



NACHRICHTENBLATT FÜR DEN DEUTSCHEN PFLANZENSCHUTZDIENST

Herausgegeben von der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin durch
die Institute der Biologischen Zentralanstalt in Aschersleben, Berlin - Kleinmachnow, Naumburg / Saale

Antibiotische Substanzen von Samenpflanzen

von W. GERSTNER

Biologische Zentralanstalt der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin.
Institut für Phytopathologie Aschersleben

Manche unserer Samenpflanzen spielt auf Grund ihrer stofflichen Eigenschaften im Leben des Menschen eine nicht unbedeutende Rolle — sei es, daß sie als heilende Arzneipflanze von großem Wert ist oder als besonders guter Bodenverbesserer gilt oder ihr Holz als fäuleresistent bekannt ist — ohne daß es bis vor wenigen Jahrzehnten gelungen war, die tieferen Zusammenhänge dieser Erscheinungen zu klären. Erst in dieser letzten Zeitspanne, in der sich auch die moderne Antibiotikaforschung entwickelt hatte, begann man, sich für die stofflichen Grundlagen der auffallenden Eigenschaften mancher Samenpflanzen zu interessieren und die Zahl der Arbeiten, die sich mit diesen Problemen beschäftigen, ist inzwischen erstaunlich groß geworden. Es kann daher hier nur versucht werden, einen kurzen Überblick über diesen Teil der Forschung zu geben.

Zu den ersten Arbeiten in dieser Richtung gehören die Untersuchungen von LINK, ANGELL, WALKER und ihren Mitarbeitern (1929, 1930) über die stofflichen Unterschiede der buntschaligen Zwiebel, die gegen den Erreger der Zwiebelfäule, *Colletotrichum circinans*, weitgehend resistent ist, und der weißschaligen anfälligen Zwiebelsorten. Es gelang ihnen, aus den äußeren Schalen der pigmentierten Zwiebel Protocatechusäure und später (LINK und WALKER, 1933) Brenzcatechin zu isolieren. Sie stellten fest, daß das Wachstum von *Colletotrichum circinans* in einem modifizierten Czapek-Dox-Medium bei Gegenwart von Protocatechusäure in einer Verdünnung von 1 : 800 und von Brenzcatechin in einer Verdünnung von 1 : 1600 vollständig gehemmt wurde. Damit war der Beweis geliefert, daß wenigstens in diesem Falle die Krankheitsresistenz auf der Bildung bestimmter fungizider Stoffe, also auf stofflicher Grundlage beruhte. (JONES, WALKER, LITTLE und LARSON, 1946; HATFIELD, WALKER und OWEN, 1948). Nach der Definition von DERENBERG (1950) stellt ein Antibiotikum ein Stoffwechselprodukt dar (auch wenn es schon vorher durch eine synthetische Herstellung bekannt war), das in außerordentlich geringen Konzentrationen antagonistisch auf das Wachstum bzw. die Vitalität einer oder mehrerer Arten Mikroorga-

nismen wirkt. Entsprechend dieser Definition sind die aus der buntschaligen Zwiebel isolierten Stoffe wie zahlreiche andere in Wurzeln, Blättern, Blüten oder Holz der verschiedensten höheren Pflanzen gefundenen Verbindungen als Antibiotika anzusprechen.

Für die Resistenzzüchtung ist die Frage nach der Ursache der Krankheitsresistenz einer Kulturpflanzensorte von großer Wichtigkeit, und daß die Beantwortung dieser Frage oft zu den Grenzfällen der Antibiotikaforschung gehört, beweisen zahlreiche Arbeiten. REYNOLDS (1931) untersuchte gegenüber *Fusarium lini*, dem Erreger der Flachswelke, unterschiedlich anfällige Flachssorten und konnte dabei von resistenten Sorten eine nicht dialysierbare, in Wasser, Äther und Alkohol lösliche Substanz gewinnen, die bei einer in der Pflanze vorhandenen Konzentration die Entwicklung von *Fusarium lini* vollständig hemmte. Sie konnte als ein Glukosid-Linamarin bestimmt werden. Nach REYNOLDS und MILLER (1931) wirken Extrakte von Bohnenpflanzen (*Phaseolus vulgaris*) unter natürlichen Konzentrationsbedingungen gegen den Erreger der Brennfleckenkrankheit der Bohne (*Colletotrichum lindemuthianum*) fungizid. Auch BAZZIGHER (1953) stellte die bakteriostatischen und fungistatischen Eigenschaften von Bohnenpflanzenextrakten fest, deren Wirkung in starkem Maße noch von der Lichteinwirkung abhängig ist. Aus Preßsäften gesunder Weizenpflanzen konnten Stoffe gewonnen werden, die die Sporenkeimung des Weizengelb- und -braunrostes (*Puccinia glumarum* und *P. triticea*) verhinderten (PARKER-RHODES, 1939). Zwischen dem Gehalt dieser hemmenden Substanz in den Blättern und der Rostanfälligkeit der jeweiligen untersuchten Weizensorten besteht eine deutliche Beziehung, wobei eine Düngung der Pflanzen mit Kalium, Bor, Kupfer, Zink oder Mangan die Bildung dieser fungistatischen Substanzen noch zu fördern scheint. Beim Austesten des Preßsaftes der terminalen Pflanzenteile einer gegenüber dem falschen Mehltau (*Peronospora humuli*) resistenten Hopfensorte stellten NEWTON und YARWOOD (1930) fest, daß dieser noch bei Verdünnungen von 1 : 200 bis 1 : 2000 gegen den

Mehltauerreger voll wirksam war. Der Preßsaft der basalen Teile der Hopfenpflanzen war dagegen praktisch inaktiv, er hemmte den Pilz nur in einer Verdünnung von 1 : 2.

