Biologische Untersuchungen über Schutzstoffe.

Von **W. Peyer.**

Einleitung.

Der Schutz der Pflanzen der höheren, wie der niederen gegen die Angriffe der in ihrer Ernährung auf vegetabilischer Kost angewiesenen Tiere beruht zum Teil auf den mechanischen Eigenschaften der Gewebe. Diese erschweren entweder eine Bewältigung derselben oder aber sie entfalten, falls letztere gelungen sein sollte, den Tieren unangenehme Wirkungen rein mechanischer Art, wobei die Geschmacksempfindung selbst nicht in Betracht kommt.

Diesen mechanischen Schutzmitteln stehen die weit mannigfaltigeren chemischen Schutzmittel gegenüber, die nicht selten giftigen Exkrete, deren Wirkung sich auf die Geruchs- und Geschmacksorgane geltend macht. Gewisse Tiere werden durch sie ganz ferngehalten oder fressen die so geschützten Pflanzen doch nur in Ausnahme- und Notfällen.

Die in Folgendem mitzuteilenden Untersuchungen bilden eine Fortsetzung und Erweiterung der Arbeit von E. Stahl, „Pflanzen und Schnecken", welcher durch vergleichende Fütterungsversuche die Ergiebigkeit des Schutzes in der Weise festgestellt hat, daß er neben den unveränderten frischen Objekten, die der Schutzmittel beraubten Vergleichsexemplare den Tieren vorlegt. In betreff der Methodik und der durch ihre Anwendung erzielten Ergebnisse verweise ich auf die genannte Abhandlung.

Während Stahl ganz vorwiegend mit den zu derartigen Versuchen besonders geeigneten Schnecken operiert hat, war ich bestrebt, möglichst auch andere Tiere zu berücksichtigen. Auch suchte ich festzustellen, inwieweit Strukturen, deren Bedeutung für die Pflanzen auf ganz anderen Gebieten liegt (Biegungsfestigkeit, Transpirationsschutz), doch auch der Zerstörung von seiten der Tiere entgegenzuwirken imstande sind.

Chemische Schutzmittel.

Die Verbreitung von chemischen Schutzmitteln in allen Teilen der Pflanze, ist eine sehr umfangreiche. Unter chemischen Schutzmitteln sind solche zu verstehen, die durch ihren Geruch oder Geschmack die Tiere vom Fressen abhalten. Nicht in allen Fällen ist diese Definition zutreffend. Es scheint uns wohl begreiflich, daß Conium maculatum, Ruta graveolens, Hyoscyamus niger, Datura stramonium, Solanum nigrum und andere mehr, welche riechende Stoffe enthalten, die auch unserem relativ schwach entwickelten Geruchsorgan unangenehm sind, auch dem der Tiere zuwider sind. Doch gibt es wiederum Pflanzen, z. B. Daphne mezereum, Thalictrum, Aconitum, Colchicum autumnale, Atropa belladonna, die an sich, solange sie un-

verletzt sind, geruchlos sind und doch von Weidetieren überhaupt nicht angebissen werden. In diesem Falle sind wir zu der Annahme berechtigt, daß die in ihnen enthaltenen Gifte sich dem feineren Geruchsinn der Tiere bemerkbar machen.

Hier mag der Einwand gemacht werden, daß doch zuweilen Haustiere Vergiftungen erliegen. Dem gegenüber ist zu bemerken, daß sich zweifellos die Sinnesorgane dieser Tiere, die unter dem Schutz des Menschen und nicht im Kampf ums Dasein stehen, zurückgebildet haben. Nach Dammann[1]) kommen Vergiftungen bei Haustieren meist daher, daß die Tiere, die wenig Grünes fressen, durch Zufall ins Freie kommend, sich über alles hermachen, was ihnen wohlschmeckend erscheint, namentlich wenn sie hungrig sind. Andererseits berichtet er, daß sehr oft Giftpflanzen aus dem Heu von den Tieren sorgsam isoliert werden, eine Beobachtung, die ich aus eigener Erfahrung bestätigen kann.

Wenn in folgenden Zeilen von „Giften" die Rede ist, so ist dabei nicht nur an jene Stoffe gedacht, die im Sinne der Toxikologen Gifte, d. h. für Menschen schädliche oder tötlich wirkende sind, sondern im allgemeinen an jene chemischen Verbindungen, die Pflanzenfressern schädlich sein können.

Die Wirkung einer Pflanze, durch eine in ihr enthaltene Verbindung, kann z. B. dem Menschen nicht nachteilig sein, ein Tier dagegen gefährten oder töten. Die ätherischen Öle der Umbelliferen sind für den Menschen harmlos; dagegen sind einige von ihnen imstande in verschwindend kleinen Gaben, Sperlinge und junge Hühner zu töten. Rinder, die junge, nicht genügend verkieselte Exemplare von Equisetum arvense gefressen hatten, erkrankten an Blutharnen und Nephritis und gingen unter Lähmungserscheinungen ein. Andererseits ist in vielen Gegenden ein Tee aus Schachtelhalmen ein angeblich blutreinigendes Hausmittel, das man selbst Kindern gibt.

Aber auch herbivore Tiere zeigen unter einander ein verschiedenes Verhalten. Für Pferde sind Zweige der Eibe giftig, während berichtet wird, daß Rinder größere Mengen davon schadlos verzehren können. Lohmann[2]) stellt fest, daß Equisetum limosum von Kaninchen und Schafen vertragen wird, dagegen Pferde zu töten im stande ist. Ich habe Mäuse und Kaninchen mit kleinsten Gaben vom Safte des

---

1) Dammann, Gesundheitspflege der Haussäugetiere, Berlin 1886.

2) Lohmann, Über die Giftigkeit der deutschen Schachtelhalmarten. Arbeiten der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft, Heft 100. Berlin 1904.

Fliegenpilzes getötet, an dem man oft tiefe Freßspuren von Schnecken beobachten kann.

Im letzteren Falle haben wir es mit Spezialisten zu tun, worunter man Tiere versteht, die ihre Nahrung von einer oder wenigen Pflanzen derselben Gattung beziehen und gegen etwaige Gifte derselben immun sind. Hierher gehört z. B. die Raupe des Wolfsmilchschwärmers, die auf Wolfmilcharten, und der Käfer Haltica atropae, der auf Atropa belladonna lebt. Solche Beispiele ließen sich viele anführen.

In Folgendem sollen nun die chemischen Zellinhaltsstoffe in Gruppen geordnet, behandelt werden. Gleichzeitig soll untersucht werden, ob sie tatsächlich als Schutz gegen die Angriffe der Tiere wirksam sind.

Gerbsäuren oder Gerbstoffe.

