

Aus dem Bereich Medizin der Karl-Marx-Universität Leipzig
Institut für Allgemeine und Kommunale Hygiene
(Leiter des Institutes: Prof. Dr. sc. med. W. Wildführ)

Phytonzidforschung – ein Beitrag zur Ressourcenfrage

Von Christoph Richter

(Eingegangen am 8. Mai 1986)

Als im Jahre 1956 die deutschsprachige Fassung des Buches „Phytonzide“ des Leningrader Biologen Boris Tokin (1956) erschien, wurde damit eine Art der Betrachtung vorweggenommen, die erst jetzt beginnt, Boden zu gewinnen. Tokin schildert erstaunliche biologische Wirkungen pflanzlicher Inhaltsstoffe und faszinierende Möglichkeiten der praktischen Nutzung dieser Phänomene, weit bedeutungsvoller ist jedoch das Bemühen des Autors, die Beobachtungen unter ökologischen Gesichtspunkten zu ordnen, die biologische Bedeutung der Erscheinungen für das Gesamtsystem zu erfassen. Der erreichte Stand der Phytonzidforschung macht deutlich, daß ein solcherart langfristig und komplex angelegtes Vorgehen sowohl wissenschaftlich als auch hinsichtlich des praktischen Nutzens die größte Rendite erwarten läßt.

Bestimmung und Begrenzung des Begriffes Phytonzide sind umstritten und möglicherweise nicht immer eindeutig – das ist für den hier interessierenden Sachverhalt unerheblich.

Unter der Überschrift „Können Bäume ihre Nachbarn warnen?“ berichtet die „Naturwissenschaftliche Rundschau“ (1984 a). Bäume, die von blattfressenden Raupen befallen werden, versuchen ihre Blätter unbedenklich zu machen für den Schädling, innerhalb von Stunden konzentrieren sie bestimmte Abwehrstoffe (Phenole, Tannine) in denselben. Aber nicht nur das: Weit erstaunlicher ist es, daß benachbarte Bäume, die weder über den Boden noch über die Blätter Kontakt zu den befallenen haben, offensichtlich davon erfahren, denn auch diese beginnen, obwohl noch völlig frei von Raupen, Abwehrstoffe in die Blätter einzulagern. Man sucht nun nach sog. Pheromonen, die als Warnsignal von den befallenen Bäumen über die Luft an ihre Nachbarn weitergegeben werden.

Unter Pheromonen sind Stoffe zu verstehen, die der Informationsübermittlung zwischen gleichartigen Tieren und Pflanzen dienen, es gibt Alarm- und Abwehrpheromone, Sexualpheromone u. a. m. (Naturwiss. Rundschau 1984 b). Zur Überraschung der Forscher fand man nun bei der wilden Kartoffel eine Absonderung, die einen Stoff enthält, der dem Pheromon entspricht, das Blattläuse bei Gefahr absondern – eine biochemische Version des mimikry. Der Zuchtform fehlt diese Eigenschaft, ihre Blätter vermögen die Blattlaus nicht abzuschrecken (Naturwiss. Rundschau 1984 c).

Für den Pflanzenschutz erhofft man sich viel von diesen Stoffen, bekannt ist die Anwendung in der Borkenkäferbekämpfung.

Pheromone dienen der Kommunikation zwischen Pflanzen und Tieren *einer* Art, Phytonzide sind pflanzliche Wirkstoffkomplexe, die *zwischen* den Arten vermitteln. Standen am Anfang der Untersuchungen Tokins Beobachtungen über die antibiotische, abtötende Wirkung auf Einzeller, so ergaben die weiteren Forschungen, daß die Einflußnahme ebenso auf höhere Organismen erfolgt und diese sich keineswegs auf die genannten direkten Abwehrfunktionen beschränkt. Am ehesten dürfte dem Phänomen

der Phytonzide und den Vorstellungen Tokins nahezukommen sein, wenn man sie als ein universell wirksames Regulationsprinzip der Biozönose auffaßt.

Von anderen Untersuchungen pflanzlicher Wirkstoffe unterscheidet sich die Phytonzidforschung offensichtlich durch den komplexen Ansatz, d. h. die Frage nach der Bedeutung des gesamten Wirkstoff-Komplexes für das ökologische Gesamtsystem. Ob diese Abgrenzung tatsächlich so kraft zu sehen ist, wie bei Tokin anklingend, durch v. Haller (1980) nachdrücklich formuliert, ist in diesem Rahmen nicht zu entscheiden – sicher ist, daß Grundtendenzen der Wissenschaftspraxis angesprochen werden, die das Umweltverständnis und -verhalten der Menschheit prägten und prägen. Über die absolute Richtigkeit der zugrunde liegenden Ausführungen kann und soll darum an diesem Ort nicht befunden werden, die nachfolgenden Überlegungen haben die als zutreffend eingeschätzten Grundaussagen zum Ansatz.

Tokin begann seine Untersuchungen im Jahre 1928, 1956 erschien seine umfassende Darstellung zum Thema in deutscher Sprache. Der Schwerpunkt der Phytonzidforschung ist im weiteren in der SU zu finden, Übersetzungen der umfangreichen Literatur ins Deutsche sind offensichtlich nicht erfolgt. v. Haller ist es zu danken, in einer allgemeinverständlich gehaltenen Übersichtsdarstellung über den aktuellen Stand informiert zu haben (v. Haller 1980).

Als im Jahre 1928 Flemming das Penicillin entdeckte und damit die Heilkunde revolutionierte und zu gleicher Zeit Tokin die Phytonzide zu untersuchen begann, kennzeichnete sich damit der Ausgangspunkt zweier divergenter Forschungsansätze. Triebkraft bei der Erforschung des Penicillins war die Suche nach antibakteriell wirksamen Substanzen, während Tokin nach der biologischen Bedeutung eines beobachteten Phänomens fragte; interessierte im ersteren Fall der ganz vordergründig, linear-kausal faßbare Nutzen für den Menschen, so steht für die andere Richtung die Frage nach der Bedeutung für das Gesamtsystem – damit wiederum auch für den Menschen, allerdings in einem viel umfassenderen, universalen Sinn.

Die Erforschung und Reindarstellung des Penicillins war ein erster Schritt, die Bereitstellung der halb- und vollsynthetischen Antibiotika der folgerichtige zweite, in der modernen Chemotherapie endlich finden auch völlig natur-, systemfremde Substanzen Anwendung. Vergleichbar gestaltet sich etwas später die Entwicklung der Pflanzenschutzmittel: zunächst Nutzung natürlich vorkommender Stoffe, später Synthese völlig systemfremder Stoffverbindungen, für die in Evolutionszeiträumen keinerlei chemisches Äquivalent vorliegt. Eine völlig analoge Entwicklung zeigt das Ernährungsverhalten der Menschheit.