Agrobacterium (Phytomonas) tumefaciens verursacht an zahlreichen Pflanzen der verschiedensten Familien, zu denen Obstbäume, aber auch viele krautige Pflanzen gehören, vornehmlich an Wurzel und Wurzelhals krankhafte Wucherungen (Tumoren), die sogenannten Kronengallen. RYBAK konnte nun 1946 feststellen, daß Stämme dieses Bakteriums, die von befallenen Hopfen- und Chrysanthemenpflanzen isoliert worden waren, durch wäßrige Extrakte der Stengel von *Pelargonium zonale* deutlich gehemmt wurden. Diese Pflanze enthält beträchtliche Mengen von Phenolbestandteilen, deren bakterizide Wirkung schon früher bekannt geworden war. Vermutlich ist zu einem gewissen Teil die Resistenz der Pelargonien gegenüber den *A. tumefaciens*-Stämmen auf diesen Phenolgehalt zurückzuführen. Nach KUBLANOWSKAJA und BRAILOVA (1954) befinden sich in den Wurzeln und Stengeln von Baumwollsorten, die als widerstandsfähig gegen den Erreger der Fusariumwelke bekannt sind, Stoffe, die toxisch auf *Fusarium vasinfectum* wirken; bei anfälligen Sorten konnten diese Substanzen nicht festgestellt werden. Auch hier ließ sich wieder eine deutliche Beziehung zwischen der Bildung antibiotischer Stoffe in der Pflanze und ihrer Krankheitsresistenz erkennen. Daß jedoch diese Erscheinung keine Regel darstellt, beweisen die Versuche von HARPER (1950), der die Rhizome von Bananensorten verschiedener Krankheitsresistenz gegenüber der Panamakrankheit auf ihren Wirkstoffgehalt untersuchte. Obwohl diese Extrakte eine antibiotische Aktivität gegen mehrere, darunter auch phytopathogene Bakterien und Pilze zeigten, konnte keine Parallelität zwischen Quantität und Art des Antibiotikums der verschiedenen geprüften Sorten und ihrer Krankheitsanfälligkeit festgestellt werden, da sich in den Rhizomextrakten kein Stoff nachweisen ließ, der auch das Wachstum des Erregers der Panamakrankheit der Banane (*Fusarium oxysporum cubense*) hemmt.

Äußerst zahlreich sind die Arbeiten, die sich mit der Prüfung der antibiotischen Aktivität verschiedenster Pflanzenextrakte gegen phyto- und humanpathogene Mikroorganismen befassen, so daß die Unmöglichkeit besteht, sie hier alle zu erwähnen. Sie weisen in ihrer Gesamtheit auf die vielleicht unerwartete Tatsache hin, daß die Zahl der Samenpflanzen, die in ihren Geweben antibiotisch wirksame Stoffwechselprodukte enthalten, erstaunlich groß ist. GILLIVER (1947) fand zum Beispiel, daß 23 Prozent von 1915 untersuchten Blütenpflanzen Stoffe bilden, die die Konidienkeimung von *Endostigma inaequalis*, dem Erreger des Apfelschorfes, vollständig hemmten. Er konnte dabei jedoch keine Korrelation zwischen der antibiotischen Wirksamkeit der Pflanze und ihrer Stellung innerhalb des Pflanzensystems entdecken. Zum gleichen Ergebnis kamen AGOSTINUCCI und ANZALONE (1952), die die wäßrigen Extrakte von über tausend Pflanzen gegen Bakterien, u. a. auch gegen humanpathogene Organismen — wie die Erreger des Typhus und des Milzbrandes — austesteten. Sie fanden allerdings einen besonders hohen Prozentsatz (27 Prozent) an antibiotisch aktiven Arten unter der Familie der Compositen, aber sonst ließ sich keine Beziehung zur Verwandtschaft im natürlichen Pflanzensystem feststellen. Auf die Antibiotikabildung scheint nach den

Arbeiten der beiden italienischen Forscher auch der Standort der Pflanze einen Einfluß auszuüben; auch das Bildungsorgan der Pflanze ist meist ausgesprochen spezifisch, so daß bei antibiotischer Wirksamkeit der Blütenextrakte eine Aktivität der Wurzelextrakte der gleichen Samenpflanze zumindest gegen denselben Mikroorganismus fehlen kann. *Allium tricoccum* besitzt z. B. nur in den Blättern einen gegen *Erwinia carotovora*, einen Fäulniserreger, wirksamen Stoff; das gleiche Bakterium wird von Extrakten sämtlicher Pflanzenorgane von *Ranunculus abortivus* mit Ausnahme von dem der Wurzel gehemmt (HAYES, 1947). Es konnte auch beobachtet werden, daß antibiotische Stoffe, die gegen verschiedene phytopathogene Pilze und Bakterien wirksam waren, nur aus Extrakten getrockneter Blätter und Stengel gewonnen werden konnten, wogegen die wäßrigen Extrakte von frischen Blättern und Blüten sich völlig inaktiv verhielten, wie es bei der Banane der Fall war (SCOTT und Mitarbeiter, 1949).

Daß Preßsäfte bestimmter Pflanzen gegen pilzliche Pflanzenkrankheiten wirken können, beobachtete MITSCHURIN schon vor 45 Jahren (YURGENSON, 1952), als er mit dem Rosenrost (*Phragmidium mucronatum*) befallene Rosenblätter mit Preßsaft des Stachellattichs (*Lactuca scariola*) oder des Knoblauchs (*Allium sativa*) 2- bis 3mal abrieb. Der Rostbefall verschwand vollständig nach 2 Tagen bzw. er trat bei der Behandlung der Blätter kurz vor oder nach der Infektion mit Äzidiosporen überhaupt nicht auf. Heute kann man sich diesen Vorgang erklären, nachdem 1944 von CAVALLITO und BALLEY aus dem Preßsaft des Knoblauchs eine antibiotische Substanz, das Alliin, isoliert haben, die u. a. eine Wirksamkeit gegen penicillinresistente Staphylococci und gegen *Escherichia coli* hat (CARPENTER, 1945).

Ein sehr weites Wirkungsspektrum in vitro gegenüber phytopathogenen Bakterien und Pilzen hat das aus dem Goldlack (*Cheiranthus cheiri*) gewonnene Antibiotikum Cheirolin (SANDERS, 1946), das u. a. noch in einer Verdünnung von 1 : 5000 *Botrytis cinerea*, den Erreger der Grauschimmelfäule, und *Penicillium expansum*, einen auf Äpfeln parasitierenden Schimmelpilz, hemmt. Nach GILLIVER (1946) scheint es auch für eine Anwendung in vivo geeignet zu sein. Zu den gegen pflanzenschädliche Mikroorganismen getesteten und wirksamen Pflanzenextrakten gehören u. a. noch die von *Impatiens parviflora*, dem Springkraut (SPROSTON, LITTLE und FOOTE, 1948; LITTLE, SPROSTON und FOOTE, 1948), der besonders den Erreger der Moniliakrankheit des Apfels (*Sclerotinia fructigena*) hemmt, von *Chelidonium majus* (Schöllkraut) und *Lonicera tatarica* (Tatarengeißblatt) (LUCAS und LEWIS, 1944), die beide in vitro gegen *Xanthomonas campestris*, den Erreger der Schwarzadrigkeit des Kohls, und *Pseudomonas phaseoli*, den Erreger der Fettfleckenkrankheit der Bohne hemmend wirkten. Auch im Samen konnten antimikrobielle Substanzen entdeckt werden, wie von LUCAS, LEWIS und SELL (1946) nachgewiesen wurde, die mit Extrakt aus Kohlsamen eine Reihe phytopathogener Organismen hemmten.

