

1 Einleitung

Raps, der die Pflanzenarten *Brassica carinata*, *B. juncea*, *B. rapa* und *B. napus* umfasst, ist die Ölf Frucht mit der größten Verbreitung in der gemäßigten Klimazone u. a. in Nord- und Zentraleuropa, Kanada, China und Indien. In Mitteleuropa wird vornehmlich der leistungsfähige und ertragreiche Winterraps (*B. napus* L.) angebaut.

In der Hauptnutzung als Nahrungsöl liefert der Raps den Grundstoff für Margarine, Backfett, Mayonaise und Speiseöl. Der Eiweißrückstand, der nach der Ölextraktion anfällt, stellt ein wertvolles Futtermittel dar. Das Raps-Speiseöl hat ein für die menschliche Ernährung hervorragendes Fettsäuremuster und weist im Hinblick auf Herzinfarkt und Kreislauf günstige Wirkungen auf (REUTER 1999). Im 'Non-Food' Bereich wird das Öl als Rohstoff für Spezialöle wie Schmier-, Hydraulik-, Sägeketten- und Schalungsöle sowie für die Erzeugung von Biodiesel und Tensiden genutzt (BERTRAM 1996, FOCHEM 1996, REMMELE & WIDMANN 1998).

Dank der züchterischen Erfolge bei der Entwicklung von Rapsorten mit einem hohen Ölsäuregehalt in den frühen 70er Jahren erlebte der Rapsanbau einen dramatischen Aufschwung in der EU. So stieg die Anbaufläche in der Bundesrepublik Deutschland von 1974 bis 1991 von 103 000 auf 933 000 ha an. Seit der EU-Agrarreform 1992 bleibt diese Kulturpflanze aufgrund der guten Ertragswettbewerbsfähigkeit, der ausgezeichneten Vorruchtwirkung und der gewährten Ölsaatzprämie eine bedeutende Frucht in Deutschland. Im Jahr 1998 belief sich die Anbaufläche für Winterraps auf 1 Mio. ha und hatte somit einen Anteil von 8,4% an der gesamten Ackerfläche in allen Regionen Deutschlands (BSA 2000). Mit dem Bevölkerungswachstum und dem daraus resultierenden Konsumzuwachs an pflanzlichen Ölen weltweit wird u. a. die Rapsproduktion ein immer größeres Gewicht gewinnen. Diese Tendenz erfordert eine verbesserte Bewirtschaftung, insbesondere einen effektiveren Pflanzenschutz vor Schädlingen und Krankheiten.

Der Erreger der Wurzelhals- und Stengelfäule, *Leptosphaeria maculans* (Desm) Ces. & de Not. [anamorph *Phoma lingam* (Tode ex Fr.) Desm.], welcher überall in den gemäßigten Zonen verbreitet und ein bekannter Pathogen verschiedener Pflanzenarten der Familie *Brassicaceae* ist, gehört neben den Pilzen *Sclerotinia sclerotiorum*, *Cylindrosporium concentricum* und *Verticillium longisporum* zu den im Raps wirtschaftlich bedeutendsten Krankheitserregern.

Der Pilz wurde erstmals 1791 von TODE beschrieben. Da er in vertrockneten Stängeln von *Brassica oleracea rubra* gefunden wurde, ordnete ihn TODE zu den Saprophyten und nannte ihn *Sphaeria lingam*. 1849 isolierte DESMAZIERE den gleichen Pilz von lebenden Pflanzen der Gattung *Brassica* und benannte ihn *Phoma lingam* (Tode) Desm. (zit. HENDERSON 1918).

Das zugehörige Perfektstadium zu *Phoma lingam* wurde von MÜLLER & TOMASEVIC (1957) erkannt. Zuvor hatte SMITH (1956) die Hauptfruchtform entdeckt, aber als *Leptosphaeria napi* (Fuckel) Sacc. bezeichnet. SMITH & SUTTON (1964) sowie BOEREMA & VAN KESTEREN (1964) gaben ihm schließlich den Namen *L. maculans*.

