



Yong Liu (Autor)

Untersuchung der Variabilität von *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, dem Erreger der Weißstängeligkeit an Raps (*Brassica napus* L.) unter besonderer Berücksichtigung von Infektionsbiologie, Sortenreaktionen und gezielten Bekämpfungsmaßnahmen

Untersuchung der Variabilität von *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, dem Erreger der Weißstängeligkeit an Raps (*Brassica napus* L.) unter besonderer Berücksichtigung von Infektionsbiologie, Sortenreaktionen und gezielten Bekämpfungsmaßnahmen



Yong Liu

CUVILLIER VERLAG . Göttingen 2004

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/2622>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

1 Einleitung

1.1 Wirtschaftliche Bedeutung des Rapsanbaus

Raps, der zu den Pflanzenarten *Brassica campestris* L., *B. juncea* und *B. napus* L. gehört, ist die wirtschaftlich wichtigste Öl- und Eiweißpflanze mit der größten Verbreitung im gemäßigten Klimabereich in der nördlichen Hemisphäre wie Deutschland, Polen, Italien, Frankreich und England, Kanada, Indien und China. In Mitteleuropa wird vornehmlich der leistungsfähige und ertragreiche Winterraps (*B. napus* L. spp.) angebaut. Es gibt keine Kulturpflanze, die in dieser kühlen und feuchten Klimazone pro Hektar Ackerfläche eine so große Menge an Öl und wertvollem Eiweiß erzeugt wie der Raps. Winterraps hat, wie kaum eine andere Kulturart, in den letzten 20 Jahren stark an Bedeutung gewonnen.

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes (Destatis), Wiesbaden betrug die Rapsanbaufläche in Deutschland zur Ernte 2003 1,325 Mio. ha. Wegen der Anbaumöglichkeit auf Stilllegungsflächen als nachwachsender Rohstoff (Baer, 1996, Schöpe, 2002), Verbesserung der qualitativen Sorteneigenschaften des 00-Rapsschrotes (erucasäurefreie und glucosinolfreie Rapsorten) als wertvolles Proteinfutter, der hervorragenden Vorfruchtwirkung und auch als wertvolles Fruchtfolgeglied (Sauer mann, 1993; Honermeier et al., 2002) sowie weitere Verwendungsmöglichkeiten im Food- und Non-Food-Bereich haben sich die Öl-, Eiweiß- und Faserpflanzen mit zusammen 1,5 Mio. ha oder 12,5% der Ackerflächen zu einem wesentlichen ökonomischen Standbein des Ackerbaues entwickelt. Die Food- und Non-Food-Märkte für Öl- und Eiweißpflanzen und deren Produkte (Speiseöl, Margarine, Rapsschrot als Tierfutterbestandteil, Biodiesel, chemische Spezialöle etc.) sind mit einem Selbstversorgungsgrad von 27% in der EU noch aufnahmefähig (Bertram, 1999). Den Prognosen zufolge werden die Nachfrage an Rapsprodukten und die Bedeutung von Ölsaaten in der europäischen Landwirtschaft weiterhin ansteigen. Vor allem der steigende Verbrauch an Ölschroten führt in Europa, Asien und den USA zu breiteren Absatzmöglichkeiten und damit zu mittelfristig festeren Rapsnotierungen. Das sehr hochwertige Rapsspeiseöl steht vor dem Durchbruch in der Ernährungsempfehlung (Stiftung Warentest, 2003). Die Merkmale sind ein hoher Gehalt an Ölsäure, ein moderater Gehalt an Linolsäure und wenig gesättigte Fettsäuren. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGF) empfiehlt Rapsöl ebenso, wie verwandte Institutionen in der Schweiz und in Österreich. Und auch in den USA hat inzwischen ein „Run auf Raps“ begonnen (Raps, 2003). Weiterhin setzt sich die Erschließung neuer Märkte für die Nutzung als nachwachsende Rohstoffquelle zur industriellen Herstellung von Schmier- und Treibstoffen, sowie Biodiesel und chemischen Spezialölen durch.