Daß es sich bei den gewonnenen wirksamen Substanzen nicht immer um einen, sondern auch um zwei oder mehrere Antibiotika handeln kann, zeigten KESSLER (1955), CARLSON und Mitarbeiter (1948) und BRUCKNER und Mitarbeiter (1949): *Rhus hitra* (Sumach) enthält in frischen Blättern und Stengeln zwei Antibiotika mit verschiedenen chemischen Eigenschaften, aber gleichem Wirkungsspektrum;

ähnliche Verhältnisse liegen bei *Leptotaenia dissecta*, einer Umbelliferenart, vor, ebenso bei *Ipomoea batatas*, der Süßkartoffel. Unter der Voraussetzung einer Behandlung mit Zink-, Calcium-, Eisen- oder Borionen im elektrischen Feld zeigten auch Kartoffelknollen, Möhren und Apfelbaumwurzeln die Fähigkeit, wenigstens zwei Substanzen mit antimikrobiellen Eigenschaften zu bilden, die eine ganze Reihe phytopathogener Bakterien hemmen. Die Substanzen werden als „Elektrotuberin“ bezeichnet (KESSELER, 1955).

Interessant ist auch die Arbeit von MALLMANN und HEMSTREET (1924), die mit *Erwinia carotovora*, dem Erreger einer Kohlfäule, infizierte Kohlpflanzen untersuchten und entdeckten, daß der durch ein Bekkefeldfilter filtrierte Extrakt dieser Kohlwurzeln das Wachstum von *E. carotovora* und zwei anderen Bakterien sofort hemmte und innerhalb 24 Stunden vollständig unterdrückte. Die hemmende Eigenschaft ist noch in einer Verdünnung von 1 : 10¹⁴ voll aktiv. Das wirksame Agens war verhältnismäßig hitzestabil, ein Erhitzen auf 56° C während 20 Minuten verringerte die Aktivität etwas, unterband sie aber nicht vollständig. Der Wirkstoff konnte jedoch nur aus infizierten Kohlpflanzen gewonnen werden, der Extrakt von gesunden Pflanzen war inaktiv; ebenso zeigten die Kulturfiltrate der reinen Bakterien (*E. carotovora*) keinerlei Hemmwirkung. Es handelt sich also hierbei um einen Fall, in dem der bakterielle Wirkstoff in der Pflanze anscheinend nur in Verbindung mit dem Krankheitserreger gebildet wird bzw. vom Mikroorganismus nur im Zusammenhang mit seiner Wirtspflanze synthetisiert werden kann.

Die Rohextrakte zahlreicher Pflanzen, z. B. von Möhren, Zwiebeln, Rhabarber enthalten antibakterielle Substanzen, die sich noch dadurch auszeichnen, daß sie die Hitzeresistenz gewisser temperaturunempfindlicher aerober Sporenbildner, die die Konservierung von Vegetabilien oft unliebsam erschweren, herabsetzen und sie dadurch einer schnelleren und sicheren Abtötung durch die Sterilisation aussetzen (LA BAW und DESROSIER, 1953). Eine ähnliche Wirksamkeit besitzt auch das Lupulon, ein Antibiotikum von *Humulus lupulus* (Hopfen), das bereits rein dargestellt ist und dessen Strukturformel aufgeklärt werden konnte (WALKER und PARKER, 1937; SHIMWELL, 1937). Sogar aus ungebleichtem Weizenmehl konnte man ein wirksames Prinzip gewinnen, das ein Polypeptid darstellt und 4,5 Prozent Schwefel in Form von Cystein enthält. Seine Wirksamkeit erstreckt sich auf grampositive Bakterien, echte Hefen, jedoch nicht auf Pilze (STUART und HARRIS, 1942).

Bisher wurde nur von der Wirksamkeit gewisser Pflanzenextrakte gegen phytopathogene Bakterien und Pilze gesprochen; es tritt nun folgerichtig die Frage auf, ob es auch Antibiotika pflanzlichen Ursprungs gibt, die eine Aktivität gegen humanpathogene Organismen haben. Die Frage liegt bei der Betrachtung der Anzahl der Pflanzen nahe, die als bewährte Heilmittel Eingang in die Medizin und Pharmazie gefunden haben. Nach WINTER und WILLEKE (1953), die eine Reihe der von MATTHIOLUS 1611 als Arzneipflanzen erwähnten Arten untersuchten, gehören rund 87 Prozent davon solchen Gattungen an, die eine überdurchschnittliche Anzahl antibiotisch aktiver Pflanzen aufweisen. Werden dagegen für die Untersuchung die Arten nach den Gesetzen des Zufalls gewählt, so konnten nur etwa 25 Prozent aktive gefunden werden. Bei den Samen-

pflanzen, die gegen humanpathogene Mikroorganismen wirken, scheint eine gewisse Anhäufung aktiver Arten in bestimmten Familien zu bestehen. OSBORN (1943) fand z. B. 63 Pflanzenarten mit antibakterieller Wirksamkeit, die zu nur 28 Familien gehörten. Die Aktivität gegen *Staphylococcus aureus*, einen Eitererreger, und *Escherichia coli*, den gewöhnlichen Bewohner des menschlichen Darms, wurde bei manchen Pflanzen durch das Trocknen des Materials inaktiv, bei anderen konnte sie noch nach einem Jahr deutlich nachgewiesen werden. Einige der als gute Arzneimittelpflanzen bekannten Arten, wie *Datura stramonium* (Stechapfel), *Atropa belladonna* (Tollkirsche), *Digitalis purpurea* (Fingerhut), zeigten jedoch unter den Versuchsbedingungen OSBORNS keine antibakterielle Wirkung, was allerdings auch nicht unbedingt zu erwarten war, da ihr Wirkungsmechanismus auf einer ganz anderen Ebene zu suchen ist und sie direkt in den Stoffwechselfvorgang des menschlichen Organismus eingreifen.

Allein 23 Prozent von 310 getesteten Blattextrakten von Bäumen, Unkräutern, Gemüse und Zierpflanzen zeigten eine deutliche Aktivität gegen das Wachstum von *Mycobacterium tuberculosis*, den Erreger der Tuberkulose, bei Verdünnungen von 1 : 80 und mehr (FITZPATRICK, 1954). Gegen Diphtheriebakterien, hämolytische Streptococci und Typhusbakterien wirken ziemlich stark die Ätherextrakte von Blättern der blühenden Wiesenraute (SSATZYPEROWA, 1953); auch auf einen Stamm von *Pasteurella pestis* vermochten die Blattextrakte zahlreicher tropischer Pflanzenarten hemmend einzuwirken, besonders hervorgehoben wurden dabei die Familien der *Moringaceae*, *Oxalidaceae*, *Punicaceae*, *Combretaceae*, *Malphigiaceae*, *Guttiferae*, *Salicaceae*, *Burseraceae* und vor allem die der *Myrtaceae* und *Euphorbiaceae* (COLLIER und VAN DER PIJL, 1950).

