

(Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Quedlinburg der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin und der Agrarmeteorologischen Forschungsstation Quedlinburg.)

Über den Befallsverlauf von *Mycosphaerella pinodes* (BERK. et BLOX.) STONE, *Ascochyta pinodella* JONES und *Ascochyta pisi* LIB. an Erbsen am natürlichen Standort*.

Von G. SÖRGE und K. UNGER.

Mit 14 Textabbildungen.

Untersuchungen über die Biologie von Pilzen am natürlichen Standort sind für eine wirksame Bekämpfung der Erreger, für die Schadprognose und für Fragen der Resistenzzüchtung von außerordentlicher Bedeutung.

Exakte mykologische Untersuchungen unter Freilandbedingungen sind in der Literatur verhältnismäßig selten beschrieben worden. Das beruht zum großen Teil mit auf den Schwierigkeiten bei der Feststellung des Befalls. Außerdem sind aus dem Standortkomplex die Beziehungen des Befalls zu den einzelnen Faktoren besonders schwierig zu analysieren, wenn man nicht besondere Versuchsbedingungen und Auswertungsmethoden wählt. Bei den Versuchsergebnissen, die am natürlichen Standort gewonnen worden sind, ist es vorteilhaft, daß sie stets sinnvoll auf Laborbedingungen übertragen werden können. Umgekehrt ist es bei den im Labor ausgeführten Versuchen nicht möglich, alle Faktoren des Standortkomplexes zu erfassen. Verbreitet besteht die Ansicht, daß die biologischen Bedingungen für Krankheitserreger, welche in Laborversuchen gewonnen wurden, sich nicht auf Freilandbedingungen übertragen lassen. Vermutlich rühren die meisten Differenzen zwischen den im Labor gewonnenen Versuchen und den im Freiland gefundenen daher, daß u. a. der sich zeitlich ändernde Ablauf der beeinflussenden Faktoren nicht genügend berücksichtigt wird. Daraus ergeben sich für die zu vergleichenden Faktoren immer nur bestimmte Wiederholungen und Häufigkeiten für jeden Bereich des Faktors, so daß oft ein Versuchsergebnis nur für die Bedingungen der jeweils herrschenden Verhältnisse Gültigkeit hat. Bei den im Folgenden zu beschreibenden Versuchsergebnissen wurde von vornherein versucht, den Häufigkeitscharakter und andere wichtige statistische Grundeigenschaften zu berücksichtigen.

Die nachfolgenden Untersuchungen wurden mit Pilzen durchgeführt, die an Erbsenpflanzen Flecken- und Fußkrankheiten hervorrufen und zwar mit den wichtigsten Vertretern dieser Gruppe *Mycosphaerella pinodes* (BERK. et BLOX.) STONE, *Ascochyta pinodella* JONES und *Ascochyta pisi* LIB. Dazu wurden in den Monaten Mai bis Juli 1951 in einem Erbsenbestand mit täglichen Aussaaten künstliche Infektionen vorgenommen. Parallel dazu wurden laufend die mikrometeorologischen Faktoren in den Beständen erfaßt. Es sollten damit die Bedingungen ermittelt werden, die, ausgehend von einer einmaligen Infektion, auf die Fleckenbildung an den einzelnen Organen einen Einfluß haben. Dabei wurden unsere Beobachtungen nicht auf die Inkubationszeit im eigent-

lichen Sinne beschränkt, sondern darüber hinaus meist erst kurz vor Ausbildung der ersten Fruktifikationsorgane abgebrochen. Die Bedingungen, die für die Keimung der Konidien von Bedeutung sind, konnten unter den angewandten Versuchsbedingungen nicht näher verfolgt werden.

Die Pilze, mit denen unsere Untersuchungen durchgeführt wurden, stammen sämtlich aus Isolierungen von Erbsenhülsen bzw. -samen. Sie gehen alle auf Einsporkulturen von Konidien aus den Pyknidien der ersten Reinkulturen zurück. *Mycosphaerella pinodes* wurde von einem Samen der Schalerbsensorte Großhülsige Schnabel isoliert, *Ascochyta pinodella* von einer befallenen Hülse der Markerbsensorte Konservenperle und *Ascochyta pisi* von einer Hülse der Markerbsensorte Wunder von Kelvedon. Zwei seltenere Pilze, *Phyllosticta pisi* WEST. und eine wahrscheinlich bisher nicht beschriebene *Ascochyta*-Art wurden für einige Infektionsversuche mit herangezogen. *Phyllosticta* trat an einer Hülse der Markerbsensorte Lincoln fleckenbildend auf und *Ascochyta* spec. an einer Hülse der Schalerbsensorte Überreich.

Für die Herstellung der Konidienaufschwemmungen wurden 14 Tage alte Kulturen verwendet, die in einem Thermostaten bei 24° mit der Filtrierpapiermethode (SÖRGE 1951) laufend herangezogen wurden. Dabei erwies sich für *Mycosphaerella*, *Ascochyta pisi* und *Ascochyta* spec. ein 0,3%iger Kotyledonendekokt der Sorte Wunder von Kelvedon, für *Ascochyta pinodella* und *Phyllosticta* ein 2%iger Samenschalendekokt derselben Sorte als geeignet. Um die zur Infektion notwendige Sporendichte in der Suspension zu erreichen, genügte die auf einem Filtrierpapierblatt von jedem Pilz gebildete Konidienmenge in 100 ml Leitungswasser (für *Ascochyta* spec. waren allerdings zwei Filtrierpapiere erforderlich). Für alle Versuche wurden die gleichen einheitlichen Konzentrationen verwendet.

Mit dem Infizieren wurde stets eine halbe Stunde vor Sonnenuntergang begonnen. Es erfolgte durch Besprühen der Erbsenpflanzen mit der jeweiligen Suspension mit Hilfe von Zerstäuberspritzen. Dabei wurden die zu infizierenden Pflanzen jedesmal mit einer 75 cm hohen transportablen Igelitwand umstellt, um Sporenverwehungen auf benachbarte Pflanzen zu verhindern.

Der für unsere Versuche notwendige geschlossene Erbsenbestand setzte sich so zusammen, daß auf jede Reihe der anfälligen Sorte Wunder von Kelvedon — nur an dieser Sorte wurden unsere Infektionen ausgeführt — zwei Reihen der resistenteren Zuckererbse Graue Buntblühende folgten. Der Reihenabstand betrug 30 cm. Senkrecht zu diesen Reihen war im Abstand von 130 cm jeweils ein 40 cm breiter Streifen von Grauer Buntblühender angelegt. Vor dem Infizieren wurden die Pflanzen auf einen Abstand von 5 cm verzogen, so daß 25 Pflanzen in einer Reihe standen. Die Infektionen wurden in verschiedenen Altersstadien jedesmal an diesen 25 Pflanzen vorgenommen und zwar: 1. an Pflanzen, die sieben Blätter voll entfaltet hatten, 2. an Pflanzen, die 14 Blätter voll entfaltet hatten und 3. bei Hülseinfectionen an Pflanzen, die an den ersten vier übereinanderliegenden Nodien Hülsen ausgebildet hatten.

Eine einfache Bonitierung nach den üblichen Schemata war für unsere Fragestellung zu ungenau. Deshalb wurden täglich die auf allen oberirdischen Organen makroskopisch sichtbaren Flecke gezählt. Dieses Zählen wurde so lange fortgesetzt, bis entweder infolge Zusammenfließens mehrerer Flecke diese nicht mehr voneinander getrennt werden konnten, oder die befallenen Teile abgestorben

* Quedlinburger Beiträge zur Züchtungsforschung Nr. 19.

waren. Dieser Zeitpunkt fiel oft mit dem ersten Auftreten von Fortpflanzungsorganen (Fruchtifikationszeit) zusammen. Dabei wurde die von JONES (1927) in seinen Versuchen gefundene kürzeste Zeit von 13 Tagen für die Bildung reifer Pseudothecien von *Mycosphaerella* in einigen Fällen um drei bis vier Tage unterschritten.

Zum Verständnis der folgenden Versuche sei noch kurz auf die Morphologie einer Erbsenpflanze der Sorte Wunder von Kelvedon eingegangen. Der Entwicklungszustand der Pflanze wird jeweils durch die Anzahl der Nodien bzw. Blätter angegeben. Hat die Pflanze 7 Nodien, d.h. auch 7 Blätter (7-Blattstadium), so sind in diesem Entwicklungszustand alle Blätter gleich gebaut, d.h. sie haben nur ein Fiederblättchenpaar. Im 14-Blattstadium wurde die Auszählung des Befalls nur auf die Region oberhalb des 7. Blattes beschränkt. Dieser Teil der Pflanze unterscheidet sich morphologisch vom 7-Blattstadium durch die Ausbildung eines zweiten Fiederblättchenpaares vom 9. Blatt an. Dabei mußten an diesen Blättern auch die sich auf der Rhachis bildenden Flecke mitgezählt werden. Desgleichen wurden die vom 9. Nodium an vorhandenen Blütenstiele mit in die Untersuchungen einbezogen. Die an Kelch- und Blütenblättern entstehenden Flecke wurden nicht mit berücksichtigt.

Nur eine exakte Erfassung der mikrometeorologischen Bedingungen konnte ein brauchbares Vergleichsmaterial zu dem ausgezählten Befall der untersuchten Pilze liefern. Aus diesem Grunde wurden direkt in den Beständen und zwar dicht an der Bodenoberfläche, in halber Bestandshöhe und an der Obergrenze des Bestandes (Abb. 1) durch thermoelektrische Messungen die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit festgestellt. Als Meßorgane dienten

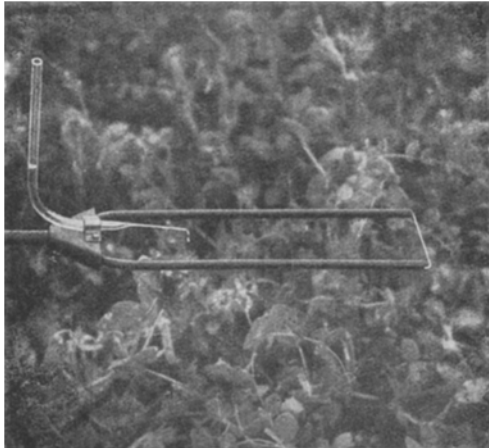


Abb. 1. Thermoelementpsychrometer nach UNGER an der Obergrenze eines Erbsenbestandes.