Seit Einführung der 00-Sorten (erste erucasäurefreie und glucosinolatarme Winterrapsorte Librador im Jahr 1980) wurden die Rapsflächen in Deutschland mehr als vervierfacht. Etwa ebenso steil verlief die steigende Nachfrage nach pflanzlichen Ölen auf dem Weltmarkt.

Gute klimatische Bedingungen, hoch leistungsfähige Linien- und neuerdings Hybridsorten und an die Bedingungen angepasste Produktionstechnik und Pflanzenschutz haben dazu beigetragen, dass die Erträge kontinuierlich gesteigert werden konnten (durchschnittlicher Hektarertrag 2004: ca. 45dt/ha) und sich der Anbau von Raps in Deutschland lohnt.

1.2 Wirtschaftliche Bedeutung und Verbreitung von *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary

Die Verbesserung der Ertragssicherheit ist derzeit das wichtigste Ziel in der Rapszüchtung und im Rapsanbau. Mit einer Ausbreitung und Intensivierung der Rapserzeugung in den letzten Jahren, auch in neueren Anbaugebieten, haben sich zahlreichen Pilzkrankheiten ausgebreitet (Röbbelen, 1983, Krüger, 1983; Fitt, 1992). Einer der bedeutendsten Schaderreger des Rapses ist *Sclerotinia sclerotiorum* der die Weißstängeligkeit hervorruft und in allen Winter- und Sommerrapsanbaugebieten zu finden ist (Hornig, 1983, 1984; Paul, 2003). Stärkere Schäden treten in Gebieten und in geschützten Lagen mit hoher Luftfeuchte, sog. Befallslagen, und in engen Rapsfruchtfolgen auf. Die Ertragsverluste können in einzelnen Beständen 30% und mehr sowie in China 10-80% betragen (Beijing, 1975, Priestley, 1985), sie sind zurückzuführen auf eine Verringerung der Kornzahl, der Tausendkornmasse und einen vorzeitigen Samenfall nach Aufplatzen der Schoten. In Abhängigkeit von der Frühjahrswitterung schwankt das Schadausmaß von Jahr zu Jahr und Feld zu Feld (Langbehn, 1983).

Der Schaderreger *S. sclerotiorum* zeichnet sich durch einen sehr weiten Wirtspflanzenkreis aus, und hat als polyphager Pilz seine größte Verbreitung in den feucht gemäßigten bis warmen Gebieten der Erde (Purdy, 1979; Hoffmann et al., 1983). Nach Boland (1994) gehören dem Wirtsspektrum insgesamt ca. 64 Pflanzenfamilien mit 225 Gattungen und mehr als 408 Arten an. Es umfasst von den landwirtschaftlichen Kulturen Kreuzblütler (Kruziferen), Hülsenfrüchte (*Leguminosen*), Nachtschattengewächse (*Solanaceen*), Gänsefußgewächse (*Chenopodiaceen*), Doldengewächse (*Umbelliferen*) und Korbblütler (*Kompositen*). Bei den Unkräutern und Wildkräutern tritt der Erreger u. a. an Ackerhellerkraut, Ackersenf, Ackerstiefmütterchen, Acker-Vergissmeinnicht, Amaranth, Anthemis, Großem Wegerich, Kamille, Klatsch-Mohn, Klettenlabkraut, Taubnessel, Vogelmiere, Hirtentäschelkraut, und Weißem Gänsefuß auf (Saur und Löcher, 1984).

Das genaue und endgültige Wirtspflanzenpektrum von *S. sclerotiorum* ist bis heute noch nicht erfasst, die Gesamtartenzahl liegt wesentlich höher als die Angaben von Boland (1994), wenn neben den befallenen Kulturpflanzen (Rashid, 2001) auch Unkräuter bzw. Zierpflanzen in die

Untersuchungen einbezogen werden. *S. sclerotiorum* besitzt die Fähigkeit, nahezu alle im Raps vorkommenden Unkräuter zu befallen (Saur und Löcher, 1984), teilweise sind auch Gramineen davon betroffen. Unter Gewächshaus- und Freilandbedingungen kann sogar Gerste (Saur und Löcher, 1984) befallen werden; dies könnte zur Folge haben, dass auch durch Ausfallgetreide verunkrautete Flächen, aus die Pilzübertragung von Bedeutung sind.