Die therapeutische Zuversicht, die sich am Siegeszug des Penicillins entzündete, verdeckte den Blick für die zu erwartenden ökologischen Konsequenzen, für die Tatsache, daß damit eine völlig neue Dimension der menschlichen Einflußnahme auf das Ökosystem begann – Resistenzentwicklung, Allergien u. a. sich in der Folge einstellende Begleiterscheinungen sind lediglich die kurzfristig faßbare Spitze eines Eisberges von ökologischen Dimensionen –, der weltweite Einsatz der Pflanzenschutzmittel verdeutlichte dann allerdings bald die ökologische Relevanz. Inzwischen beginnt die Erkenntnis Raum zu gewinnen, daß auch stabile wirtschaftliche Verhältnisse von ökologischer Stabilität nicht zu trennen sind.

Klassisch sind die Untersuchungen Molischs über die Wirkung des reifen Äpfeln entströmenden Gases: Bereits die Ausdünstung weniger Äpfel bringen in der Nähe befindliche Pflanzen zum schnelleren Reifen und Blattabfall, hemmen Keimung und Wurzelwachstum (Pfeiffer 1938). Und Tokin erlebte, daß einige junge Zitronenbäume binnen zwei Tagen alle Blätter verloren, nachdem er einen Korb mit Äpfeln ins gleiche Labor gestellt hatte (v. Haller 1980).

Molisch bezeichnete das von ihm gefundene System der Wechselbeziehungen der höheren Pflanzen als Allelopathie, den Phytonziden kommt innerhalb dieses Systems offensichtlich eine entscheidende Funktion zu. Grodzinsky hat die bestehenden Theorien zum Aufbau der Biosphäre erweitert um die Vorstellung eines vermittelnden Elementes, Kommunikationsorgans und sieht dies in den von Pflanzen ausgeschiedenen biologisch aktiven Verbindungen, die, in der Biosphäre gewissermaßen frei schwimmend, die Lebewesen durchdringend, ein entscheidendes Regulationsprinzip darstellen (v. Haller 1980). Beteiligt sind wiederum die Phytonzide.

Einzelne Organismen werden so, unter Mitbeteiligung der Phytonzide, zu einem höheren System zusammengeschlossen, für das uneingeschränkt gilt, was F. Vester über natürliche Systeme ausführt:

„Sobald verschiedene, bisher getrennte Elemente zusammenkommen und eine organisierte Struktur, also ein System bilden, kommen zu den wohlbekannten Gesetzen der Einzelelemente auf einmal Systemgesetzmäßigkeiten hinzu. . . . Sie sind es, die dann auf einmal *weit mehr als die bekannten Kausalgesetze* die zukünftige Entwicklung des Systems bestimmen. . . .“ Es müsse Gesetzmäßigkeiten geben, „sozusagen *Systemgesetze*, die sich bisher immer wieder der wissenschaftlichen Betrachtung entzogen haben, weil sie das Geschehen zwischen den Dingen betreffen“ (v. Haller 1980).

Es steht fest, daß die Phytonzide ein wichtiger, vielleicht der wichtigste Faktor der Pflanzenimmunität sind, sich damit u. a. durch eine entsprechende antibiotische Wirkung auszeichnen. Diese Eigenschaft, bis dahin lediglich von Schimmelpilzen bekannt, beobachtete als erster Tokin bei höheren Pflanzen, indem er feststellte, daß eine zerriebene Küchenzwiebel oder Knoblauchzehe flüchtige Stoffe absondert, die Staphylokokken, Tuberkulosestäbchen des Stammes BCG, *Clostridium perfringens* (den Gasbranderreger) u. a. Bakterien abtöten. Im allgemeinen erschöpft sich dieser Vorrat an antibiotisch wirksamen Substanzen rasch, beim Knoblauch aber war noch nach 200 Stunden kein Nachlassen der Wirkung zu verzeichnen (Tokin 1956).

Ein Tropfen eines wäßrigen Aufgusses von Fichten-, Tannen- oder Kiefernnadeln einem Wassertropfen hinzugefügt, in dem sich Protozoen befinden, tötet diese augenblicklich, im Bruchteil einer Sekunde. Aber auch die in die Luft abgegebenen Phytonzide sind hochwirksam: Tokin fand im jungen Kiefernwald die Luft praktisch steril (Tokin 1956). Nicht umsonst sind Nadelwälder der bevorzugte Standort von Lungen-sanatorien.

0,1 g Winterknospen der Traubenkirsche, im Mörser zerrieben und zusammen mit einigen Stubenfliegen in ein Reagenzglas gegeben, lassen letztere in Sekunden bis spätestens Minuten zugrunde gehen (Tokin 1956). Walnußlaub wird nachgesagt, daß es Wohnräume und Stallungen von Fliegen freihalte, es findet, neben anderen Pflanzen (Lavendel), auch Verwendung als Mottenschutzmittel (persönl. Mittlg.). Die handelsüblichen Mottenschutzstreifen dagegen enthalten Lindan, γ -HCH, umwelttoxikologisch von Bedeutung vor allem durch die Begleitisomere α -HCH und β -HCH. Ein Lindanpräparat dient auch der Behandlung der Milbenkrätze, Scabies – die Hinweise Tokins auf milbenwirksame Phytonzide (Tokin 1956) bieten möglicherweise Ansätze für eine unbedenklichere Behandlungsstrategie.

Außenseiterberichte über ungewöhnliche Heilmethoden erfahren im allg. zunächst wissenschaftliche Skepsis. Der, allerdings auch in Fachkreisen, vielfach zitierte Laienbehandler Künzle berichtet von einer schweren, ärztlicherseits aufgegebenen Meningitis, die dank äußerer Zwiebelanwendungen abheilte (Sieg 1953). Waerland gelang die Heilung eines zuvor über Jahre therapieresistenten Unterschenkelgeschwürs ebenfalls durch Zwiebelanwendungen, wobei die stark schmerzhaft Wunde den unmittelbaren Kontakt verbot (Waerland 1963). Tokin konnte nachweisen, daß eine solche Fernwirkung nicht auf eine vermutete Strahlung (Gurwitsch-Strahlung) zurückzuführen ist, sondern auf die Wirkung flüchtiger Phytonzide (Tokin 1956) und berichtet

von klinischen Anwendungen, die den genannten Heilerfolg bestätigen und so außergewöhnlich sind, daß eine etwas ausführlichere Darstellung berechtigt erscheint.