Mehrere Forscher befaßten sich mit der Untersuchung flüchtiger Substanzen pflanzlicher Herkunft auf antimikrobielle Aktivität. VASUDEWA (1930) fand, daß mit *Monilia fructigena* infizierte Äpfel weniger rasch verfaulten, wenn sie unter einer Glasglocke zusammen mit einer Zwiebel aufbewahrt wurden. Sowohl von *Lepidium sativum* (Gartenkresse) als von *Tropaeolum majus* (Kapuzinerkresse) konnten flüchtige Hemmstoffe nachgewiesen werden, die allerdings erst bei der Zerstörung der Zelle gebildet werden (WINTER, 1952). Schon 0,3 g eines zerstampften Wurzelbreis von *Cochlearia armoratica* (Merrettich), die in einem Raum von 150 ccm für 18 Stunden aufbewahrt wurden, genügte, um durch die hierbei entwickelten Gase eine deutliche Hemmwirkung auf die Testorganismen (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*) auszuüben. Es scheint sich bei dem aktiven Stoff nicht um das Allylsenföle allein zu handeln (WINTER und HORNBOSTEL, 1953).

Die Resistenz, die bestimmte Kernhölzer der verschiedensten Bäume gegenüber holzzerstörenden Pilzen aufweisen, wurde Gegenstand größerer Untersuchungen. HAWLEY, FLECK und RICHARDS (1924) fanden, daß die wäßrigen Extrakte bestimmter Kernhölzer toxischer gegenüber *Fomes annosus*, einem auf Holz parasitierenden Basidiomyceten, waren als die Extrakte des Splintholzes. Von dem Kernholz der *Thujaopsis dolabrata*, das KITAJIMA (1933) untersuchte, wurde eine Substanz gewonnen, die das Wachstum und die Entwicklung von *Polyporus vaporarius* vollständig verhinderte, wenn man sie in einer Konzentration von 1 : 200 dem Nähragar zusetzte. Schon 1929 berichtet SOWDER, daß die wäßrigen

Extrakte des Holzmehls von *Thuja plicata*, einem Baum mit sehr fäuleresistentem Kernholz, stark toxisch auf den holzzerstörenden Pilz *Lentinus lepideus* wirkten. SOUTHAM (1946) konnte ebenfalls eine fungizide und bakterizide Wirkung in Heißwasserextrakten des gleichen Kernholzes nachweisen. Der Rohextrakt war aktiv gegen *Streptococcus pyogenes*, *Corynebacterium xerosis* und gegen verschiedene Stämme von *Shigella* noch in einer Verdünnung von 1 : 2000, dagegen in der gleichen Konzentration inaktiv gegenüber den ebenfalls humanpathogenen Organismen *Staphylococcus aureus*, *Mycobacterium tuberculosis* und gegen *Escherichia coli*. Das wirksame Agens wird jedoch durch Blutserum und Cystein inaktiviert. ANDERSON und SHERRARD isolierten schon 1933 aus dem Kernholz von *Thuja plicata* zwei Substanzen, denen die empirische Formel $C_{10}H_{12}O_2$ zugesprochen wurde. Nach weiteren Untersuchungen von ERDTMANN und GRIPENBERG (1948) handelt es sich noch um eine dritte Substanz, also neben dem α - und β -Thujaplicin — wie man die Stoffe nannte — um das γ -Thujaplicin. Sie besitzt die gleiche Summenformel, annähernd gleiche antimikrobielle Aktivität und vermutlich ähnliche Struktur. Neben den Thujaplicinen konnte außerdem eine wasserlösliche, nichtflüchtige polyphenolhaltige Fraktion gewonnen werden, die fungistatisch gegenüber *Poria monticola* wirkte (ROFF und ATKINSON, 1954).

Aus dem Kernholz von *Pinus silvestris* wurden von ERDTMANN 1939 zwei phenolartige Substanzen, das Pinosylvin und der Pinosylvininomethyläther, isoliert. Durch RENNERFELT (1943 a und b; 1945 a und b) konnte nachgewiesen werden, daß sie das Wachstum einer ganzen Anzahl holzzerstörender Pilze hemmen. RENNERFELT (1945 a) stellte ferner fest, daß eine ziemlich gute Übereinstimmung zwischen dem Gehalt des Kernholzes an phenolartigen Substanzen mit der Resistenz gegenüber holzzerstörenden Pilzen bestehen würde. Auf der anderen Seite konnten jedoch ERDTMANN und RENNERFELT (1944) keine Parallelität zwischen der Aktivität dieser Substanzen gegenüber *Lentinus squamosus*, *Coniophora cerebella* und *Polyporus vaporarius* in Agar-kulturen und in Kiefernholz feststellen. RENNERFELT (1945 b) wies ferner nach, daß die Resistenz des Kernholzes gegenüber den Bläuepilzen, wie *Stemphylium graminis*, größer ist als nach dem Gehalt an Pinosylvinen geschlossen werden müßte. Er vermutet also, daß die Resistenz des Holzes noch von anderen Faktoren abhängt, vermutlich nicht zuletzt von seinem morphologischen Aufbau.

Weiterhin konnten noch Extrakte mit antimikrobieller Wirksamkeit aus dem Kern- und Splintholz von *Pinus ponderosa* (Gelbkiefer), *Larix decidua* (Lärche), *Catalpa speciosa* (Trompetenbaum), *Robinia pseudoacacia* (Robinie) und aus den Rinden von *Populus candicans* (Ontariopappel) und *Castanea* spp. (Kastanie) gewonnen werden. Bei den aktiven Stoffen in der Kastanienrinde handelt es sich um Gerbsäuren, von deren chemischen Eigenschaften vermutlich die Resistenz der verschiedenen Kastanienarten gegenüber *Endothia parasitica* in gewisser Beziehung abhängt. (NIENSTAEDT, 1953). Der Gerbstoff der resistenten chinesischen Kastanie (*Castanea mollissima*) ist eine Pyrogallolverbindung, die eine stärkere Wasserlöslichkeit besitzt, während die anfälligeren amerikanische und japanische Kastanie ein Gemisch von Pyrogallol- und Catechol-Gerbstoffen enthält. Es wird also vermutet, daß die relative Resistenz der

drei Arten von der unterschiedlichen Löslichkeit und den qualitativen Unterschieden der Gerbstoffe in der Rinde der verschiedenen Spezies abhängt.