Das breite Wirtspflanzenspektrum zeigt deutlich, dass der Erreger nicht spezialisiert ist.

In gemäßigten Klimaten entwickelt sich der Schaderreger besonderes dann zu einem großen Problem, wenn in der Fruchtfolge zwei hochanfällige Wirtspflanzen wie Raps und Sonnenblumen, Gemüse und Raps, Kartoffeln und Raps angebaut werden.

1.3 Biologie

Die Weißstängeligkeit (engl.: Stem rot) und früher fälschlicherweise als Rapskrebs bezeichnete Krankheit wird durch den Pilz *S. sclerotiorum* hervorgerufen.

S. sclerotiorum (Lib.) De Bary (1886) gehört innerhalb der Ascomycotina in die Klasse der Discomycetes zu den apothecienbildenden Pilzen. Die taxonomische Zuordnung gibt Tab.1 wieder. In den Apothecien reifen Ascosporen in inoperculaten Asci heran, d. h. in Asci ohne Öffnungsmechanismus. In der Ordnung der Helotiales ist das schüsselförmige Apothecium nicht durch eine Membran verschlossen, es ist meistens gestielt auf dem Substrat angeordnet. In der Familie der *Sclerotiniaceen* spielen die Sclerotien eine wesentliche Rolle bei der langfristigen Bodenverseuchung (Hoffmann, 1983) (Abb. 1).

Tab. 1 Taxonomie des Erregers *Sclerotinia sclerotiorum*

U-Abteilung	<i>Ascomycota</i>
Klasse	<i>Discomycetes</i>
Ordnung	<i>Helotiales</i>
Familie	<i>Sclerotiniaceae</i>
Gattung	<i>Sclerotinia</i>
Art	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>

Die Ascosporen von *S. sclerotiorum* sind oval bis elliptisch, 8 bis 13µm lang und 4 bis 6,5µm breit. Sie befinden sich in den Asci (130 bis 140 µm x 8 bis 10 µm) der Apothecien (sex. Fruchtkörper); je Ascus 8 Ascosporen (Abb. 1).

Der Pilz bildet rundliche schwarze Sclerotien (Dauerkörper) von 1 bis 5mm Durchmesser.

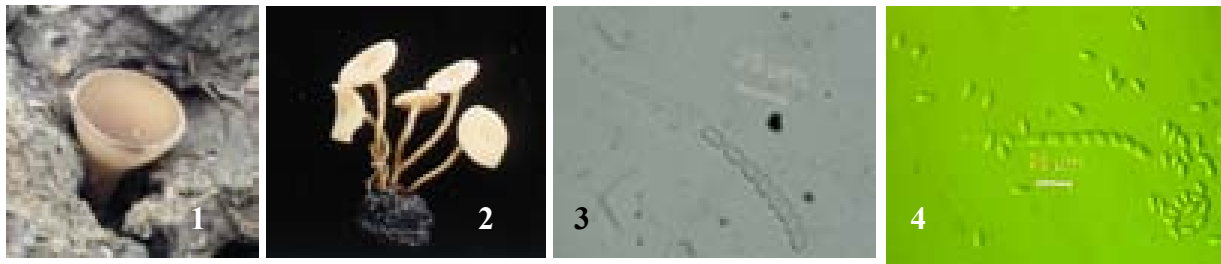


Abb. 1 Asci mit 8 Ascosporen (3, 4) und Apothecium im Labor (2) und Feld (1)

