

VI.

Literaturverzeichnis.

- 1921 Zacher, Fr., Eingeschleppte Vorratsschädlinge. Deutsche Entomolog, Ztschr. S. 288—295.
- 1921 Zacher, Fr., Mitteilungen über Vorratsschädlinge. Mittlg. d. Biolog. Reichsanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft, H. 21, Berlin, S. 79—90.
- 1922 Zacher, Fr., Eingeschleppte Vorratsschädlinge. Verhandlg. d. Dt. Ges. f. angewandte Entomologie, 3. Mitgl.-Vers. Eisenach; S. 57—58, Berlin, P. Parey.
- 1926 Fleischer, Ant., *Acanthoscelides obtectus* Say. Mitteilungen der Gesellschaft für Vorratsschutz, Berlin-Steglitz, 2. Jg., 2. H., S. 66.
- 1927 Zacher, Fr., Die Vorrats-, Speicher- und Materialschädlinge und ihre Bekämpfung. Berlin 1927, P. Parey, S. 139—140.
- 1929 Zacher, Fr., Nahrungswahl und Biologie der Samenkäfer. Verhandlg. d. Dt. Ges. f. angew. Entomologie, 7. Mitgl.-Vers. München 1928; S. 55—62, Berlin, P. Parey.
- 1931 Zacher, Fr., Untersuchungen zur Morphologie und Biologie der Samenkäfer (*Bruchidae*, *Lariidae*), Arb. a. d. Biolog. Reichsanstalt, Bd. 18, S. 233—284.
- 1932 Zacher, Fr., Die tierischen Samenschädlinge in Freiland und Lager (Spinnentiere, Käfer und Hautflügler). J. Neumann Verl., Neudamm.
- 1933 Zacher, Fr., Haltung und Züchtung von Vorratsschädlingen. In: Abderhalden: Handb. d. biolog. Arbeitsmethoden, Abt. IX, Teil 7, H. 3, Berlin u. Wien, S. 389—592.
- 1936 Herford, G. M., Observations on the Biology of *Bruchus obtectus* Say with Special Reference to the Nutritional Factors. Zeitschrift f. angew. Entomologie, 22, 26—50.
- 1937/1938 Uhlmann, K., Unsere Material- und Vorratsschädlinge in ihrer Beziehung zum Freiland. Mitteilungen d. Gesellschaft f. Vorratsschutz, Berlin-Steglitz, 13. Jg., Nr. 5, 57—60, desgl. 14. Jg. H 1, 3—10.
- 1938 Rüschkamp, Josef, Notizen zum Vorkommen des Bohmenschädling *Bruchidius obtectus* Say im Rheinland und Westfalen. Mitteilungen der Gesellschaft für Vorratsschutz, Berlin-Steglitz, 14. Jg., Nr. 3, 32—33.
- 1939 Kemper, H., Die Nahrungs- u. Genußmittelschädlinge und ihre Bedeutung. Verl. P. Schöps, Leipzig, S. 131—132.
- 1939 Krische, Paul, Mensch und Scholle. Bd. II, Berlin, Deutsche Verlagsgesellschaft.
- 1939 Zacher, Verschleppung und Einbürgerung von Vorratsschädlingen. Verhandlg. VII. Internationaler Kongreß für Entomologie, Bd. IV, 2919—2926, Berlin 1938; Ersch. Dez. 1939.
- 1939/1940 Mehli, Sigbert, Schädlinge im Getreidespeicher. Praktische Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, 17. Jg., H. 7/8, 161—194 und 18. Jg., H. 1—4, S. 6. 62.
- 1941 Hähne, H., Untersuchungen über den Speisebohnenkäfer. Mittlg. a. d. Biolog. Reichsanstalt, H. 63, S. 75—76, Berlin, P. Parey Verlag.
- 1942 Herfs, Ad., Kleine Beiträge zur Ökologie von *Bruchidius (Acanthoscelides obtectus)* Say. Anz. f. Schädlingkunde, XVIII. Jg., H. 6, S. 61—66.
- 1944 Kotte, W., Krankheiten und Schädlinge im Gemüsebau u. ihre Bekämpfung. Berlin P. Parey.
- 1949 Bollow, H., Die Samenkäfer (*Bruchidae*). Pflanzenschutz, 1. Jg., Nr. 12, S. 143—146, München.
- 1949 Mehlich, K., Schädlinge und Krankheiten im Gemüsebau und ihre Bekämpfung. Friesdorfer Hefte, Minden, Verlag Auf. Lutzerer.
- 1945 Braun, H. u. Riehm, E., Krankheiten und Schädlinge der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Kulturpflanzen und ihre Bekämpfung. 5. Auflage, S. 172, Berlin P. Parey.
- 1950 desgl., 6. Auflage, S. 190, Berlin.
- 1950 Kemper, H., Die Haus- u. Gesundheitsschädlinge und ihre Bekämpfung. 2. Aufl., S. 189, Berlin, Verlag Dunker u. Humblot.
- 1950 Zacher, Quarantäne gegen Schädlingbefall, insbesondere gegen Vorratsschädlinge. Naturwiss. Rundschau, 3. Jg., H. 2, S. 75—78.

Antibiotika und ihre Bedeutung in der Pflanzenpathologie.

Sammelreferat von H. Köhler.

(Aus der Biologischen Zentralanstalt, Zweigstelle Aschersleben.)

(Schluß)

Während bei Vergleichsversuchen die antibiotischen Stoffwechselprodukte der schon genannten Actinomyceten und des noch folgenden *Bacillus subtilis* die behandelten Samen in ihrer Keimung und Weiterentwicklung nicht beeinträchtigten, wurde eine Keimung schon bei dem geringsten Zusatz von Actidion verhindert oder sehr stark verzögert (44).

Verschiedene „Rohantibiotika“ konnten auch noch von anderen *Streptomyces*arten gewonnen werden. Chemische Untersuchungen über den Aufbau sind noch nicht bekannt und somit ist es auch unbekannt, wieweit sie mit den bisher genannten übereinstimmen. Die gewonnenen Ergebnisse lassen im Gegensatz zu den vorigen schließen, daß diese Rohantibiotika für den Pflanzenpathologen vielleicht von größerer Bedeutung sein werden; bis jetzt sind diese antibiotischen Wirkstoffe unter

dem Namen Antimycin (36, 37, 38) zusammengefaßt worden. Sie wurden erfolgreich gegen folgende Krankheitserreger angewendet: *Ascochyta spec.* an Erbsen, *Chalara quercina*, *Colletotrichum circinans*, *C. graminicola*, *C. lagenarium*, *C. lindemuthianum*, *C. phomoides*, *C. pisi*, *Cercospora nicotianae*, *Fusarium oxysporum*, *F. conglutinans*, *F. oxysporum var. pisi*, *F. o. var. lycopersici*, *F. o. var. nicotianae*, *Gibberella zeae*, *Helminthosporium sativum*, *Mycosphaerella citrullina*, *Nigrospora sphaerica*, *Ophiobolus miabeanus*, *Phoma lingam*, *Phoma terrestris*, *Pythium graminicola*, *Sclerotinia minor*, *Scl. sclerotiorum*, *Stemphylium sarcinaeforme*, *Erwinia amylovora*. Zur wirksamen Behandlung kamen 0,2—250 γ /Ltr. zur Anwendung. Weiterhin ist das Rohantimycin unter Gewächshausbedingungen wirksam gegen *Venturia inaequalis*; Alter-

naria solani, *Glomerella cingulata*. Vergleichsversuche zeigten, daß Antimycin auch auf andere pflanzenpathogene Pilze die Wirksamkeit einer 2%igen Kupferkalkbrühe besitzt. Die behandelten Pflanzen und Pflanzenteile wiesen keine sichtbaren Gewebeschädigungen auf, so daß die antibiotische Wirksamkeit nur auf den Pilz beschränkt zu sein scheint. Ein weiterer großer Vorteil des Antimycins ist die Tatsache, daß das ungereinigte Rohantimycin nicht durch Regen oder Gießen abwaschbar ist, so daß im Gewächshaus eine einmalige Behandlung ausreichend sein dürfte. Bemerkenswert ist außerdem, daß es mit Insektiziden zusammen angewandt werden kann, ohne daß eine gegenseitige Beeinträchtigung der Wirksamkeit zu beobachten ist. Das reine Antimycin ist nach einmaligem Gießen nur noch in Spuren nachweisbar. Vergleichende Freilandversuche stehen noch aus.