Thermoelementpsychrometer (UNGER 1953). Die Meßlötstellen dieser Thermoelementpsychrometer befinden sich in der Mitte einer Verspannung von 0,02 mm Ø starken Konstantan- und Kupferdrähten. Die Benetzung der feuchten Meßfühler erfolgt mit einem dünnen Faden, der durch eine Benetzungsflüssigkeit besonders gut feuchtigkeitsaufnahme-fähig wird. Dabei ist die Oberfläche des feuchten Meßfühlers so gering, daß bereits die maximale Verdunstung erreicht wird und keine zusätzliche Belüftung nötig ist. Die Temperaturerhöhung beträgt zur Zeit ungehemmter Insolation nur 0,2–0,6°, so daß nur bei stärkster Einstrahlung ein Strahlungsschutz angebracht werden muß. Mit diesen für die mikroklimatischen Ver-

hältnisse angepaßten Geräten wurden die physikalischen Vergleichsreihen von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit gewonnen, ohne daß der Standort durch die Meßorgane gestört wurde. Außerdem wurde in den Versuchspartellen die Bodentemperatur in 5 cm Tiefe bestimmt. Mit Hilfe eines Tauschreibers von KESSLER-FUESS wurde die Taumenge und Tauzeit festgestellt und durch die Berücksichtigung der Befeuchtung durch Niederschlag die Gesamtbenetzungszeit berechnet, die gleichzeitig durch die relative Luftfeuchtigkeit im Bestand nochmals kontrolliert werden konnte. Als Vergleichsbeobachtungen standen uns noch die Messungen und Registrierungen auf dem agrarmeteorologischen Meßfeld unmittelbar neben unserem Versuchsfeld zur Verfügung.

Um einen ersten Überblick über die Befallsverteilung zu erhalten, sollten zunächst folgende einfache Fragen geklärt werden: Reagieren in einem natürlichen Bestand die Randpflanzen in ihrer Befallsstärke gegenüber den Pflanzen im Innern des Bestandes unterschiedlich? Reagieren alle Teile der Erbsenpflanze auf eine Infektion gleich? Ein unterschiedlicher Befall kann auf Außenbedingungen oder auf in der Pflanze selbst liegende Bedingungen zurückzuführen sein. Beeinflußt der Standort den Befall von Einzelpflanzen, so wäre der Nachweis einer unterschiedlichen Befallsstärke von Randpflanzen gegenüber den Pflanzen im Innern des Bestandes als wesentlicher Beweis für die Wirkung mikroklimatischer Faktoren anzusehen.

Zur Beantwortung dieser Frage wurden in der Zeit vom 29. 6. bis zum 4. 7. 51 von zwei Seiten des Bestandsrandes ausgehend in Richtung zur Bestandsmitte täglich je 12 Einzelpflanzen auf ihren Befall ausgezählt und zum Vergleich dazu eine Stichprobe von 12 Pflanzen aus dem Innern des Bestandes geprüft. Bei der Auszählung vom Bestandsrande her ließ sich eine Reihenfolge der geprüften Einzelpflanzen in Richtung zum Bestandsinnern durch eine statistische Prüfung der Befallsunterschiede an den sechs Untersuchungstagen nachweisen (Tab. 1). Dagegen ließ sich im Innern des Bestandes auf Grund eines Homogenitätstestes die Einheitlichkeit des Befalls der Einzelpflanzen feststellen. Infolge der aufgelockerten Form des Erbsenbestandes reicht die Randwirkung tiefer in den Bestand hinein, als man das sonst von geschlossenen Beständen gewöhnt ist, da z.B. für die Lichtänderung im Bestand HIRLING (1949) und UNGER (1953) fanden, daß die Randwirkung nur so weit reicht, wie der geschlossene Bestand hoch ist. Dieser auf mikroklimatische Unterschiede zurückzuführende abweichende Befall wird noch in einem späteren Zusammenhang erörtert.

Wenn nach dem Vorhergehenden die Einzelpflanzen im geschlossenen Bestand auf gleiche Bedingungen gleich reagieren, so war aber noch die Frage zu prüfen, wie sich die einzelnen Teile ein und derselben Pflanze verhalten. Schon bei den täglichen Zählungen fiel besonders auf, daß die Zahl der Flecke auf den je-

Tabelle 1. Randwirkung des Erbsenbestandes auf den Befall.

Weg	a	1*2*3 4*5 6*7*8 9 10 11 12 12 11*10 9 8 7*6 5*4*3 2*1	a
		kein signifikanter Unterschied im Befall	
Weg	b	1*2*3*4 5*6 7*8 9 10 11 12 12 11 10 9*8 7 6 5*4*3 2*1	b

Die Zahlen geben die Reihenfolge der Einzelpflanzen vom Rand aus an.

* = signifikanter Unterschied zwischen dem Befall der Einzelpflanzen.

a = Gesamtbefall von Blättern.

b = Gesamtbefall von Internodien, Blattstielen, Rhachis, Fruchtstielen und Ranken.

Tabelle 2. Grenzwahrscheinlichkeiten in % des mittleren Befalls gegenüberliegender Nebenblätter und Fiederblättchen. (Befallsstellen von 36 Einzelpflanzen mit täglichen Auszählungen in der Zeit vom 25. 6. bis zum 4. 7. 1951. Die Blattnummern geben die Reihenfolge von unten nach oben an.)

7-Blattstadium.							
Blattnummer	1	2	3	4	5	6	7
Nebenblattpaare mit <i>Ascochyta pinodella</i>	30,3	6,0	6,0	30,8	19,9	35,0	2,7
Fiederblättchenpaare mit <i>Ascochyta pinodella</i>	0,70	84,0	14,8	27,0	23,0	31,3	—
14-Blattstadium.							
Blattnummer	8	9	10	11	12	13	14
Nebenblattpaare mit <i>Ascochyta pisi</i>	0,8	2,9	25,9	4,0	1,25	44,6	4,1
1. Fiederblättchenpaare mit <i>Ascochyta pisi</i>	7,7	5,6	3,4	92,0	<0,1	44,6	—
2. Fiederblättchenpaare mit <i>Ascochyta pisi</i>	—	<0,1	1,8	<0,1	<0,1	1,5	—
Nebenblattpaare mit <i>Mycosphaerella pinodes</i>	23,0	6,9	63,2	0,5	30,8	6,4	57,7
1. Fiederblättchenpaare mit <i>Mycosphaerella pinodes</i> .	45,3	23,5	2,0	70,4	1,13	92,0	—
2. Fiederblättchenpaare mit <i>Mycosphaerella pinodes</i> .	—	0,7	15,3	17,8	0,52	50,6	—

weils gegenüberliegenden Nebenblättern sowie auf den gegenüberliegenden Fiederblättchen offenbar nicht sehr stark voneinander abwich. Der Nachweis für eine solche Fleckengleichheit an Nebenblatt- und Fiederblättchenpaaren konnte an 36 Einzelpflanzen erbracht werden. Diese Pflanzen wurden vom 25. 6. bis 4. 7. 51 täglich auf ihren Befall kontrolliert. Dabei zeigte sich, daß von insgesamt 49 Gruppierungen in 30 Fällen der Befall gegenüberliegender Nebenblätter und Fiederblättchen significant übereinstimmte, während in 19 Fällen der Nachweis nicht erbracht werden konnte, der Befall also nicht übereinzustimmen scheint (Tab. 2). Auf die wahrscheinliche Erklärung für diese Ausnahmen kommen wir später noch zurück.

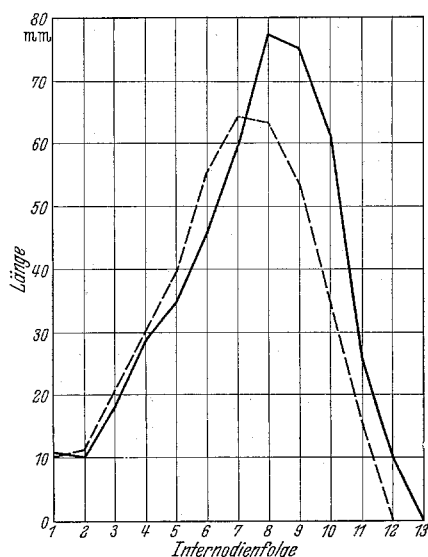


Abb. 2. Internodienlänge (in mm) bei nicht infizierten (—) und infizierten (----) Erbsenpflanzen.

Nach diesem Ergebnis, daß gegenüberliegende Nebenblätter bzw. Fiederblättchen ein und desselben Blattes im Mittel gleichen Befall haben, scheint es berechtigt, eine physiologische Gleichheit dieser Blätter bzw. Blättchen gegenüber dem Angriff parasitischer Pilze anzunehmen. In diesem Fall geht sogar die physiologische Gleichheit mit einer morphologischen parallel. Es ließ sich nämlich feststellen, daß die Nebenblätter und die Fiederblättchen eines Blattes je unter sich gleich groß sind. Bei einer Probe von 20 Pflanzen, die am 21. 6. 51 geerntet wurden, und von denen die Größe sämtlicher Blätter durch Planimetrieren festgestellt wurde, war die Größe bei allen

280 Blatt- bzw. Blättchenpaaren statistisch nicht unterschiedlich.

Die für Blätter aller Nodien zutreffende Gleichheit der Fleckenzahl gegenüberliegender Nebenblätter und Fiederblättchen beweist damit aber auch gleichzeitig die Brauchbarkeit der angewandten Infektionsmethode. Es mußte also bei dem Infizieren tatsächlich ein vollkommen gleichmäßiger Überzug von Konidien auf allen Teilen der Pflanzen erreicht worden sein.

Auf Grund dieser Befunde konnten während der folgenden Rechnungen die Nebenblatt- und Fiederblättchenpaare eines Blattes als einheitliche Fläche behandelt werden.

Welche Wirkung hat nun eine durch unsere Pilze hervorgerufene Erkrankung auf die Erbsenpflanze? Hat das parasitische Verhältnis zwischen höherer Pflanze und Pilz nur eine Störung im Wachstum zur Folge oder kann die Wirkung so stark werden, daß die befallenen Pflanzen frühzeitig absterben?

Ein Infektionsversuch mit *Mycosphaerella* sollte darüber Aufschluß geben, ob und wie stark das Wachstum der Organe gehemmt wird. Je fünf infizierte und fünf nicht infizierte Pflanzen wurden 14 Tage nach der Infektion (am 6. 7. 51) geerntet und sämtliche oberirdischen Organe gezeichnet. Danach wurde der Flächeninhalt der Blätter durch Ausplanimetrieren und die Länge der Stengel, Blattstiele, Rhachis und Ranken mit einem Kurvenmesser bestimmt. Dabei ergab sich, daß sowohl Blätter als auch Internodien (Abb. 2), Blattstiele, Rhachis und Ranken in ihrem Längenwachstum gehemmt werden. Diese Hemmung wirkt sich bei allen Organen gleich stark aus. Bei den infizierten Pflanzen hatte die Gesamtheit der Blätter nur die 0,735fache Länge der nicht infizierten. Internodien, Blattstiele, Rhachis und Ranken waren im Mittel 0,730 mal so kurz.

Auch die Flächenausdehnung der Blätter wird durch den Befall bedeutend herabgesetzt (Abb. 3). Die Blätter der infizierten Pflanzen hatten gegenüber den nicht infizierten Kontrollen eine 0,59 mal so kleine Fläche.

Dabei ist auffällig, daß sich die Wirkung des Pilzes nicht nur auf die Blätter und Stengel, auf denen Flecke vorhanden waren, erstreckt. Vielmehr und zwar ganz besonders wurden die noch wachsenden oberen und sogar die sich nach der Infektion neu bildenden Organe in Mitleidenschaft gezogen (Tab. 3).

Die nach der Infektion gebildeten Blätter 8, 9 und 10 zeigen einen besonders großen Unterschied des Flächeninhaltes gegenüber den Kontrollen (siehe Grenzwahrscheinlichkeit).