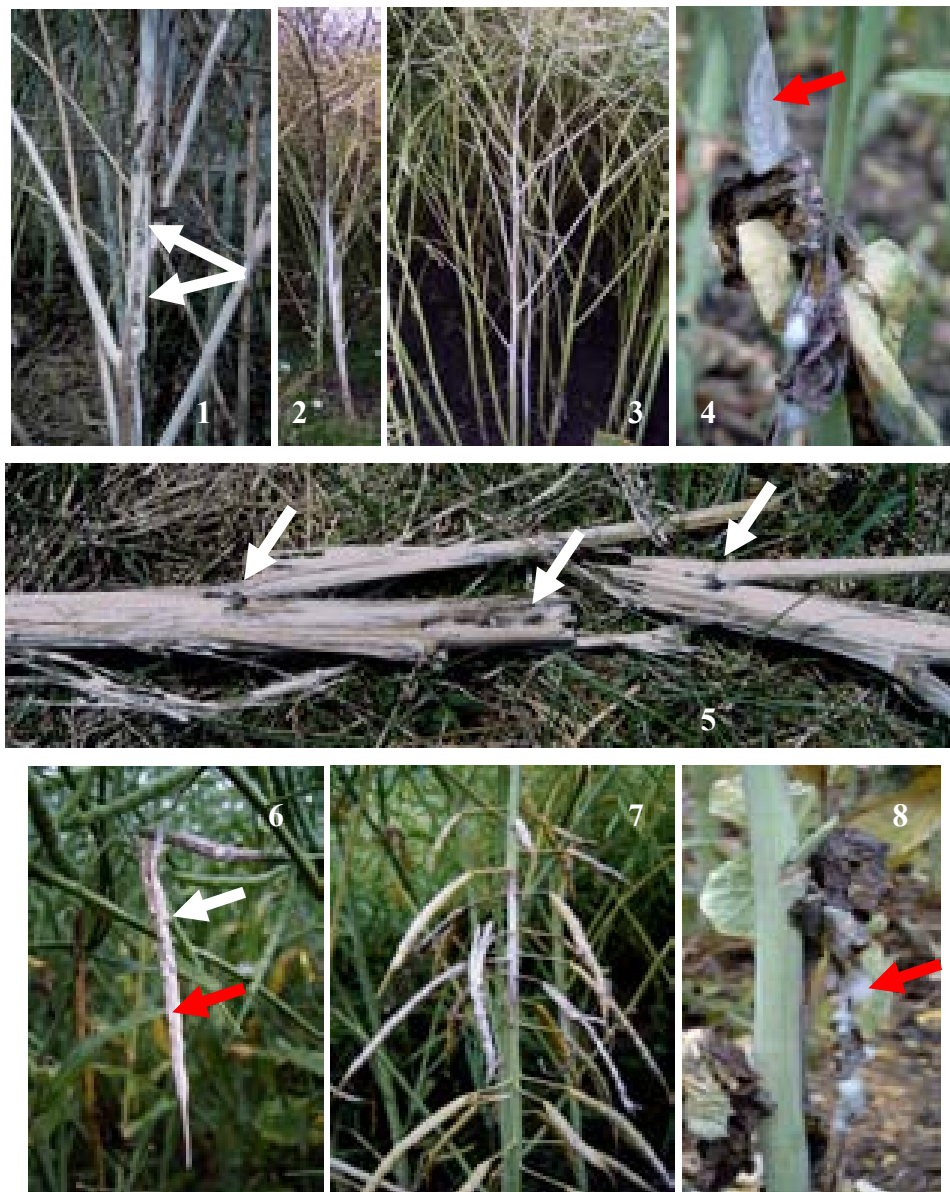


Abb. 2 Weißstängeligkeit: Symptome am Blatt (8), Stängel (1-5) und Schoten (6,7), Sclerotien im und auf dem Stängel (1,5). An den befallenen Rapsorganen (Blatt, Schote und Stängel) zeigt sich äußerlich weißes Pilzmycel (rote Pfeile) und Sclerotien (weiße Pfeile)

Die Krankheitssymptome treten meist erst nach der Rapsblüte stärker in Erscheinung (Abb. 2). Am Blatt, wird im Frühstadium um ein abgefallenes Blütenblatt ein kreisförmig unscharf begrenzter beige-grauer Fleck mit gelblicher Randzone vorzugsweise auf der unteren Hälfte der

Stängelblätter gebildet. Bei hoher Feuchte bildet sich weißliches Mycel auf dem Blatt. Weiterhin erfolgt die Ausbreitung des Flecks längs der Blattmittelrippe mit Welkeerscheinung. Am Ende ist das Blatt beige-grau verfärbt und abgestorben. Bei hoher Feuchte erscheint weißes Mycel auf der Oberfläche (Abb. 2).