Hierunter sind nach Euler und Hollemann zahlreiche, in den verschiedensten Pflanzenteilen verbreitete Stoffe zu verstehen, die ungefähr die Formel $C_{14}H_{10}O_9$ haben. Ihre Zusammensetzung soll nicht immer die gleiche sein, Hollemann[1]) nennt sie nach den Pflanzen, von denen sie stammt, Eichen-, Kaffee-, China-, Weiden- usw. Gerbsäure. Ihre dunkel gefärbten Oxydationsprodukte trifft man reichlich in Gerbstoff führenden Pflanzenteilen; sie werden Phlobaphene genannt[2]). Die Gerbstoffe sind charakterisiert durch ihren adstringierenden Geschmack (Verwendung in der Medizin), durch ihre bekannte Reaktion mit Eisenoxydsalzen, ferner dadurch, daß sie tierische Haut gerben und Eiweißlösungen fällen.

Ob sie eine Aufgabe im Stoffwechsel haben, und welcher Art diese sein könnte, ist noch nicht festgelegt. Nach Sachs[3]) und Pfeffer[4]) sollen sie nicht am Stoffwechsel teilnehmen, sondern Endprodukte sein. Zweifellos haben sie eine große Bedeutung in biologischer Hinsicht. Da sie meist peripher gelagert sind, ist man zu der Annahme berechtigt, daß sie gewisse antiseptische Wirkungen entfalten und lebende oder tote Gewebe vor Fäulnis schützen. Von Warming[5]) wurde ihnen eine Bedeutung für die Verringerung des Austrocknens der Pflanzenteile zugeschrieben.

---

1) Organische Chemie, Leipzig 1908.
2) Pflanzenchemie. Braunschweig 1908.
3) Pflanzenphysiologie, 1895.
4) Pflanzenphysiologie, Leipzig 1904.
5) Botan. Zentralblatt, Bd. XVI, pag. 350.

Stahl teilt in „Pflanzen und Schnecken“ mit, daß Gerbstoffpflanzen einen sicheren Schutz gegen Schnecken gewähren. Räuber stellt dagegen fest, daß die in den Rinden reichlich enthaltenen Gerbsäuren keinen Schutz gegen manche höhere Tiere gewähren; sie sind im Gegenteil Kaninchen und Rotwild willkommen. Diese Tiere sind auch längst nicht so empfindlich gegen Gerbsäure wie z. B. der Mensch. Gaben von 6—8 g, die den Menschen schwere Beschwerden verursachen dadurch, daß sie Ösophagus, Magen und Darm in eine der Gerbwirkung ähnliche Beschaffenheit versetzen, haben bei Kälbern, wie ich mich selbst überzeugen konnte, kaum eine Wirkung. Gaben von 3—4 g sollen nach Räuber bei Kaninchen außer Verstopfung keine üblen Folgeerscheinungen haben. Räuber's Fütterungsversuche geben ein gutes Bild von einer gewissen Vorliebe mancher Tiere für Gerbsäuren.

Bitterstoffe.

Die Bezeichnung „Bitterstoffe“ ist eigentlich ein pharmakologischer Begriff; er dient zur Bezeichnung von Körpern, die sich durch bitteren Geschmack auszeichnen und indifferent, d. h. nicht toxisch, sind. Vom Standpunkte des Chemikers aus betrachtet sind die meisten Bitterstoffe Alkaloide und Glukoside.

In diesem Kapitel sollen als Bitterstoffe nur die wenigen, unerforschten, bitter schmeckenden Stoffe angesehen werden, die sich nicht in die Gruppen Alkaloide und Glukoside einreihen lassen.

Bitterstoffe, sofern sie nicht giftig sind, erfahren, da sie intensive physiologische Wirkungen haben, eine vielseitige medizinische Anwendung. Sie fördern die Absonderung von Speichel und Magensaft, wirken appetitanregend und vermögen Gärungsprozesse im Magen zu beschränken. Als physiologisch-anatomische Wirkung ist eine Hyperämie der Magenwandung zu nennen, die sich bekanntermaßen durch das vermehrte Wärmegefühl in Epigastrium und Magen nach dem Genuß bitterer Stoffe kenntlich macht.

Die Beziehungen der zahlreichen Bitterstoff führenden Pflanzen zur Tierwelt bieten des Interessanten viel. Schnecken gegenüber sind sie ein fast sicherer Schutz. Stahl stellte fest, daß im Absterben begriffene Blätter von Gentiana lutea ziemlich stark angefressen wurden, während sie in jungem Zustand unversehrt bleiben. Ich habe nicht Gelegenheit gehabt, mich selbst von einer Änderung des Geschmackes bei älteren Gentianablättern zu überzeugen; immerhin aber ist es möglich, daß die Bitterstoffe geringer geworden oder verschwunden sind.

Nach einer Untersuchung von Molle[1]) steht fest, daß die jungen Wurzeln von Datura sehr alkaloidreich sind, die alten dagegen sehr wenig Alkaloide enthalten. Ein Verringern des Alkaloidgehaltes gibt auch Clautriau[2] an. Er behauptet nämlich, daß der Alkaloidgehalt in alten ausgereiften Papaverpflanzen geringer wird und schließlich verschwindet. Vielleicht läßt sich diese Behauptung auch auf die Bitterstoffe übertragen. Nach Entfernung der bitteren Bestandteile durch Auskochen fressen die Schnecken die Gentianapflanzen gern.

Unsere Pflanzenfresser zeigen keine sonderliche Abneigung gegen Arnica montana und Taraxacum officinale. Sowohl frisch als getrocknet (in letzterem Zustand lieber) nehmen sie die an sich stark bitter schmeckenden Pflanzen zu sich, sofern ihnen nichts besseres zur Verfügung steht.

In Wasser aufgeweichtes isländisches Moos wurde von Kaninchen und Mäusen nicht gefressen. Meine Vermutung, daß der Schleim hier mit der schuldige Teil sein könnte, wurde dadurch bestätigt, daß die durch Auslaugen mit Wasser von ihrem Bitterstoff befreite Flechte nur angebissen wurde. Das zum Auslaugen benutzte Wasser wurde unter Kleie gerührt und diese dem Kaninchen vorgesetzt. Es fraß nur ungern davon, verweigerte aber die Annahme nicht ganz. Auf gleiche Weise mit Arnikaaufguß gemischte Kleie wurde auch ungern gefressen. Ziegen und Rehe sollen Cetraria islandica in der Not fressen. An den Bitterstoff vollkommen gewöhnt hat sich das Renntier, dessen Hauptnahrung das isländische Moos in seiner unwirtlichen Heimat ja ist.

Alkaloide und Glukoside.

Die chemisch oft sehr komplizierten Alkaloide und Glukoside haben eine weite Verbreitung im Pflanzenreich. Daß beide, chemisch voneinander grundverschiedene Stoffe, hier in einer Abteilung zusammen abgehandelt werden, hat seinen Grund in ihrer fast übereinstimmenden physiologischen Wirksamkeit und biologischen Bedeutung. Beide sind stark bitter und beide haben meist intensiv toxische Wirkungen. Welche Rolle sie im Stoffwechsel der Pflanze spielen, ist noch nicht genügend erklärt. Jost schreibt darüber in seinen Vorlesungen über Pflanzenphysiologie[3]): „Schließlich nennen wir noch die Substanzen, denen viele

1) Czapek, Biochemie der Pflanzen, Jena 1905, pag. 265.