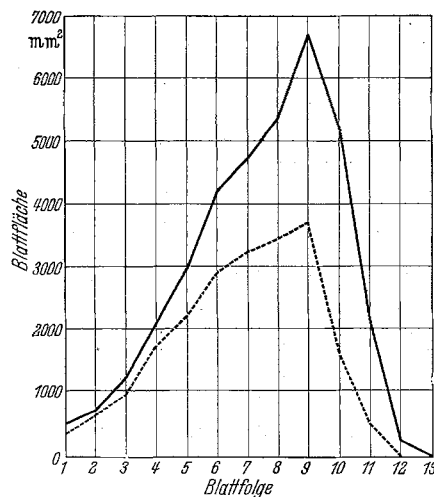


Abb. 3. Gesamtblattfläche (in mm²) bei nicht infizierten (—) und infizierten (----) Erbsenpflanzen.

Nur in seltenen Fällen starben die Pflanzen schon während der Dauer der Versuche z.B. durch Abbrechen an den unteren befallenen Stengeln ab. Häufig jedoch vertrockneten einzelne Blätter. Ob dieses Absterben der Blätter auf einer Wirkung von

Tabelle 3. Unterschiede des Flächeninhaltes von Blättern infizierter und nicht infizierter Pflanzen (ausgedrückt als Differenz bei einer Grenzwahrscheinlichkeit P).

		P
Blatt 1	Nebenblätter	1,6
	Fiederblättchen	18,5
Blatt 2	Nebenblätter	63,2
	Fiederblättchen	0,22
Blatt 3	Nebenblätter	2,5
	Fiederblättchen	0,31
Blatt 4	Nebenblätter	3,7
	Fiederblättchen	10,5
Blatt 5	Nebenblätter	0,93
	Fiederblättchen	0,79
Blatt 6	Nebenblätter	1,7
	Fiederblättchen	<0,10
Blatt 7	Nebenblätter	0,13
	Fiederblättchen	1,65
Blatt 8	Nebenblätter	<0,10
	Fiederblättchen	0,43
Blatt 9	Nebenblätter	<0,10
	1. Fiederblättchen	<0,10
Blatt 10	2. Fiederblättchen	0,60
	Nebenblätter	<0,10
	1. Fiederblättchen	0,59
	2. Fiederblättchen	1,27

Pilzmycel beruht oder nur der natürlichen Entwicklung entspricht, ließ sich für alle drei Pilze an drei zu verschiedenen Zeiten ausgeführten Versuchen verfolgen. An je 25 infizierten und 25 nicht infizierten Pflanzen wurden in Abständen von ein bis fünf Tagen die abgestorbenen Nebenblätter und Fiederblättchen gezählt. Dabei ergab sich (Tab. 4), daß erst an den Endzahlen ein signifikanter Unterschied nach-

Tabelle 4. Endzahlen für die in drei Versuchen aufgetretenen toten Nebenblätter und Fiederblättchen (Mittelwerte für eine 5-blättrige Pflanze).

		Infektion am 26. 5. 51	Infektion am 4. 6. 51	Infektion am 8. 6. 51
<i>Mycosphaerella pinodes</i>	Kontrolle	1,67	11,48	7,90
	infiziert	4,29	17,20	15,54
<i>Ascochyta pinodella</i>	Kontrolle	0,56	11,25	11,73
	infiziert	3,96	16,48	13,78
<i>Ascochyta pisi</i>	Kontrolle	3,05	5,09	7,05
	infiziert	4,49	17,74	15,33

zuweisen war. Das bedeutet, daß ein durch Befall hervorgerufenen Absterben der Blätter zwar vorhanden ist, sich aber erst nach gewisser Zeit deutlich bemerkbar macht; in unseren Versuchen war dies nach 16 bis 22 Tagen der Fall.

Tabelle 5. Menge der bei Versuchsende abgestorbenen Nebenblätter und Fiederblättchen im 14-Blattstadium.

(Die Numerierung der Blätter erfolgte von unten nach oben.)

	Nebenblätter	Fiederblättchen
8. Blatt	69%	85,7%
9. Blatt	9,5%	79,3%
10. Blatt	9,5%	11,9%

Wie ein weiterer Infektionsversuch mit allen drei Pilzen an 21 Pflanzen im 14-Blattstadium ergab, ist ein Unterschied im Absterben zwischen Nebenblättern und Fiederblättchen festzustellen. Von allen vorhandenen Blättern bzw. Blättchen dieser Pflanzen waren bei Versuchsende stets mehr Fiederblättchen als Nebenblätter vertrocknet (Tab. 5).

Dabei reagieren jüngere Pflanzen nicht anders als ältere. In Tab. 6 ist die Menge der bei Versuchsende abgestorbenen Nebenblatt- bzw. Fiederblättchenpaare

Tabelle 6. Bei einem Versuch mit *Mycosphaerella* bei Versuchsende abgestorbene (+) und noch lebende (—) Nebenblatt- und Fiederblättchenpaare (N =Nebenblätter, F =Fiederblättchen).

Pflanze	1		2		3		4		5	
	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F
Blatt 1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Blatt 2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Blatt 3	—	—	+	+	+	+	+	+	—	+
Blatt 4	—	—	—	—	—	+	+	+	—	—
Blatt 5	—	—	+	+	—	—	—	+	—	—
Blatt 6	—	+	—	+	—	—	+	+	—	—
Blatt 7	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—

enthalten, die bei einem Infektionsversuch im 7-Blattstadium an fünf mit *Mycosphaerella* infizierten und fünf nicht infizierten Pflanzen vorhanden waren.

Bemerkenswert war ferner die Tatsache, daß gegenüberliegende Nebenblätter wie auch gegenüberliegende Fiederblättchen fast gleichzeitig abstarben. Bei dem eben erwähnten Versuch begann in 53% der Fälle das Absterben gleichzeitig an beiden gegenüberliegenden Blättern bzw. Blättchen, in 21% folgte das zweite einen Tag später, in 14% nach zwei Tagen und in 3% nach drei Tagen. Für die restlichen 9% ließ sich nichts aussagen, da bei Versuchsende erst je ein Blatt bzw. Blättchen der betreffenden Paare abgestorben war.

Auch in dieser Beziehung gibt sich also wie bei der schon erwähnten gleichen Fleckenzahl auf gegenüberliegenden Blättern bzw. Blättchen eines Gesamtblattes die gleiche physiologische Reaktion dieser Organe zu erkennen.

Aus diesen Untersuchungen ergibt sich also, daß alle Organe infizierter Pflanzen in ihrem Längenwachstum gehemmt werden. Die Blätter werden in ihrem Flächenwachstum behindert. Die Blätter infizierter Pflanzen sterben (von unten her beginnend) schneller als die nicht infizierter Pflanzen ab. Dabei sterben gegenüberliegende Nebenblätter und Fiederblättchen gleichzeitig oder mit nur geringer zeitlicher Verzögerung ab.

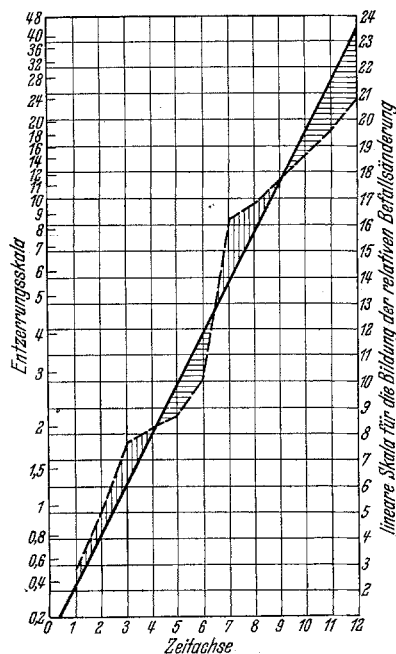


Abb. 4. Methodische Darstellung zur graphischen Ermittlung der relativen Befallsänderung.

Nach dieser Erörterung über die Wirkung der Infektion an den Einzelpflanzen und ihren Organen erhebt sich die Frage, wie der von Tag zu Tag zunehmende Befall (Befallsverlauf) normalerweise vor sich geht und ob und in welcher Weise er durch Außenbedingungen modifiziert wird. Da die Außenbedingungen einen Komplex darstellen, mußte schließlich noch geklärt werden, wie die einzelnen Faktoren dieses Komplexes wirken.

Zur Klärung des Befallsverlaufes zu den einzelnen Zeiten wurde in der Zeit vom 28. 5 bis zum 20. 6. 51, also an 33 Versuchstagen an insgesamt 2500 Pflanzen die Befallsintensität geprüft. Diese wurde durch Auszählung aller sich auf den oberirdischen Teilen bildenden Flecke festgestellt. Fünf Beobachter teilten sich in diese Aufgabe. Die Homogenität der Beobachtungen wurde mit Hilfe eines Homogenitätstestes nachgewiesen. Es zeigte sich, daß das Beobachtungsmaterial jedes Beobachters gegenüber jedem anderen Beobachter sich statistisch nicht unterscheidet, daß also das gesamte Material hinsichtlich der Beobachter homogen ist. Parallel zu den Auszählungen des Befalls wurde in den Beständen fortlaufend die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Benetzungszeit festgestellt, um die Ursachen der mikrometeorologischen Bedingungen für die Befallsänderung zu erfassen.

Der Befallsverlauf zeigt im Mittel für jeden Pilz und für die befallenen Organe eine bestimmte Zunahme, die sich durch eine empirische Funktion darstellen läßt. Den Grundverlauf des Befalls erhält man durch die Bildung von übergreifenden Mitteln, d. h. durch eine Glättung des beobachteten Befallsverlaufs. Die völlig geglätteten Kurven sind später in den Abb. 9 und 10 dargestellt. Diese gefundenen Grundkurven entsprechen dem Verlauf einer Potenzfunktion. Zu dieser Grundbewegung besteht eine relative Änderung des Befallsverlaufs, von der anzunehmen war, daß sie durch den Einfluß der Witterungsfaktoren hervorgerufen wird. Aus diesem Grunde mußte die Grundbewegung des Befallsverlaufes aus dem gesamten Material herausgezogen werden, um für die dann übrig bleibende Änderung eine direkte Beziehung zu den Faktoren zu finden. Die Änderung der Grundfunktion machte sich aber genau so in den Abweichungen zu ihrer Grundkurve bemerkbar, so daß diese Abweichungen nicht miteinander vergleichbar sind. Auf Grund eines graphischen Verfahrens konnten vergleichbare Änderungswerte zur Grundkurve hergestellt werden. Zunächst wurde dabei die Grundbewegung der empirischen Funktion durch Projektion auf eine Achse dargestellt, die für ein neues Koordinatensystem zur Entzerrung der Grundkurve benutzt wurde. In diesem neuen Koordinatensystem (Abb. 4) wurde die Grundkurve zu einer Geraden, so daß sich die Änderungen des Befalls als Abweichung von der Geraden in einem neuen linearen Koordinatensystem darstellen ließen. Durch die Übertragung der Entzerrungsskala für die Befallsänderung wieder in eine lineare Skala waren zahlenmäßig jetzt alle Befallsänderungen miteinander vergleichbar. Diese Abweichungen von der Grundlinie wurden als „relative Befallsänderungen“ bezeichnet und mit den einzelnen Witterungsfaktoren in Korrelation gesetzt. Um nun zu prüfen, welche Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbereiche für die relative Befallsänderung verantwortlich gemacht werden können, wurden die Stunden mit einer bestimmten Temperatur bzw. mit einer bestimmten Luftfeuchtigkeit pro Tag mit dem Verlauf der relativen Befallsänderung pro Tag in Korrelation gesetzt. Durch das Abtasten der

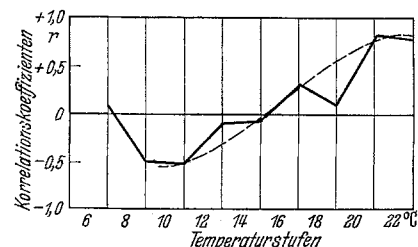


Abb. 5. Korrelationskoeffizienten zwischen der Häufigkeit verschiedener Temperaturstufen und der relativen Befallsänderung (—); Ausgleichskurve (----).