An Haupt- und Seitentrieben, bei Spätbefall im oberen Teil der Raps-pflanze, wird eine bleiche, fast immer stängelumfassende Verfärbung sichtbar. Diese Befallszonen gehen von Blattansatz- oder Verzweigungsstellen des Haupttriebes aus und sind im äußeren Bereich fahlgelb bis weißlich, im Zentrum mehr gräulich verfärbt (Abb. 2).

Triebe und Schoten werden oberhalb der Befallsstelle gelb, notreif und sterben vorzeitig ab. Im grünen, aber bereits sich neigenden Bestand ragen diese befallenen und bräunlichen Pflanzen meistens heraus. Rinde und Mark sind an den Befallsstellen zerstört. Das Stängelinere ist normalerweise hohl, sichtbar sind weißliches, flockiges Mycel und hellgraue, späte schwärzliche, unregelmäßig geformte Sclerotien des Pilzes (Abb. 2). Die Sclerotien bilden sich nach Befall des gesunden Gewebes innerhalb von 7 bis 8 Tage aus Mycel, unter feuchten Bedingungen auch auf der Stängelaußenfläche.

Werden die Schoten der Pflanze befallen, so verfärben sie sich fahlgelb und vertrocknen. Zur Erntezeit findet man in den Schoten zwischen den Körnern kleine schwärzliche Sclerotien/Mikrosclerotien. Bei hoher Luftfeuchte bilden sich auch auf den Schoten weißliches Pilzmycel und Sclerotien.

Gelegentlich tritt die Krankheit in klimatisch milderen Gebieten bereits im Jugendstadium, zum Spätherbst und nach Winter zu Vegetationsbeginn auf. Blätter, Blattstiele, Laub und Triebspitzen sind weichfaul, fahlbraun, z. T. abgestorben.

1.3.1 Lebenszyklus

Im erkrankten Gewebe bildet *S. sclerotiorum* bei anhaltend feuchter Witterung auch außen an den Stängeln 3 bis 15 mm großen, unregelmäßig geformte schwarze Sclerotien. Diese Sclerotien fallen bei der Ernte meistens direkt auf den Acker oder bleiben in den Stängeln und werden durch Bodenbearbeitungsmaßnahmen sowie Pflug in den Boden gebracht (Krüger, 1975; Adams, 1979) (Abb. 3) (1). In geringem Maße werden rapskorngroße Sclerotien mit dem Saatgut ausgesät. Der Krankheitserreger der Weißstängeligkeit überdauert mit Hilfe seiner Dauerkörper, den Sclerotien, im Boden. Sie bildet den Ausgangspunkt für neue Infektionen im nächsten Anbausjahr (Krüger, 1975; McCartney and Lacey, 1999).