2) Recherches microchimiques sur la localisation des alcaloides dans le Papaver somniferum. Mémoires de la société belge de microscopie 1888, Tome XII.

3) Jost, Pflanzenphysiologie, Jena 1908.

Pflanzen ihre Gift- oder Heilwirkung verdanken, die Glukoside und Alkaloide. Wenn solche Stoffe in einer bestimmten Pflanze immer wieder in gleicher Weise aufzutreten pflegen, so müssen sie so gut wie Zucker und Eiweiß usw. Stoffwechselprodukte sein, und es muß auch bei ihnen die Frage erhoben werden: wie bilden sie sich, was wird aus ihnen und was für eine Bedeutung haben sie für die Pflanze? Die bisherigen Untersuchungen sind noch zu keinem auch nur einigermaßen abschließenden Resultaten gekommen. Von vielen der sogenannten Stoffe wissen wir, daß sie im Stoffwechsel der Pflanzen nicht weiter verwendet werden; man kann sie somit als wertlose, als Abfallprodukte betrachten. Eine solche rein chemische Auffassung ist aber zweifellos eine einseitige . . . es folgt aus ihnen, daß auch die sogenannte biologische Bedeutung der Stoffe Beachtung fordert, und eine solche ist gerade für Riechstoffe, Farbstoffe, Alkaloide und Glukoside vielfach gesucht und mit größerem oder geringerem Glück gefunden worden."

Bevor auf die biologische Bedeutung der Alkaloide und Glukoside eingegangen werden soll, einige Worte über ihre Chemie. Unter Alkaloiden versteht man gemeinhin organische Pflanzenbasen, die in Wasser wenig, gut in Alkohol, Chloroform usw. löslich sind. Alle Pflanzenbasen enthalten Stickstoff, können aber in anderer Hinsicht die größten Unterschiede in ihrem molekularem Bau aufweisen. Sie leiten sich her vom Pyridin-, Pyrrholidin-, Imidacol-, Chinolin- und Isochinolinring. Die meisten Alkaloide sind tertiäre Basen, auch sind sie sauerstoffhaltig. Wie anfangs erwähnt, haben sie eine weite Verbreitung im Pflanzenreich, nur einige Familien sind frei davon (Labiaten, Rosaceen, Orchideen). Für den Biologen erscheint es begreiflich, daß es gerade Pflanzen mit flüchtigen Ölen sind. Meist finden sich die Alkaloide nicht frei in den Pflanzen, sondern gebunden an die zahlreichen Pflanzensäuren. In bezug auf ihre Lokalisation in der Pflanze ist folgendes zu beachten: sie können in allen Teilen einer Pflanze vorkommen, einzelne Teile können aber auch frei davon sein, z. B. findet sich Nikotin in den Blättern des Tabaks, nicht aber in Blüten, Wurzeln und Samen.

Die wichtigste Eigenschaft der Alkaloide ist ihre physiologische spezifische Wirkung auf den Tierorganismus und zwar schon in sehr geringen Gaben. Namentlich wirken sie auf Herz und Gehirn durch Reiz- und Lähmungserscheinungen. Bemerkenswert ist, daß sie in den Harn- und die übrigen Sekrete unzersetzt übergehen und daß sich

Namen	Alkaloide	frisch	nach 24 Stunden	mit Spinat gemischt	mit Alkohol ausgekocht	mit angesäuertem Wasser ausgekocht	Kleie mit dem Auszug vereinigt
Conium maculatum . .	Coniin	—	—	—	+	+	—
Atropa. bell.	Atropin	—	+	○	+	+	—
Hyoscyamus nig. . . .	Scopolamin Hyoscyamin	—	—	—	+	+	—
Papaver somniferum . .	mehrere Alkaloide	—	—	—	+	+	—
Colchicum autumnale . .	Colchicin	—	—	—	+	+	—
Fumaria officinalis . . .	Fumarin	○	+	○	+	+	+
Aconit. napellus	Aconitin	—	—	—	+	+	—
Thalictrum vulgare . . .	Thalictrin	○	+	○	+	+	—
Rinde und Wurzel von Berberis vulgaris . .	Oxyacanthin Berberin	—	—	—	+	+	—
Rinde des Stammes von Berberis vulgaris . .	”	○	+	—	+	+	—
Blätter v. Berberis vulgaris	?	+	+	+	+	+	+
Nicotiana tabacum . . .	Nikotin	—	—	—	+	○	+

— = nicht gefressen, ○ = angebissen, wenig gefressen, + = ohne Widerstand gefressen.

außer Hyperämien des Gehirns und Rückenmarks anatomische Veränderungen bei der Sektion nicht finden lassen.

Zur chemischen Charakterisierung der Glukoside findet sich bei Fischer[1]) folgendes: „Unter Glukosiden (Glykoside) verstehen wir eine Anzahl im Pflanzenreich weit verbreiteter Substanzen, die beim Knochen mit verdünnten Säuren oder Ätzalkalien in Glukosen und andere Substanzen zerfallen. Man kann sie daher als ätherartige Verbindungen auffassen, welche aus Zucker und jenen „anderen Substanzen" durch Wasserabspaltung entstanden sind. Beim Kochen mit Säuren und Alkalien, sowie bei der Einwirkung von Fermenten nehmen sie wiederum Wasser auf und zerfallen in ihre Komponenten. Sie sind bisher in sehr vielen Pflanzen und allen Pflanzenteilen (Blätter, Rinde, Wurzel, Frucht) gefunden worden usw." Die Glukoside sind in Wasser leicht löslich und haben, wie erwähnt, einen bitteren Geschmack.

In ihrer physiologischen Wirkung auf den tierischen Körper charakterisieren sie sich wie folgt: Sie stehen den Alkaloiden nahe, nur sind sie weniger giftig, d. h. man muß in allen Fällen höhere Gaben anwenden, um einen Exitus letalis zu erzielen. Eine wichtige Eigenschaft ist die, daß sie im Organismus gespalten werden und ins Blut übergehen. In den Sekreten lassen sie sich meist nicht nachweisen. Der Sektionsbefund ergibt nicht viel Positives. Bisweilen finden sich Mazerationen und hämorrhagische Entzündungen in Magen und Darm, Nephritis und (z. B. Koloquinthen) Peritonitis.

Bei allen meinen Versuchen um das Maß der Schutzwirkung der Alkaloide zu prüfen, habe ich folgende Versuchsanordnung angewandt: Kaninchen erhielten die frischen Pflanzen oder Pflanzenteile ganz oder klein geschnitten, wie auch unter Spinat gemengt. Außerdem wurden sie mit Alkohol 2—3mal ausgekocht, ebenso mit schwach salzsäurehaltigem Wasser behandelt, den Tieren geboten. Die mit Alkohol ausgekochten Pflanzenteile wurden, um auch die letzten Reste des Alkohols zu entfernen, an der Sonne oder auf heißen Tellern getrocknet, dann in Wasser aufgeweicht und den Tieren feucht gegeben. Ferner bekam das Versuchstier noch eine wässerige, unter Kleie gemengte Abkochung der Pflanze.

