONELLI 1974; ROSSI und BATTILANI 1991).

Im Hinblick auf die Akzeptanz von schwellenorientierten Pflanzenschutzsystemen in der Praxis ist neben einem leichten Verständnis der erforderliche Arbeitsaufwand ein wichtiges Kriterium. Prognosemodelle scheinen hierfür ein probates Mittel zu sein, da bei entsprechender Vorhersagegenauigkeit der Aufwand für Diagnose und Quantifizierung auf einen Mindestumfang beschränkt werden kann. Labordaten aus standardisierten Versuchsanstellungen scheinen wegen der Komplexität der Freilandbedingungen für deren Erstellung nur bedingt geeignet zu sein. Die eigenen Daten sind darauf zu prüfen, inwieweit sie der Ableitung einer Negativprognose genügen und wie eng die Wahrscheinlichkeit des Epidemiebeginns zu fassen ist.

Literatur

ANTONELLI, E.: Research on the epidemiology of *Phytophthora infestans* and *Cercospora beticola* in relation to the environment. – *Inftore fitopatol.* **24**, 11-20, 1974.

BATTILANI, P., V. ROSSI: Validation of a climatic method for forecasting primary infections by *Cercospora beticola*. – *Inftore fitopatol.* **41**, 1991.

BATTILANI, P., G. BELTRAMI, I. MERIGGINI, A. PONTI, V. ROSSI, F. ROSSO, V. TUGNOLI, A. ZOCCA: Nuovo indirizzi di difesa anticercosporica. – *Informatore Agrario* **46**, 53–70, 1990

BLEIHOLDER, H., H. WELTZIEN: Beiträge zur Epidemiologie von *Cercospora beticola* an der Zuckerrübe. 3. Geopathologische Untersuchungen. – *Phytopath. Z.* **73**, 46-86, 1972.

BATTILANI, P., V. ROSSI: **CERCOPRI**: A forecasting model for primary infections of *Cercospora* leaf spot of sugarbeet. – *EPPO Bull.* **21**, 527-531, 1991.

HEINZE, K.: Schädlinge und Krankheiten im Ackerbau. Leitfaden der Schädlingsbekämpfung. – *Wiss. Verlagsgesellsch.* **3**, 648-651, 1983.

MISCHKE, W.: Untersuchungen über den Einfluß des Bestandesklimas auf die Entwicklung der Rüben-Blattfleckenkrankheit (*Cercospora beticola* Sacc.) im Hinblick auf die Einrichtung eines Warndienstes. – *Bayer. Landw. Jb.* **37**, 197-227, 1960.

VERREET, J. A., P. F. J. WOLF, F. J. WEIS: Bekämpfungsschwellen als Grundlage für eine integrierte Bekämpfung von *Cercospora beticola* – Das IPS-Modell Zuckerrübe. – *Proc. 59th IIRB Congr.*, 55-69, 1996.

WOLF, P. F. J., F. J. WEIS, J. A. VERREET: Grundlagen einer integrierten Bekämpfung von *Cercospora beticola* in Zuckerrüben. – *Z. PflKrankh. PflSchutz* **102**, 574-585, 1995.