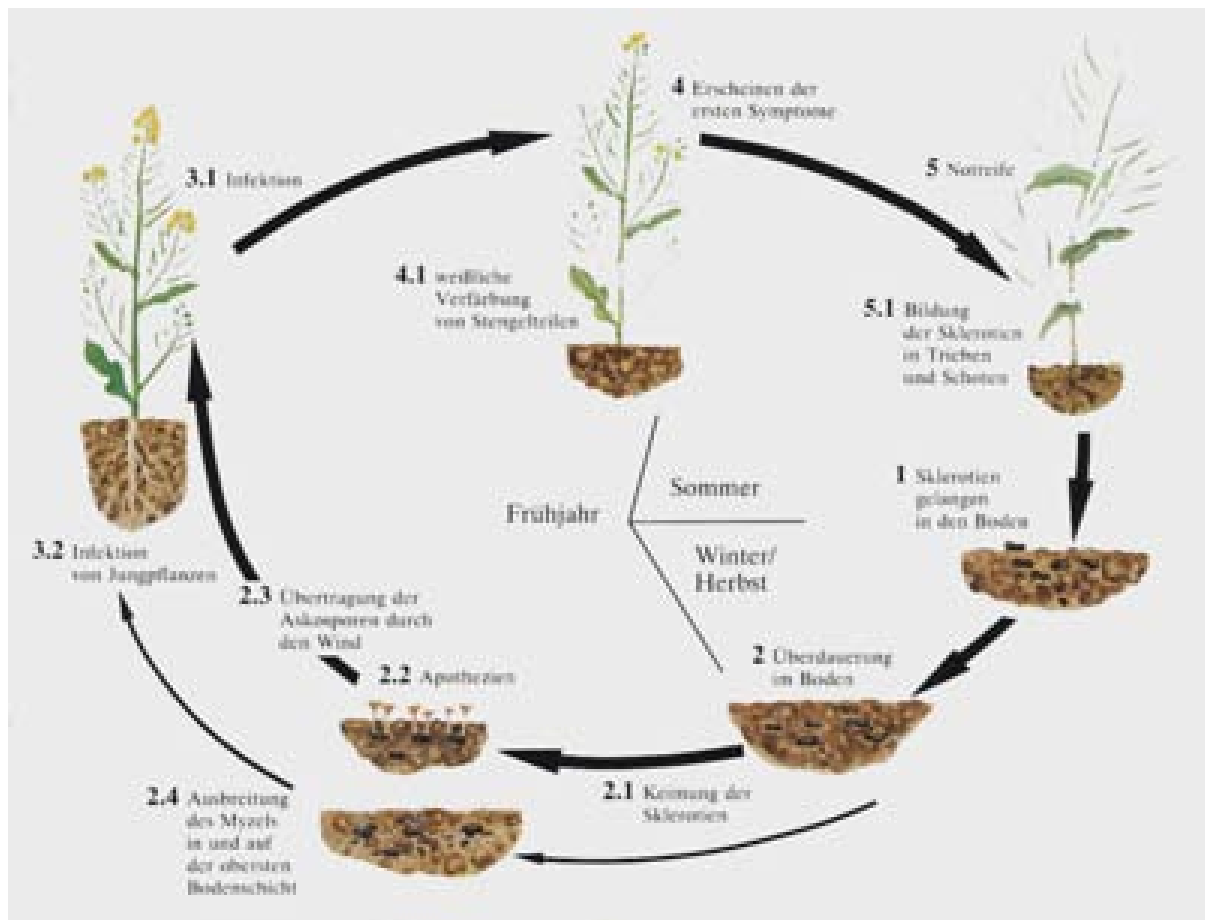


Abb. 3: Zyklus von *Sclerotinia sclerotiorum*, dem Erreger der Weißstängeligkeit an *B. napus* (Paul, 2003)

Der Pilz kann in Form von Dauerstadien der Sclerotien im trockenen Boden überdauern, die Lebensfähigkeit beträgt 7 bis 10 Jahren bleiben (Adamas, 1979) (Abb. 3) (2). Die Keimung der Sclerotien setzt eine Konditionierungsphase voraus, die von Alter der Sclerotien, den Temperatur- und Feuchteverhältnissen im Boden, insbesondere im Frühjahr, abhängig ist (Krüger, 1975; Singh, 1983). Voraussetzung für die Keimung ist eine kontinuierliche Bodenfeuchte der oberflächennahen Schicht über 10 bis 14 Tage. Für die Weiterentwicklung ist zudem eine Bodentemperatur zwischen 7 °C und 11 °C erforderlich. Nur Sclerotien, die in der obersten Bodenschicht 1 bis 5 cm unterhalb der Oberfläche liegen, können keimen (2.1) und Fruchtkörper bilden, indem sie schmale Stielchen treiben, deren trichterförmig erweiterte Spitzen an der Bodenoberfläche erscheinen. Diese als Becherfrüchte bzw. Apothecien (2.2) bezeichneten Fruchtkörper sind gelbbraun und im Durchmesser 5 bis 15 mm groß. Etwa 2 bis 4 Monate dauert im Feld unter zügigen Bedingungen der Vorgang von der Keimung der Sclerotien bis zum Erscheinen fertiler Apothecien. Neben einer Minderung der Keimrate der Sclerotien kommt es bei hoher oder niedriger Temperatur zu starken Keimverzögerungen (Krüger, 1976). Im Labor bei einer Dauertemperatur von 10 °C dauert es bis zum Erscheinen der Apothecien 3-6 Monate je nach geografischer Herkunft der Raps-Sclerotien. Diese Apothecien enthalten in den Ascis 8 Ascosporen. Für die Sporulation ist weniger die Temperatur als viel mehr die Boden- und