Vorangegangen waren umfangreiche tierexperimentelle Untersuchungen. Behandelt wurden eitrige Amputationswunden (nach Kriegsverletzung) ohne Abheilungstendenz. „Einige Minuten nach der ersten Einwirkung durch Phytonzide der Küchenzwiebel erlangten die Wundflächen in allen Fällen (!) eine gesättigte Rosafärbung an Stelle des grauen Farbtons, der vor dem Bedämpfen vorhanden war . . . Am 2. Tag verringerte sich die eitrige Absonderung stark und es verschwand der Geruch. Die Oberflächen der Wunden überraschten durch ihre saftige und grelle Färbung, . . .“. Im weiteren kam es in vielen Fällen zu einer anfangs auffällig raschen Abheilung, deren Geschwindigkeit sich allmählich verringerte, dem Epithelisierungsverhalten aseptischer Wunden näherte. Dort, wo der beschriebene Effekt ausblieb, konnten mechanische Behinderungen (Knochensequester, Ligaturen) als Ursache nachgewiesen werden (Tokin 1956).

Die Nutzung der Küchenzwiebel beschränkt sich nicht auf die Anwendung am Menschen. Franck schätzt die Zwiebel und ihre Verwandten (Porree, Knoblauch, Schnittlauch) als schimmelabwehrende Partner in der Mischkultur, z. B. mit Erdbeeren (Franck 1980), v. Haller berichtet, daß getrocknetes und pulverisiertes Zwiebelkraut, in einer Menge von 5 g/kg dem wintersüber gelagerten Saatgut beigegeben, die Entwicklung des Grauschimmels und der Sklerotinkrankheit der Möhren verhindert, die Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel, die gefürchtete Phytophthora, ließe sich mit einem Aufguß der trockenen Zwiebelschalen (1 g/10 ml Wasser) bekämpfen, binnen Sekunden würden die Pilzsporen abgetötet (v. Haller 1980).

Eng verwandt mit der Zwiebel ist der Knoblauch. Seit ältesten Zeiten in der Heilkunde gerühmt, sagt man ihm u. a. eine entgiftende Wirkung nach. Tierexperimentelle Untersuchungen bestätigten diese Behauptung: Mäuse vertrugen ein Vielfaches der normalerweise tödlichen Dosis bestimmter Toxine, wenn Knoblauch zugefüttert wurde (Madaus 1938).

Im Kaukasus und Teilen Indiens war es von alters her üblich, in Seuchenzeiten Knoblauchzwiebeln um den Hals zu hängen (v. Haller 1980). Im Lichte der Phytonzidforschung ist man geneigt, nach dem rationalen Kern der zunächst fragwürdig anmutenden Maßnahme zu fragen.

Sosjy berichtet von Knoblauchanwendungen, Mundspülungen mit einem Knoblauchaufguß vor Zahnextraktion, Einlage eines damit getränkten Mullstreifens nach dem Eingriff. Allein in einer städtischen Poliklinik in Karaganda wurden von 1956 bis 1968 mehr als 3000 Extraktionen mit gutem Erfolg in dieser Weise durchgeführt (v. Haller 1980).

Immer wieder genannt wird eine Wirkung des Knoblauchs auf Hypertonus und Arteriosklerose neben vielen anderen therapeutischen Anwendungsmöglichkeiten (Madaus 1938). Einsatzgebiete zeichnen sich aber auch ab auf landwirtschaftlichem und gärtnerischem Gebiet. In Bulgarien soll Knoblauch als Begleitpflanze zu Rosen günstigen Einfluß auf die Rosenölbildung nehmen (persönl. Mittlg.), die schimmelabwehrende Wirkung der Zwiebelgewächse auf ein weiteres Rosengewächs, die Erdbeere, wurde erwähnt, Milbenbefall von Erdbeerebeeten soll durch Zwiebel- und Knoblauchzubereitungen beherrscht werden können (v. Haller 1980). Daß Knoblauch außerdem Wühlmäuse abschrecke, wird immer wieder behauptet (Franck 1980) und bestritten, eigene Beobachtungen zeigen, daß zumindest eine Gärbrühe von Knoblauch Wirkung zeigt: behandelte Gänge werden gemieden.

Eine der wichtigsten Heilpflanzen ist das Johanniskraut. Tokin hat sich mit dieser Pflanze eingehend beschäftigt.

Imanin, eine galenische Zubereitung der Droge, wirkt gegen eine Vielzahl von Krankheitserregern, Staphylokokken, Diphtheriebakterien und Keuchhustenerreger werden innerhalb von vier Stunden abgetötet, ein akuter Schnupfen soll in wenigen

Stunden überwunden werden, erstaunliche Behandlungsergebnisse erbrachte die Anwendung bei Verbrennungen. Tokin berichtet von einem zweijährigen Kind mit schwersten Verbrühungen (ein Drittel der Haut zerstört, toxisches Gesamtbild bei Klinikaufnahme), bei dem unter Imanin innerhalb von drei Tagen Blutbild und Kreislauf stabilisiert, nach zwölf Tagen die schweren Schäden völlig überwunden waren (v. Haller 1980).

Bezeichnend für Heilpflanzen und deren Wirkstoffkomplexe ist die kombinierte Wirkung: Hyperforin, die antibiotisch wirksame Komponente des Johanniskrautpräparates Neoimanin, verliert seine Wirksamkeit innerhalb von drei Tagen, während das komplexe Präparat mindestens zwei Jahre wirksam bleibt. Arenarin, eine galeische Zubereitung von Immerschön, *Helichrysum arenarium*, wirkt bakterizid und fördert außerdem die Regeneration verletzten Gewebes – eine ideale Wirkungskombination –, der isolierte Wirkstoff Naringenin läßt diese regenerationsfördernde Wirkung vermissen (v. Haller 1980).

Die antibiotische Wirkung ist somit nur ein Teilaspekt des komplexen Heilpflanzen- und Phytonzidwirkens, wird vielfach, möglicherweise grundsätzlich ergänzt durch die gleichzeitige Anregung der körpereigenen Abwehr und des Regenerationsvermögens für erkrankte Gewebe, bezeichnend ist die selektive Einflußnahme auf den Krankheitserreger (Schonung der lebenswichtigen Normalflora, die durch die gängigen Antibiotika oft empfindlich beeinträchtigt wird) und die Stabilität des Wirkstoffgemisches. Eine Erkrankung kann darum durchaus sehr wirksam behandelt werden, auch wenn keine ausgesprochene antibiotische Wirkung gegen den entsprechenden Erreger nachzuweisen ist, analog entbehrt die Widerlegung der Eignung von Brennnesselbrühe für den biologischen Pflanzenschutz (Blattlausbekämpfung) in einer Publikation aus dem Institut für Pflanzenschutz im Zierpflanzenbau, Berlin-Dahlem (Köllner und Santhoff 1983), in diesem Sinne der Stichhaltigkeit.