Auch in den Blättern mancher Bäume konnten antimikrobielle Stoffe nachgewiesen werden, z. B. besitzen die Kaltwasserextrakte der Blätter des Spitzahorns (*Acer platanoides*) und etwas weniger ausgeprägt die der Eichenblätter antibiotische Eigenschaften (MELIN und WIKÉN, 1946). Nach MOKRÝ, KADERA und BAŇKA (1954) wirken auch Birkenblätterextrakte noch in starker Verdünnung hemmend auf das Wachstum von *Mycobacterium tuberculosis*. Interessant sind auch die Arbeiten von MELIN (1946), der zeigte, daß Extrakt der abgestorbenen Blätter von Spitzahorn, Weißbirke, Sandkiefer, Zitterpappel, Eichen und Ulmen das Wachstum zahlreicher Mycorrhizenpilze, darunter mehrere *Boletus* (Röhrling)-, *Lactarius* (Milchling)-, *Tricholoma* (Ritterling)- und *Paxillus* (Krempling)-Arten, um 150 bis 300 Prozent zu fördern vermögen, daß sie jedoch die im Boden befindlichen höheren Pilze (*Hymenomyceten*) hemmen können. Die bei dem herbstlichen Blattfall in den Boden kommenden antibiotischen Wirkstoffe können also durch ihr qualitativ und quantitativ unterschiedliches Wirkungsspektrum auf Bodenpilze und -bakterien die Zusammensetzung der Mikroflora verändern und die differenzierten Abbauvorgänge in andere Bahnen leiten. Dazu kommt noch, daß die Häufigkeit des Vorkommens antibiotisch wirkender Stoffe in gewissen grünen Pflanzen nach dem Herbst hin zuzunehmen scheint. Eine besonders kräftige, auch im Stadium der Laubstreu unverminderte antibiotische Wirkung haben die Blätter von *Ericaceen* und *Vaccinium vitis idaea* (Preißelbeere), deren Substanzen nach Verwesung der Blätter auf oder in dem Boden eine typische Mikroflora und damit spezifische Umsetzungen und Bodenbildungsprozesse hervorrufen können (JACOB, 1953). Allerdings stellt die Konstanz oder sogar Zunahme der Antibiotika von höheren Pflanzen im Verlauf einer Vegetationsperiode keine Regel dar. WINTER und WILLEKE (1952) wiesen nach, daß die antimikrobielle Wirksamkeit mancher Pflanzen mit dem Absterben der grünen Blätter verschwinden kann (Alpenziest, Taglilie, Bergahorn) oder sich bis auf einen geringen Rest an Aktivität verringert (Baldrian, Hainbuche, Wegerich, Geißblatt, Goldlack) oder daß nach dem Verschwinden der ursprünglichen Substanzen neue Stoffe mit ganz anderen Wirkungsbereichen gebildet werden (Braunwurz, Sellerie, Waldrebe), daß eine schon im grünen Blatt vorhandene Hemmwirkung sich beim Vergilben noch steigert (Schleifenblume, Wucherblume, Hundskamille, Drachenmaul) oder überhaupt erst beim Vergilben in Erscheinung tritt (Sumpfporst, Schierling, Maulbeerbaum).

BUBLITZ (1952, 1953) untersuchte die Ursachen der manchmal an feuchten Standorten unter Fichten auftretenden mangelhaften Streuzersetzung und nimmt auf Grund seiner Versuche an, daß die funktionelle Störung der Bodenorganismen und damit die Störung der Humifizierungsprozesse nicht allein mit Sauerstoffmangel, Staunässe oder der natürlichen Versäuerungstendenz der Fichte erklärt werden kann, sondern daß als ein weiterer und wesentlicher Faktor die keimhemmenden antibakteriellen Substanzen im Bodenwasser der Fichtenstreu in Betracht gezogen werden müssen. Es gelang ihm das wirksame Prinzip papierchromatographisch zu isolieren.

Die Bedeutung der Blattstreu für Bodenmikrobiologie und Pflanzensoziologie ist damit aber noch nicht erschöpft. Manche dieser Extrakte enthalten Stoffe, die direkt fördernd oder hemmend auf das Wurzel- und Sproßwachstum anderer Pflanzen wirken. So hemmt z. B. Gerstenstrohextrakt in einer Verdünnung von 1:20 das Wachstum der Gartenkresse, Trauerweidenextrakt, 1:50 verdünnt, das von Wirsingkohl beträchtlich (WINTER und SCHÖNBECK, 1953 a). Die Bewurzelung von Korbweidenstecklingen wurde dagegen durch Kaltwasserextrakte von herbstlichem Laub des Apfelbaumes sehr stark gefördert. Eine besondere Bedeutung können diese phytotoxischen Eigenschaften mancher Blattstreuextrakte für die Landwirtschaft haben. Wie WINTER und SCHÖNBECK (1953 b) zeigten, wurde besonders die Jugendentwicklung von Roggen, Gerste, Weizen und Hafer durch wäßrige Strohextrakte derselben Pflanzen stark gehemmt. Die stärkste Hemmung verursachte allgemein der Hafer-, die schwächste der Roggenstrohextrakt. Damit lassen sich gewisse Übereinstimmungen mit alten Fruchtfolgeregeln nachweisen. Auch aus dem Boden ließen sich diese auswaschbaren toxischen Stoffe gewinnen; Extrakte aus dem die Stoppelreihen unmittelbar umgebenden Boden (Gersten-, Roggen-, Weizen-, Haferfelder) hemmten die Entwicklung des Testweizens wesentlich stärker als Extrakte aus Boden zwischen den Stoppelreihen. Kontrolleextrakte aus Kartoffelfeldboden waren inaktiv. Der Hemmungseffekt konnte in dem unbearbeiteten Boden noch neun Monate nach der Ernte nachgewiesen werden; da die wirksamen Stoffe wasserlöslich sind, muß der Hemmstoffgehalt des Bodens niederschlagsabhängig sein, ihre praktische Bedeutung wird daher vom Klima des Standortes abhängen (SCHÖNBECK, 1953; WINTER und SCHÖNBECK, 1954). Aus diesen und anderen ähnlichen Versuchen kann man den berechtigten Schluß ziehen, daß die Hemmstoffe von Pflanzen- und Blattstreuextrakten, vom Gesichtspunkt des Pflanzenbaues aus gesehen, einen beachtenswerten Faktor darstellen.