Ähnlich sind die Erfahrungen, die man in Mittel- und Südamerika mit der durch *Pythium*arten verursachten Wurzelfäule an *Gramineen* gemacht hat. Durch eine Superinfektion des Bodens mit *Actinomyces*arten wurde die Wurzelfäule weitgehend eingedämmt. Will man diese Erfahrung praktisch auswerten, so müssen die optimalen Bodenbedingungen für die *Actinomyces*arten festgestellt werden, um Fehlschläge zu vermeiden (8). Untersuchungen zeigten eindeutig, daß der Befall von Wurzelfäule weitgehend von dem *Actinomyces*gehalt des Bodens abhängig war. Untersuchungen ergaben, daß es auch unter den *Actinomyces*en mehr oder weniger starke Hemmstoffbildner gibt.

Die bei diesen Untersuchungen verwendete Testmethode wird auch bei allen anderen Antibiotica angewendet: Man zieht auf einem geeigneten Nährboden in einer Petrischale den Antagonisten in einer sogenannten Strichkultur und läßt ihn 2 bis 4 Tage bei der geeigneten Temperatur wachsen und gibt dann auf die Platte eine Sporensuspension des Organismus, den man hemmen will. Da der Wirkstoff bereits in den Agar hineindiffundiert ist, wächst der Organismus nur bis zu der ihm zuträglichen Konzentration des Hemmstoffes heran; diese wachstumsfreie Zone kann man dann gut abmessen und Rückschlüsse auf die Hemmkraft ziehen.

Verschiedene *Actinomyces*en sind auch stark wachstums- und keimhemmend auf *Ceratostomella ulmi* in vitro. Dieser wasserunlösliche Wirkstoff wird nicht an die Nährlösung abgegeben, sondern im Organismus selbst gespeichert (9).

Auch gegen pflanzenpathogene Bakterien konnten *Actinomyces*en erfolgreich ausgetestet werden, leider konnte der Wirkstoff noch nicht näher bestimmt werden. Die Versuche wurden an Pflanzensämlingen vorgenommen und erfolgreiche Ergebnisse konnten bei Bakterienkrankheiten erzielt werden, die durch folgende Erreger verursacht wurden: *Phytomonas (Pseudomonas) tabaci*, *P. mori*, *P. (Xanthomonas) campestris*, *Pseudomonas medicaginis*, *P. medicaginis var. phaseolicola* und *Erwinia phytophthora*. Die Keimlinge blieben nach der Behandlung völlig gesund und wiesen keinerlei sichtbare Beschädigungen auf (9).

Nach neueren Untersuchungen konnte festgestellt werden, daß durch Superinfektion des Bodens mit einem *Actinomyces*en, der die vorläufige Bezeichnung „105“ erhielt, trotz Anwesenheit von *Pseudomonas tabaci* gesunde Tabakpflanzen und *Sclerotinia liberti-*

ana gesunde Sonnenblumen erhalten werden konnten. Auch Melonen wurden bei Anwesenheit des „*Actinomyces*en 105“ nicht von der Welkekrankheit angegriffen. Gegen andere Krankheitserreger konnte er in vitro erfolgreich ausgetestet werden, wie: *Agrobacterium tumefaciens*, *Erwinia carotovora*, *E. tracheiphila*, *Pseudomonas medicaginis*, *P. mori*, *P. phaseoli*, *Xanthomonas campestris*, *Pythium sp.*, *Phytophthora cambivora*, *Stereum purpureum*, *St. hirsutum*, *Corticium rolfsii*, *C. vagum*, *Sclerotinia cinerea*, *Scl. fructigena*, *Scl. gladioli*, *Scl. minor*, *Scl. pseudotuberosa*, *Ceratostomella ulmi*, *Pyrenophora calvescens*, *Glomerella cingulata*, *Endothia parasitica*, *Macrophoma phaseoli*, *Ascochyta pisi*, *Pestalozzia sp.*, *Penicillium digitatum*, *Botrytis sp.*, *Trichothecium roseum*, *Cladosporium carpophilum*, *Alternaria brassicae*, *A. oleracea*, *A. solani*, *Stemphylium sarcinaeforme*, *Fusarium sp.* und *Sclerotium cepivorum*. Der „*Actinomyces*en 105“ wurde erfolgreich bei der Heilung von Wurzelkropf und bei der Samenbeizung gegen Bakterienerkrankungen eingesetzt (10, 11).

Ein Stoffwechselprodukt von Meredith's *Actinomyces*en mit Namen Musarin (2) besitzt ebenfalls eine große fungicide und eine schwächere bactericide Wirkung. Es hemmt noch bei einer Verdünnung von 1:50 000—1:800 000: *Verticillium dahliae*, *V. albo-atrum*, *Corticium solani*, *Sclerotinia fructigena*, *Botrytis cinerea*, *Ceratostomella paradoxa*, *Fusarium oxysporum var. cubense*, *F. lateritium (Gibberella lateritia)*, *F. culmorum* und *F. lini*.

Es sind noch verschiedene andere Antibiotika bestimmt und isoliert worden, die bisher in ihrer Wirksamkeit gegen pflanzenpathogene Pilze nicht geprüft worden sind, auf die ich deshalb nicht näher eingehen will.

Als bedeutungsvolles Antibiotikum ist jedoch noch das Gliotoxin zu nennen, ein Stoffwechselprodukt der *Trichoderma*arten. Die wachstumshemmende Wirkung der *Trichoderma lignorum* auf Bodenbakterien ist schon lange bekannt. So kann der Wurzelbrand der *Citrus*arten (63), der durch *Rhizoctonia solani* verursacht wird, mittels einer Superinfektion durch Konidien von *Trichoderma lignorum* eingedämmt werden. Gliotoxin wirkt auch auf den Hallimasch (*Armillaria mellea*) äußerst giftig, die letale Grenze liegt hier bei der Verdünnung 1:300 000, also bei $\frac{2}{3}$ des Sublimats. In seiner desinfizierenden Wirkung liegt es zwischen Kupfervitriol und Quecksilberchlorid. Auch jegliche Sporeneimung wird durch eine 0,00001%ige Gliotoxinlösung gehemmt. Gliotoxin ist auch für Tiere und Menschen stark giftig, zellphysiologische Untersuchungen auf die höhere Pflanze stehen noch aus. Gliotoxin wird von den jungen Hyphen ausgeschieden und ist in Chloroform löslich.

Weiterhin konnte in letzter Zeit das Clitocybin isoliert werden. Es ist in Wasser unlöslich und wird im Produzenten, dem weißen Riesentrichterling (*Clitocybe candida*), in den Zellen abgelagert. Es ist stark wirksam gegen bodenparasitäre Pilze (vor allen Dingen gegen *Cercospora nicotianae* auf Tabak) und Bakterien: in der Nähe wachsendes Gras fault nicht! Die Wirkung des Clitocybins auf die höhere Pflanzenzelle ist noch unbekannt.

Ein weiteres fungicides Antibiotikum ist das Clavacin (wahrscheinlich mit dem Expansin und Patulin identisch), das von *Aspergillus clavatus*

gebildet wird. Clavacin wirkt noch hemmend in einer Verdünnung von 1: 8000. In einer 0,001%igen Lösung waren nach 15 Minuten alle Pilzsporen abgetötet (62), auch auf Pflanzenzellen (Mais) wirkt Clavacin noch in einer Verdünnung von 1: 200 000 schädigend.

Unter dem Namen *Pyocyanine*, Stoffwechselprodukte des *Bacillus pyocyaneus*, besser bekannt unter dem Namen *Pseudomonas*, sind mehrere antibiotische Stoffe vereinigt worden. Das wichtigste ist *Hemipyocyanin*, das eine totalhemmende Wirkung bei 1: 20 000 ausübt; und damit noch eine größere Wirksamkeit als Quecksilberchlorid, Phenol oder Kresol besitzt (64).

Ähnlich stark wirksam ist das *Tyrothricin*, welches von einer sporulierenden Art des Bodenbakteriums *Bacillus brevis* isoliert werden konnte, und aus den beiden Grundsubstanzen *Tyrocidin* und *Gramicidin* zusammengesetzt ist. *Tyrocidin* wirkt noch bei einer Verdünnung von 1: 20 000 vollständig hemmend auf alle Pilzsporen ein. Auch hier fehlen Untersuchungen über die Wirkung des *Tyrothricins* auf die höhere Pflanze (64).