Die bekannten Tatsachen legen den arbeitshypothetischen Schluß nahe, daß natürliche Komplexpräparate den Organismus ganz allgemein in eine Verfassung zu bringen vermögen, die ihm erlaubt, die Erkrankung zu überwinden, während Antibiotika und Chemotherapeutika als Isolate bzw. rein synthetische Darstellung neben dem Erreger auch lebenswichtige Keime erfassen, Abwehrpotential und Regenerationsvermögen zunächst des behandelten Organismus, langfristig auch des übergeordneten Systems beeinträchtigen, erkennbar im einzelnen an den bekannten Nebenwirkungen (Allergien, Knochenmarksdepressionen, Resistenzentwicklungen u. a. m.). Bezüge zur Krebsproblematik sind anzunehmen, z. T. bekannt (Roszkowski et al. 1984), der Einsatz von Antibiotika und Chemotherapeutika als Masthilfsmittel in der Tierproduktion forciert die Entwicklung, Analogien bieten chemischer Pflanzenschutz und Nahrungsmitteltechnologie. Auch die Krebsbekämpfung geht vergleichbare Wege; Operation, Bestrahlung und Chemotherapie liquidieren den Tumor immer auch auf Kosten des körpereigenen Abwehrpotentials. Eine grundsätzliche Änderung der Strategie ist zu erhoffen, Ansätze sind vorhanden [Möglichkeiten der unspezifischen Immunstimulation (Herberger 1958, 1960, Gestewitz 1978), zytostatisch/immunstimulierende Kombinationswirkung bestimmter Mistelzubereitungen (Wolff 1975, Luther 1982)].

Die beschriebene Komplexwirkung impulierte Aisenmann zu dem Begriff von der „Qualität der Ganzheit“ (v. Haller 1980), entsprechend dem lapidaren Satz, das Ganze sei mehr als die Summe der Teile. Wird diese Aussage in Zusammenhang gebracht mit den Ausführungen Tokins über die Chemie der Phytonzide (Tokin 1956), so ergibt sich der zwingende Schluß, daß zutreffende Angaben noch nicht einmal über die Natur der Teile gemacht werden können: Analyseergebnisse sind prinzipiell Reaktionsprodukte, Artefakte, die ursprüngliche Substanz verändert sich unter dem Einfluß der Untersuchungsbedingungen in jedem Fall, erste Veränderungen bewirkt z. B. schon das Pflücken eines Blattes.

Wissenschaftlich erforscht und praktisch genutzt wird so niemals die originäre Substanz, immer haben wir es mit Umwandlungsprodukten zu tun. Entscheidend für den Grad der Veränderungen sind Art und Intensität der Beeinflussung, und es gereicht dem Forscher zum Trost, wenn Indizien annehmen lassen, daß die menschliche Einflußnahme nicht grundsätzlich von Nachteil sein muß: So können wohl erhöhte Temperaturen Vitamine, Enzyme u. a. wesentliche Nahrungsbestandteile nachteilig verändern, andererseits kann auch eine qualitative Aufwertung die Folge sein: unreifes Obst wird bekömmlich. Und Tokin schildert ein Präparationsverfahren, wo eine milde Wärmeapplikation (35 °C über 12 Stunden) einen ganz erstaunlichen Wirkungsanstieg zur Folge hat (Tokin 1956). Dies wirft ein interessantes Licht auf zunächst seltsam anmutende frühere Praktiken der Saatgutbehandlung [Kürbissamen wird vor der Aussaat eine gewisse Zeitlang am Körper getragen (Stellwag 1967)] oder auf nahezu vergessene Techniken der Getreideverarbeitung (Stampfen, Darren), von denen eine überraschende Qualitätssteigerung (Bekömmlichkeit, Geruch, Geschmack, Nährwert) überliefert ist (Gamerith 1956). Hierzu gehören auch Beobachtungen, wonach eine Wirkungssteigerung bestimmter Drogen durch Wasserdampfexposition erreicht werden kann sowie ein erstaunlicher Anstieg des Proteingehaltes von Getreide durch eine (ziemlich brüske: 100 °C!) Wärmebehandlung des Saatgutes (persönl. Mittlg.).

Pauschal wäre die Frage zu diskutieren, inwieweit die Vorstellung physiologischer und unphysiologischer, systemgerechter und systemfeindlicher Einflußgrößen hilfreich sein könnte, eine Frage, die zwar ähnlich pauschal nicht beantwortet werden kann, aber doch weiterführen könnte: für die Milch würden dann systemgerechte Wärmeverhältnisse möglicherweise nie über Körpertemperatur liegen, Temperaturen und Drücke, die unter natürlichen Bedingungen nicht vorkommen (Garen im Dampfdrucktopf) wären als grundsätzlich lebensfeindlich zu verdächtigen.

Die Beziehungen des Menschen zu Heil- und Nahrungspflanzen (die Übergänge sind fließend, von sehr vielen Nahrungspflanzen werden auch medizinische Anwendungsformen beschrieben) sind so vielfältig wie rätselhaft: Es ist ja keineswegs selbstverständlich, daß so viele Pflanzen, vermutlich alle, in irgendeiner Form therapeutisch und/oder als Nahrungsmittel nutzbar sind, auf die menschlichen Bedürfnisse oft geradezu wie zurechtgeschnitten (bis in intimste physiologische und pathophysiologische Bedingungen). Platte teleologische oder Zufallsbestimmungen ergeben keine befriedigende Erklärung. Tokin bietet einen in dieser Form ungewohnten, aber weiterführenden Denkansatz: jedes natürliche System ist in Raum *und* Zeit strukturiert, die gemeinsame Evolution aller Lebewesen läßt die Gesamtheit der Partner zu einem Beziehungsgefüge zusammenschmelzen, in dem jedes Teilglied mit allen übrigen in Verbindung steht, isolierte Detailveränderungen, d. h. Änderungen ohne Einfluß auf das übrige System widersprechen dem Systembegriff an sich. In diesem Sinne sind natürliche Systeme grundsätzlich dynamisch zu denken, in steter Entwicklung begriffen. Auch das Beziehungsgefüge Mensch/Pflanze ist zu verstehen als Ergebnis der gemeinsamen Evolution, die beobachteten Beziehungen sind Verwandtschaftsbeziehungen (Tokin 1956, v. Haller 1980).