Für die Pflanzensoziologie spielen aber auch die von den Wurzeln aktiv ausgeschiedenen Wirkstoffe mancher Arten eine nicht unbedeutende Rolle. Solche Wurzelsubstanzen von Unkräutern, die man aus der an den Wurzeln anhaftenden Erde extrahiert hatte, hemmte mehr oder weniger die Samenkeimung von Kulturpflanzen (BECKER und GUYOT, 1951); durch Erdextrakte aus der Rhizosphäre des Habichtskrautes wurden die Auflaufprozente des Ackerwachtelweizens um die Hälfte verringert, dagegen konnte eine Keimungs- und sogar Wachstumsförderung mit Erde aus der Rhizosphäre der Zwenke beobachtet werden (BECKER, GUYOT und MONTEGUT, 1951). Aber auch die Hemmung der Kulturpflanzen durch Unkräuter stellt nicht die Regel dar, nach den Versuchen von HURTIG (1953) konnten im Gegensatz dazu Beeinflussungen der Keim- und Triebkraft einiger Unkräuter durch das Wurzelablaufwasser von Kulturpflanzen, besonders der Zuckerrübe, festgestellt werden. Es muß also von Fall zu Fall untersucht werden, ob Kulturpflanze oder Unkraut sich auf Grund ihrer toxischen Wurzelwirkstoffe gegen die Umwelt durchzusetzen vermag.

In der vorliegenden Zusammenstellung wurde versucht, in zusammengedrängter Form einen kurzen Überblick über Bedeutung, Wesen und Aufgaben antibiotischer Substanzen höherer Pflanzen zu geben und auf die wichtige, vielleicht in manchem Falle unerwartete Rolle hinzuweisen, die sie in der Pflanzen-

züchtung, Medizin, Land- und Forstwirtschaft spielen. Wir stehen noch am Beginn dieses Forschungszweiges und die Anzahl der bereits rein dargestellten Antibiotika pflanzlichen Ursprungs ist noch gering im Vergleich zur Zahl der von Bakterien, Aktinomyzeten und Pilzen gebildeten Antibiotika. Aus dem Interesse, das auch diesem Gebiet der Antibiotikaforschung entgegengebracht wird, kann man mit Recht schließen, daß in Zukunft noch viele weitere Wirkstoffe isoliert werden und manche bisher noch ungeklärte Frage mit Hilfe dieses Forschungszweiges ihrer Lösung entgegengeführt werden wird.

Literaturverzeichnis

- AGOSTINUCCI, G. und B. ANZALONE: Ricerche sul potere antimicrobico di estratti di fiori italiani. *Ann. Igine* 1952, 3, 173—187.
- ANDERSON, D. G. und E. C. SHERRARD *): *Jour. Amer. chem. soc.* 1933, 55, 3813.
- ANGELL, H. R., J. C. WALKER und K. P. LINK *): *Phytopathology* 1930, 20, 431.
- BAZZIGHER, G.: Über mutmaßlich induzierte Abwehrreaktionen bei *Phaseolus vulgaris*. *Phytopath. Ztschr.* 1953, 20, 383—396.
- BECKER, Y. und L. GUYOT: Sur les toxines racinaires des sols en culture. *Compt. rend. acad. sci. (Paris)* 1951, 232, 105—107.
- BECKER, Y., L. GUYOT und J. MONTEGUT: Sur quelques incidences phytosociologiques du problème des excréments racinaires. *Compt. rend. acad. sci. (Paris)* 1951, 232, 2472—2473.
- BRUCKNER, B. H., H. H. MCKAY, P. S. SCHAFFER und T. D. FONTAINE: Partial purification and properties of antibiotic substances from the sweet potato plant (*Ipomoea batatas*). *Journ. clin. invest.* 1949, 28, 894—898.
- BUBLITZ, W.: Über die keimhemmende Wirkung der Fichtenstreu. *Madaus Jahresbericht* 1952, 147—155.
- BUBLITZ, W.: Über den Nachweis antibiotisch wirksamer Fichtenrohhumussubstanzen und ihren Einfluß auf die Entwicklung von Bodenbakterien. *Madaus Jahresbericht* 1953, 92—106.
- CARLSON, H. J. und H. DOUGLAS: Antibiotic agents separated from the root of lacileaved *Lepotaema*. *Jour. bact.* 1948, 55, 615—621.
- CARLSON, H. J., H. G. DOUGLAS und H. D. BISSEL: Antibiotic substances separated from sumac. *Jour. bact.* 1948, 55, 607—614.
- CARPENTER, C. W.: Antibacterial properties of yeasts, *Fusarium* sp., onion and garlic. *Hawaii plant rec.* 1945, 49, 41—67.
- CAVALLITO, C. J. und J. H. BAILEY: Preliminary note on the inactivation of antibiotics. *Science. N. S.* 1944, 100, 390.
- COLLIER, W. A. und L. VAN DER PIJL: (Untersuchungen über die antibiotische Wirksamkeit der Blätter von Pflanzen auf Java). *Chronica natura (Batavia)* 1950, 106, 73—80 (holländisch).
- DERENBERG, W. J., Mitverfasser von A. L. Baron: *Handbook of antibiotics*. 1950, Reinhold Publishing Corporation, New York.
- ERDTMANN, H. *): *Ann. chem.* 1939, 539, 116.
- ERDTMANN, H. und J. GRIPENBERG: Antibiotic substances from the heart wood of *Thuja plicata* Don. *Nature*. 1948, 161, 719.
- ERDTMANN, H. und E. RENNERTFELT *): *Svensk papp tidn.* 1944, 47, 3.