Häufigkeitsbereiche der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit erhält man für jeden Häufigkeitsbereich einen bestimmten Korrelationsfaktor, aus dessen Größe man den Einfluß auf die Befallsänderung abschätzen kann. Mit diesem allgemein in der Statistik bekannten Verfahren hat auch SCHRÖDTER (1952) eine Übereinstimmung des Verlaufs der Größen der Korrelationsfaktoren mit den Optimalkurven gefunden. In Abb. 5 ist für die Temperatur ein opti-

maler Bereich über 20° und in Abb. 6 für die relative Luftfeuchtigkeit ein optimaler Einfluß bei einer Luftfeuchtigkeit von über 95% zu erkennen. Dabei zeigte sich, daß die Temperatur einen überwiegenden Einfluß hat (siehe auch Abb. 7). Wenn die optimalen Bereiche der relativen Luftfeuchtigkeit und der Temperatur gleichzeitig vorhanden sind, ist im Mittel über 90% der Ursachen der Änderungen des Befalls damit geklärt.

Nach der Formel für die totale Korrelation ist

$$R^2 = r_{xy}^2 + r_{xz}^2 + r_{yz}^2 - 2 r_{xy} \cdot r_{xz} \cdot r_{yz}$$

Die Korrelationsfaktoren sind dann

(x = relative Befallsänderung, y = Temperatur, z = Luftfeuchtigkeit)

$$r_{xy} = +0,85, \quad r_{xz} = +0,47, \quad r_{yz} = -0,06.$$

Die totale Korrelation ist somit

$$R^2 = 0,90.$$

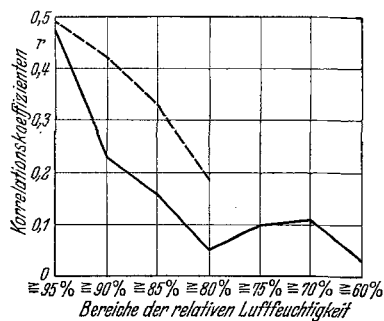


Abb. 6. Korrelationskoeffizienten zwischen verschiedenen Bereichen der Häufigkeit der relativen Luftfeuchtigkeit und der relativen Befallsänderung in der Zeit vom 2. bis 21. Juni 1951 (—) und in der Zeit vom 4. bis 18. Juni 1951 (----).

die Korrelationsfaktoren der relativen Luftfeuchtigkeit, der Temperatur, der Benetzungszeit und der Niederschlagsdauer angegeben. Da anzunehmen war, daß in den ersten 6–12 Stunden nach der künstlichen Infektion die Konidien wahrscheinlich mit der

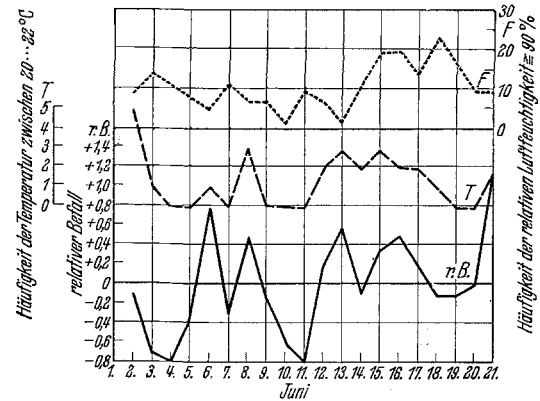


Abb. 7. Vergleich des Verlaufs der relativen Befallsänderung (—) mit der Häufigkeit der Temperatur zwischen 20° und 22° (----) und der Häufigkeit der relativen Luftfeuchtigkeit $\geq 90\%$ (.....).

Wirtspflanze in einen so festen Kontakt gekommen sind, daß sie nicht mehr entfernt werden können, wurden für diese Zeiteinheiten die Korrelationen zu den einzelnen Witterungsfaktoren gebildet. Auffällig sind die statistisch zu sichernden negativen Korrelationen mit der relativen Luftfeuchtigkeit und der Benetzungszeit, so daß man annehmen muß, daß in dieser Zeit mitunter eine Veränderung der Konidienmengen durch das Abtropfen von Tau oder Nieder-

Tabelle 7. Einfluß verschiedener meteorologischer Faktoren auf die Zeitdauer vom Infektionstag bis zu dem Tag mit einer Befallsstärke von 0,5.

Beeinflussende Größen	Befall der Internodien, Blattstiele und Ranken		Befall der Blätter	
	Korrelationskoeffizient r	Sicherheitsgrenze für r in %	Korrelationskoeffizient r	Sicherheitsgrenze für r in %
Relative Luftfeuchtigkeit in den 6 Std. nach der Infektion .	— 0,49	1,0	— 0,55	0,11
Relative Luftfeuchtigkeit in den 12 Std. nach der Infektion	— 0,29	14,6	— 0,35	6,9
Temperatur in den 6 Std. nach der Infektion	— 0,13	55,5	— 0,04	84,1
Temperatur in den 12 Std. nach der Infektion	— 0,13	48,8	— 0,02	92,0
Regen in Stunden am Infektionstag	— 0,26	33,4	— 0,24	38,3
Benetzungszeit in den 6 Std. nach der Infektion	— 0,29	18,2	— 0,31	17,8
Benetzungszeit in den 12 Std. nach der Infektion	— 0,40	4,8	— 0,44	4,0
Benetzungszeit vom Infektionstag bis zu einer Befallsstärke von 0,5	— 0,32	8,6	— 0,33	8,4

Die Wirkung der Bodentemperatur auf den Befallsverlauf ist nicht nachweisbar, weil eine Korrelation zwischen der Bestandstemperatur und der Bodentemperatur besteht.

In Abb. 8 ist die Zeitdauer vom Infektionstag bis zu dem Tag mit einer Befallsstärke von 0,5 pro Tag vom 19. 5. bis zum 17. 6. 51 aufgetragen. Es wurde nun untersucht, ob die meteorologischen Faktoren auf diese Zeitdauer einen Einfluß haben. In Tab. 7 sind

schlag erfolgte. Für die gesamte Zeitdauer von dem Infektionstag bis zu dem Tag mit einer Befallsstärke von 0,5 ergeben sich mit der Benetzungszeit keine zu sichernden Korrelationen. Daher scheint der Schluß berechtigt, daß in der sich ergebenden Zeit von sechs Stunden die Konidien angewachsen sein müssen.

Da jeder Befallswert ein phänologischer Fixpunkt ist, kann auch die Befallsstärke 0,5 als phänologisches

Datum aufgefaßt werden. Um die unterschiedliche Zeitdauer von der Infektion bis zu der Befallsstärke 0,5 phänologisch zu beschreiben, wurde die Temperatursumme vom Infektionstage bis zu dem Tag mit der Befallsstärke 0,5 gebildet und zwar durch die Summenbildung aller Temperaturstundenmittelwerte über dem Schwellenwert von 10° . Dieser Schwellenwert ließ sich aus dem Verlauf der Abhängigkeiten zwischen der relativen Befallsänderung und der Temperatur erkennen (Abb. 5). Für den Blattbefall ergibt sich eine mittlere Temperatursumme von 740° , $s_{\bar{x}} = \pm 50$. Für den Befall an Internodien, Blattstielen, Rhachis und Ranken beträgt diese 1046° , $s_{\bar{x}} = \pm 139$. Da die mittlere Tagessumme der Temperatur in der Untersuchungszeit etwa 100° beträgt, ist daher der mittlere Fehler ($s_{\bar{x}}$) für die Temperatursumme des Blattbefalls ein Tag; für Internodien, Blattstiele, Rhachis und Ranken beträgt er im Mittel etwa drei Tage. Dieser mittlere Fehler ist im Vergleich zu den sonst üblichen Fehlern mit der Temperatursummenregel durchaus tragbar, so daß der Temperatureinfluß auf den angeführten Schwellenwert als nachweisbar anzusehen ist. Man kann auch umgekehrt aus der Temperatursumme die Zeit des ersten Auftretens der Befallsstellen auf den Organen der Erbsenpflanzen nach dem Infektionsdatum errechnen.

Der mittlere Verlauf aus allen Kurvenergebnissen ist nach einer Glättung der Kurven in den Abb. 9 u. 10 dargestellt. In den bisherigen Untersuchungen brauchten die Unterschiede durch die angewandte Differenzmethode zur Grundbewegung nicht berücksichtigt zu werden. Die Unterschiede der Pilze ergeben sich aus diesen Mittelwerten zwangsläufig. Danach geht die Befallszunahme in einem Erbsenbestand bei *Mycosphaerella* bedeutend schneller als bei *Ascochyta pinodella* und diese wiederum schneller als bei *Ascochyta pisi* vor sich. Ein Vergleich zwischen dem Befall auf

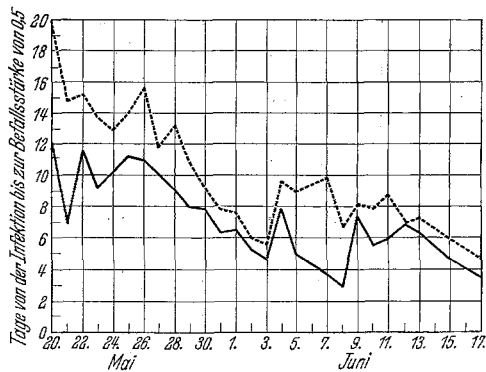


Abb. 8. Änderung der Zeitdauer vom Infektionstag bis zu dem Tag mit einer Befallsstärke von 0,5. (—) Nebenblätter und Fiederblättchen; ---- Internodien, Blattstiele und Ranken).

Blättern einerseits und Internodien, Blattstielen, Rhachis und Ranken andererseits läßt erkennen, daß abgesehen von der längeren Inkubationszeit auf den zuletzt genannten Organen bei allen Pilzen die gleiche unterschiedliche Aggressivität vorhanden ist. Diese Verschiedenheiten sind Eigentümlichkeiten der Pilze und unabhängig von Außenbedingungen. Daher ist *Mycosphaerella*, wie auch schon JONES (1927) feststellte, der Pilz mit der größten Schadwirkung. Der Unterschied zwischen *Mycosphaerella* und *Ascochyta*

pisi dürfte mit der viel größeren Wachstumsgeschwindigkeit des ersteren zusammenhängen (SÖRGE 1952).