Die gemeinsame Evolution verbindet letztlich auch belebte mit unbelebter Natur, ähnlich sinnvolle und zweckmäßige Beziehungen sind zu vermuten für die Biogeozönose in ihrer Gesamtheit – Ergebnisse der Heliobiologie (Sigel 1975), die Tatsache des Vorkommens lunarer Rhythmen und noch weiterführende Beobachtungen (Kranich 1980) weiten endlich den Blick für die kosmische Raum-Zeit-Dimension ökologischer Zusammenhänge.

Phytonzidforschung und -anwendung ist, zusammenfassend nach v. Hallers Darstellung, gekennzeichnet durch

- a) den ökologischen Ansatz (die Frage nach der Bedeutung für den Gesamthaushalt),

b) Nutzung des komplexen Wirkens natürlicher Wirkstoffgemische (der *Gesamtkomplex* ist verantwortlich für die geradezu universelle Wirkung und lange Haltbarkeit).

Das vorliegende Tatsachenmaterial weist auf eine Systemgesetzlichkeit, ein biologisches Grundgesetz, das formuliert werden könnte als das Gesetz von der natürlichen Vielfalt als Voraussetzung für Gesundheit und Stabilität des Systems – die zitierten Systemvorstellungen Vesters und Aisenmanns „Qualität der Ganzheit“ sind gewissermaßen Detailausführungen dieser Grundaussage.

Dieses Gesetz liegt vermutlich allen Lebenstätigkeiten zugrunde, hat seine Entsprechung auch in der Technik (elektronische Schaltungen lassen sich prinzipiell mit einem Bruchteil der verwendeten Bauelemente realisieren, die Vielfalt dient lediglich der Stabilisierung, dem Fehlerausgleich) und erst recht im gesellschaftlichen Bereich (Uniformität als Todfeind jeglicher gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Stabilität).

Die Gesetzmäßigkeit offenbart sich im Sinne einer Kettenreaktion: oberirdische Vielfalt, Vielfalt des pflanzlichen Bewuchses, läßt ein reich gegliedertes Bodenleben entstehen, hat eine Fülle systemstabilisierender Wechselbeziehungen zur Folge, Nähr- und Wirkstoffe werden in differenzierter und komplexer Form pflanzenverfügbar gemacht – Verarmung oben andererseits bedeutet Verarmung auch unten. Unter der Monokultur des Ackers fanden Sekera und Mitarbeiter in der Regel eine formenärmere Mikrobenflora und weniger wasserstabile Krümel als unter der natürlichen Pflanzengesellschaft des angrenzenden Ackerraines, Mischungen definierter Böden mit organischer Substanz ließen unter Laborbedingungen bei Herkunft des organischen Substrates vom Ackerrain sechs bis zehn Arten von Bodenorganismen zur Entwicklung kommen, während bei Verwendung von Pflanzenmaterial einer Ackerkultur lediglich zwei bis drei Arten gezählt wurden (Wirth 1942).

Das Bodenleben konzentriert sich in Wurzelnähe, im belebten Boden ist jede Wurzelfaser von einem Pilzgeflecht umspinnen, von Bakterien umhüllt, die Ausprägung von Mykorrhiza und bakterieller Rhizosphäre ist geradezu ein Gradmesser der Bodenlebendigkeit. Diese Kleinstlebewesen schließen mineralische Bodennährstoffe auf, bauen organische Reste ab, nutzen Ausscheidungen der Wurzeln und bilden in einem komplexen Umwandlungsprozeß unter dem Einfluß bekannter, vor allem aber noch völlig unbekannter Wirkfaktoren ein unendlich vielfältig zusammengesetztes Nähr- und Wirkstoffgemisch als bestgeeignete Pflanzennahrung, die komplexen Systembeziehungen variieren dieses entsprechend den aktuellen Bedingungen in vermutlich minutiöser Weise. Die Phosphoraufnahme der Pflanzen ist bei gut ausgebildeter Rhizosphäre doppelt so hoch wie in einem keimfreien Boden, Bakterien im Wurzelbereich von Getreide bilden Wachstumshormone, das Pilzgeflecht der Mykorrhiza vermag Luftstickstoff zu binden, die Ammonifikation organisch gebundenen Stickstoffs ist im Wurzelbereich viermal so intensiv wie im übrigen Boden. Bekannt ist, daß die Orchideenzucht erfolglos blieb, solange die essentiellen symbiontischen Beziehungen unerforscht waren, ähnlich ist die Anzucht von Kiefern in sterilen Böden nicht möglich, verlangt ein entsprechendes Bodenmyzel. Die Nährstoffaufnahme erfolgt bei Vermittlung durch das Bodenleben in Form komplexer Verbindungen bis hin zu Eiweißbausteinen (Aubert 1976) – möglicherweise ist die direkte Aufnahme von Nährstoffen in der Salzform die unphysiologische Ausnahme!

Jede Maßnahme, die auf Belegung des Bodens hinzielt, verspricht so über diesen Umweg unbedingt auch wirtschaftliche Vorteile. Es erscheint als einleuchtend, daß es wirtschaftlicher ist, natürliche Systeme ihren Eigengesetzlichkeiten folgend für sich arbeiten zu lassen, als diese mit unzulänglichen Mitteln zu kopieren oder in einseitiger, systemfremder Weise zu modifizieren.

Interessante Schlüsse ergeben sich aus dem Studium der Lebensgemeinschaft Wald.

Der sogenannte Biersche Forst bei Sauen/Mark (zurückzuführen auf den bekannten Berliner Chirurgen August Bier) ist ein Lehrstück systemgerechter forstwirtschaftlicher Nutzung, leider mangels Einsicht in Gefahr, seines einzigartigen Charakters beraubt zu werden. Forstmeister Heinrich Bier, Sohn des Begründers, äußerte sich anlässlich einer Führung zum sogenannten „Unkraut des Waldes“, der Birke: es sei doch auffällig, daß Kiefer und Birke stets gemeinsam vorkommen, und berichtete von Untersuchungen, wonach die Birke Spuren von Kupfer aus dem atmosphärischen Umkreis konzentrierte und der Kiefer zur Verfügung stelle. Vergleichbar äußerte sich Pfeiffer zu diesem Vermögen lebender Systeme, stoffliche Defizite durch Konzentration aus dem weiteren Umkreis auszugleichen und weist z. B. auf das bekannte Gänseblümchen hin, das saure Bodenverhältnisse nicht nur anzeige, sondern durch Kalkanreicherung auch auszugleichen versuche. Erstaunliche Ausmaße nimmt diese Fähigkeit der Substratkonzentration an bei der auf Telegraphendrähten lebenden *Tillandsia usneoides*, die ihr Wachstum allein aus Luft und Niederschlägen ermöglicht (Pfeiffer 1938). Den günstigen Einfluß standortgerechter Pflanzenassoziationen auf Boden und Pflanzenwachstum demonstriert sehr deutlich auch folgende Beobachtung aus der Feldbau- praxis: Bokharaklee wuchs nicht auf der stark sauren Ackerfläche, entwickelte sich aber ausgezeichnet im angrenzenden Feldrain (persönl. Mittlg.).