Luftfeuchte entscheidend. Die Ascosporen werden von den Apothecien ausgeschleudert und durch Wind verbreitet (2.3). Gelangen sie auf Blätter und Stängel des Rapses (Abb. 3) (3.1), keimen sie bei zusagenden Umweltbedingungen auf abgestorbenem oder gealtertem Gewebe und infizieren die Pflanzen (Krüger, 1976; Davies, 1986). Für die Keimung der Sporen ist freies Wasser bzw. eine Blattnässe von 16 bis 24 Stunden erforderlich. Der Temperaturbereich liegt zwischen 0 bis 25 °C mit dem Optimum bei 15 bis 20 °C. Häufig erfolgt die Infektion in Zweiggabeln und Blattachsen, auf denen sich abgefallene Blütenblätter abgelagert haben und führt dann zu dem oben genannten Schadbild (4 und 5). Für eine erfolgreiche Infektion ist relative Luftfeuchte von 84% bis 95% und 20 °C erforderlich. Gelangen Ascosporen bei fehlender Feuchtigkeit auf die Wirtspflanze, so ist die Lebensdauer auf 17 Stunden begrenzt. Ein anderer weit weniger bedeutsamer Infektionsweg geht von dem Mycel gekeimter Sclerotien (2.4) in der obersten Bodenschicht aus (Abawi und Grogan, 1979). Über im Boden wachsendes Mycel des Krankheitserregers können in wintermilden Gebieten die Wurzeln oder oberirdische Teile junger Rapspflanzen direkt befallen werden (3.2) (Abb. 3).

Hohe Temperaturen im zeitigen Frühjahr regen die Keimung der Sclerotien an, sodass schon Ende April bis Anfang Mai Apothecien gebildet werden. Ist der Boden trocken, unterbleibt die Apothecienbildung. Tritt die Trockenperiode erst später auf, dann schrumpfen die gebildeten Apothecien und stellen die Sporulation ein. Die geschrumpften Apothecien können aber bei Widerbefeuchtung quellen und erneut sporulieren. Durch Niederschläge wird die Freisetzung der Sporen stark eingeschränkt, weil sie durch den Regen von den Apothecien auf die Erde gespült werden. Wärme und Wechselfeuchte fördern die Infektion. Für starken Befall ist eine gute Bodenerwärmung im März und April, geringe Niederschläge Ende Mai bis Mitte Juni bzw. wechselhaftes Wetter und ein Besatz von drei und mehr Apothecien pro m² notwendig.

An befallenen Pflanzen werden keine Sporen gebildet, welche die Krankheit weiter verbreiten. Während der Vegetationsperiode wird der Pilz nur durch Kontakt von einer Pflanze zur anderen übertragen, sodass dann im Bestand Befallsnester auftreten. Bei hoher Luftfeuchte entwickelt sich am Stängel der Rapspflanzen ein weißes, watteartiges Außenmycel, in dem nach und nach die schwarzen Sclerotien gebildet werden.

Diese Sclerotien gelangen nach der Ernte in den Boden. Damit ist der Lebenszyklus (Abb. 3) des Krankheitserregers geschlossen.