Nachdem nun in den Witterungsfaktoren die Ursachen für die Modifikation des Befallsverlaufs gefunden werden konnten, entstand zwangsläufig folgende weitere Frage. Hat die Stellung der Organe an

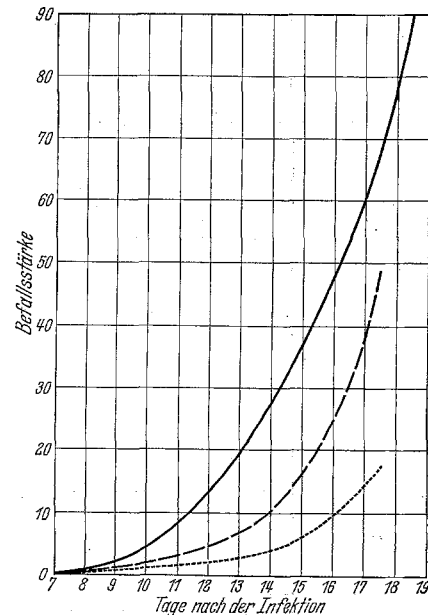


Abb. 9. Mittlerer Befallsverlauf an Nebenblättern und Fiederblättchen für *Mycosphaerella pinodes* (—), *Ascochyta pinodella* (----) und *Ascochyta pisi* (.....).

den Einzelpflanzen in verschiedenen mikroklimatischen Bereichen einen typischen Unterschied des Befalls der Organe zur Folge? Dazu wurden in zwei verschiedenen Entwicklungsstadien der Pflanze täglich alle an sämtlichen oberirdischen Teilen mit Ausnahme der Ranken

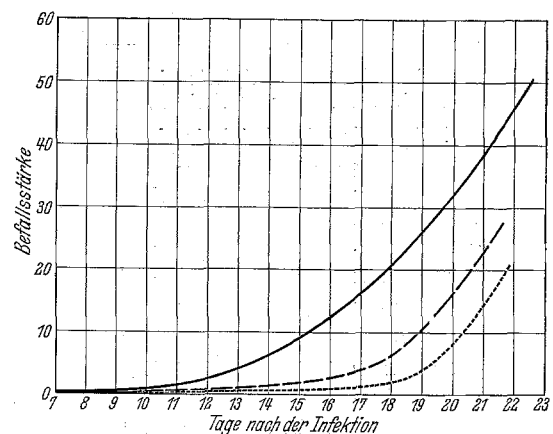


Abb. 10. Mittlerer Befallsverlauf an Internodien, Blattstielen und Ranken für *Mycosphaerella pinodes* (—), *Ascochyta pinodella* (----) und *Ascochyta pisi* (.....).

vorhandenen Flecke gezählt. Als Entwicklungsstadium der Pflanze wurden das 7-Blattstadium in der Zeit vom 23. 6. bis zum 7. 7. 51 und das 14-Blattstadium in der Zeit vom 18. 6. bis zum 13. 7. 51 ausgewählt. Im 7-Blattstadium wurden 131 Einzelpflanzen und im 14-Blattstadium 123 Einzelpflanzen auf die Befallsstärke aller genannten oberirdischen Organe ausgezählt. Alle Befallswerte für die Blätter wurden auf eine einheitliche Fläche von 1000 mm^2 umgerechnet, die der Internodien, Blattstiele und

Rhachis auf eine einheitliche Länge von 10 mm. Parallel dazu wurden die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit mit Thermoelementpsychrometern in den Beständen gemessen.

Aus den Auszählungen für die Befallsstärke erhielten wir für jedes Organ der Erbsenpflanzen pro Befallstag eine bestimmte Befallsstärke. In den beiden Stadien der Pflanzenentwicklung wurden die Organe nach der Größe ihres Befalls geordnet bzw. eine Reihenfolge der Pflanzenorgane nach der häufigsten Befallsreihenfolge gebildet. Diejenige Reihenfolge, welche zu den einzelnen Befallstagen den höchsten Korrelationsfaktor bildete, wurde dann zu der weiteren statistischen Auswertung übernommen. In dem Zahlenmaterial des Befallsverlaufes waren nun verschiedene Fehler enthalten (unterschiedlicher Befallsverlauf, der verschiedene Beginn der Fleckenbildung und der unterschiedliche Entwicklungsverlauf), die vor einer statistischen Bearbeitung so weit reduziert werden mußten, daß die einzelnen Befallszahlen wieder miteinander verglichen werden konnten. Die Vergleichbarkeit des Zahlenmaterials konnte durch die Einführung einer Normierung $\frac{x - \bar{x}}{s}$ weitgehend erreicht werden (x = Einzelwert, \bar{x} = Mittelwert, s = Streuung). Die Normierung wurde pro Befallstag durchgeführt. Die normierten Befallsgrößen wurden dann statistisch von ihrem Mittelwert ausgehend in statistische Sicherheitszonen eingeteilt, deren Grenzwahrscheinlichkeiten in den Tab. 8–11 eingetragen sind. Als Sicherheitszonen wurden die Bereiche mit einer Grenzwahrscheinlichkeit von $< 0,05\%$, $< 0,1\%$, $< 5,0\%$ und $> 5,0\%$ in positiver und negativer Richtung vom Mittelwert ausgehend abgegrenzt. Von oben nach unten in den Tabellen deuten die Sicherheitszonen den statistisch abgegrenzten Befall und zwar vom stärksten zum schwächsten Befall an. Für die Darstellung der Befallszonen (Abb. 11 und 12) wurde der vierte Befallstag der Blätter ausgewählt. Sie stimmen mit den Befallszonen für die Internodien, Blattstiele und Rhachis fast überein. Im 7-Blattstadium ist als Zone des stärksten Befalls noch zusätzlich eine Abstufung der ersten beiden Blätter eingezeichnet, obwohl die Grenzwahrscheinlichkeiten nicht $< 0,05\%$ betragen; die

Sicherheitsgrenzen liegen aber ganz dicht an dieser Wahrscheinlichkeitsgrenze. Merkwürdigerweise tritt nach einigen Tagen an den oberen Organen der Pflanzen wieder zunehmender Befall auf. Diese Bereiche sind in den Tabellen fettgedruckt. Zu erklären ist diese Zunahme als zusätzlicher sekundärer Befall, der nicht in die Betrachtung der ursprünglichen

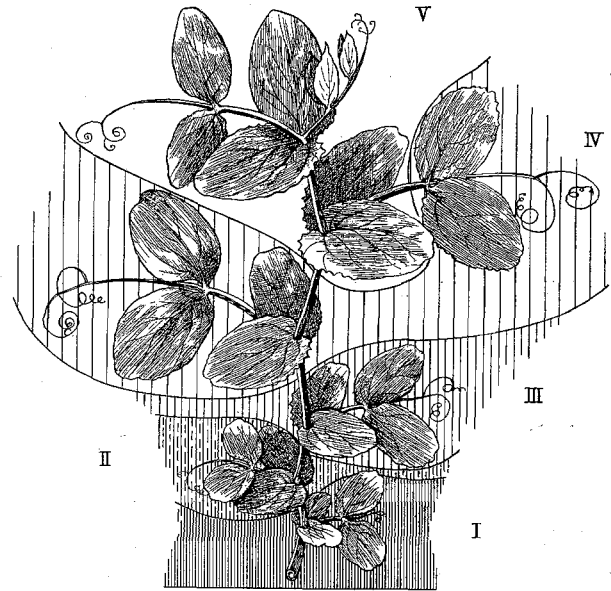


Abb. 11. Zonen stärksten (I), starken (II), mittleren (III), schwachen (IV) und schwächsten (V) Befalls einer Erbsenpflanze im 7-Blattstadium.

Befallsverteilung mit einbezogen werden darf. Auffällig ist der Unterschied zwischen diesen Zonen im 7-Blattstadium (Tab. 8 und 9). Zunächst ist festzustellen, daß die Befallszahlen zwischen dem Befall an Blättern und dem Befall an Internodien, Blattstielen, Rhachis und Fruchtstielen nicht übereinstimmen, da der Befall auf den zuletzt genannten Organen 1–2 Tage später als auf den Blättern eintritt. In diesem Bereich des Befalls tritt der primäre, verstärkt durch den sekundären Befall noch beschleunigt durch eine länger anhaltende Benetzungszeit in den Achseln der oberen Blätter auf. Mit der Zunahme der Befallstage gleicht

Tabelle 8. Grenzwahrscheinlichkeit in % zur Sicherung der Reihenfolge des Blattbefalls im 7-Blattstadium.

		Befallstage								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Blatt	Nebenblattpaar	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,24
	Fiederblättchenpaar	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,37	1,44
2. Blatt	Fiederblättchenpaar	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,33	0,15	0,23	4,6	11,5
	Nebenblattpaar	17,3	9,4	6,8	2,8	2,4	1,8	7,0	3,7	1,3
3. Blatt	Fiederblättchenpaar	77,0	36,3	4,0	35,0	35,4	10,9	5,1	24,4	75,0
	Nebenblattpaar	5,2	9,2	2,0	76,0	50,9	17,0	25,0	48,2	26,5
4. Blatt	Fiederblättchenpaar	0,8	5,6	<0,1	<0,1	0,24	7,4	0,15	0,14	0,62
5. Blatt	Fiederblättchenpaar	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,16	2,1	3,5	1,33
4. Blatt	Nebenblattpaar	<0,1	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,17	0,12
5. Blatt	Nebenblattpaar	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	0,22	0,11
6. Blatt	Nebenblattpaar	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	0,19
	Fiederblättchenpaar	<0,1	<0,05	<0,05	<0,1	0,13	2,20	1,41	20,7	17,8
7. Blatt	Nebenblattpaar	<0,1	<0,05	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	63,8	1,66	1,5

sich die Befallsverteilung immer mehr aus, da durch die begrenzte Konidienzahl bei der Infektion schließlich keine zusätzlichen Flecke mehr auftreten konnten.

Aus den geschilderten Untersuchungsergebnissen geht nun eindeutig hervor, daß sich in Erdbodennähe eine Zone des stärksten Befalls ausbildet, die nach der Bestandsobergrenze statistisch nachweisbar immer stärker abnimmt. Alle untersuchten Pflanzen standen selbstverständlich in einem Bestand. Dabei ist in Abb. 12 die Pflanze des 14-Blattstadiums vollkommen aufgerichtet gezeichnet.

Die Ursachen für den unterschiedlichen Befall in den Beständen hängen von der unterschiedlichen Häufigkeit ab, mit der vor allem Temperatur und Luftfeuchtigkeit in den Erbsenbeständen auftreten. An der Bestandsobergrenze kommen besonders häufig diejenigen Temperaturbereiche vor, welche den Befallsverlauf verzögern. Für die von uns untersuchten Pilze sind das Temperaturwerte unter 12° und über 24°. Die Häufigkeit dieser Bereiche nimmt im Bestand zum Erdboden zu erheblich ab, so daß in Erdbodennähe die Entwicklung des Befalls fast ungehindert verlaufen kann. Zusätzlich tritt an der Bestandsobergrenze häufig eine starke Austrocknung ein, während an der Bestandsuntergrenze Stunden mit geringen Luftfeuchtigkeiten viel weniger häufig sind (Tab. 12).