Die Partner profitieren unterschiedlich von der eingegangenen Verbindung. v. Haller erwähnt, daß innerhalb der Pflanzengemeinschaft Kiefer/Birke die Kiefer in ihrer Entwicklung gefördert wird, während die Birke im Wachstum zurückbleibt – entsprechend der landwirtschaftlich genutzten Beziehung Roggen/Klee: der Roggen entwickelt sich besser, der Klee kümmernd (v. Haller 1980).

Wechselseitig sollen sich fördern Eiche und Linde (Wachstumssteigerung um 23 bzw. 31 %), ähnlich Eiche und Esche (v. Haller 1980), H. Bier betonte den viermal so hohen Holzeinschlag seines Reviers im Vergleich zum umgebenden Waldgebiet. Die beobachtete Wachstumsbeschleunigung läßt, da allein auf ökologische Maßnahmen zurückzuführen, eine allgemein günstige Beeinflussung, Stabilisierung der Lebensgemeinschaft Wald vermuten, das Biersche Experiment dürfte grundsätzliche Bedeutung haben als therapeutischer Ansatz für einen bedrohten Lebensraum.

Die Luft von Nadelwäldern zeichnet sich durch ihre Keimarmut aus, eine günstige Einflußnahme der flüchtigen Phytonzide auf Kehlkopf- und Lungentuberkulose wird beschrieben, Kreislauf und Blutdruck reagieren auf die Waldatmosphäre unterschiedlich in Abhängigkeit vom Baumbestand (Blutdruckanstieg in Nadel-, Abfall in Eichenwäldern) (v. Haller 1980). Die Bedeutung des Waldes für den Gesamthaushalt erschöpft sich so nicht in den bekannten Aspekten (Wasserreservoir, Staub- und CO₂-Bindung, Rohstofflieferant, Sauerstoffproduzent usw.), geht vielmehr weit darüber hinaus. Hecken und Feldgehölze als Waldäquivalente in der Kulturlandschaft können hinsichtlich ihrer landeskulturellen und wirtschaftlichen Bedeutung so auch nur in diesem umfassenden Sinne eine korrekte Beurteilung erfahren, das mitteleuropäische Waldsterben gefährdet nicht zuletzt ein unschätzbares therapeutisches Arsenal: im Pappelblatt wurden gegen den Maul- und Klauenseuche-Virus wirksame Wirkstoffe gefunden (v. Haller 1980), etwas Haselnußlaub im Futter erhöht den Fettgehalt der Milch bei Rindern (Pfeiffer 1938), Bondarenko fand Futterpflanzen mit antibiotischer Wirkung gegen Hautpilze, Tuberkulosestäbchen, Milzbrand- und Bruzelloserreger, außerdem wurden antivirale und tumorhemmende Wirkfaktoren entdeckt (v. Haller 1980), bekannt ist die Wirkung der Blütenhefen auf die Verdauungsphysiologie der Wiederkäuer. Die Allgegenwart und universelle Wirkung der flüchtigen Phytonzide regte Cholodnij an, geradezu von „atmosphärischen Vitaminen“ zu sprechen, die rasche Aufnahme solcher flüchtiger Verbindungen über die Lunge (einer intravenösen Injektion vergleichbar) läßt auch ausgesprochene Sofortwirkungen erwarten. Es bietet sich an, den Begriff der Ernährung viel weiter zu fassen, Sinneseinflüssen (z. B. Geruchs- und

Geschmackswahrnehmungen als Ausdruck der Aufnahme von Phytonziden) nicht nur auf dem Umweg über die Psyche Eingang in ernährungsphysiologische Erwägungen zu gewähren. Wobei die Chance dieser wie auch der gewohnten ernährungsphysiologischen Überlegungen und Bestrebungen nicht im Detail liegen kann und in komplizierten Ernährungstabellen – die nur insofern vollständig sein können, als sie sämtliche Erkenntnislücken beinhalten –, sondern indem ganzheitliche Vorstellungen Berücksichtigung finden wie die Gesetzmäßigkeit der natürlichen Vielfalt stabiler biologischer Systeme. Auffällig ist, daß dieses Prinzip der Vielfalt auch ästhetischen Wertvorstellungen entgegenkommt, erfahrbar z. B. am Reiz einer reich gegliederten Landschaft, arbeitshypothetisch darf man der Hoffnung Ausdruck geben, daß sich damit ein Wertmodus und Beurteilungsmaßstab erarbeiten läßt, der brauchbare Aussagen ermöglicht, wo Detailkenntnisse noch fehlen. Vergleichbar äußert sich Seifert für den technischen Bereich, wenn er formuliert, alles technisch Vollkommene sei schön (Seifert 1942).

Die Möglichkeit des Einsatzes von Phytonziden sind so wenig überschaubar wie die natürlichen Wechselbeziehungen und betreffen die unterschiedlichsten Lebensbereiche. Blühende Fliederzweige welken rascher, wenn Maiglöckchen in der gleichen Vase stehen, länger frisch dagegen halten sich Blüten der Kapuzinerkresse in der Vase in Gegenwart eines Zweiges vom Lebensbaum. Tokin hielt Äpfel unter dem Einfluß von Meerrettichphytonziden über acht Jahre ohne Fäulniserscheinungen in seinem Institut, Phytonzide des Bärlauchs erlaubten, Fleisch über sieben Jahre bei Zimmertemperatur aufzubewahren (v. Haller 1980) – hoffnungsvolle Ansätze einer physio-logischeren Konservierung.