Die Tabelle gibt ein überraschendes Bild von dem zuverlässigen Funktionieren der Alkaloide als Schutzstoffe. Nur Fumaria und Thalictrum wurden angebissen und nach 24stündigem Hungern gefressen, desgleichen Aconitum (alle drei Pflanzen haben einen relativ

1) Pharmazeutische Chemie, Stuttgart 1904.

schwach bitteren Geschmack). Wenn man einem der Tiere, die aus der Hand fraßen, nachdem man ihnen einige Spinatblätter gegeben hatte, Teile der Versuchspflanzen reichte, so bissen sie im günstigsten Falle an, um sich sofort unter Gebärden des Abscheus zurückzuziehen. Meistens rührten sie die Pflanzen überhaupt nicht an. Das Kaninchen, das nach langem Hungern Atropa belladonna gefressen hatte, zeigte Schwindel, Lähmungserscheinungen, Reaktionslosigkeit der erweiterten Pupillen, Dispnoe, starkes Klopfen der Karotiden und später Koma. Nach 10 Stunden Exitus. Die Sektion ergab außer Blutüberfüllung des Gehirns nichts Anormales. Interessant ist, wie die Tabelle zeigt, das Verhalten der Tiere gegenüber der Rinde, der Wurzel und des Stammes und gegen die Blätter der Berberitze. Hier richteten sie sich genau nach dem größeren oder geringeren Gehalt von Berberidin, indem sie die berberidinreichste Wurzelrinde vollkommen verschmähten, die daran nicht so reiche Rinde des Stammes anbissen und die nur sehr wenig Berberidin enthaltenden Blätter fraßen. Eine Bestätigung dafür finde ich in Räuber's Arbeit[1]), nach dessen Beobachtung es zweifelhaft ist, ob Berberitze überhaupt geschält wird.

Um die Schutzwirkung der Glukoside zu erproben, stellte ich eine Reihe von Versuchen in genau derselben Anordnung an, wie es bei den Alkaloiden der Fall war. Da die Glukoside in Wasser, namentlich in kochendem, gut löslich sind, so war ein Auskochen mit Alkohol nicht nötig, da ein solches mit Wasser genügte. Die in folgender Tabelle aufgeführten Pflanzen sind so gewählt, daß mechanische Schutzmittel meist nicht in Frage kommen konnten.

Das Ergebnis der Versuche beweist die vorzügliche Schutzwirkung der Glukoside, hervorgerufen durch ihren bitteren Geschmack und ihre Giftigkeit.

Eine besondere Behandlung erheischen die Nitrilglukoside, Stoffe, die bei Hydrolyse neben Zucker stets Blausäure liefern. Ihr wichtigster Repräsentant ist das Amygdalin, welches sich unter anderen in Samen und Blättern mancher Amygdaleen und Pomaceen findet. Es ist in den Pflanzen begleitet von einem Enzym, dem Emulsin, welches es bei seiner Spaltung, wobei Wasser gegenwärtig sein muß, in Benzaldehyd Blausäure und Glukose zerlegt.

Amygdalin oder isomere Verbindungen finden sich in Blättern von Prunus padus, Prunus persica, Prunus lauroceracus, Cotoneaster und in geringsten Mengen in denen von Sambucus nigra.

---

1) Räuber, Dissertation, Jena 1910.

Name	Glukoside	frische Pflanzen	dieselben nach 24 Stunden	mit Wasser aus-gekocht	zerschnitten unter Spinat gemischt	Wässerige Abkochung mit Kleie vermischt	Bemerkungen
Menyanthes trifoliata .	Menyanthin	—	○	+	—	—	
Erythraea centaurium	Erythrocentaurin	—	—	+	—	—	
Gentiana lutea . . .	Gentiopikrin	—	—	+	—	—	
Achillea millefolium .	Achillein	○	○	+	teilweise isoliert	—	
Cnicus benedictus . .	Cnicin	—	—	+	—	—	
Artemisia absinthium .	Absinthiin	—	○	+	—	—	
Rhinanthus crista galli	Rhinanthin	○	fast vollständig	+	fast aufgezehrt	—	
Melampyrum arvense .	„	○	„	+	„	—	
Convallaria majalis .	Convallarin Convallamarin	—	—	+	—	—	
Rhamnus frangula (Rinde)	Frangulin	—	teilweise	+	—	—	Diarrhöen und Kolikanfälle
Vincetoxicum officinale	Asclepiadin	—	„	+	teilweise	—	Harnbeschwerden
Adonis vernalis . . .	Adonidin	—	—	+	—	—	
Digitalis purpurea . .	viele Glykoside	—	teilweise	+	—	—	Bald darauf stellte sich ein Unvermögen zu stehen und Schwäche des Hinterteils und Zuckungen ein. Dann Koma. Nach 6 Std. Exitus, Sektion: teerartig schwarzes Blut. Endokarditis.

— = nicht gefressen, ○ = angebissen, wenig gefressen, + = ohne Widerstand gefressen.

Ob dem Amygdalin eine Bedeutung als Schutzmittel zukommt, habe ich nicht sicher feststellen können. Räuber bestreitet es. Ob Maikäfer die Blätter der erwähnten Prunoideen fressen, habe ich selbst nicht beobachten können. In der Literatur war nichts darüber zu finden. Von einem Förster im Vogtlande hörte ich, daß in einem Maikäferjahre diese in seinem Garten sehr gewüstet hatten. Die Pfirsiche und ein Sträuchlein, das nach seiner Beschreibung Cotoneaster oder Mespilus sein dürfte, hatten sie verschont, desgleichen den Hollunder nur wenig angefressen. Auch ist mir ein allerdings schon kränkelndes Kaninchen eingegangen, das unter anderem Pfirsichblätter gefressen hatte. Leider konnte ich keine Sektion ausführen. Daß geringe Mengen der Blätter von Prunus laurocerasus und Pfirsich Kühe und Ziegen getötet haben, teilt Dammann mit[1]).

Einen interessanten Fall von Vergiftung eines Schafes durch Amygdalin habe ich selbst erlebt. Das Tier war in einem Grasgarten, in dem ein Vogelkirschbaum stand, gelassen worden, um den spärlichen Graswuchs abzufressen. Es wurden ihm aber nebenbei immer noch Heu und Kartoffelschalen gegeben. Eines Tages war dies vergessen worden und das hungrige Tier hatte sich über die Blätter der strauchförmigen Vogelkirsche, die es sonst verschmäht hatte, hergemacht. Es fing an, klagend zu schreien, atmete schwer und stöhnend, indem (typisch für Blausäurevergiftung)[2]) die Inspiration kurz, die Exspiration lang war und hatte die Augen weit aufgerissen. Das Abdomen war aufgetrieben und nach ca. 1 Stunde erfolgte der Tod. Bei der Sektion, die ich unmittelbar post mortem vornehmen konnte, fand ich in Ösophagus, Rumen und Retikulum Injektionen, auch Echymosen. Das Blut zeigte eine auffallend dunkle Färbung. Die Menge der Blätter, die das Tier gefressen hatte, dürfte etwa zwei Hände voll gewesen sein.