Interessant ist, daß im 14-Blattstadium (Tab. 10), abgesehen vom 13. Blatt in der Befallsreihenfolge zuerst die Fiederblättchen, dann die Nebenblätter angeordnet erscheinen. Nicht ganz so ausgeprägt ist dies auch beim 7-Blattstadium der Fall (Tab. 8). Hier haben die Fiederblättchenpaare der ersten drei Blätter etwas stärkeren Befall als ihre Nebenblätter. Dann folgen die Fiederblättchen des 4. und 5. Blattes vor den dazugehörigen Nebenblättern. Bei einem Vergleich der Befallszonen zwischen Blättern einerseits und Internodien, Blattstielen, Rhachis und Fruchtsielen andererseits zeigt

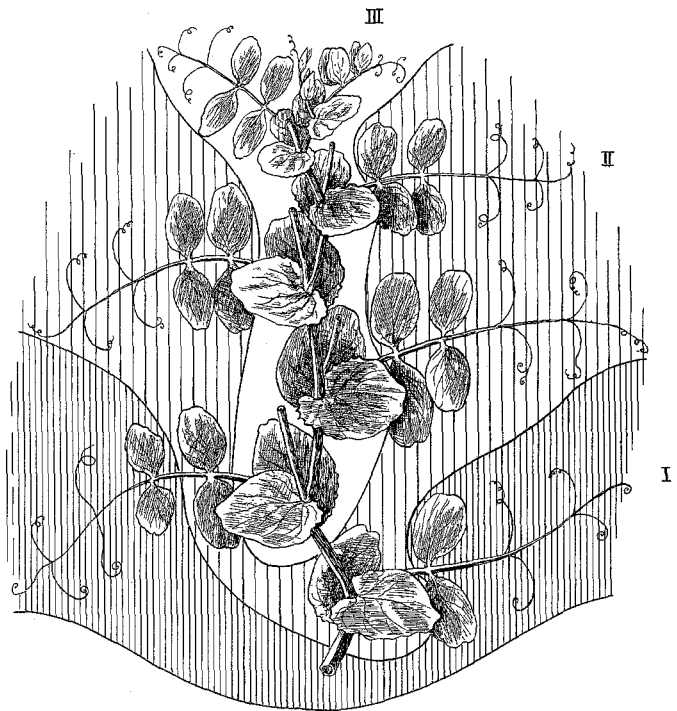


Abb. 12. Zonen starken (I), mittleren (II) und schwachen (III) Befalls einer Erbsenpflanze im 14-Blattstadium (Darstellung ab 8. Blatt).

sich, daß die Befallszone II (Abb. 12) bei den zuletzt genannten Organen bis zum 12. Nodium reicht. Danach könnte man an eine unterschiedliche Reaktion zwischen Nebenblättern und Fiederblättchen denken. Diese unterschiedliche Reaktion wird von mikroklimatischen Faktoren überlagert, die in Erdbodennähe besonders wirksam sein müßten.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß der stärkste Befall dort im Bestand zu finden ist, wo auch die größte Häufigkeit der Stunden mit optimalen mikroklimatischen Bedingungen vor allem optimaler Temperatur und Luftfeuchtigkeit vorhanden sind.

Der Befall an Hülsen wurde ähnlich wie an Blättern und den anderen Organen durch Auszählen der sich

Tabelle 9. Grenzwahrscheinlichkeit in % zur Sicherung der Reihenfolge des Befalls von Internodien und Blattstielen im 7-Blattstadium.

	Befallstage							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Internodium	2,3	0,32	0,12	0,13	1,8	0,19	0,35	8,8
1. Blattstiel	8,4	2,5	12,8	0,53	0,87	6,4	4,4	15,4
2. Internodium	1,8	1,3	0,17	6,8	10,9	3,3	9,9	92,7
2. Blattstiel	67,0	19,1	6,9	9,1	6,0	3,8	27,0	39,2
3. Internodium	10,0	10,2	21,5	10,9	14,8	92,0	23,5	89,0
3. Blattstiel	46,8	44,1	92,0	47,5	63,2	92,0	60,0	93,0
4. Internodium	<0,1	<0,1	<0,1	0,15	0,17	0,1	0,1	2,3
4. Blattstiel	<0,1	<0,1	2,0	<0,1	0,8	<0,1	0,65	14,5
6. Internodium	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,9	<0,1	1,5	5,6
5. Blattstiel	<0,1	<0,1	<0,1	0,11	1,9	2,8	3,8	15,4
5. Internodium	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	7,0	14,2	20,4	5,6
6. Blattstiel	<0,1	<0,1	12,8	17,1	18,5	32,5	84,2	48,2
7. Internodium	<0,1	6,8	6,9	17,1	2,1	2,3	3,2	61,0

Tabelle 10. Grenzwahrscheinlichkeit in % zur Sicherung der Reihenfolge des Blattbefalls im 14-Blattstadium.

		Befallstage								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
9. Blatt	2. Fiederblättchenp.	0,31	<0,1	<0,1	1,0	<0,1	<0,1	0,61	1,8	21,0
	1. Fiederblättchenp.	0,40	0,15	0,44	10,2	4,1	9,3	0,4	3,1	24,0
8. Blatt Fiederblättchenp.		<0,1	<0,1	<0,1	1,05	0,83	39,6	6,4	15,8	86,0
10. Blatt 2. Fiederblättchenp.		0,13	0,19	1,2	14,6	13,3	3,7	7,4	18,5	20,0
11. Blatt 2. Fiederblättchenp.		6,3	2,2	9,3	6,6	10,3	4,7	6,4	5,3	32,2
10. Blatt 1. Fiederblättchenp.		3,0	3,5	28,6	34,1	31,3	14,4	9,2	27,0	1,6
12. Blatt 2. Fiederblättchenp.		54,0	34,9	9,6	6,4	20,2	14,6	35,0	33,5	58,3
11. Blatt 1. Fiederblättchenp.		59,4	64,8	68,2	63,3	92,0	92,0	29,7	38,0	44,2
12. Blatt 1. Fiederblättchenp.		9,8	59,3	92,0	36,2	70,0	79,0	42,0	57,0	20,6
8. Blatt Nebenblattpaar		<0,1	<0,1	0,22	57,4	70,4	45,8	84,1	88,4	58,3
9. Blatt Nebenblattpaar		<0,1	<0,1	<0,1	2,8	3,9	12,8	14,2	70,4	69,5
11. Blatt Nebenblattpaar		<0,1	0,5	<0,1	<0,1	0,2	53,5	0,15	0,96	2,95
12. Blatt Nebenblattpaar		<0,1	<0,1	<0,1	3,4	0,18	1,3	0,22	0,68	7,3
13. Blatt Nebenblattpaar		<0,1	<0,1	<0,1	0,34	<0,1	3,5	0,72	4,1	1,0
10. Blatt Nebenblattpaar		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,33	1,25	0,19	0,36	8,4
13. Blatt	1. Fiederblättchenp.	<0,1	<0,1	19,5	2,5	0,22	1,7	0,12	<0,1	6,4
	2. Fiederblättchenp.	1,07	0,67	0,22	0,42	4,2	5,1	9,9	21,1	93,0
14. Blatt Nebenblattpaar		14,2	1,24	6,3	<0,1	3,9	2,4	5,5	<0,1	—

Tabelle 11. Grenzwahrscheinlichkeit in % zur Sicherung der Reihenfolge des Befalls von Internodien, Blattstielen, Rhachis und Fruchtsielen im 14-Blattstadium.

		Befallstage							
		1	2	3	4	5	6	7	8
9. Blatt	Rhachis	2,5	14,4	2,9	2,4	<0,1	<0,1	0,19	4,3
	Blattstiel	0,5	0,15	4,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,34
10. Blatt	Rhachis	12,4	4,7	12,4	0,18	0,29	<0,1	<0,1	0,20
	Blattstiel	50,2	7,7	0,79	1,28	0,36	0,39	0,24	<0,1
8. Blatt Blattstiel		6,6	4,0	19,5	8,0	7,0	10,9	8,5	40,9
9. Internodium		63,0	50,2	63,0	6,1	0,9	0,29	0,4	0,42
11. Blatt	Blattstiel	44,3	19,5	29,9	45,3	45,3	14,8	50,6	32,0
	Rhachis	63,0	29,9	77,0	31,3	12,2	10,9	7,4	32,0
Fruchtsiel am 9. Nodium		63,0	9,0	39,3	8,0	4,1	17,1	2,6	13,2
10. Internodium		77,0	25,9	50,2	3,1	10,7	8,0	2,6	3,4
12. Blatt Blattstiel		50,2	56,4	22,6	24,2	1,86	92,0	15,3	77,7
11. Internodium		19,5	16,7	29,9	12,2	4,6	3,7	4,1	77,7
Fruchtsiel am 10. Nodium		22,6	14,4	19,5	21,1	12,2	0,61	0,31	36,2
12. Internodium		5,6	56,4	16,7	1,13	18,5	6,0	1,3	70,8
12. Blatt Rhachis		3,4	4,0	29,9	18,5	10,7	56,6	1,7	13,2
Fruchtsiel am 11. Nodium		0,13	0,23	14,4	0,20	0,12	<0,1	<0,1	7,0
13. Internodium		0,13	1,08	14,4	9,3	<0,1	<0,1	<0,1	0,64
13. Blatt	Blattstiel	<0,1	0,17	10,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	Rhachis	0,41	4,1	2,0	1,45	0,24	0,29	<0,1	<0,1
Fruchtsiel am 12. Nodium		<0,1	0,16	4,7	<0,1	<0,1	0,53	0,34	0,34
Fruchtsiel am 13. Nodium		0,1	10,7	12,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,46	<0,1
14. Internodium		3,4	3,0	8,8	11,5	9,3	6,9	7,4	13,2

Tabelle 12. Prozentualer Anteil bestimmter Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbereiche an der Bestandsobergrenze, in der Bestandsmitte und an der Bestandsuntergrenze in einem Erbsenbestand Ende Juni/Anfang Juli von 150 Stundenmittelwerten.

	Bestands- obergrenze	Bestands- mitte	Bestands- untergrenze
Temperaturbereich von 20° bis 24°	21%	26%	29%
Temperaturbereich unter 12°	7%	4%	2%
Temperaturbereich über 24°	23%	12%	8%
Stunden mit der rel. Luftfeuchtigkeit >95% .	8%	31%	42%
Stunden mit der rel. Luftfeuchtigkeit >70% .	20%	52%	74%
Stunden mit der rel. Luftfeuchtigkeit <70% .	80%	43%	26%

auf den Breitseiten bildenden Flecke verfolgt. In zeitlich drei verschiedenen Infektionsversuchen wurden insgesamt 385 Hülsen laufend auf ihren Befall kontrolliert. Dabei ergab sich, daß die Änderungen des Befalls von denselben Faktoren mit den gleichen optimalen Bereichen abhängig sind, wie wir sie für die

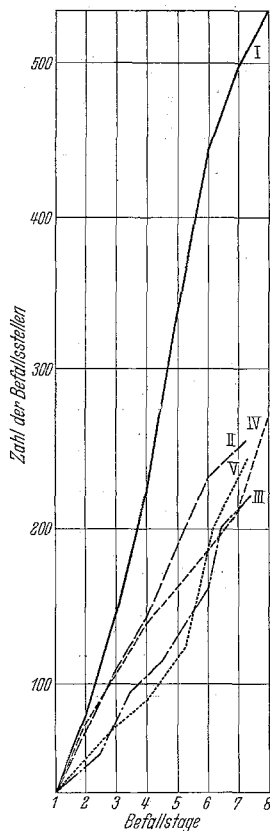


Abb. 13. Befallsverlauf an Hülsen für *Mycosphaerella pinodes* (I), *Ascochyta pinodella* (II), *Ascochyta pisi* (III), *Ascochyta spec.* (IV) und *Phyllosticta pisi* (V).