Subtilin wird in relativ großer Menge von *Bacillus subtilis* gebildet. Es ist schon lange bekannt, daß *Bacillus subtilis* in vitro stark hemmend auf das Pilzwachstum einwirkt. Es ist außerordentlich schwierig, ungeschwächte Reinkulturen bei Anwesenheit von *Bacillus subtilis* aus der Wurzel und den mit Erde behafteten Knollen zu ziehen. *Subtilin* wirkt noch in einer Verdünnung von 1: 10 000 hemmend auf die Keimung von Pilzsporen. Es konnten zwei wirksame Substanzen gewonnen werden (40); die eine ist löslich in Wasser und diffundiert durch Cellophanmembranen. Sie erwies sich als äußerst wirksam gegen *Pythium spec.*, *Rhizopus nigricans*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium bataticola*, *Sclerotium fructicola*, *Penicillium digitatum*, *Botrytis cinerea* und *Alternaria citrina*. Die andere Substanz, die ebenfalls wasserlöslich ist, aber nicht mehr durch eine Cellophanmembran diffundieren kann, wirkt sehr stark hemmend auf *Fusarium spec.*, vor allem *F. oxysporum var lycopersici*, *Aspergillus niger* und *A. oryzae*, *Xanthomonas translucens* und *Pseudomonas coronafaciens*.

Außer dem *Subtilin* konnten auch noch andere Wirkstoffe von *Bacillus subtilis* isoliert werden: *Bacillin*, *Bacitracin*, *Endo-Eumycin* und *Trypanotoxin* (28), die jedoch bisher noch kaum in ihrer Wirksamkeit gegen pflanzenpathogene Erreger ausgetestet wurden.

Es konnten kürzlich noch stark fungicid wirkende Antibiotika isoliert werden, so *Trichothecin* (18, 19), gebildet von *Trichothecium roseum*, das noch bei 6–25 mg/l völlig hemmend auf *Botrytis allii*, *Penicillium digitatum* (64 mg/l), *Fusarium graminearum* (16 mg/l), *Paecilomyces varioti* (30 mg/l), *Saccharomyces carlsbergensis* (16 mg/l) und *Mucor erectus* wirkt. Die wässerigen Lösungen sind stabil bei einem pH 1–pH 10. Weiterhin wurde das *Ciliosporin* (39) — das Stoffwechselprodukt von *Colpoda saprophila* — ausgetestet. Es wirkt stark hemmend auf *Bacillus (Erwinia) aroideae* und *Verticillium dahliae*. Auch das *Glutinosin* — gebildet von *Metarrhizium glutinosum* — besitzt starke antagonistische Fähigkeiten (3), so hemmen 0,8 γ /l das Wachstum von *Mucor mucedo*, *Byssosclamps fulva*, *Hydnum corralloides*, *Penicillium digitatum* und *Phoma betae* mit 5 γ /l in vitro.

Auch die *Fusarien* bilden Hemmstoffe, die unter dem Namen *Javacin* bekannt geworden sind und noch in der Verdünnung von 1: 10 000 letal auf alle Pilzsporen einwirken. Als besonders wirksam ist das *Enniatin* oder *Lateritin* (22) bekannt geworden, das von *Fusarium orthoceras var. enniatinum* und *F. scirpi* gewonnen werden konnte. Es wird im Pilz selbst angereichert und nur in Spuren an die Nährlösung abgegeben. Es ist im Wasser praktisch unlöslich und noch stark wirksam in einer Verdünnung von 1: 100 000 bis 1: 500 000. Von Wichtigkeit scheinen auch die kürzlich isolierten wasserunlöslichen *Fusarine I* und *II* (43) zu werden, die stark hemmend auf Pilze sowie auf gramnegative Bakterien wirken (29).

In allerletzter Zeit gelang es auch, von *Basidiomyceten* vor allen Dingen von *Poria corticola* und *P. tenuis* stark fungicid und bactericid wirkende Stoffwechselprodukte zu isolieren. Die ersten Orientierungsteste lassen eine beträchtliche, weit reichende Wirksamkeit vermuten.

Die Aufarbeitungsmethoden aller dieser Antibiotika sind im Prinzip die gleichen. Nach Anreicherung der hemmenden Substanzen im Pilz selbst oder in der Nährlösung muß die wirksame Substanz gefällt werden. Fast alle Antibiotika stellen eine schwache Säure dar. Die Eiweißstoffe werden mit Eiweißfällungsmitteln beseitigt und der Wirkstoff wird konzentriert. Dies geschieht entweder durch Einfrieren oder Eindampfen, je nachdem, ob eine wärmelabile oder -stabile Substanz vorliegt. Ist der Wirkstoff nicht in Wasser löslich, so kann das wirksame Agens mit Alkohol, Äther, Amyl-, Butylacetat oder Aceton extrahiert werden. Je nach Bedarf können auch andere organische Lösungsmittel herangezogen werden. Für den Pflanzenpathologen dürfte eine weitere Reinigung, die meist mit Hilfe der Chromatographie vorgenommen wird, überflüssig sein. Durch die Chromatographie werden meist nur für Menschen oder Tiere toxische Nebenprodukte aus den Antibiotika entfernt. Außerdem findet durch die Chromatographie eine noch stärkere Konzentrierung statt, die für die Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten nicht notwendig sein dürfte.

Auch die vorläufigen Orientierungsteste sind für alle Antibiotika im Prinzip gleich: Auf einer, mit dem geeigneten Nährboden beschickten Petrischale läßt man den Parasiten 2 bis 3 Tage wachsen. Man stanzt dann mit dem Korkbohrer 3 bis 4 Löcher in den Agar. Dabei muß darauf geachtet werden, daß sich auf dem Glasboden noch ein dünner Agarfilm befindet, damit die zu untersuchende Lösung nicht auf dem Boden entlang fließt, sondern in den Agar hinein diffundiert. In diese ausgestanzten Löcher gibt man die Substanz, die man auf ihre antibiotische Wirksamkeit prüfen will. Man kann auch, statt Löcher zu stanzen, mit den Lösungen getränkte, sterile Fließpapierstreifen auf den Agar legen. Nach nochmaliger Bebrütung wird man dann bei einem gelungenen Versuch deutlich markierte Hemmhöfe feststellen können. Durch vergleichende Messungen kann man dann Rückschlüsse auf die Hemmwirkung der antibiotischen Substanz ziehen.

Mit Hilfe der Antibiotika wird man vielleicht einmal nicht nur Pilz- und Bakterienkrankheiten der Pflanze bekämpfen können (57), sondern bestimmte antibiotische Stoffe scheinen auch pflanzliche Viren inaktivieren zu können. So inaktivieren reine Kulturen vom *Bacterium aerogenes* und *Bacillus proteus*

das Tabakmosaikvirus vollständig; auch verschiedene Hefen und *Aspergillus*arten scheinen die gleiche inaktivierende Wirksamkeit zu besitzen; fernerhin *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus vulgaris*, *Bacterium stewartii*, *Aerobacter aerogenes*, *Pseudomonas solanacearum*, *Sporodinia grandis*, *Rhizopus delemar*, *Mucor racemosus*, *Morchella* sp., *Rhodotorula* sp., *Penicillium spiculosporum*, *Gibberella saubinetii*, *Boletinus pictus*, *Amanita phalloides*, *Tricholoma personatum*, *Armillaria mellea*, *Lactarius deliciosus* und *Agaricus campestris*.

Coprinus micaceus bei 4° unter Toluol ausgepreßt, war wirksam gegen das Kartoffel-X-Virus auf Tabak und Kartoffeln, das Gurkenvirus, sowie gegen das Kohlmosaikvirus. Das wirksame Agens scheint wärmelabil zu sein, ist jedoch völlig unbeeinflussbar durch lang einwirkende Trocknung bei Zimmertemperatur. Der wirksame Stoff kann mit der 4fachen Menge Alkohol extrahiert werden, oder auch — wie bei *Bacterium stewartii* — mit n/20 HCl bei pH 4,5 gefällt werden.

Boletinus pictus, *Amanita phalloides* und *Pleurotus ostreatus* ermöglichen eine mehr als 90%ige Inaktivierung bei einem Wirkstoffgehalt von 5%, *Morchella spec.* eine 99%ige Inaktivierung bei einem Wirkstoffgehalt von 4%.

Es sind noch andere antagonistische Wachstumseinwirkungen von Pilzen bekannt, ohne daß das wirksame Agens bisher näher bestimmt wurde.