Beim Raps befällt dieser Erreger sämtliche Pflanzenteile in allen Entwicklungsstadien. In der Auflaufphase kann eine Infektion zum Umfallen der Sämlinge führen (CUNNINGHAM 1972, NDIMANDE 1976). Auf den Laubblättern entstehen zunächst Chlorosen, die dann in graue runde bis ovale Nekrosen übergehen. Diese sind meist von einem dunklen Rand umgeben und vom gesunden Gewebe deutlich abgegrenzt. Auf diesen Nekrosen entstehen zahlreiche schwarze Pyknidien, deren Pykno-sporen mit Regenspritzen auf andere Blätter und Stängel verbreitet werden (BOKOR ET AL. 1975, PETRIE 1979). Läsionen am Stängel, die gewöhnlich im Juni/Juli auftreten, ähneln denen am Laubblatt. Sie sind meist an Blattansatzstellen zu finden, aber auch Wundstellen (verursacht durch Schädlingsfraß von *Psylloides chrysocephalus*, *Ceuthorhynchus napi* usw.) sind ideal für die Infektion (NDIMANDE 1976). Befallene Blütenstände und Hülsen bringen infizierte, meist geschrumpfte Samen hervor, die nicht auskeimen (BOKOR et al. 1975). Der für den Ertragsverlust zuständige Wurzelhals- und Stängelbasisbefall führt meistens zur Schwärzung des Gewebes und schließlich zur Trockenfäule. Zusammen mit *Sclerotinia sclerotiorum* und *Verticillium longisporum* verursacht der Schaderreger den Komplex der sog. "Krankhaften Abreife" (DAVIES 1986, HORNIG 1986, FRAUEN 1992, AMELUNG et al. 1996, HEPPNER & HEITFUSS 1996). Oft sind es starke Einschnürungen am Stängelgrund, die schließlich zum Umknicken der Pflanzen führen. Bei einem starken Befall kann es aufgrund des geringen Tausendkorngewichtes und der unterschiedlichen Abreife zu Ertragseinbußen von 20-30% kommen (BUSCH 1987, KAHRBANDA et al. 1989, GLADDERS 1995).

Zahlreiche Berichte verdeutlichen die hohen Ertragsverluste in Befallsjahren. Hohe Ertragsausfälle in Australien führten von 1972-1974 zu einem Rückgang des Rapsanbaus von 49.000 ha auf 2000 ha (BOKOR et al. 1975). In der Region Cher/Frankreich fielen die Durchschnittserträge von 21,9 dt/ha (1964) auf 13 dt/ha (1966) (ALABOUVETTE & BRUNIN 1970). Besonders schwere Epidemien durch *L. maculans* sind nach der Intensivierung des Rapsanbaus (GLADDERS & MUSA 1979, RAWLINSON & MUTHYALU 1979, HUMPHERSON-JONES 1983) in Frankreich (LACOSTA et al. 1969), Deutschland (KRÜGER 1979) und England (GLADDERS & SYMONDS 1995, FITT et al. 1997) aufgetreten. Mit der Einführung des Rapsanbaus in Australien wurde innerhalb weniger Jahre auch die Krankheit eingeschleppt (MCGEE & EMMETT 1977, WOOD & BARBETTI 1977). In Kanada hat *L. maculans* seit den späten siebziger Jahren schwerwiegenden Einfluss auf den Ertrag, besonders in den Regionen Saskatchewan und Manitoba (PETRIE et al. 1985, PETRIE 1993b).

Die enorme Ausweitung des Winterrapsanbaus und der daraus resultierenden Tendenz zu engeren Fruchtfolgen, die ungünstigen Boden- und schlechten Auflaufbedingungen seit den 90er Jahren führten zum verstärkten Auftreten von Schädlingen und Krankheitserregern (AMELUNG et al. 1996, GARBE 1996). Die Ergebnisse der jüngsten Monitorings mit Hilfe eines für *L. maculans* entwickelten ELISA zeigten, dass der Pilz nach wie vor der am häufigsten vorkommende Erreger in Winterraps in Deutschland ist (CERNUSKO et al. 2000).

Die Fähigkeit des Pilzes sich sowohl asexuell über Pyknidiosporen als auch sexuell über Ascosporen zu vermehren, stellt ein großes Verbreitungspotential dar. Nach der Ernte bildet der Pilz saprophytisch auf abgestorbenen Pflanzenmaterial Pseudothezieren, in denen Ascosporen heranreifen, die mit dem Wind über größere Entfernung verfrachtet werden (ALABOUVETTE & BRUNIN 1970, PETRIE 1978, GLADDERS & MUSA 1980), als wichtiges Primärinokulum dienen und einen frühen Herbstbefall an Blätter und an Wurzelhals auslösen können (WOOD & BARBETTI 1977, MC GEE & PETRIE 1979, GLADDERS & MUSA 1980). Die asexuell gebildeten Pyknidiosporen, die durch Regen die Blätter und den Wurzelhals benachbarter Pflanzen besiedeln (BARBETTI 1976, EVANS 1988), werden sowohl mit der frühen Wurzelhalsinfektion als auch mit der sekundären Verbreitung in Verbindung gebracht (FESER 1992). In Gegensatz dazu spielt Myzel sehr wohl eine untergeordnete Rolle für die Primärinfektion. Nach einer erfolgten Primärinfektion an den Blättern kann der Pilz systemisch in den Stengel vordringen, wo es zu Vermorschungen kommt (GABRIELSON 1983, HAMMOND 1985, HILL & WILLIAMS 1988, WILLIAMS 1992). Jedoch wäre eine solche Infektion von geringerer Ertragsrelevanz, als eine frühe Primärinfektion am Wurzelhals bzw. an der Stängelbasis (SCHRAMM 1989).