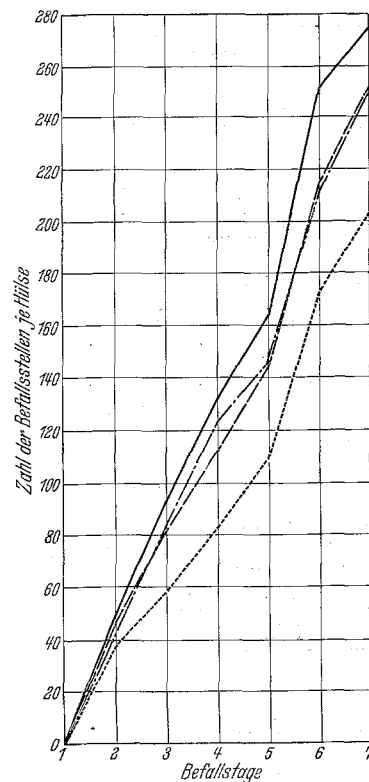


Abb. 14. Zahl der Befallsstellen an Hülsen des 9. (—), 10. (----) 11. (---) 12. (....) Nodiums.

anderen Organe bereits kennen gelernt haben. Auch hier geht die Fleckenzunahme bei *Mycosphaerella* am schnellsten vor sich; bei *Ascochyta pisi* am langsamsten, während *Ascochyta pinodella* wiederum in der Mitte liegt. *Phyllosticta* ähnelt im Befallsverlauf *Ascochyta pisi*. *Ascochyta spec.* läßt sich mit *Ascochyta pinodella* vergleichen (Abb. 13).

Nach den vorhergehenden Ausführungen über die Zonierung im Bestand war zu erwarten, daß sich die Hülsen je nach ihrer Insertion an der Pflanze bzw.

ihrem Fruchtsiel durch stärkeren oder schwächeren Befall auszeichnen müßten. Zählt man die Befallsstellen an den Hülsen des neunten, zehnten, elften und zwölften Nodiums getrennt zusammen, so ergibt sich (Abb. 14), daß entsprechend der Zonierung im 14-Blattstadium die Hülsen des neunten Nodiums den stärksten Befall, die des zehnten und elften Nodiums unter sich gleichen, aber schwächeren Befall als die Hülsen darunter aufweisen. Die Hülsen des zwölften Nodiums haben den geringsten Befall.

Die beiden Seiten der Hülsen unterschieden sich eigenartigerweise zum Teil recht erheblich in der Zahl der Flecke. Berechnet man, wieviel mal mehr Flecke sich auf der fleckenreicheren Seite befinden, so zeigt sich dabei, daß am ersten Befallstage bei allen Pilzen rund doppelt so viel Flecke vorhanden sind. Von Tag zu Tag aber nimmt die Zahl der Flecke auf der weniger stark befallenen Seite schneller zu, so daß nach acht Tagen beide Seiten schon fast den gleichen Befall aufweisen (Tab. 13). Eigentlich wäre zu erwarten gewesen, daß bereits am ersten Befallstage — da, wie auf S. 58 ausgeführt wurde, der Konidienbelag nach dem Infizieren auf allen Teilen der Pflanzen vollkommen gleichmäßig sein mußte — beide Seiten den gleichen Befall zeigten. Eine Erklärung dafür können aber die folgenden Versuche ergeben.

Am 11., 17., 18. Juli und am 3. August wurden an mehreren Pflanzen Hülsen an ihrer Nord- und Südseite getrennt auf ihren Befall ausgezählt. Parallel dazu konnte die Temperatur mit Hilfe von strahlungsunabhängigen Thermoelementen an der Nord- und Südseite fortlaufend bestimmt werden. Dabei zeigte sich, daß sich die Südseite der Hülsen erwartungsgemäß bei Einstrahlung schneller erwärmt als die Nordseite. In gleichem Maße kam es auf der Südseite der Hülsen durch die höheren Oberflächentemperaturen zu einer stärkeren Befallszunahme. Sobald aber an der Südseite die Temperaturen den Optimalbereich der Hülsen überschritten hatten und bei den Messungen Oberflächentemperaturen über 25° festgestellt wurden, blieb die Zunahme des Befalls auf der Südseite gegenüber der Nordseite der Hülsen wieder zurück. An Hülsen, die nach anderen Himmelsrichtungen orien-

Tabelle 13. Änderung des Befallsverhältnisses von der stark zu der weniger stark befallenen Seite der Hülsen (weniger stark befallene Seite = 1,00).

	<i>Mycosphaerella pinodes</i>	<i>Ascochyta pinodella</i>	<i>Ascochyta pisi</i>	<i>Ascochyta spec.</i>	<i>Phyllosticta pisi</i>
5. 7. 51 . .	1,95	2,03	1,79	1,77	2,09
6. 7. 51 . .	2,00	1,68	1,73	1,63	1,68
7. 7. 51 . .	1,97	1,39	1,47	1,72	1,43
8. 7. 51 . .	2,02	1,32	1,38	1,58	1,35
9. 7. 51 . .	1,80	1,31	1,43	1,56	1,30
10. 7. 51 . .	1,67	1,38	1,38	1,45	1,26
11. 7. 51 . .	1,30	1,18	1,21	1,31	1,14
12. 7. 51 . .	1,16	1,11	—	—	—

tiert waren, konnten entsprechende Übergänge des Befalls zwischen der Nord- und Südseite festgestellt werden. Es besteht daher auch Grund zu der Annahme, daß die oben angeführten anfänglichen Unterschiede in der Befallszunahme auf den beiden Hülenseiten auf solche Einstrahlungsunterschiede zurückgeführt werden können. Diese Unterschiede müssen bei einer durch eine einmalige Infektion aufgetragenen Konidienmenge allmählich natürlich geringer werden. Ebenso dürften die auf S. 58 angeführten Unterschiede des nicht gleichen Blattbefalls von Nebenblatt- und Fiederblättchenpaaren mit solchen Lageunterschieden zusammenhängen. Aus diesen Untersuchungen geht demnach hervor, wie stark sich schon bei kleinen mikroklimatischen Differenzen der Befall ändert.

Unsere Pilze wurden schon verschiedentlich im Freiland unter natürlichen Bedingungen untersucht. So haben STOLL (1948) und SCHRÖDTER (1949, 1951 und 1952) sowie beide gemeinsam (1949) den Sporenaustritt aus getrockneten Fruchtkörpern von *Ascochyta pinodella* auf Objektträgern in einem Ackerbohnenbestand untersucht. Es ist fast selbstverständlich, daß eine Benetzung als primäre Ursache gefunden werden mußte. Diese Ergebnisse sind natürlich hinsichtlich des Temperatureinflusses nur auf den Quellvorgang beschränkt. Auch SCHNEIDER (1953) hat für ihre Untersuchungen über die Sporenkeimung pflanzenparasitärer Pilze Objektträger verwendet, die in Klimakammern verschiedener Luftfeuchtigkeit ausgesetzt waren. Auch hier ergab sich wieder zwangsläufig eine Abhängigkeit zu der höchsten Luftfeuchtigkeit, wenn auch gewisse Unterschiede zwischen den einzelnen Pilzen bestehen. Ähnliches fanden noch andere Autoren, so z. B. K. RIPPEL (1935) bei *Cladosporium fulvum* und einigen anderen Pilzen. LONGREE verglich bei *Sphaerotheca pannosa* die Konidienkeimung auf Objektträgern und lebenden Rosenblättern. Wichtig für alle Untersuchungen über die Sporenkeimung dürften ihre bereits 1939 veröffentlichten Ergebnisse hinsichtlich des Feuchtigkeitsanspruches bei der Keimung auf Objektträgern und lebenden Blättern sein. Sie fand, daß auf der Glasoberfläche bedeutend höhere Luftfeuchtigkeiten für die Keimung erforderlich waren als auf Blättern. Auf Blättern keimten sogar bei 22–24% relativer Luftfeuchtigkeit noch rund 40% der Konidien. Zu den gleichen Anschauungen über die Abhängigkeit des Infektionsverlaufes führen auch unsere Untersuchungen. Diese Ergebnisse dürften damit zu erklären sein, daß sich die blattnahen Luftschichten durch eine höhere Luftfeuchtigkeit von der umgebenden Luft unterscheiden, wie bereits LONGREE vermutete und GÄUMANN (1942) und andere Autoren nachgewiesen haben.

JOHANNES hat 1951 und 1952 bei gleichzeitigen Messungen der mikroklimatischen Bedingungen die Bildung der Sporangienträger von *Phytophthora infestans* in Kartoffelbeständen verfolgt. Er fand, daß eine Feuchteperiode von mindestens 33 Stunden Dauer vorhanden sein muß, wenn die Bildung von Sporangienträgern auftreten soll. Diese Angaben stimmen auch etwa mit der Regel von BEAUMONT überein; die GRAINGER (1953) in England seit Jahren mit Erfolg verwendet, wo 48 Stunden mindestens 75% relative Luftfeuchtigkeit vorhanden sein sollen. Die gefun-

denen Temperaturoptima sind bei JOHANNES mit 13–18° für *Phytophthora infestans* angegeben. SCHRÖDTER und STOLL finden, daß im Temperaturbereich von 8 bis 22° die Stärke des Sporenaustrittes bei *Ascochyta pinodella* linear abhängig ist von der Zahl der Stunden mit hoher Feuchtigkeit. Es ist hier statistisch noch zu überprüfen, ob diese häufig in der Untersuchungszeit gefundenen Bedingungen auch tatsächlich einem Korrelationszusammenhang entsprechen.