- FITZPATRICK, F. K.: Plant substances active against *Mycobacterium tuberculosis*. *Antibiotics & chemother* 1954, 4, 528—536.
- GILLIVER, K.: The effect of plant extracts on the germination of the conidia of *Venturia inaequalis*. *Ann. appl. biol.* 1947, 34, 136—143.
- HARPER, J. L.: Studies in the resistance of certain varieties of banana to Panama disease. Part I. Internal factors for resistance and antibiotics. *Plant soil*. 1950, 2, 274—394.
- HATFIELD, W. C., J. C. WALKER und J. H. OWEN: Antibiotic substances in Onion in relation to disease resistance. *Journ. agric. res.* 1948, 77, 115—135.
- HAWLEY, L. F., L. C. FLECK und C. A. RICHARDS*): *Indus. engng. chem.* 1924, 16, 699.
- HAYES, L. E.: Survey of higher plants for presence of antibacterial substances. *Bot. gaz.* 1947, 108, 409—414.
- HURTIG, I.: Über die allelopathische Beeinflussung der Keimfähigkeit und Triebkraft von Samen verschiedener Kulturpflanzen und Unkräuter. *Wissenschaftl. Zeitschr. Univer. Rostock* 1953, mathem. naturwiss. Reihe 2, 145—157.
- JACOB, A.: *Der Boden*. 1953, Berlin.
- JONES, H. A., J. C. WALKER, T. M. LITTLE und R. H. LARSON: Relation of colorinhibiting factor to smudge resistance in onion. *Journ. agr. res.* 1946, 72, 259—264.
- KESSLER, B.: The ability of higher plants to synthesize antimicrobial substance. *Arch. biochem. biophys.* 1955, 55, 287—289.
- KITAJIMA, K. *): Extracts from *Bull. Imp. Forestry exp. Stn.* 1933, No. 2, 13.
- KUBLANOWSKAJA, G. M. und N. W. BRAILOWA: (Über die Rolle antibiotisch wirkender Substanzen im Saft der Baumwollstaude für ihre Immunität gegen die Welke). (*Mikrobiologia*). 1954, 23, 587—594 (russisch).
- LA BAW, G. D. und N. W. DESROSIER: Antibacterial activity of edible plant extracts. *Food. res.* 1953, 18, 186—190.
- LINK, K. P., H. R. ANGELL und J. C. WALKER *): *Jour. biol. chem.* 1929, 81, 369.
- LINK, K. P., A. D. DICKSON und J. C. WALKER *): *Jour. biol. chem.* 1929, 84, 719.
- LINK, K. P. und J. C. WALKER: The isolation of catechol from pigments Onion scales and its significance in relation to disease resistance in Onions. *Jour. biol. chem.* 1933, 100, 379—383.
- LITTLE, J. E., T. J. SPROSTON und M. W. FOOTE: Isolation and antifungal action of naturally occurring 2-methoxy-1,4-naphthoquinone. *Jour. biol. chem.* 1948, 174, 335—342.
- LUCAS, E. H. und R. W. LEWIS: Antibacterial substances in organs of higher plants. *Science*. 1944, 100, 597—599.
- LUCAS, E. H., R. W. LEWIS und H. M. SELL: An antibiotic principle derived from seeds of *Brassica oleracea*. *Quart. Bull. Mich. agric. exp. sta.* 1946, 29, 4—6.
- MALLMANN, W. L. und C. HEMSTREET: Isolation of an inhibitory substance from plants. *Journ. agric. res.* 1924, 28, 599—602.
- MELIN, E.: Der Einfluß von Waldstreuextrakten auf das Wachstum von Bodenpilzen mit besonderer Berücksichtigung der Wurzelpilze von Bäumen. *Symb. bot., Upsala*, 1946, 8, 3.
- MELIN, E. und T. WIKÉN: Antibacterial substances in water extracts of pure forest litter. *Nature*. 1946, 158, 200—201.
- MOKRÝ, J., J. KADERA und A. BAŇKA: (Wirkung eines Extrakts aus trockenen Birkenblättern auf das Wachstum von *Mycobacterium tuberculosis*). *Ceskoslovenská Biologie (russ. Ausgabe)* 1954, 3, 127—130.
- NEWTON, W. und C. YARWOOD: Substances toxic to the downy mildew of the hop. *Jour. inst. brewing*. 1930, N. S. 27, 67—68.
- NIENSTAEDT, H.: Tannin, as a factor in the resistance of chestnut, *Castanea spp.*, to the chestnut blight fungus *Endothia parasitica*. *Phytopathology* 1953, 43, 32—38.
- OSBORN, E. M.: On the occurrence of antibacterial substances in green plants. *Brit. Journ. exp. path.* 1943, 29, 227—231.
- PARKER-RHODES, A. F.: Investigations on certain toxic substances obtained from the wheat plant which inhibit the germination of the uredospores of various wheat rusts. *Journ. agric. sci.* 1939, 29, 399—417.
- RENNERFELT, E. *): *Svensk bot. tidskr.* 1943a, 37, 1.
- RENNERFELT, E. *): *Medd. Statens Skogsförsöksanstalt, Stockholm* 1943b, 33, 331
- RENNERFELT, E. *): *Svensk. bot. tidskr.* 1945a, 39, 311.
- RENNERFELT, E. *): *Medd. Statens Skogsförsöksanstalt, Stockholm* 1945b, 34, 391.
- REYNOLDS, E. S.: Studies on the physiology of plant disease. *Ann. Missouri bot. gard.* 1931, 18, 57—95.
- REYNOLDS, E. S. und B. S. MILLER: Plant extracts and fungi. II. Bean extracts in relation to *Colletotrichum lindemuthianum*. *Phytopathology*, 1931, 21, 124.
- ROFF, J. W. und J. M. ATKINSON: Toxicity tests of a watersoluble phenolic fraction (thujaplicin-free) of Western Red Cedar. *Canad. jour. bot.* 1954, 32, 308—309.
- RYBAK, B.: Actions bacteriostatiques chez *Pelargonium zonale* et crown gall. *Compt. rend. acad. sci. (Paris)* 1946, 223, 586—587.
- SANDERS, A. G.: Effect of some antibiotics on pathogenic fungi, *Lancet* 1946, 250, 44—46.
- SCHÖNBECK, F.: Untersuchungen über wasserlösliche Hemmstoffe aus Getreidestroh und Getreideböden. *Madaus Jahresbericht* 1953, 81—91.
- SCOTT, W. E., H. H. MCKAY, P. S. SCHAFFER und T. D. FONTAINE: Partial purification and properties of antibiotic substances from the banana (*Musa sapientum*). *Journ. clin. invest.* 1949, 28, 899—902.
- SHIMWELL, J. L.: On the relation between the staining properties of bacteria and their reaction toward hop antiseptic. *Jour. inst. brewing* 1937, 43, 111.
- SOUTHAM, C. M. *): *Proc. soc. exp. biol.* 1946, 61, 391.
- SOWDER, A. M.: Toxicity of water-soluble extracts and relative durability of water-treated wood flour of Western Red Cedar (*Thuja plicata*). *Indus. engng chem.* 1929, 21, 981—984.
- SPROSTON, T. J., J. E. LITTLE und M. W. FOOTE: Antibacterial and antifungal substances from Vermont plants. *Vermont agric. exp. sta. Bull.* 1948, 543.