1.3.2 Pathogenese

Aus der Literatur ist bekannt, dass die Infektion von vier entscheidenden Größen abhängt (Brun, 1983): hohe Sporendichte, Phänologie der Pflanze, Abfall der Blütenblätter, Tage mit Temperaturen über 10 Grad Celsius und Tage mit einer relativen Luftfeuchte über 93%.

Die Sclerotienkeimung wird fast ausschließlich über die Bodentemperatur und Feuchtigkeit im Frühjahr beeinflusst, eine Apothecienbildung ist aber auch noch von den Lagerungsbedingungen der Sclerotien im Boden abhängig. Im Freiland entwickelt sich in jedem Jahr eine unterschiedliche Anzahl Apothecien (Schwarz, 1978). Je nach Witterungsbedingungen wird die Freilassung der Ascosporen beeinflusst. Gemäßigte Temperaturen und trockene Perioden begünstigen das Ausschleudern der Ascosporen, dagegen beeinträchtigen hohe Luftfeuchtigkeit und Niederschläge diesen Vorgang. Während feuchter Boden die Sclerotienkeimung fördert, können übermäßige Niederschläge die Sporulation und die Ausschleuderung der Ascosporen nachteilig beeinflussen. Zu hohe Niederschläge können ein Verkleben der Asci verursachen und die gebildete Ascosporen diffundieren in die auf den Apothecien befindliche Flüssigkeitssuspension. Die Sporulationsfähigkeit der Apothecien kann sich über einen Zeitraum von 2 bis 6 Wochen erstrecken (Krüger, 1975).

Nach der Entlassung der Ascosporen sind vor allem eine ausreichende Feuchtigkeit und ein bestimmter Temperaturbereich für das Gelingen einer Infektion verantwortlich (Hornig, 1983).

Die Überlebensrate der entlassenen Ascosporen nach dem Auftreffen auf die Rapspflanzen ist von den Feuchtigkeitsverhältnissen sowohl auf den Pflanzen als auch im Bestand abhängig. Die entlassenen Ascosporen können zwischen 5 bis 21 Tagen überleben (Abawi, 1979). Für eine erfolgreiche Infektion ist eine kontinuierliche Blattnässedauer von 48 bis 72 Stunden auf den Rapspflanzen notwendig. Die auf das Pflanzengewebe gelangten Ascosporen zeigten nach 6-7 h Lagerung erste Austrocknungserscheinungen, nach 17 Stunden war die Keimungsfähigkeit erloschen (Kapoor, 1983).

Die unterste Grenze der relativen Luftfeuchte beträgt 83-84% (Brun, 1983). Optimale Keimungsbedingungen der Ascosporen auf den Pflanzen sind rel. Feuchte von 92-94% und Temperatur von 15-25 °C. Niedrige Temperaturen verzögern nicht nur eine Keimung, sondern verhindern auch häufig Epidemien (Lamarque, 1983).

Blütenblätter begünstigen die Keimung der Ascosporen durch die in ihnen enthaltenen Nährstoffe (Krüger, 1975). Eine Infektion durch Ascosporen erfordert die Anwesenheit einer einfachen Nahrungsquelle (Purdy, 1953, 1958; Mclean, 1958; Jamaux et al., 1995).

Die Bildung einer Keimhyphe beginnt ca. 9-10 h nach dem Auftreffen einer Ascospore auf einem Blütenblatt. Jede Hyphe produziert ca. 7-8 h nach der Keimung auf der Blütenblattoberfläche verzweigte, senkrecht zueinander stehende Hyphen mit zylindrischen Spitzen. Diese Spitzen können das Blütenblatt besiedeln und die Gewebenzellen auflösen. Die keimenden Ascosporen verändern ihre morphologische Beschaffenheit ca. 24-30 h nach der Keimung. Eine Infektionsdecke aus sich verzweigenden Hyphen, die später lange Penetrationshyphen formen, entsteht auf der Blütenblattoberfläche. Diese werden von der