Schon 1919 war man darauf aufmerksam geworden, daß in einem Wassertropfen Sporen von Uredineen nicht keimen, wenn Sporen von *Colletotrichum*, *Alternaria* und *Mucor* anwesend waren, ohne daß jedoch deren Keimfähigkeiten irgendwie beeinträchtigt wurden (22).

Der Schorfbefall der Kartoffel, verursacht durch *Actinomyces scabies*, nimmt rasch ab, wenn der infizierten Erde steigende Gaben des Bodensaprophyten *Actinomyces praecox* zugefügt werden (22). Wie weit dabei eine reine Futterkonkurrenz eine Rolle spielt, müßte noch festgestellt werden. Auch andere *Actinomyces*arten (35) erwiesen sich als antagonistisch gegenüber *Actinomyces scabies*. Gleichzeitig zeigten diese Stämme eine hemmende Wirkung in vitro auf: *Corynebacterium sepedonicum*, *Erwinia carotovora*, *Xanthomonas phaseoli* und *X. campestris*. In gleicher Richtung liegen auch amerikanische Beobachtungen (47). In vier verschiedenen Bodenarten wurde *Actinomyces scabies* festgestellt, aber nur in drei Böden waren die Kartoffeln schorfkrank, während im letzten Falle der Pilz durch *Trichoderma*-, *Aspergillus*- und *Fusarium*arten so geschwächt wurde, daß er nicht mehr pathogen war. Alle Kartoffeln, die auf diesem Boden angebaut wurden, blieben gesund.

Actinomyces scabies besitzt auch eine stark hemmende Wirkung im Boden auf *Fusarium culmorum*, *F. dianthi* und *Phytophthora (Pseudomonas) caryophylli*. Weitere *Actinomyces*arten wirken im Boden stark hemmend gegen *Pythium arrhenomanes*, *P. ultimum* und *Rhizoctonia (Corticium) solani*. Ebenfalls konnten starke antagonistische Wirkungen gegen *Ceratostomella ulmi* in vitro festgestellt werden (53).

Auch andere ähnlich liegende Fälle sind bekannt. So hemmt *Bacillus mesentericus* (20), ein überall im Boden vorkommender Organismus, durch seine thermostabilen und säurefesten Ausscheidungen das Wachstum von *Helminthosporium sativum*. *Bacillus*

mesentericus deformiert die Pilzhyphen und läßt schon in äußerst schwachen Konzentrationen häufig sektorale Aufspaltungen erkennen. Er besitzt zwar stimulierende Wirkung auf die Konidienbildung, unterdrückt aber vollständig die Sporenceimung. Auch von anderen saprophytischen Bodenbakterien ist der Befall von *Helminthosporium sativum* weitgehend abhängig.

Die aus synthetischen Nährlösungen gewonnenen Versuchsergebnisse lassen sich nicht immer ohne weiteres auf die Bedingungen des Standortes der Pflanze und auf die der pathogenen Keime im Erdboden selbst übertragen. So wird *Ophiobolus graminis* in vitro durch *Penicillium F* vollständig gehemmt, aber im Erdboden, wo wahrscheinlich die durch das *Penicillium F* gebildeten Hemmstoffe durch *Bacillus subtilis* und *Bacillus mesentericus* inaktiviert werden, findet trotz Anwesenheit des *Penicilliums F* noch ein 30%iger Befall des Getreides statt (20). Deshalb muß stets der laboratoriumsmäßig festgestellte durch den praktischen Wirkungsgrad geprüft werden. Wachstum und Keimung von *Ophiobolus graminis* (20) werden im natürlichen Boden sehr stark von anderen Bodenmikroben bestimmt. Gehindert wird das Keimen durch *Trichoderma lignorum*, *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. nidulans* und *Gliocladium jimbriatum* (49). Eine große Bedeutung für die Empfänglichkeit der Pflanze gegenüber pathogenen Keimen scheint der natürlichen Bodenbeschaffenheit und der von ihr abhängigen Bodenmikroflora zuzukommen. Auch die Ausbreitung bestimmter pflanzlicher Infektionskrankheiten scheint von ihr abhängig zu sein. Die größte Wichtigkeit besitzt dabei die wurzelnahen Flora (7). Jede Wurzel ist von einer mikrobenreichen Hülle umgeben; wie weit deren Zusammensetzung artspezifisch ist, ist bisher noch ungeklärt. Angreifende Parasiten müssen diese Hülle durchdringen. In diesem Zusammenhang ist man zu folgenden Versuchsergebnissen gekommen: *Ascochyta pinodella*, ein ausgesprochener Erbsenparasit, greift im natürlichen Boden Weizen und Mais nicht an. Zu ganz entgegengesetzten Ergebnissen kommt man, wenn das Getreide in sterilem — mit steriler Nährlösung befeuchtetem — Agar oder Sand ausgelegt wird. Hier erweist sich *Ascochyta pinodella* für Mais und Weizen äußerst pathogen. Der Pilz bildet um die Wurzel einen dunklen Hyphenmantel und dringt dann in die Rindenschichten ein. Diese Erscheinung erinnert stark an eine Pseudomykorrhiza, wobei das symbiontische Gleichgewicht zu ungunsten der höheren Pflanze verschoben wurde. Der Pilz zeigt ein deutlich parasitäres Verhalten.

Die Resistenz von Mais und Weizen gegenüber *Ascochyta pinodella* ist nur durch die Beschaffenheit der wurzelnahen Flora bedingt. Auch die Resistenz der dikotylen Pflanzen gegenüber dem Weizenparasiten *Ophiobolus graminis* scheint auf der rhizosphären Flora zu beruhen. Bei diesen Vorgängen spielen wahrscheinlich auch die bisher bekannten Antibiotika eine Rolle. Es ist jedoch anzunehmen, daß auch bisher noch unbekanntes Wirkstoffen große Bedeutung zukommt (15).

Man hat die Beobachtung gemacht, daß Getreide in natürlichem Boden resistent gegen *Phymatotrichum omnivorum* ist, in sterilem Boden dagegen von ihm schnell angegriffen und abgetötet wird.

Es konnte beobachtet werden (34, 56), daß Tabak- und Flachssorten, die anfällig gegen Fußkrankheiten sind, eine bakterienärmere wurzelnahen Flora besitzen

als die resistenten Sorten. Die wurzelnahen Mikroben scheinen als Stoffwechselprodukt Blausäure auszuscheiden, die das Gedeihen von *Fusarium*- und *Helminthosporium*arten unmöglich macht. In der wurzelnahen Flora der resistenten Sorten konnte 25–37 mg Blausäure nachgewiesen werden, während die Nährlösungen der anfälligen Sorten nur Spuren HCN aufwiesen. Außerdem konnte in der Umgebung der resistenten Flachspflanzen stets *Trichoderma viride* gefunden werden. *Trichoderma* verhält sich den gegebenen HCN-Konzentrationen gegenüber unempfindlich und ist außerdem selbst als starker Antagonist bekannt.

Es ist fernerhin beobachtet worden, daß die Mykorrhizenpilze von Kiefern und Fichten, zum Beispiel *Rhizoctonia juniperi*, in natürlichem Boden harmlose und ständige Begleiter der Nadelbäume, in sterilem Boden oder Sand die Wurzeln vollständig durchwuchern und dadurch die jungen Pflanzen in kürzester Zeit vernichten können (20). Die wurzelnahen Mikroflora scheint auch hier das symbiotische Gleichgewicht zwischen Pilz und höherer Pflanze zu regeln. So hat man die schlechtesten Erfahrungen gesammelt, als man einjährige Kiefern aus der Rheinpfalz in den sandigen Boden bei Eberswalde gebracht hat, der ja bekanntlich sehr arm an Mikroorganismen ist. Fast alle Pflanzen gingen binnen kürzester Zeit an Fußkrankheiten ein.

In Leningrad (33) bekämpfte man die auftretenden Fußkrankheiten der Kiefer, die besonders durch verschiedene *Fusarium*arten verursacht wurden, durch Gaben von Komposterde, die einen großen Gehalt von saprophytischen *Actinomyces*-, *Achromobacter*- und *Pseudomonas*arten besaß. Der Befall an Fußkrankheiten ging um 70–90% zurück.