Der beschriebene Einsatz flüchtiger Phytonzide der Küchenzwiebel bei der Behandlung schlecht heilender Wunden findet Ergänzung durch weitere medizinische Indikationsbereiche. Trichomonadenwirksame Phytonzide fanden Verwendung bei der Behandlung der Trichomoniasis, der sog. „vierten Geschlechtskrankheit“, und erscheinen als potentiell geeignet, die übliche Metrinidazoltherapie zu ergänzen. In Kindereinrichtungen aufgestellte Zweige der sibirischen Fichte senkten den Luftkeimgehalt, die Maßnahme fand Anwendung beim Auftreten von Keuchhustenfällen (Tokin 1956). Die Reduzierung des Luftkeimgehaltes in bestimmten operativen und Pflegebereichen der Klinik erfordert gegenwärtig enorme technische und organisatorische Aufwendungen, ein ungelöstes krankenhaushygienisches Problem liegt in der Desinfektion und Sterilisation bestimmter technischer Apparaturen (Endoskope u. a.) – die Untersuchungsergebnisse Tokins lassen vermuten, daß Phytonzide auch hier weiterhelfen könnten.

Vor völlig neuen Problemen steht die Bienenwirtschaft durch die seuchenhaft zunehmende Verbreitung der Varroamilbe (s. laufende Informationen der Zeitschrift für Garten und Kleintierzucht, Ausgabe C für Imker), weitreichende wirtschaftliche Auswirkungen konnten bislang vermieden werden, sind aber für die Zukunft nicht auszuschließen. Die empfohlenen Medikamente sind keineswegs unproblematisch, die Tatsache der Milbenwirksamkeit bestimmter pflanzlicher Zubereitungen (Tokin 1956) weist auch hier auf ein ungenutztes therapeutisches Reservoir, legt die gezielte Suche nahe.

Vor umwelthygienische Probleme stellt nach wie vor die Saatgutbeize, Quecksilberzubereitungen finden noch immer breite Anwendung. Auch dazu läßt die Phytonzidforschung andere Möglichkeiten erwarten. Tokin berichtet: „Die Samen der Kontrollgruppe waren zu 70 Prozent infiziert und die Keime starben im Laufe einer Woche ab. Die mit den flüchtigen Phytonziden von *Sent*, *Knoblauch* und *Eukalyptusblättern* behandelten Samen blieben dagegen sämtlich gesund, und es war auffallend, daß ihre Triebe kräftiger waren als die der nicht behandelten Samen. Die unbehandelten Samen trieben Keime von 2 cm, während die behandelten Samen in der gleichen Zeit bis zu 8 cm Höhe heranwachsen“ (v. Haller 1980).

Wiederum ist es nicht allein die keimhemmende Komponente des Phytonzidwirkens, die die Pflanze gesund bleiben läßt, sondern der allgemein stabilisierende Einfluß. Detaillierte Untersuchungsergebnisse über die Wirkung pflanzlicher Saatgutbäder liegen vor und unterstützen die Aussage (Koeppf et al. 1980).

Vielfältige Hinweise bieten bekannte und weniger bekannte Praktiken und experimentelle Untersuchungen von Mischkulturen, Hemmung und Förderung in Pflanzengemeinschaften sind Ausdruck auch des Phytonzidwirkens.

So wird Phosphor in gemischten Beständen von Eiche und Linde mit zwei- bis dreimal höherer Intensität aufgenommen als im Reinbestand; Senf (*Sinapis alba*), in der landwirtschaftlichen Praxis seit jeher geschätzt als raschwüchsige Gründüngungspflanze, eignet sich auch als Partner in der Mischkultur, der Trockenmasseertrag erhöhte sich dadurch bei Erbsen und Wicken um 10–32 ‰, bei einer Erhöhung des Proteingehaltes von 3,29 auf 4 ‰ (Erbsen), 5,29 auf 6,18 ‰ (Wicken). Ähnlich positive Auswirkungen waren hinsichtlich der Fett- und Karotinsynthese zu beobachten. Zu beachten ist, daß diese günstigen Resultate trotz eingeschränkter Platzangebote für die Einzelpflanze (durch den engeren Stand in der Mischkultur) erzielt wurden (v. Haller 1980).

Überdenkenswert erscheint die Bewertung der Ackerunkräuter.

Hafer bringt auch bei Verunkrautung mit Hederich gute Erträge, in Kombination mit dem gefürchteten Ackerunkraut Quecke wurden z. T. sogar Ertragssteigerungen verzeichnet (v. Haller 1980).

Blühende Ackerunkräuter waren früher Haupttrachtquelle für die Bienenwirtschaft, in ihrer Artenvielfalt mit Sicherheit ein wesentlicher Faktor für Bienengesundheit und den Heilwert des Honigs. Ackerunkräuter, Unkräuter ganz allgemein, sind vielfach wertvolle Heilpflanzen (Kamille, Ackerschachtelhalm usw.), der gezielte Anbau als Monokultur nach den Prinzipien moderner landwirtschaftlicher Bodennutzung erscheint nicht unproblematisch. Die Zunahme bestimmter Schädlinge bei Getreide muß offensichtlich auch mit der Zurückdrängung der Ackerunkräuter durch Herbizideinsatz in Verbindung gebracht werden (Lebendige Erde 1983), das Anreicherungsvermögen von „Unkräutern“ für fehlende Stoffe wurde erwähnt.

Als Konsequenz dieser wenigen Indizien wird deutlich, daß einseitige Wertungen kurz-, mittel- oder langfristig grundsätzlich Nachteile erwarten lassen; als grundsätzlich geeignet, den Bedürfnissen aller Systempartner und den Bedingungen des Systems in seiner Gesamtheit umfassend gerecht zu werden, erscheint darum das Prinzip der Mehrfachnutzung. Tierhaltung, Obst- und Gemüseanbau, Imkerei und Heilpflanzengewinnung, die Bereitstellung von Holz u. a. industriellen Rohstoffen: alles ist in ein und derselben Landschaft möglich, die außerdem Raum und Möglichkeit zum Erholen zu bieten vermag. Und selbst die komplikationslose Eingliederung handwerklicher und industrieller Gewerbe ist letztlich nur eine Frage der Einsicht in Systemzusammenhänge. Einseitige Spitzenleistungen läßt Mehrfachnutzung nicht erwarten, aber eine stabile Gesamtleistung des Systems weit über dem gegenwärtigen Durchschnitt.