Während meines häufigen Aufenthaltes im Harz habe ich bei vielen Hirten, unter denen ich gute Pflanzenkenner und scharfe Naturbeobachter fand, desgleichen bei Forstleuten, mich über die Stellung der Weidetiere zu verschiedenen Alkaloid und Glukosid führenden Pflanzen erkundigt. Teilweise habe ich auch selbst die Weidetiere (Schafe, Ziegen, Rinder) auf der Weide beobachtet oder verlassene Weideplätze aufgesucht. Die Resultate zeigt folgende Übersicht, worin das Zeichen + die Pflanzen, die bedingungslos gefressen wurden, ○ Verweigerung und ♁ bedeutet, daß sie in der Not gefressen werden.

---

1) Dammann, Gesundheitspflege der Haussäugetiere, pag. 804.
1) Jacksch, Vergiftungen, Wien 1897.

Ranunculus sceleratus ○
„ acer. ○
„ arvensis ○
„ ficaria ○
Anemone nemorosa ┼
„ pulsatilla ○
Helleborus foetidus ○
„ viridis ○
Aconitum napellus ○
„ lycoctonum ○
Thalictrum minus ♁
Chaerophyllum temulum ○
Conium maculatum ○
Sambucus nigra ♁
Artemisia absinthium ♁
Achillea millefolium ♁
Anthemis cotula ○
Cnicus benedictus ○
Calluna vulgaris ♁
Vincetoxicum officinale ○
Menyanthes trifoliata ○
Gentiana-Arten ┼
Erythea centaurium ♁
Solanum nigrum ○
„ dulcamara ○
Atropa belladonna ○
Adonis vernalis ○
Papaver somniferum ○
„ rhoeas ♁
Chelidonium majus ○
Fumaria officinalis ♁
Linum usitatissimum ○
„ catharticum ○
Lupinus luteus ♁
Lathyrus silvestris ♁
Prunus padus ○
Cicuta virosa ○
Hyoscyamus niger ○
Nicotiana tabacum ○
Datura stramonium ○
Digitalis purpurea ♁
Gratiola officinalis ┼
Melampyrum-Arten ♁
Rhinantus crista galli ♁
Pedicularis silvestris ○
Polygonum persicaria ♁
Daphne mezereum ○
Galanthus nivalis ♁
Narzissus pseudonarzissus ○
Convallaria majalis ○
Colchicum autumnale ○

In dieser Übersicht sind 52 Alkaloid bzw. Glukosid führende Pflanzen aufgeführt, die mit wenig Ausnahmen (Helleborus foetidus, Conium maculatum, Hyoscyamus niger, Sambucus nigra) für unsere Geruchsorgane geruchlos sind. Vier von den Pflanzen wurden gutwillig gefressen, 14 in der Not oder in der Hast des Fressens, namentlich früh, wenn die Tiere hungrig waren, mit verschlungen. Mögen nun auch in irgend welchen anderen Gegenden die einen oder anderen Pflanzen, die ich mit ♁ bezeichnet habe, gleich gefressen werden, andererseits einige, die nach meinen Angaben unberührt blieben, in der Not gefressen werden, kurz, mögen die Grenzen zwischen den drei Kategorien fließende sein, zweifellos ist erwiesen, daß in den Alkaloiden und Glukosiden die Pflanzen wichtige Waffen gegen ihre Feinde besitzen.

Im Anschluß hieran wurden bei den in der letzten Übersicht genannten Pflanzen noch Versuche mit Maikäfern angestellt. Wenngleich diese Baumblätter vorziehen, so fressen sie doch auch, namentlich in der Gefangenschaft, krautige Pflanzen. Ich habe einen großen Teil der genannten Versuchspflanzen Maikäfern vorgelegt mit dem Erfolge, daß sich kaum Freßspuren daran finden ließen. Wenn man daran denkt, daß die Blätter des Nußbaumes und der Weide, die Alkaloid bezüglich Glukosid führend sind, von Maikäfern nur in der Not angegangen werden, so ist auch gegen diese Tiere eine Schutzwirkung erwiesen.

Oxalsäure und saure Pflanzensäfte.

Die Oxalsäure tritt selten frei, meist in Form des kristallisierten Calciumoxalates in niederen und namentlich in höheren Pflanzen auf. Auch erscheint sie relativ häufig als saures Kaliumoxalat (Oxalis, Rumex, Rheum, Spinacia, Geranium acetosa usw.) bisweilen kommt auch Magnesiumoxalate vor, z. B. in der Epidermis der Paniceen. In einigen Fällen hat man auch das neutrale Natriumsalz nachgewiesen.

Bekanntlich sind alle Ablagerungen der Oxalsäureverbindungen in höheren Pflanzen als Exkrete im biochemischen Sinne aufzufassen. Die überaus häufige Bindung von Kalk kann nach Sachs[1]) insofern begründet sein, daß dadurch die Anhäufung löslicher Oxalate und deren giftige Wirkung verhindert werden kann.

Gießler[2]) stellte die vorzugsweise periphere für die Enthaltung der Schutzwirkung gegen Schnecken und andere kleine Tiere wohl geeignete Lagerung der Oxalsäure und ihrer Salze fest.

Die Stahl'schen Versuche mit Schnecken an säurereichen Pflanzen habe ich auf Kaninchen ausgedehnt. Meine Resultate waren ungefähr die gleichen, wie bei Schnecken, nur daß die Kaninchen nicht so empfindlich wie letztere sind. Im Ofen getrocknete Möhrenscheiben, die ich mit Zitronensäurelösung von 0,5 % und 1 % desgleichen mit dem ausgepreßten Saft von Rheum rhaponticum und Beta vulgaris getränkt hatte, wurden nur ungern, die beiden letzteren gar nicht gefressen. Folgende sieben Pflanzen kamen zur Verwendung: Rumex acetosa, Rumex acetosella, Rheum rhaponticum, Beta vulgaris, Oxalis acetosella, Oxalis stricta, Sedum maximum. Diese wurden Kaninchen einzeln und mit anderem Futter vermischt, ausgekocht, wie auch lebend

1) Sachs, Pflanzenphysiologie, pag. 429.
2) Gießler, Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaften 1892, Bd. XXVII.

vorgelegt. Die Resultate stimmten mit den Vermutungen und den Stahl'schen Ergebnissen überein.