Neben anderen Faktoren, die im Rahmen dieses Referates außer Betracht bleiben können, scheint hier der Zusammensetzung, speziell der rhizosphären Flora, die größte Bedeutung zuzukommen. Auch der praktische Gärtner pflanzt Nelken, um sie vor den verheerenden Fusariosen zu schützen, mit einem großen Wurzelballen ein, damit auf jeden Fall die Zusammensetzung der wurzelnahen Flora erhalten bleibt. Auch Weizen wurde nicht von *Fusarium culmorum* (50), trotz dessen Anwesenheit im Boden, befallen, wenn sich in der wurzelnahen Zone *Acremonium sp.*, *Gliocladium fimbriatum* und *Phialophora sp.* befanden.

In diesem Zusammenhang ist das Problem der Bodenmüdigkeit erwähnenswert. Erfahrungen ergaben, daß unsere Kulturböden oft, trotz bester Versorgung mit natürlichem und mineralischem Dünger, nicht mehr so gute Ernten lieferten, wie man sie erwartete. Man stellte fest (31, 32): werden Erbsen zum Keimen ausgelegt, von den gekeimten Erbsen wässerige Extrakte hergestellt, und in diesen Extrakten neue Erbsen zum Keimen ausgelegt, so keimen diese nicht mehr, bzw. wenn die Extrakte genügend verdünnt werden, tritt eine sehr starke Keimverzögerung ein. Ähnliche Versuchsergebnisse werden auch bei der gleichen Versuchsanordnung bei Getreidekörnern erzielt. Es hemmen also Extrakte von Erbsenkeimlingen die Erbsen und die von Weizenkeimlingen den Weizen. Auch wässerige Extrakte aus Heu, Stroh oder Weizenkörnern verursachen Keimhinderung oder mindestens sehr starke Keimverzögerungen. Diese keimungshemmenden Stoffe sind wasserlöslich. Man legt daher schlecht keimende Samen, wie z. B.

Apfelkerne, um sie zum Keimen zu bringen, 2 bis 3 Tage in fließendes Wasser, damit diese keimungshemmenden Stoffe entfernt werden, bevor man die Samen zum Keimen auslegt.

Wahrscheinlich reichern sich diese keimungshemmenden Stoffe, die jedoch wohl in den meisten Fällen spezifisch wirken, im Boden an. Es scheint, daß der Boden durch dauernde einseitige Fruchtfolgen — wie man wohl sagen kann — für bestimmte Pflanzen „vergiftet“ wird, so daß man vielleicht damit eine Ertragsminderung erklären könnte. Es ist noch völlig ungeklärt, wie lange diese keimungshemmenden Stoffe oder Toxine ihre Wirksamkeit im Boden behalten können, und wie der Boden wieder „entgiftet“ werden kann.

Andererseits konnten aus Gräsern bestimmte Extraktfraktionen erhalten werden, die die Keimung von Samen fördern und das Wachstum beschleunigen, also ausgesprochen stimulierend wirken. Im Erdboden liegt wahrscheinlich ein Antagonismus zwischen stimulierenden und antibiotischen Stoffen vor.

In einer natürlichen Pflanzengesellschaft, in der eine Unzahl der verschiedensten Gewächse vereinigt sind, wird eine Fülle von Stoffen an den Erdboden abgegeben. Anscheinend werden nun die keimungshemmenden durch die stimulierenden Stoffe überwunden, so daß man hier von einer biologischen „Entgiftung“ des Bodens sprechen kann. Wenn sich diese Überlegungen, die teilweise auch bereits durch Experimente bestätigt wurden, als richtig herausstellen, könnte durch eine sinnvolle Fruchtfolge statt der Anreicherung der keimungshemmenden Stoffe auch eine größere Anreicherung und wahrscheinlich dann auch ein Überwiegen der stimulierenden Stoffe erreicht werden. Alle diese Fragen bedürfen jedoch noch einer eingehenden Forschung, bevor sich etwas Endgültiges aussagen läßt.

Die Bodenmüdigkeit stellt sicherlich einen Faktorenkomplex dar. Auch die Bodenmikroflora kann bei diesen Fragen nicht außer acht gelassen werden. In einem Gramm Boden befinden sich mehrere Millionen Kleinstlebewesen, die sich bei einseitigen Fruchtfolgen ebenfalls einseitig anreichern, bedingt durch eine gegenseitig störende Wachstumsbeeinflussung. Auch die Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen — die unter anderem als sehr stark wirkende Welketoxine bei der höheren Pflanze bestimmt werden konnten — können Keimhemmung, Keimverzögerung und Kümmerwuchs der höheren Pflanze verursachen und somit die Erscheinung einer Bodenmüdigkeit zur Folge haben. Eine „Alterung“ des Bodens zu verhüten und dadurch eine Kräftigung der Pflanzen und somit erhöhte Resistenz gegen pilzliche und bakterielle Infektionskrankheiten zu erreichen, muß Aufgabe des zukünftigen Ackerbauers sein (6, 50). Er muß also nicht nur für einen günstigen Nährstoffgehalt des Bodens für die Kulturpflanze sorgen, sondern auch der Bodenmikroflora müssen ausreichende Nährstoffquellen geboten werden.

Eine wesentliche Bedeutung dürfte den verschiedensten saprophytischen *Actinomyces*arten zukommen, da sie dem Boden nicht nur allein seinen lockeren Aufbau verleihen und damit wesentlich zur gleichmäßigen, kapillaren Wasserversorgung beitragen, sondern da sie auch durch die Ausscheidungen ihrer starken antibiotischen Stoffwechselprodukte pflanzenpathogene Keime stark hemmend beeinflussen (s. Antimycin, Actidion, Grisein,

Streptoxin, Streptomycin, Streptotrycin und Musarin). Wie weit alle diese Probleme zur Klärung des Ursachenkomplexes der Bodenmüdigkeit beitragen, muß die weitere Zukunft lehren.

Wenn wir rückblickend die antibiotischen Wirkungen der verschiedensten Mikroorganismen überblicken, sei es Pilz oder Bakterium, sei das wirksame Agens bekannt oder unbekannt, kann man schon heute am Beginn der Antibiotikaforschung stehend sagen, daß mit der Entdeckung der Antibiotika neue Wege eröffnet worden sind. Die Antagonisten sind in ihren Hemmwirkungen oft derart ausgeprägt, daß zumindest daran gedacht werden kann, sie für die biologische Bekämpfung pflanzenpathogener Mikroorganismen im Gartenbau, bei Gewächshauskulturen, in Baumschulen und Pflanzgärten zu verwenden. Wirkungsvoller wäre es vielleicht, wenn man auf die chemischen Grundstoffe zurückgehen könnte, sie konstitutionell aufklärt und synthetisch herstellt, um sie dann als spezifische Bekämpfungsmittel anstelle der bisher mehr oder minder unspezifischen Kupfer-, Schwefel- und Quecksilberpräparate zu verwenden.

Die antibiotischen Stoffe übertreffen zum Teil in ihrer Wirksamkeit schon jetzt die bekannten Fungicide. Es besteht ohne weiteres die Aussicht, daß man die gebildeten fungiciden Wirkstoffe in ihrer Hemmkraft noch steigern kann, wenn man immer wieder durch Auslese die kräftigsten Antagonisten auswählt und ihnen dann einen günstigen Nährboden mit optimalem Wirkstoffangebot zur Verfügung stellt. Auch beim Penicillin, dessen 1. Ausbeute vor zehn Jahren 2–3 IE/cm³ betrug, ist es heute gelungen, durch intensive Züchtungsmethoden den Hemmwert und damit die Ausbeute um mehr als das 100fache zu steigern.

Eingehende Untersuchungen müssen sich mit der Wirkung und dem Einfluß der Antibiotika auf die höhere Pflanzenzelle selbst befassen.

Gegen die Krankheitserreger der unterirdischen Sproßteile, gegen die man als erfolgreiches Bekämpfungsmittel bisher meist nur die Züchtung resistenter Sorten zur Verfügung hatte, könnte man vielleicht mit einer Superinfektion der Konidien des Antagonisten einige Erfolge erzielen, wie dies bereits in Amerika und Holland erfolgreich geschehen ist. Es muß dabei beachtet werden, daß dem Antagonisten im Boden günstige Lebens- und Ernährungsbedingungen geschaffen werden müssen. Es muß fernerhin damit gerechnet werden, daß durch inaktivierende Enzyme anderer Mikroorganismen günstige Ergebnisse in Frage gestellt werden können. Die mögliche Verwendbarkeit der Antibiotika in der Pflanzenpathologie bedarf noch eingehender Forschung, bis sie in der Hand des Praktikers eine wertvolle Waffe gegen die verschiedensten Pflanzenkrankheiten abgeben kann.