Nach DUAMKHAMANEE (1996) liegen Hinweise auf bodenbürtige Erstinfektionen vor, die von befallenen Stoppelresten ausgehen, solange infektiöse Sporen gebildet werden. Daraus kann abgeleitet werden, dass der Pilz effektiv durch die Verhinderung der Ausbildung von Asco- und Pyknidiosporen auf befallenen Ernterückständen bekämpft werden sollte. Nach der Ernte müssen dazu die Stoppelreste eingepflügt und alle ackerbaulichen Maßnahmen ergriffen werden, um eine rasche Zersetzung befallener Pflanzenteile zu fördern (GUGEL & PETRIE 1992). Die Einhaltung eines Sicherheitsabstandes zum nächsten Altraps ist eine wichtige Voraussetzung für befallensfreie Bestände (HUGES 1933, BOKOR et al. 1975, NDIMANDE 1976, MCGEE 1977). Häufig werden in Kanada, einem Land in dem *Leptosphaeria maculans* eine weitaus größere wirtschaftliche Bedeutung hat als in Deutschland, Anbaupausen von vier bis fünf Jahren eingehalten, weil der Abbau der Stoppeln im Feld, vor allem bei Trockenheit, bis zu fünf Jahre dauern kann. Auch durch eine Verzögerung der Aussaat kann nach NEILL (1929), BOKOR et al. (1975), BARBETTI et al. (1977), SCHUSTER et al. (1980) der Phomabefall deutlich vermindert werden. Der Nutzen für

den Praktiker ist jedoch gering, da sich die verspätete Aussaat in der Regel negativ auf den Ertrag auswirkt.

Im Gegensatz zur Feststellung von CUNNINGHAM (1927), der infiziertes Saatgut als Ursache für die großen Ertragsverluste im Anbau von *Brassicaceae* sieht, bewiesen die Untersuchungen anderer Autoren, dass die durchschnittlichen Verseuchungsgrade von Rapssaatgut sehr niedrig sind und zwischen 0,1% bis 0,6 % liegen (ALLEN & SMITH 1961, BOKOR et al. 1975, NDIMANDE 1976, WINTER & HUBER 1978, HUMPHERSON-JONES 1985, Schramm 1989).

Anstrengungen, die Wurzelhals- und Stängelfäule des Rapses chemisch zu bekämpfen, werden seit den 70er Jahren permanent unternommen.

Die Möglichkeit, mit einer Beizung den Saatgutbefall mit *L. maculans* zu reduzieren, wurde bereits 1927 von Cunningham erkannt und befürwortet. BRUNIN (1972) berichtete einen effektiven Schutz der Keimpflanzen vor einer *L. maculans*-Infektion durch Saatgutpillierung mit hohen Aufwandmengen des systemischen Wirkstoffs Benomyl. Unter Freilandbedingungen waren jedoch positive Effekte selten erkennbar (BARBETTI 1975, BROWN et al. 1976, GABRIELSON et al. 1977). FESER (1992) erzielte einen besseren Beizeffekt bei einer kombinierten Anwendung von systemischen und lokalsystemischen Wirkstoffen an der Gesamtpflanze. Allerdings konnten die Infektionen bereits eine Woche nach Feldaufgang durch Beizung nicht mehr signifikant reduziert werden.

Die Ascosporen sind als Hauptinokulum für Primärinfektionen im Herbst anzusehen. Unter Laborbedingungen konnte eine Behandlung des Rapsstrohs mit verschiedenen Fungiziden die Pseudothecienbildung fast vollständig reduzieren und eine Behandlung mit Dinosab und Harnstoff das Ausschleudern der gebildeten Ascosporen verhindern (HUMPHERSON-JONES & BURCHILL 1982). Jedoch brachten derartige Bekämpfungsmethoden mit Fungiziden unter Feldbedingungen keine statistisch absicherbare Wirkung (RAWLINSON et al. 1984). Vor dem Hintergrund der steigenden Bedeutung von Direktsaat, vor allem in Westkanada, empfiehlt PETRIE (1995) allerdings die Applikation von Glyphosat zur Unterdrückung des Inokulums.