Ohne besondere Berücksichtigung der chemischen Beschaffenheit der sauren Säfte genannter Pflanzen stellte ich empirisch den relativen Säuregehalt derselben in folgender Weise fest. Die kräftig vegetierenden Pflanzen wurden im Mörser zerquetscht, etwas Saft abgegossen und dieser dann filtriert. Mit der Pipette wurde ein Kubikzentimeter desselben abgemessen im Becherglase mit neutralem Wasser verdünnt und unter Benutzung von Phenolphthalein als Indikator mit $\frac{100}{n}$ Kalilauge titriert.

Die Werte, die ich erhielt, waren folgende:

Rumex acetosa	verbrauchte	3,2	ccm	$\frac{100}{n}$	Kalilauge
Rumex acetosella	„	3,5	„	„	„
Rheum rhaponticum	„	36	„	„	„
Beta vulgaris	„	5,2	„	„	„
Oxalis acetosella	„	5,6	„	„	„
Oxalis stricta	„	4,9	„	„	„
Sedum maximum	„	4,2	„	„	„

Die Titrationen wurden wiederholt und die Durchschnittswerte hier angenommen. Da der Säuregehalt der Pflanzen von den verschiedensten Faktoren abhängig und einem täglichen Wechsel unterworfen ist, sind meine Angaben nur als relative Werte aufzufassen und sollten mir nur einen Anhalt geben, in welcher Konzentration ich die nun folgenden Lösungen anzuwenden hatte[1]).

Kaninchen, denen ich sechs Näpfe mit einem Brei aus Kleie und Zitronensäurelösung (0,2, 0,3, 0,4, 0,6, 0,8 und 1 %) vorsetzte, desgleichen einen Napf mit Wasser und Kleie, leerten erst diesen und dann die Näpfe 1—3; 4 und 5 waren am Abend des nächsten Tages nur wenig berührt. Dieselben Resultate erzielte ich mit gleichen Lösungen von Weinsäure und Oxalsäure. Im letzteren Falle waren die Tiere noch weniger zum Fressen zu bewegen.

Beobachtungen an Weidevieh auf einer Saalwiese unter der Rudelsburg bestätigte mir die bekannte Tatsache, daß Rumex acetosa und Oxalis acetosella nur wenig oder gar nicht gefressen wurden.

---

1) Vgl. die Arbeit von Gregor Kraus (Abhandlungen der Naturw. Gesellschaft zu Halle 1886, Bd. XVI).

Dammann[1]) hat beobachtet, daß Schafe nach dem Genuß von Rumex-Arten schwer erkrankten. Zweifellos ist diese Erscheinung auf eine Oxalsäurevergiftung zurückzuführen.

Ein Kaninchen, dem ich verschiedene Spinatblätter und dazwischen wieder einmal ein Blatt von Rumex oder von anderen Oxalsäure führenden Pflanzen reichte, verschmähte dieselben regelmäßig. Ein junges Kaninchen, das nach langem Hungern ziemlich viel Blätter von Rumex acetosa und Oxalispflanzen gefressen hatte, ging nach mehrfachen blutigen Durchfällen unter tiefem Koma ein. Vorher zeigten sich krampfähnliche Erscheinungen. Die Sektion ergab folgenden interessanten Befund: Das Blut hatte eine auffallend helle Farbe, Pharynx und Ösophagus waren entzündet. In der Schleimhaut von Magen und Darm fanden sich bei mikroskopischer Untersuchung reichliche Niederschläge von Kalziumoxalat. In den Nieren zeigte sich schon, mit der Lupe sichtbar, zwischen Rinde und Mark eine weißliche Zone, die sich unter dem Mikroskop in lauter Kalziumoxalatkristalle von der bekannten Briefkuvertform auflöste. In den Glomerulis waren keine zu finden. Der Harn enthielt Eiweiß, wenig Zucker und auffallend viel Kristalle. Es lag zweifellos eine Oxalsäurevergiftung vor, die die dafür charakteristische Veränderung erzeugt hatte.

Ätherische Öle.

Die Gerüche der Pflanzen werden in den meisten Fällen durch gewisse Substanzen bedingt, die, falls sie flüssig sind, ätherische Öle, wenn sie als feste Körper auftreten Stearoptene oder Kampfer genannt werden. Gegen das polarisierte Licht verhalten sie sich verschieden, einige sind inaktiv, einige drehen die Polarisationsebene nach links, andere nach rechts. In Wasser sind sie so gut wie unlöslich, löslich dagegen in Alkohol, Äther, Chloroform und fettem Öl. Unter dem Einfluß des Lichtes absorbieren sie durchweg Sauerstoff der Luft. Ihre Zusammensetzung ist keine einheitliche. Einige sind oder enthalten Aldehyde, andere bestehen aus Phenolen, wieder andere enthalten Esterarten. Im allgemeinen sind namentlich zwei Arten von Körpern in den ätherischen Ölen enthalten, nämlich die flüssigen Kohlenwasserstoffe oder Terpene ($C_{10}H_{16}$) und kampferhaltige Körper, die schon erwähnten Stearoptene ($C_{10}H_{16}O$).

Die Bedeutung der ätherischen Öle im Stoffwechsel der Pflanzen, ist noch nicht geklärt. Es sind hierüber die verschiedensten Ansichten laut geworden, wie denn überhaupt die Frage nach Bedeutung und

1) Dammann, Gesundheitspflege der Haussäugetiere, Berlin 1886.

Wirkung der ätherischen Öle viele Forscher, Biologen, Physiologen, Mediziner und Bakteriologen beschäftigt hat. Es existiert eine reiche Literatur über diesen Stoff.

Die ätherischen Öle von Blumenblättern (Nelken, Rosen) sind durch ihren Duft geeignet, die Insekten zur Bestäubung anzulocken. Wie aus den Arbeiten von Chamberland[1]), Riedlin[2]), Omeltschenko[3]), Bokorny[4]) und andern mehr hervorgeht, wirken die ätherischen Öle hervorragend fungizid und bakterizid. Detto[5]) tritt allerdings in einer Arbeit dieser Ansicht entgegen, vermag aber meinem Ermessen nach die genannten Forscher nicht genügend zu widerlegen.

Hier soll nur zweier Ansichten eingehender gedacht werden, die mir die markantesten zu sein scheinen, nämlich der des Physikers Tyndall und der des Biologen Detto.

Tyndall behauptete, und wies durch geistreiche Versuche nach, daß das in der Sonnenwärme verdampfende ätherische Öl die Pflanzen wie ein Mantel umgibt und daß diese durch Öldampf gesättigte Luftschicht die Wärmestrahlen der Sonne in sehr viel geringerem Maße durchläßt, als reine Luft. Wenn man die außerordentlich hohe Absorptionsfähigkeit der Öldämpfe betrachtet, so kann man wohl annehmen, daß diese den Pflanzen Vorteil bringt insofern, als die hohe Adiothermansie einen zuverlässigen Schutz gegen die Insolation bedingt. Dazu kommt noch der Umstand, daß in den verschiedensten Florengebieten, gerade in den trockensten Gegenden die ätherisches Öl führenden Pflanzen sehr reich vertreten sind.