Auch bei manchen höheren Pflanzen selbst sind bestimmte, in den Zellen produzierte Antibiotika bekannt geworden. Meistens liegen sie als Zellinhaltsstoffe vor, seltener sind sie auch in der Zellmembran vertreten. So war schon lange aufgefallen, daß braunschalige Zwiebeln weniger anfällig als weißschalige sind. Gemeinsam mit dem braunen Farbstoff Quercetin ist ein fungicides Phenol (60) isoliert worden, das Keimung und Wachstum von *Colletotrichum circinans* und *Fusarium cepae* noch bei einer Verdünnung von 1:3000 vollständig hemmt. Es ist dies eine weitaus geringere Konzentration, als in der

Zwiebelschale vorliegt. Dieses Fungicid ist nur in der Schale wirksam, wandert der Parasit durch den Zwiebelhals ein, so ist die braunschalige Zwiebel ihm gegenüber genau so anfällig wie die weißschalige Zwiebel. Dieses fungicide Phenol wirkt spezifisch, denn es sind auch vollständig resistente Parasiten bekannt. So verhält sich *Aspergillus niger* der gegebenen Konzentration gegenüber absolut unempfindlich.

Die in den Zellen vorkommenden antibiotischen Giftstoffe verhindern nicht nur das Ausbreiten eines Erregers, sondern sie können ihn auch manchmal schon von dem Eindringen abhalten.

Baktericide Substanzen sind im Pflanzenreich weit verbreitet. Vielleicht ist ihr Vorhandensein auch mit ein Grund dafür, daß die Zahl der bakteriellen pflanzlichen Erkrankungen relativ klein ist. So wurden allein in 63 Gattungen von Blütenpflanzen, die zu 28 Familien gehören, stark wirkende Hemmungen auf menschenpathogene Mikroben, unter anderem *Staphylococcus aureus* und *Bacterium coli* beobachtet (42); fungicide Substanzen sind im höheren Pflanzenreich im allgemeinen seltener, einige wenige sind jedoch auch bekannt geworden.

So wirken die pflanzlichen Alkaloide im allgemeinen auf die spezifischen Krankheitserreger der betreffenden Gruppe wenig giftig. Bei den unspezifischen dagegen kommt man zu der Feststellung, daß ein gewisser Zusammenhang zwischen dem Alkaloidgehalt der Wurzel und ihrer Widerstandskraft gegenüber pilzlichen Parasiten besteht (20). Die stärkste fungicide Wirkung unter den Alkaloiden weist Sanguinarin auf, das noch in einer Verdünnung von $2,5 \times 10^{-6}$ Pilzwachstum und Keimung von Pilzsporen vollständig hemmt. Andere Zellinhaltsstoffe, wie die Phenole, zeigen in höheren Konzentrationen auf die Pilze eine toxische und wachstumshemmende Wirkung. In niederen Konzentrationen dagegen wirken die Phenole stimulierend auf die Pilze ein, wobei die Konzentrationsgrenzen verwischt sind.

Klarer liegen die Verhältnisse bei den Senfölen (20). Freies Allylsenföl ist für *Colletotrichum circinans*, *Botrytis allii*, *Aspergillus niger* und *Gibberella saubinetii* außerordentlich giftig. Es hemmt die Pilze bereits bei einer Verdünnung von $2,4 \times 10^{-6}$; auch bei den *Cruciferen* besteht eine Korrelation zwischen dem Allylsenfölgelhalt der Wurzel und ihrer Widerstandskraft gegenüber *Plasmidiophora brassicae*. Die Giftigkeit der Senföle nimmt von Allyl- über Phenyl-, Methyl- und Aethyl- ab.

Ein interessanter Fall von Ausbreitungsresistenz wurde auch beim Heteroauxin (20) beobachtet. Es war schon seit längerer Zeit bekannt, daß die pilzlichen Erreger von Pflanzenkrankheiten immer nur in einem gewissen Abstand hinter dem Vegetationskegel herwachsen und diesen, wenn er nicht durch andere Faktoren geschwächt wurde, nicht angreifen können. Diese Beobachtung konnte nun dahingehend aufgeklärt werden, daß das Heteroauxin in der im Vegetationskegel befindlichen Konzentration sich hemmend auf gewisse Mikroorganismen erweist. So wird zum Beispiel *Tilletia tritici* schon in einer Heteroauxinkonzentration von 4×10^{-10} völlig gehemmt. Dies sind weitaus niedrigere Konzentrationen, als in den pflanzlichen Geweben des Vegetationskegels nachgewiesen werden konnten. Dem Heteroauxin kommt also — außer seinen sonstigen wichtigen

Eigenschaften — die einer wertvollen Schutzsicherung zu, da es die Parasiten von den lebenswichtigen Wachstumsbezirken fernzuhalten vermag.

Weiterhin hat man folgende Beobachtungen gemacht: Stellt man von einer anfälligen Maissorte einen sterilen Preßsaft her, so vermag *Ustilago zaeae* sehr gut darin zu gedeihen (45); in dem gleichen Preßsaft einer resistenten Sorte liefert er nur 1% des Kontrollmycelgewichtes. Die gleichen Beobachtungen kann man auch mit *Fusarium lini* beim Flachs machen.

Diese präformierten, bisher in ihrer Struktur noch unbekanntem Bactericide und Fungicide können den Erreger meist nicht vom Eindringen abhalten, schwächen ihn aber so, daß er zu Grunde geht. *Fusarium lini*, ein typischer Flachsparasit, kann in die Wurzelhaare des Kohls und *Fusarium conglutinans*, ein Kohlparasit, in die Wurzelhaare des Flachses eindringen, sie können aber hier, bedingt durch die antibiotischen Zellinhaltsstoffe, ihr Wachstum nicht fortsetzen (55). Die Uredosporen von *Uromyces chrysanthemi* können in die Blätter der Feigwurz und die Keimschläuche von *Uromyces geranii* in die Spaltöffnungen der Sumpfdotterblume eindringen, sie gehen aber hier schon in einer Zeit zu Grunde, in der die auf der Blattoberfläche befindlichen Keime noch voll lebensfähig sind (20), so daß ein Nahrungsmangel wohl außer Diskussion bleibt.

Die Feststellung der bei diesen Vorgängen eine Rolle spielenden wirksamen Prinzipien, denen vielleicht auch bei den Unterschieden zwischen anfälligen und resistenten Sorten eine entscheidende Bedeutung zukommt, dürfte ein dankbares Untersuchungsgebiet sein.

Alle hier genannten antagonistischen Stoffe wirken selbstverständlich nicht auf alle Erreger gleichmäßig, sondern ihre Wirkung ist meist nur auf einige bestimmte Organismen beschränkt. Auch hier können durch Mutationen resistente Formen entstehen, so daß man wahrscheinlich bei einer Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten mit antibiotischen Hemmstoffen nie bestimmt mit einem 100%igen Erfolg rechnen kann.

Das Gebiet der Antibiotika — so groß und vielversprechend es auch ist — weist bisher wenig erschöpfende Versuchsergebnisse auf. Meistens liegen nur Tastversuche vor. Auch hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Pflanzenzelle ist noch wenig bekannt. Alle Antibiotika scheinen jedoch mehr oder minder stark ausgeprägte Zellgifte zu sein; und zwar wird die Semipermeabilität in den Plasmagrenzschichten gestört (21). Da bisher leider nur in sehr geringem Maße die Einwirkung der Antibiotika auf die höhere Pflanze bei gleichzeitiger Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten untersucht wurde, kann nur sehr wenig über die Schädigung auf die höhere Pflanze selbst ausgesagt werden. Es wird — von wenigen Ausnahmen abgesehen (Actidion) — von keiner oder einer nur geringen Gewebeveränderung der höheren Pflanze gesprochen.

Diese vorliegende Zusammenstellung soll ein in gedrängter Kürze dargebotener Überblick über die bisher vorhandenen Ergebnisse der antibiotischen Wirksamkeit sein, mit besonderer Berücksichtigung der in der Pflanzenpathologie möglichen Anwendung. Sie kann keinen Anspruch auf vollständige Darstellung aller Probleme erheben. Vielleicht aber

kommt man doch zu der Überlegung, daß die Phytopathologie mit der Erforschung und Anwendung der Antibiotika, genau wie die Medizin, vor ganz neuen therapeutischen Wegen steht.

Literatur.