- SSATZYPEROWA, I. F.: (Materialien zur Untersuchung der antibakteriellen Eigenschaften der schmalen Wiesenraute). (Apotheken) 1953, 2, 25 bis 26 (russisch).
- STUART, L. S. und T. H. HARRIS: Bacterial and fungicidal properties of a crystalline protein isolated from unbleached wheat flour. Cereal chem. 1942, 19, 288—300.
- VASUDEVA, R. S. *): Ann. bot. 1930, 44, 469.
- WALKER, J. C., K. P. LINK und H. R. ANGELL *): Proc. nat. acad. sci., Wash. 1929, 15, 845.
- WALKER, T. K. und A. PARKER: Report on the preservative principle of hops. XVIII. The theoretical basis of the log phase method for the evaluation of bacteriostatic power, and the procedure in using phenol as a standard of value. Journ. inst. brewing 1937, 43, 17.
- WINTER, A. G.: Untersuchungen über die flüchtigen Antibiotika aus der Kapuziner- (*Tropaeolum majus*) und Gartenkresse (*Lepidium sativum*) und ihr Verhalten im menschlichen Körper bei Aufnahme von Kapuziner- bzw. Gartenkressesalat per os. Madaus Jahresbericht 1952, 43—92.
- WINTER, A. G. und M. HORNBOSTEL: Untersuchungen über Antibiotika aus höheren Pflanzen. IX. Mitt. Gasförmige Hemmstoffe aus *Cochlearia armoracia* (Meerrettich) und ihr Verhalten im menschlichen Körper, bei Aufnahme per os. Naturwissenschaften 1953, 40, 489—490.
- WINTER, A. G. und F. SCHÖNBECK: Untersuchungen über den Einfluß von Kaltwasserextrakten aus Getreidestroh und anderer Blattstreu auf Wurzelbildung und -wachstum. Naturwissenschaften 1953 a, 40, 513—514.
- WINTER, A. G. und F. SCHÖNBECK: Untersuchungen über die Beeinflussung der Keimung und Entwicklung von Getreidesamen durch Kaltwasserextrakte aus Getreidestroh. Naturwissenschaften 1953 b, 40, 168—169.
- WINTER, A. G. und F. SCHÖNBECK: Untersuchungen über wasserlösliche Hemmstoffe aus Getreideböden. Naturwissenschaften 1954, 41, 145—146.
- WINTER, A. G. und L. WILLEKE: Untersuchungen über Antibiotika aus höheren Pflanzen. IV. Mitteilung. Hemmstoffe im herbstlichen Laub. Naturwissenschaften 1952, 39, 45—46.
- WINTER, A. G. und L. WILLEKE: Untersuchungen über Antibiotika aus höheren Pflanzen. VIII. Mitteilung. Naturwissenschaften 1953, 40, 247—248.
- YURGENSON, P.: (Mitschurin's remedy for Rose rust). Priroda, Moskva, 1952, 41, 108—109 (russisch).

*) Zitiert in: Florey, H. W., E. Chain, N. G. Heatley, M. A. Jennings, A. G. Sanders, E. P. Abraham und M. E. Florey: Antibiotics. A survey of penicillin, streptomycin, and other antimicrobial substances from fungi, actinomycetes, bacteria, and plants. 1949. Oxford University Press London.

Untersuchungen über die Stabilität von Hexa-Präparaten in verschiedenen Böden im Hinblick auf die Engerlingsbekämpfung

Von G. RICHTER,

Biologische Zentralanstalt Berlin-Kleinmachnow

Die Ermittlung der Stabilität von Hexa in verschiedenen Böden bei der Bekämpfung von Bodenschädlingen ist von wirtschaftlichem Interesse und hat im Hinblick auf das Edaphon erhöhte Bedeutung. Nach Literaturangaben ist für die Intensität des Wirkstoffverlustes im Boden, abgesehen von der Bodenart und weiteren Faktoren, insbesondere die Höhe der ausgebrachten Wirkstoffmenge verantwortlich. GÜNTHART (1951) und HAGNAUER-GÜNTHART (1952) stellten bei Dosierungen von etwa 25 g Gamma/a (berechnet auf 15 cm Bodentiefe) in Ackerböden durch *Drosophila*-Test nach 18 Monaten über 80 Prozent Gammaverlust fest. SAKIMURA (1948) hatte bei Dosierungen von 168 g Gamma/a in Topfversuchen und Testungen mit *Anomala orientalis* nach 19 Monaten 100prozentige Abtötung, während niedrigere Gammamengen im Vergleich zu Versuchsbeginn an toxischer Wirkung auf die Larven verloren hatten. SCHWERDTFEGGER (1954) beobachtete mit steigender Dosierung größere Dauerwirkung. RICHTER (1953) konnte bei der Anwendung von rd. 150 g Gamma/a zur Engerlingsbekämpfung in Kiefern Böden nach fast zwei Jahren durch Testung mit *Drosophila* feststellen, daß sich die Wirkung, verglichen mit frisch angesetzten Hexaböden, nicht vermindert hatte. EHRENHARDT (1954) berichtet über Wirkungsdauer von Gamma-Hexapräparaten gegen *Melolontha*-Engerlinge in landwirtschaftlich genutzten Kulturböden. Er setzt sich hier mit Recht für niedrige Gammamengen (bis rd. 2,5 kg/ha) ein und be-

urteilt kritisch nach Literaturangaben verwendete hohe Gammamengen wegen der Möglichkeit auftretender phytotoxischer Schäden und wegen wirtschaftlicher Untragbarkeit. Es erscheint vorerst notwendig, hierzu eine Klarstellung zu geben. In landwirtschaftlichen Kulturböden wurden Hexamittel im allgemeinen als Vollbegiftung angewandt. Mit niedrigen Dosierungen wie bis 2,5 kg Gamma/ha ist gegen Jungengerlinge auszukommen, zumal hier Einbringungstiefen bis zu 10 cm zumeist genügen. Mit einem relativ schnellen Verlust des Wirkstoffes ist zu rechnen, und das ist hier auch wünschenswert. Bei Dauerkulturen, so z. B. im Forst, ist es wichtig, daß lang anhaltende Wirkung erreicht wird. Bei Gammamengen von 15 kg/ha begifteter Fläche ist mit mindestens vierjähriger hochinsektizider Wirkung zu rechnen. Die Frage ist zu stellen, ob diese Aufwandmengen wirtschaftlich tragbar sind. Im Forst und auch in Baumschulen läßt es sich zumeist aus betriebstechnischen Gründen nicht einrichten, nur im Flugjahr oder Vorflugjahr Bekämpfungsmaßnahmen einzuleiten, später sind aber wesentlich höhere Gammamengen für den praktischen Erfolg notwendig. Hierzu folgendes Beispiel: Ein zweiprozentiges Bodenstreumittel (berechnet auf die reine Gammaisomere) wird zur Vollbegiftung mit 100 kg/ha Handelspräparat ausgebracht; die aufgewendete Gammamenge beträgt mithin 2 kg/ha. Die gleiche Präparatmenge wird in Pflanzlochbegiftung bei angenommener Pflanzlochgröße von 20×20 cm für 30 000 Pflanzen/ha