Die älteste Nachricht von der Schutzwirkung der ätherischen Öle findet sich bei Erasmus Darwin. Einem Buche[6]) entnehme ich folgendes Zitat seiner Worte: „ . . . Einige Pflanzen haben allmählich auch gegen die Blattläuse Schutz erlangt, welcher, wenn nicht völlig ausreichend, immerhin die Beleidigungen dieser Tiere verringert. Dies ist sehr auffällig an den Zweigen und Kelchblättern der Moosrose und an den jungen Schößlingen und Blattstielen des Nußbaums. Beide sind mit dichtgestellten Härchen bedeckt, welche in kugelige Knöpfchen enden und nicht allein die Blattläuse abhalten, sie in so großer Menge

---

1) Chamberland, Annal. Inst. Pasteur 1887.
2) Riedlin, Dissertation, München 1887.
3) Omeltschenko, Zentralblatt für Bakteriologie, Bd. IX.
4) Bokorny, Pflüger's Archiv, Bd. LXXIII.
5) Detto, Naturwissenschaftliche Wochenschrift, Neue Folge, Bd. III, Nr. 22.
6) Erasmus Darwin und seine Stellung in der Geschichte der Deszendenztheorie von Ernst Krause, Leipzig 1880.

zu umgeben, sondern auch aus diesen Kugeldrüsen einen Saft absondern, welcher für die Angreifer unangenehm oder ekelhaft ist. Die ätherischen Öle sind sämtlich gewissen Insekten ekelhaft, daher ihr Nutzen in der Ökonomie des Gewächsreiches, um die Blumen und Blätter, in denen sie erzeugt werden, gegen die Plünderungen ihrer gefräßigen Feinde zu schützen."

Detto[1]) vertritt zusammen mit Stahl[2]) die Ansicht, daß die ätherischen Öle in hohem Maße berufen sind, Schutz gegen Tierfraß zu gewähren, welcher Ansicht ich mich anschließe.

Ich habe zur weiteren Prüfung dieser Frage die Stahl'schen Versuche in folgender Weise modifiziert:

Ich nahm Möhren und bestrich sie mit den Blättern folgender Pflanzen: Mentha silvestris, Thymus serpyllum, Origanum vulgare, Teucrium chamaedrys, Salvia pratensis, Calamintha acinos, Geranium Robertianum, Ruta graveolens, Matricaria officinalis, Tanacetum vulgare, Coriandrum sativum, Hypericum perforatum. Dabei trug ich Sorge, daß die Blätter nicht beschädigt wurden und etwaige Bitterstoffe usw. nicht die Wirkung beeinträchtigen konnten. Diese so behandelten Möhren wurden an einem feuchten, kühlen Tage, um die Verdunstung zu beschränken, zwei Kaninchen hingelegt, dazwischen zwei unbehandelte. Das Resultat war sehr deutlich. Die mit den ersten sieben Pflanzen behandelten Möhren wurden überhaupt nicht gefressen, die zwei unbehandelten sofort herausgefunden. Die mit den letzten fünf Pflanzen bestrichenen Möhren wurden nur ungern gefressen, rochen aber auch nur schwach nach den betreffenden Kräutern. Diese Resultate sind leicht verständlich. Wie erwähnt, hatte ich Sorge getragen, bei dem Bestreichen die Blätter nicht zu beschädigen. Bei den Labiaten und Geraniaceen mit ihren äußerlichen Öldrüsen genügte diese Behandlung vollkommen, um die Drüsen zu zerreißen und ihren Inhalt auf die Möhre zu bringen. Daß dies der Fall war, ließ sich durch den Geruch der Möhren und durch eine oberflächliche mikroskopische Betrachtung der Blätter feststellen. Ein Kaninchen, dem ich mit einer „Origanum-Möhre" über Mund und Nase fuhr, war dadurch sehr unangenehm berührt und wischte sich die betroffenen Partien fortwährend mit der Pfote ab. Ich wiederholte nun die Versuche mit den letzten fünf Pflanzen noch einmal und drückte die Blätter beim Reiben kräftiger auf. Dadurch erzielte ich, daß die Drüsenwand zerriß und durch die

1) Detto, Über die Bedeutung der ätherischen Öle bei Xerophyten, Flora 92 (1903), pag. 147 ff.

2) Stahl, Pflanzen und Schnecken.

Ausführungsspalte in der Haberlandschen[1]) „Deckelzelle" der Inhalt heraustrat. Bei den nun folgenden Fütterungsversuchen war der Erfolg ein eklatanter. Alle fünf Möhren wurden zurückgelassen, und nur die eine unbehandelte Möhre, die ich dazu gelegt hatte, allein gefressen.

Daß bei diesen Versuchen nur ätherische Öle in Frage kommen konnten, wurde noch auf folgende Weise bewiesen. Von den 12 erwähnten Pflanzen wurden einige Exemplare zusammen mit einer Möhre in Pergamentpapier eingewickelt. Nach 24 Stunden wurde sie ausgepackt und Kaninchen vorgelegt. Auch hier hatte die Möhre solch intensiven Geruch nach dem betreffenden Öl angenommen, daß die Kaninchen sie nicht fraßen.

Wenn die Öldrüsen wirklich ein Schutz sein sollen, so müssen sie möglichst früh, wenn die Pflanze am zartesten und schutzbedürftigsten ist, angelegt werden. Dies ist bei den Öldrüsen der Fall, denn schon in der Keimpflanze finden sie sich. Was uns hier die mikroskopische Untersuchung zeigt, bestätigen die Versuche mit Schnecken. Diesen gab ich Keimpflanzen von Salvia, Thymus serpyllum, Origanum vulgare, Mentha piperita, Geranium robertimum, Hypericum perforatum, Ruta graveolens, Matricaria officinalis. Sämtliche Pflanzen wurden von Limax agrestis gar nicht, von Helix pomatia kaum berührt, keinesfalls aber, wenn es anderes Futter gab. Wurden die Pflanzen mit Alkohol ausgekocht, an der Sonne oder auf heißen Tellern getrocknet, und dann den Tieren vorgelegt, so wurden sie rasch verzehrt.

Im Harz, Thüringerwald, im Vogtlande und auf Rügen habe ich viele Weiden abgesucht und, wie andere Forscher vor mir, fast ausnahmslos die Öl führenden Pflanzen unversehrt gefunden. Von der Verschonung der Öl führenden Pflanzen durch Kaninchen in den belgischen Küstengebieten schreibt auch Massart[2]): „Sur les monticules de sable, les plantes sont presque toutes, sans exception, défendues contre lui: elles possèdent par exemple, un gout désagréable du à la présence de corps plus ou moins voisins des camphres ou des phénols (Thymus serpyllum, Origanum vulg.)".

Die giftige Wirkung vieler ätherisches Öl führender Umbelliferensamen auf die Körner fressenden Vögel wurde anfangs erwähnt. Sie werden deshalb auch von ihnen verschont. Gröblich gepulverten Samen

---

1) G. Haberlandt, Über den Entleerungsapparat der inneren Drüsen einiger Rutaceen.