1. Anway, A. A., Factors affecting the survival of *Helminthosporium sativum* and *Fusarium lini* in soil. *Phytopathology* 39, 1949, 1005—1019.
2. Arnstein v., H. R., Cook, A. H. and Lacey, M. S., The inhibition of *Fusarium oxysporum* var. *cubense* by Musarin, an antibiotic produced by Meredith's Actinomycete. *Journ. gen. Microbiol.* 45, 1948, 111—122.
3. Brian, P. W., Curtis, P. J. and Hemming, H. G., Glutinosin: a fungistatic metabolic product of the mould *Metarrhizium glutinosum* S. *Proc. roy. Soc. Sev.* 135, 1947, 106—132.
4. Brian, P. W., Curtis, P. J. and Hemming, H. G., Gladiolic acid an antibiotic substance produced by *Penicillium gladioli* Mc. *Cult and Thom.* *Journ. gen. Microbiol.* 23, 1948, 341—355.
5. Brian, P. W., Studies on the biological activity of Griseofulvin. *Ann. Bot. N.S.* 13, 1949, 59—77.
6. Clark, F. E., Soil microorganisms and plant roots. *Advances in Agronomy* 1, 1949, 241—288.
7. Cook, A. H., Cox, S. F. and Farmer, T. H., Antibiotics produced by fungi and a new phenomenon in optical resolution. *Nature* 171, 1948, 61.
8. Cooper, W. E. and Chilton, S. I. P., Antibiosis of Actinomycetes strains to *Pythium arhenomanes*, *P. ultimum* and *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 39, 1949, 5.
9. Darpoux, H. et Faivre-Amiot, A., Sur un Actinomycete doué de propriétés bacteriolytiques remarquables. *Compt. rend. Acad. Sci. Paris* 226, 1948, 1146—1148.
10. Darpoux, H. et Faivre-Amiot, A., Actions antagonistes de l'Actinomycete 105 sur quelques microorganismes pour la plupart phytopathogènes. Essais d'application dans la lutte contre les maladies des plantes. *Ann. Inst. Pasteur* 76, 1949, 72—74.
11. Darpoux, H. et Faivre-Amiot, A., Actions antagonistes de divers microorganismes sur les agents Phytopathogènes. *Acad. Agric. France* 1949.
12. De Ropp, R. S., Action of Streptomycin on plant tumours. *Nature* 162, 1948, 459—466.
13. De Ropp, R. S., The action of antibacterial substances on the growth of *Phytophthora tumefaciens* and of crown gall tumour tissues. *Phytopathology* 39, 1949, 822—828.
14. Dufrenoy, J., Robertson, P. and Pickering, V. L., Effect of streptomycin on plant cells. *Phytopathology* 39, 1949, 859—860.
15. Eaton, F. M. and Rigler, N. E., Influence of carbohydrate levels and rootsurface microfloras on *Phymatotrichum* rootrot in cotton and maize plants. *Journ. Agr. Res.* 72, 1946, 137—161.
16. Felber, I. M. and Hanner, C. L., Control of mildew on bean plants by means of an antibiotic. *Bot. Gaz.* 110, 1948, 324—325.

17. *) Florey, H. W., Jennings, M. A., Gilliver, K. and Sanders, A. G., Mycophenolic acid an antibiotic from *Penicillium brevi compactum*. Lancet. 250, 1946, 44—46.
18. Freeman, G. G. and Morrison, R. I., Trichothecin an antifungal metabolic product of *Trichothecium roseum* Link. Nature 162, 1948, 30.
19. Freeman, G. G. and Morrison, R. I., Some biological properties of Trichothecin an antifungal substance from *Trichothecium roseum* Link. Journ. gen. Microbiol. 3, 1949, 60—68.
20. G ä u m a n n, E., Pflanzliche Infektionslehre. Basel 1946.
21. G ä u m a n n, E. und A r x, A. v., Antibiotika als pflanzliche Plasmagifte. Ber. schweiz. bot. Ges. 57, 1947, 175—182.
22. G ä u m a n n, E., Roth, St., Ettlenger, L., Plattner, P. A. und Nager, U., Enniatin, ein neues gegen Mykobakterien wirksames Antibiotikum. Experientia 3, 1947, 202.
23. Gottlieb, C. D., Hassan, H. H. and Linn, M. B., Actidione as a plant protectant. Phytopathology 40, 1950, 218—219.
24. Goodman, I. I. and Hemy, A. W., A strain of *Bacillus subtilis* possessing distinctive antibiotic properties towards *Xanthomonas translucens* and other bacteria. Proc. Canad. phytopath. Soc. 15, 1947, 19.
25. Grossbard, E., Production of an antibiotic substance on wheat straw and other organic materials and in soil. Nature, 161, 1948, 614—615.
26. Grossbard, E., Plant diseases 4. The control of plant diseases by microbiologic antagonism. Rep. exp. Res. sta. Cheshunt. 1948, 29—39.
27. Hampton, J. E., Cure of crown gall with antibiotics. Phytopathology 38, 1948, 11—12.
28. Henneberg, G., Antibiotische Stoffe. Centralbl. Bakt. 1. Abt. 155, 1948, 76—94.
29. Kavanagh, F., Herey, A. and Robbins, W. I., Antibiotic substances from Basidiomycetes. V. *Poria corticola*, *Poria tenuis* and an unidentified Basidiomycetes. Proc. nat. Acad. Sci. Wash. 36, 1950, 1—7.
30. Klinkowski, M., Penicillin und Streptomycin in der Pflanzentherapie. Nachrichtenbl. dtsh. Pflanzenschutzd. N.F. 2, 1948, 114—117.
31. Klossa, J., Zur Bodenmüdigkeit und Bodenfruchtbarkeit. Karteikurzber. Landw. 4, 1949, 203—204.
32. Klossa, J., Über einige die Keimung von Samen und das Wachstum von Bakterien hemmende Substanzen aus Vegetabilien. Die Pharmazie 3, 1948, 410—413.
33. Krasilnikow, N. A. and Raznitsina, E. A., A bacteria method of controlling damping off of Scots Pine seedlings carried by *Fusarium*. Agrobiologia 5—6, 1946, 109—121.
34. Laan, van der, Antibiotische stoffen als fungicide tegen *Cercospora nicotiana* op Tabak. Tijdschr. Plantenziekt. 6, 1947, 180—187.
35. Landerkin, A. B. and Lochhead, A. G., A comparative study of the activity of fifty antibiotic *Actinomyces* against a variety of soil bacteria. Canad. Journ. Res. Sect. C. 26, 1948, 501—506.
36. Leben, C. and Keitt, G. W., An antibiotic substance active against certain phytopathogens. Phytopathology 38, 1948, 899—906.
37. Leben, C. and Keitt, G. W., Greenhouse tests of an antibiotic as a protectant spray. Phytopathology 38, 1948, 16.
38. Leben, C. and Keitt, G. W., Laboratory and greenhouse studies of Antimycin preparations as protectant fungicides. Phytopathology 39, 1949, 529—546.
39. Leontew, I. F., Fungicidal properties of *Ciliophora*. Природа (Nature) 6, 1948, 58—59.
40. Michener, H. O. and Snell, N., Two antifungal substances from *Bacillus subtilis* cultures. Arch. Biochem. 22, 1949, 208—214.
41. Niethammer, A., Die Gattung *Penicillium* Link. Merkmale, Leben, Verbreitung, Leistungen, Antibiose und Arten. Stuttgart 1949.
42. *) Osborn, E. M., British Journ. exp. Pathol. 24, 1943, 227—231.
43. Plattner, P. A., Nager, U. und Boler, A., Über die Isolierung neuartiger Antibiotika aus Fusarien. Helv. Acta 31, 1948, 594—602.
44. Randhava, G. S. and Hammer, C. L., The effect of antibiotics and growth regulators on germination of several seeds with special reference to Actidione. Indian Journ. Hort. 6, 1949, 1—5.
45. *) Ranker, E. R., The nature of smut resistance in certain selfed lines of corn as indicated by filtration studies. Journ. agric. Res. 41, 1930, 613—619.
46. Rochlin, E., Zur Frage der Widerstandsfähigkeit der Cruciferen gegen die Kohlhernie (*Plasmodiophora brassicae* Wor.). Phytopath. Ztschr. 5, 1933, 381—406.
47. Schaal, L. A. and Fults, J., Some preliminary studies on the antagonism of soil fungi and bacteria to *Actinomyces scabies*. Journ. Colo. — Wyo. Acad. Sci. 36, 1948, 39.
48. Simmonds, P. M., The influence of antibiosis in the pathogenicity of *Helminthosporium sativum*. Sci. Agric. 27, 1947, 629—632.
49. Slagg, C. M. and Fellows, H., Effects of certain soil fungi and their by — products on *Ophiobolus graminis*. Journ. agric. Res. 25, 1947, 279—293.
50. Slykhuis, I. T., Studies on Fusarium culmorum blight of Crested Wheat and Brome Grass seedlings. Canad. Journ. Res. Sect. C 25, 1947, 155—180.
51. Smith, G., Anti-fungi substances from moulds. 2. The effect of Patulin on the growth of various plant parasites. Trans. Brit. mycol. soc. 31, 1947, 136—139.
52. Swaby, R., The relationship between microorganism and soil aggregation. Journ. gen. Microbiol. 3, 1949, 236—254.
53. Szkolnik, M., Antagonistic activity of a species of *Actinomyces* against *Ceratostomella ulmi*. Phytopathology 38, 1948, 85—87.
54. Thomas, W. D., The control of Fusarium root rot and bacterial wilt of carnations by antibiotic fungi. Journ. Colo. — Wyo. Acad. sci. 3, 1948, 39.
55. *) Timonin, M. I., Canad. Journ. Res. 18, 1940, 444—450.