Fungizidapplikationen über das Blatt wurden von zahlreichen Autoren (u. a. BROWN et al. 1976, EVANS & GLADDERS 1981, GLADDERS 1988, RAWLINSON & MUTHYALU 1979, KRÜGER 1983, SCHRAMM 1989) zur Bekämpfung von *L. maculans* durchgeführt. Selbst die Applikation von Spezialfungiziden wie Sportak (Wirkstoff: Prochloraz) und Fungiziden mit wachstumsregulatorischem Effekt wie Folicur (Wirkstoff: Tebuconazol), Caramba (Wirkstoff: Metconazol) bei optimalen Spritzbedingungen hat nur eine begrenzte Wirkung gegenüber der Wurzelhals- und Stängelfäule (AHLERS 1991, FITT et al. 1997, STEINBACH & BROSCHEWITZ 1997, GLADDERS et al. 1998, Garbe 2000). Die kombinierte Anwendung von

Folicur bzw. Caramba und dem Wachstumsregler Moddus (Wirkstoff: Trinexapacethyl) führte bisher auch zu keinem überzeugenden Ergebnis (BROSCHWITZ & STEINBACH 1999, Lindenberg 2001). Eine chemische Behandlung bei niedrigem und mittlerem Befall ist aus ökonomischen Gesichtspunkten oftmals nicht gerechtfertigt (PAUL et al. 1991, GARBE 1994 & 2000, THÜR WÄCHTER 1995, WÖPPEL 1995).

Die gezielteste und effizienteste Maßnahme zur Bekämpfung dieser Krankheit stellt der Anbau von resistenten bzw. toleranten Sorten dar. Als Paradebeispiel für eine weniger anfällige Sorte galt Jet Neuf, die vor der Einführung der Doppelnullosorten eine der weitverbreitetsten Sorten in Europa war. Ihre Resistenz wird polygenisch vererbt (CARGEEG & THURLING 1980) und ist noch heute ein fester Bestandteil der Züchtung *Phoma*-resistenter Rapssorten mit 00-Qualität in Europa. Jedoch ist die Resistenz der auf dem Markt befindlichen 00-Sorten nur schwach ausgeprägt. Bisher sind Express, Kapitan, Licondor, Lisabeth, Mohican und Talent der Boniturnote 3 als gering anfällig in der Beschreibenden Sortenliste eingetragen (BSA 2000). Die Resistenzeinstufung des Bundessortenamtes muss jedoch kritisch gesehen werden, weil auf Grund des bisherigen Verfahren an allen Prüferten, also auch an denen mit geringem, nicht differenzierendem Krankheitsdruck, nur Bonituren nach dem Schwadlegen durchgeführt werden und daraus ein Mittelwert zur Sortenbeurteilung errechnet wurde (BUBERL 1992).

Isolate von *L. maculans* können hinsichtlich ihrer Virulenz anhand eines *Brassica*-Differentialsortiments in die Pathogenitätsgruppen A1-A6 eingeteilt werden (KUSWINANTI et al. 1999). Durch zahlreiche Virulenzuntersuchungen wurde festgestellt, dass Isolate der Pathogenitätsgruppe A2 häufig starke Symptome an der Sorte Jet Neuf hervorrufen, die gegenüber zahlreichen anderen Pathogenitätsgruppen Resistenzen aufweist (KUSWINANTI 1996). Zwar dominierte bislang die Pathogenitätsgruppe A2 in der *L. maculans*-Population an Winterraps nicht (KUSWINANTI 1996, 1999; VOLKE 1999), aber eine Steigerung des Anteil an A2-Isolaten in der natürlichen *L. maculans*-Population kann nicht ausgeschlossen werden. Daher birgt die relativ enge genetische Basis der auf dem Markt befindlichen 00-Sorten die Gefahr, dass die Resistenz von der Pathogenitätsgruppe A2 bzw. neuen Erregerassen durchbrochen werden könnte.

Eine andere Alternative zur Bekämpfung der Wurzelhals- und Stängelfäule bietet die Anwendung transgener Rapssorten mit einer Resistenz gegen *L. maculans*. Die Verwendung genetisch veränderter Kulturpflanzen stößt jedoch besonders in Deutschland bei weiten Teilen der Bevölkerung aufgrund mangelnder Sicherheitsabschätzung auf nur geringe Akzeptanz (LÜCHS & FRIEDT 1997).