Faszinierende Möglichkeiten deuten sich an auf lufthygienischem Gebiet. Offensichtlich werden Luftschadstoffe nicht nur innerlich verstoffwechselt, nach Aufnahme über Wurzel und Blatt, sondern sind flüchtige Phytonzide in der Lage, diese bereits im Luftraum zu neutralisieren. Kaukasischer Wacholder, Sadebaum und Traubenkirsche zeigten sich besonders wirksam, in der Klimakammer ließen Phytonzide des Sadebaumes die Konzentration von Stickoxiden innerhalb von 15 Minuten um 18,3 ‰ zurückgehen, nach vier Stunden auf die Hälfte, nach sieben Tagen auf ein Zehntel – eine Leistung des „äußeren“ Stoffwechsels gewissermaßen, des Stoffwechsels des Gesamtsystems (v. Haller 1980). Eine Leistung, die nicht zuletzt auf stadtökologische

Chancen und Nachholebedarf in der Stadtgestaltung hinweist. Der vielschichtige Fragen- und Aufgabenkomplex der Dach- und Fassadenbegrünung spielt hier hinein und zeigt prinzipielle, aber kaum beachtete Möglichkeiten. Neuere fundierte Darstellungen zu diesem Problemkreis (Minke und Witter 1983, Eisentraut 1985) machen deutlich, welche ungenutzten Chancen einer Ökologisierung urbaner Siedlungssysteme gegeben sind, und wecken die Hoffnung auf einen „Biotop Stadt“, der nicht mehr die Einschätzung „lebensfeindlich“ assoziiert.

Die Erforschung von Systemzusammenhängen schärft den Blick für wirtschaftliche Konsequenzen, hat aber auch einen eigenen ästhetischen Reiz. Umweltforschung und Umweltschutz allein aus wirtschaftlichen Erwägungen zu fordern, ist unbefriedigend – alles Leben ist schützenswert an sich, und nicht umsonst betont das Landeskulturgesetz den ästhetisch-kulturellen, um nicht zu sagen, ethischen Aspekt, doch kann ein differenziertes Wissen um die wirtschaftliche Relevanz eine wichtige Urteils- und Entscheidungshilfe bedeuten. „Die entdeckten Wechselbeziehungen öffnen uns einen großartigen Ausblick auf die Einheit des Seins. Sie sind geeignet, den Begriff der Ökologie weiter, klarer und lebendiger zu erfassen. Den Eindruck des Wunderbaren, den Molisch bei der Entdeckung dieser universalen Gesetzmäßigkeit hatte, können wir nachempfinden“ (v. Haller 1980).

S c h r i f t t u m

- Aubert, C.: Organischer Landbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1976.
- Eisentraut, W. R.: Genutzte Dachflächen als Beitrag zu Qualität und Effektivität unserer Wohngebiete. Architektur d. DDR (1985) 567–573.
- Franck, G.: Gesunder Garten durch Mischkultur. 2. Aufl., Südwest Verlag, München 1980.
- Gamerith, A.: Lebendiges Ganzkorn. Verlag „Neues Leben“, Bad Goisern 1956.
- Gestewitz, H. R.: Bedeutung körpereigener Abwehrprozesse in der Tumortherapie. Vortrag, gehalten auf dem Lehrgang für Fachärzte der HNO-Heilkunde, Leipzig 1978.
- v. Haller, A.: Lebenswichtig aber unerkannt. 2. Aufl. Verlag Boden und Gesundheit, Langenburg 1980.
- Herberger, W.: Frauenmilch als Therapeutikum. Hippokrates-Verlag, Stuttgart 1958.
- Herberger, W.: Behandlung und Pflege inoperabler Geschwulstkranker. Verlag Th. Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1960.
- Kartoffeln benützen Pheromon zur Blattlaus-Abwehr. Kurzbericht aus: Naturwiss. Rundschau 37 (1984 c) 113.
- Koepff, H., et al.: Biologisch-dynamischer Landbau. 3. Aufl. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1980.
- Köllner, V., und W. Santhoff: Untersuchungen über die Wirkung von Brennesselbrühe auf Blattläuse. Nachrichtenblatt Dt. Pflanzenschutzd. 35 (1983) 56–58.
- Können Bäume ihre Nachbarn warnen? Kurzbericht aus: Naturwiss. Rundschau 37 (1984 a) 105.
- Kranich, E. M.: Die Formensprache der Pflanzen. 2. Aufl. Verlag Freies Geistesleben, Stuttgart 1980.
- Luther, P.: Lektin und Toxin der Mistel. Akademie-Verlag, Berlin 1982.
- Madaus, G.: Lehrbuch der biologischen Heilmittel. Abt. I: Heilpflanzen. G. Thieme Verlag, Leipzig 1938.
- Minke, G., und G. Witter: Häuser mit grünem Pelz, ein Handbuch zur Hausbegrünung. 3. Aufl. Verlag D. Fricke, Frankfurt/M. 1983.
- Pfeiffer, E.: Die Fruchtbarkeit der Erde. Verlag Zbinden & Hügin, Basel 1938.
- Pheromone im biologischen Pflanzenschutz. Kurzbericht aus: Naturwiss. Rundschau 37 (1984 b) 113.

- Roszkowski, W., et al.: Rifampicin-induced Suppression of Antitumor. Immunity. *Med. Microbiol. Immunol.* **172** (1984) 197–205.
- Seifert, A.: *Im Zeitalter des Lebendigen*. Müllersche Verlagsbuchhandlung, Plarrig u. München 1942.
- Sieg, H.: *Gottesseggen der Kräuter*. Ernst Staneck Verlag, Berlin 1953.
- Sigel, F.: *Schuld ist die Sonne*. Verlag MIR Moskau u. VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1975.
- Stellwag, K.: *Kraut und Rüben*. Waerland Verlagsgenossenschaft EG, Mannheim 1967.
- Tokin, B. P.: *Phytonzide*. Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1956.
- Unkräuter helfen gegen Getreideläuse. *Kurzbericht aus Lebendige Erde* (1983) 191.
- Waerland, E.: *Die Waerland-Therapie und ihre Erfolge*. 5. Aufl. Humata Verlag Harold S. Blume, Bern 1963.
- Wirth, A. G.: *Höchsterträge durch Mischkultur wahlverwandter Gemüsearten*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1942.
- Wolff, O. (Hrsg.): *Die Mistel in der Krebsbehandlung*. Vittorio Klostermann, Frankfurt/M. 1975.

Dr. Christoph Richter
Institut für Allgemeine und Kommunale
Hygiene der Karl-Marx-Universität
Liebigstraße 24
Leipzig
DDR - 7010

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Hercynia](#)

Jahr/Year: 1987

Band/Volume: [24](#)

Autor(en)/Author(s): Richter Christoph

Artikel/Article: [Phytonzidforschung - ein Beitrag zur Ressourcenfrage 95-106](#)