56. *) Timonin, M. I., *Soil Sci.* 52, 1941, 395—413.
 57. Utech, N. M. and Johnson, I., The inactivation of plant viruses by substances obtained from bacteria and fungi. *Phytopathology* 40, 1950, 247—265.
 58. Vaughn, I. R., Lockwood, I. L. Randwa, G. S. and Hanner, C., The action of Actidione on plant tissue and upon certain fungi. *Quart. Bull. Mich. agric. Exp. Sta.* 31, 1949, 456—464.
 59. Waksman, S. A., Streptomycin. Nature and practical application. Williams and Wilkins Co. Baltimore, 618, 1949.
 60. *) Walker, I. C., Morell, S. and Forster, Amer. *Journ. Bot.* 24, 1937, 536—541.

61. Wallan, V. R., Sutton, M. D. and Skolko, A. I., The effect of Actidione on the growth of certain pathogenic fungi and on the germination of pea seed. *Phytopathology* 40, 1950, 156—160.
 62. Wang, The effect of Clavacin upon root growth. *Bot. Bull. Acad. sinica* 11, 1948, 265—269.
 63. *) Weidling, R., *Phytopathology* 24, 1936, 1153—1179.
 64. Wolf, F. T., Die Wirkung von Sulfonamiden und Antibiotica auf pathogene Pilze. *Ann. crypt. phytopath.* 6, 1947.

*) nur im Referat zugänglich gewesen.

Kleine Mitteilung

Synthetisches Pyrethrum.

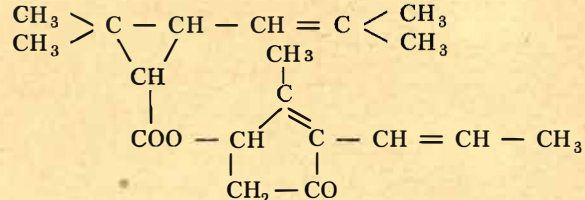
Eine Notiz mit diesem Titel in der Zeitschrift „Chemie-Ingenieur-Technik“ 22, 338 (14. August 1950) verdient für den modernen Pflanzenschutz größte Beachtung. Danach ist es in den USA gelungen, eines der wirksamsten Bestandteile des Pyrethrums zu synthetisieren und die Verbindung bereits großtechnisch herzustellen.

Bekanntlich wurde bisher Pyrethrum als kontaktinsektizides Insektenpulver oder in Form des Extrakts aus den getrockneten Blütenköpfchen von Chrysanthemumarten gewonnen. Mittel auf dieser Grundlage erfreuen sich in den USA größter Beliebtheit, die auch durch die Einführung der modernen Kontaktinsektizide DDT, Hexa und E 605 kaum geschmälert wurde. Die USA waren die bedeutendsten Verbraucher an natürlichem Pyrethrum mit 85% der Weltproduktion (1930) und einer Einfuhr von zuletzt 20 Millionen Pfund trockener Blüten im Jahr. Japan und seit dem letzten Krieg Kenya in Afrika sind die Hauptlieferanten.

Pyrethrum-Mittel besitzen große Anwendungsbreite und werden zum Spritzen und Stäuben gegen Blattläuse, Raupen und viele Insekten benutzt. Warmblütern gegenüber sind sie in den zur Schädlingsbekämpfung angewendeten Konzentrationen ungefährlich und haben deswegen in USA ihre zunehmende Verwendung begünstigt. Nach der oben erwähnten Notiz soll sich herausgestellt haben, daß DDT bei Mensch und Säugetier akkumulative Giftwirkung zeigt, weswegen neuerdings größte Vorsicht bei seiner Verwendung für Milchvieh angeraten wird. Amerikanische Hersteller erwägen allen Ernstes, die DDT-Produktion aufzugeben, weil sie gesetzlich regresspflichtig sind. (Chemie-Ing.-Technik 22, 139 (1950).) Nach kürzlichen Untersuchungen des Department of Agriculture sollen DDT und Hexachlorcyclohexan den Boden vergiften.

Aus den angeführten Gründen, der Abhängigkeit von der Pyrethrumimport und der angeblichen Giftigkeit der modernen Kontaktinsektizide hat offenbar das Landwirtschaftsministerium die industrielle Erzeugung der Pyrethrum-Inhaltsstoffe auf synthetischem Wege gefördert. Es gab bereits am 11. März 1949 bekannt, daß es gelungen sei, eine homologe Verbindung eines der wirksamen Bestandteile des Pyrethrums zu synthetisieren (vgl. Chem.-Ing.-Technik 21, 486 (1949)). Bekanntlich gibt es zwei wichtige Inhaltsstoffe, die Pyrethrine I und II, die bereits von Staudinger (Deutschland) und Ruzicka (Schweiz) im Jahre 1924 in ihrer Konstitution im wesentlichen aufgeklärt wurden. Die letzten Erkenntnisse verdanken wir den Amerikanern Haller und

La Forge (1939—41), die nach dem Kriege mit ihren Mitarbeitern bis 1949 in etwa 22 Veröffentlichungen auch die Synthese der Verbindungen bearbeiteten. Im Kriege bestand in Deutschland großes Interesse für die Synthese der Verbindung, was der Vortrag von Offe auf einer Tagung der Arbeitsgemeinschaft „Schädlingsbekämpfung“ am 23. 10. 1942 in Wien beweist. Beide Pyrethrine und zwei weitere Inhaltsstoffe, Cinerin I und II, sind Ester zweier Ketonalkohole, Pyrethrolon und Cinerolon mit zwei verschiedenen, einander nächstehenden Säuren, der Chrysanthemum-mono- und -dicarbonsäure. Die neue synthetische Verbindung ist dem Cinerin I sehr ähnlich, es handelt sich um den d,l-2-Allyl-4-hydroxy-3-methylcyclopenton-(2)-l-on-Ester der d,l-cis-trans-Chrysanthemum-monocarbonsäure.



Diese komplizierte Verbindung wird in einem 13-Stufenverfahren synthetisiert, das bereits nach einem Jahr von der Union Carbide u. Carbon Corp. aus dem Laboratorium in die Produktion übertragen werden konnte. Das Produkt wird „Allethrin“ genannt, es können davon jährlich mehrere hunderttausend Pfund erzeugt werden, wovon für den Inlandsbedarf 150.000 Pfund genügen. Der Preis beträgt 45 Dollar/Pfund, ist bereits jetzt niedriger als der des natürlichen Extraktstoffes und soll noch weiter gesenkt werden. Es wird den bisherigen Arbeitern von Pyrethrum verkauft, die es unter dem Namen „Pyresin“ (20%) zu einem Preis von 9 Dollar/Pfund auf den Markt bringen. (Das Aerosol-Präparat aus natürlichem Pyrethrum kostet 11,5 Dollar/Pfund!) Das synthetische Erzeugnis soll bessere Haltbarkeit besitzen als das natürliche!

Die Patente, die dem Landwirtschaftsministerium gehören, stehen in den USA jedermann zur Verfügung. Im Ausland vergibt die U S Industrial Chemicals Inc. Lizenzen. Dr. Fürst.

Zusatz der Redaktion:

Zu den in der Tagespresse und in der Literatur in USA aufgetretenen Nachrichten über die Giftigkeit des DDT hat die Federal Security Agency-Public Health Service in Washington 1949 in einer Verlaut-