Nach unserem Wissen liegen über die Bedingungen der Infektions-, Inkubations- sowie Fruktifikationszeit unserer Pilze im natürlichen Bestand nur gelegentliche Beobachtungen vor. Schon im Jahre 1916 haben POOL und MCKAY die Blattfleckenentwicklung bei *Cercospora belicola* an Rüben unter besonderer Berücksichtigung der klimatischen Faktoren untersucht. Die Versuchsmethode ist der in der vorliegenden Arbeit beschriebenen in gewisser Beziehung ähnlich. Trotz der exakten Versuchsdurchführung fehlt leider eine abschließende Häufigkeitsanalyse der Versuchsergebnisse, so daß eine genaue Abgrenzung der Optimalbereiche der Arbeit nicht zu entnehmen ist. Bei vielen anderen Arbeiten sind sogar nur bonitierte Größen und gelegentliche Vergleichsmessungen angegeben, die eine exakte Klärung der Zusammenhänge auf statistischer Grundlage gar nicht zulassen. Aus diesem Grunde erübrigt sich eine Auseinandersetzung mit den in diesen Arbeiten angegebenen Ergebnissen. Da bei unseren Versuchen die Sporenaufschwemmung nur abends auf die Pflanzen gesprüht wurde, war das Anwachsen der Konidien leider nur auf die künstlichen Bedingungen mit Wasser und anschließender Zeit geringer Verdunstung (Nacht) beschränkt. Das Zustandekommen einer Massenausbreitung durch Sporen bedarf also noch einer besonderen Klärung.

Nach NAUMOV (1939) ist bei *Puccinia tritici* wie bei unseren Pilzen für die Inkubationsperiode die relative Luftfeuchtigkeit von untergeordneter Bedeutung. Bei dem gleichen Pilz fand CHESTER (1942), daß bei Überschreiten der optimalen Temperatur keine Uredosporenlager mehr gebildet wurden, die Bildung aber bei günstigeren Temperaturen erneut einsetzte. Die Angaben von CHESTER (1946), daß eine hohe Luftfeuchtigkeit von acht Stunden Dauer für die Bildung eines Appressoriums und zum Eindringen in den Wirt ausreichend ist, deckt sich mit der Feststellung für unsere Pilze, wonach im Mittel sechs Stunden zum Anwachsen genügen.

Auch NOLL (1939) stellte bei fußkranken Erbsenpflanzen eine geringere Stengellänge und Blattgröße als bei gesunden Pflanzen fest. Nicht ganz in Einklang mit unseren Untersuchungen stehen die Angaben von BAUMANN (1953), wonach neben Wurzeln insbesondere die Internodien von Wuchsdepressionen betroffen werden sollen. Nach unseren Feststellungen werden sämtliche oberirdischen Organe gleich stark in ihrem Längenwachstum gehemmt. Auch bei anderen Pflanzen wurde des öfteren ein Kümmerwuchs als Folge einer Beeinflussung des Längenwachstums festgestellt, so u. a. von GIESEKE (1939) bei Befall von Winterweizen mit *Tilletia tritici*. POOL und MCKAY (1916) fanden bei Rüben, daß eine hohe Fleckenzahl zu einem früheren Absterben der mit *Cercospora beticola* befallenen Blätter führte.

Nach unseren Feststellungen ist, wie schon JONES (1927) in Amerika fand, zu erwarten, daß *Mycosphaerella* den größten Schaden an Erbsen hervorbringen muß. Derselbe Autor fand, daß die Inkubationszeit für Blätter bei *Mycosphaerella* kürzer als bei *Ascochyta pisi* ist, während zwischen *Mycosphaerella* und *Ascochyta pinodella* noch kein Unterschied gemacht wurde. Es wird aber darauf hingewiesen, daß Witterungsbedingungen von Einfluß auf die Inkubationszeit sind.

Nach den vorliegenden Ergebnissen dürfte es nun möglich sein, die optimalen Wachstumsverhältnisse am natürlichen Standort für die untersuchten Pilze genau festzulegen. So kann man durch die Kenntnis des Temperaturschwellenwertes mit Hilfe der Temperatursummenregel eine Prognose des Eintritts einer bestimmten Befallsstärke nach der Infektion durchführen. Auch die mikroklimatischen Unterschiede differenzieren die Befallsstärke erheblich, so daß jede Änderung der mikroklimatischen Verhältnisse auch zwangsläufig eine Änderung der Befallsintensität nach sich zieht. Gerade die Kenntnis dieser Bedingungen dürfte auch für den praktischen Gartenbau von Bedeutung sein.

Allen technischen Mitarbeitern danken wir für die Arbeiten bei den Messungen und Auswertungen, sowie insbesondere bei den mühevollen Zählungen Frl. M. HELLMUTH, E. MEYER, CH. NEUMANN und Herrn W. KEICHEL.

Zusammenfassung.

In einem Erbsenbestand mit täglichen Aussaaten wurden Infektionsversuche mit *Mycosphaerella pinodes*, *Ascochyta pinodella* und *Ascochyta pisi* durchgeführt. Der Befall wurde täglich durch Auszählen der Flecke auf den oberirdischen Teilen festgestellt. Parallel dazu wurden mit Thermoelementpsychrometern die mikrometeorologischen Bedingungen in den Beständen gemessen.

Aus den Untersuchungen ergaben sich folgende Ergebnisse, die sich als significant nachweisen ließen.

Die einzelnen Nebenblatt- und Fiederblättchenpaare verhalten sich jeweils unter sich gegenüber unseren Pilzen physiologisch gleich.

Die Blätter infizierter Pflanzen werden in ihrer Flächenausdehnung behindert, die Internodien, Blattstiele, Rhachis und Ranken in ihrem Längenwachstum gehemmt. Die Blätter infizierter Pflanzen sterben eher als die nicht infizierter Pflanzen ab.

Für die Befallsänderung konnte die Temperatur als primäre, die Luftfeuchtigkeit als sekundäre Ursache gefunden werden. Der optimale Temperaturbereich liegt zwischen 20–24°, die optimale Luftfeuchtigkeit über 95%. Die Inkubationszeit läßt sich mit Hilfe der Temperatursummenregel berechnen und zwar mit Temperaturen über dem Schwellenwert von 10°.

Mycosphaerella hat nach unseren Untersuchungen die stärkste Schadwirkung. In einem gewissen Abstand folgen *Ascochyta pinodella* und *Ascochyta pisi*.

Es lassen sich auch Befallsunterschiede an den einzelnen Pflanzen im Bestand vom Erdboden bis zur Bestandesobergrenze in Zonen festlegen. Diese Bereiche kommen durch die unterschiedlichen Häufig-

keiten, mit der vor allem die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit in den Beständen in verschiedenen Höhen auftritt, zustande.

Sogar bei den geringen Unterschieden an verschieden orientierten Hülseseiten läßt sich der Einfluß oberflächlicher Temperaturen auf den Befall nachweisen.

Literatur.

1. BAUMANN, G.: Untersuchungen zur Biologie von *Mycosphaerella pinodes* (BERK. et BLOX.) STONE. Kühn-Archiv 67, 305–383 (1953).
2. CHESTER, K. STARR: Masking of wheat leaf-rust infections by high temperatures. Phytopathology 32, 21 (1942).
3. CHESTER, K. STARR: The nature and prevention of the cereal rusts as exemplified in the leaf-rust of wheat. Waltham, Mass., USA., 269 S. (1946).
4. GIESEKE, A.: Untersuchungen über das Verhalten von Winterweizen bei künstlicher Infektion mit Steinbrand (*Tilletia tritici*). Z. Pflanzenzüchtung 14, 311 bis 363 (1929).
5. GRAINGER, JOHN: Potato blight forecasting and its mechanization. Nature (London) 171, 1012 bis 1014 (1953).
6. GÄUMANN, E.: Über die pflanzliche Transpiration. I. Die cuticulare Transpiration. Z. Bot. 38, 225 bis 327 (1942).
7. HIRLING: Feldrandschäden. Eine Studie über die in Feldrändern auftretenden Mindererträge durch nichtparasitäre Störungen, Pflanzenkrankheiten, Schädlinge und Unkräuter. Diss. Hohenheim (1949).
8. JOHANNES, H.: Beitrag zur Epidemiologie der *Phytophthora infestans*. I. Einführung und mikroklimatische Untersuchungen. Z. Pflanzenkrankh. u. Pflanzensch. 60, 289–307 (1953).
9. JONES, K. L.: Studies on the nature and control of blight, leaf and pod spot, and footrot of peas caused by species of *Ascochyta*. Geneva Agr. Exp. Sta. Bull. 437, 3–46 (1927).
10. LONGRÉE, K.: The effect of temperature and relative humidity on the powdery mildew of roses. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Memoir 223, 1–43 (1939).
11. NAUMOV, N. A.: Die Getreideroste in den UdSSR. Moskau und Leningrad, 401 S. (1939).
12. NOLL, W.: Untersuchungen über Fuß- und Welkekrankheiten bei Leguminosen. Ztschr. für Pflanzenkrankheiten 49, 385–431 (1939).
13. POOL, V. W. and M. B. MCKAY: Reaction of stomatal movement to infection by *Cercospora beticola*. Journ. agr. res. 5, 1011 bis 1038 (1916).
14. POOL, V. W. and M. B. MCKAY: Climatic conditions as related to *Cercospora beticola*. Journ. agr. res. 6, 21–60 (1916).
15. RIPPPEL, K.: Untersuchungen über die Abhängigkeit der Sporenkeimung vom Wassergehalt der Luft bei *Cladosporium fulvum* COOKE und anderen Pilzen. Archiv f. Mikrobiol. 4, 530–542 (1933).
16. SCHNEIDER, R.: Untersuchungen über die Feuchtigkeitsansprüche parasitischer Pilze. Phytopathologische Z. 21, 63–78 (1953).
17. SCHRÖDTER, H.: Über den Einfluß des Taues auf den Sporenaustritt von *Ascochyta pinodella*. Nachrichtenbl. dtsh. Pflanzenschutzdienst 3, 173–176 (1949).
18. SCHRÖDTER, H.: Über die Bedeutung des Mikroklimas für die Entwicklung parasitischer Pilze der Gattung *Ascochyta*. Angew. Met. 1, 79–85 (1951).
19. SCHRÖDTER, H.: Agrarmeteorologische Beiträge zu phytopathologischen Fragen. Abh. d. M. u. H. D. d. DDR 15, 2 (1952).
20. SCHRÖDTER, H. u. STOLL, K.: Untersuchungen über das Mikroklima in Ackerbohlenbeständen verschiedener Bestandsdichten und seinen Einfluß auf den Sporenaustritt von *Ascochyta pinodella*. Nachrichtenbl. dtsh. Pflanzenschutzdienst 3, 88–96 und 144–147 (1949).
21. SÖRGEL, G.: Über eine neue Kulturmethode für Mikroorganismen. Der Züchter 21, 322–324 (1951).
22. SÖRGEL, G.: Über die Ursachen der unterschiedlichen Resistenz verschiedener Erbsensorten gegenüber den Fußkrankheitserregern *Ascochyta pisi* LIB., *Ascochyta pinodella* JONES und *Mycosphaerella pinodes* (BERK. et BLOX.) STONE. I. Vergleichende Untersuchungen zum Verhalten der Pilze auf einer stark und einer schwach anfälligen Sorte. Der Züchter 22, 4–26 (1952).
23. STOLL, K.: Über Sporenkeimprüfungen in geschlossenen Pflanzenbeständen. Nachrichtenbl. dtsh. Pflanzenschutzdienst 2, 118–120 (1948).
24. UNGER, K.: Agrarmeteorologische Studien. Abh. des M. u. H. D. d. DDR 19, 3 (1953).
25. UNGER, K.: Thermoelementpsychrometer für mikroklimatische Messungen. Angew. Met. 1, 280–283 (1953).