2) Massart, Recherches microchimiques sur la localisation des alcaloides dans le Papaver somniferum. Mémoires de la société belge de microscopie 1888, Tome XII.

von Anis, Fenchel, Kümmel, Petersilie, Kerbel und Koriander, die ich mehrfach mit Alkohol am Rückflußkühler ausgezogen hatte, wurden mit Getreide gemischt, Hühnern und Sperlingen gegeben und gierig verzehrt.

Bekanntlich sind auch in den Apotheken niemals in den ätherisches Öl führenden Drogen, abgesehen vielleicht von Spezialisten, Insekten und Käferlarven zu finden. Auch Spinnen und Holzwürmer scheuen die Kästen, in denen solche aufbewahrt werden.

In der Gegend von Walschleben, Ringleben und Gebesee, woselbst viel Arzneikräuter (Pfefferminz, Benediktenkraut, Fenchel, Koriander, Anis, Kümmel, Wermut, Bibernell und Beifuß) gebaut werden, habe ich mich überzeugen können, daß Hasen, Rehe und sowie zufällig in der Nähe anwesende Weidetiere diese Pflanzen nie beschädigten, was sicher auf ihren Gehalt an ätherischen Ölen oder an anderen Schutzstoffen zurückzuführen ist.

Chemische Schutzstoffe unbekannter Zusammensetzung.

Es war mir aufgefallen, daß die Samen von Leguminosen (Linse, Erbse, Bohne) von Mäusen und Kaninchen (auch zerstoßen und in Wasser angerührt) nicht gefressen wurden. Zuerst glaubte ich, daß die Härte der Samen schuld sei und ließ sie deshalb aufquellen, ehe ich sie den Tieren reichte. Doch erzielte ich damit keinen Erfolg. Sehr hungrige Mäuse zogen von den Bohnen die geplatzten Schalen ab und nagten ein wenig an dem Codyledonen. Ich kochte nun die Leguminosen eine Zeitlang und erzielte ähnliche Resultate. Erst als ich mehrfach das Wasser beim Kochen gewechselt hatte, fraßen die Tiere davon.

Nun wurden die Versuche in folgender Weise modifiziert: Die Leguminosensamen wurden gepulvert und mit absolutem Alkohol, Äther, 70%igem Alkohol und sehr viel Wasser (1:50) ausgezogen. Die Auszüge wurden abfiltriert, der Filterrückstand auf heißen Tellern getrocknet, mit Wasser ausgewaschen und dann den Tieren dargeboten. Das Resultat entsprach den Erwartungen, denn Alkohol- und Ätherrückstand wurden gefressen. Der Rückstand, der mit 70% Alkohol behandelten Samen, schien den Tieren wenig zuzusagen, der wässerige wurde überhaupt nicht berührt. Nun wurden Zwiebackkrümel für die Mäuse und Kleie für die Kaninchen mit den betreffenden alkoholischen, bzw. ätherischen Auszügen getränkt und die Lösungsmittel durch Erhitzen verflüchtigt. Nachher wurden die Kleie- und Zwiebackkrümel mit Wasser wieder angefeuchtet. Das Rusultat der damit angestellten

Fütterungsversuche war ein absolut positives, denn die Tiere rührten sämtlich die Speisen nicht an. Kaninchen, denen ich in einer Reihe nebeneinander 10 Näpfe mit Kleie, gemischt mit den betreffenden alkoholischen und ätherischen Auszügen von Erbsen, Linsen, Feuerbohnen, weißer Bohne endlich mit Wasser vorsetzte, fanden sofort die beiden ihnen zusagenden „Wassernäpfe“ heraus und fingen an daran zu fressen. Ähnlich verhielten sich die Mäuse bei den Zwiebackkrümeln. Bei den Kaninchen fiel mir auf, daß sie durch den Geruchssinn sich leiten ließen und nicht erst kosteten[1]).

Diese Tatsache ließ vermuten, daß es sich um flüchtige, den Tieren unangenehme Stoffe handeln könne. Zur Prüfung dieser Annahme wurde gröblich gepulverter Leguminosensamen je in einen Kolben getan, mit dem 10fachen Gewicht Wasser übergossen und am Liebig'schen Kühler abdestilliert. Die ersten 10—15 ccm wurden aufgefangen und wieder, analog den vorigen Versuchen, unter Zwiebackkrümel und Kleie gemischt, den Tieren vorgelegt. Hier war die Abneigung noch intensiver, namentlich bei den Kaninchen. In gleicher Weise gewonnene Destillate von Hafer, Gerste, Roggen, Weizen und Sonnenblumensamen hielten, in derselben Art den Tieren dargeboten, sie vom Fressen nicht ab.

Die Säureabscheidung der Wurzeln als Schutzeinrichtung.

Wenngleich die Zahl der den Wurzeln gefährlichen Tiere bei weitem nicht so groß ist wie die, welche die oberirdischen Pflanzenteile schädigen können, so scheint doch die Säureabscheidung der Wurzeln, abgesehen von der Bedeutung, die ihr bei der Aufschließung des Bodens zukommt, auch eine Schutzwirkung gegen manche Tiere auszuüben.

Es war mir aufgefallen, daß bei verschiedenen Keimlingen (Zea Mais, Secale cereale, Avena sativa, Fagopyrum, Lupinus luteus, Pisum sativum, Impatiars Balsamina, Helianthus annuus, Tropaeolum) die Wurzeln von Schnecken nicht gefressen wurden. Da besondere chemische Schutzmittel nicht vorhanden zu sein schienen, da die Wurzeln nicht bitter oder sonst unangenehm schmeckten, so kam ich auf die oben ausgesprochene Vermutung. Inbetreff der chemischen Zusammen-

1) Um dem Einwand zu begegnen, daß etwaige Rückstände des Alkohols (Fuselöl, Furfurol) schuld an dem ablehnenden Verhalten der Tiere gewesen sein könnten, habe ich Gegenproben mit „reinem“ Alkohol und Äther angestellt, die den Beweis erbrachten, daß sie keine den Tieren unangenehmen Rückstände nach dem Verflüchtigen enthielten.

setzung der Wurzelsekrete verweise ich auf die Arbeiten von Czapek[1]), Kunze[2]), Stoklasa und Ernest[3]). Nachdem ich mich durch den bekannten Lakmusversuch überzeugt hatte, daß bei den genannten neun Pflanzen eine relativ starke saure Reaktion des Wurzelsekrets vorhanden ist, nahm ich folgende Versuche vor: Die Samen wurden in flachen Petrischalen zum Keimen gebracht. Nachdem die Wurzeln ungefähr 3—4 cm lang waren, wurden sie zusammen mit dem Korn verschiedenen Limaxexemplaren vorgelegt. Ferner kamen hinzu Exemplare, die eine halbe Stunde in 1 %iger Sodalösung gelegen hatten, nach sorgsam vorgenommener Abwaschung; desgleichen auch solche, die nur mit Wasser abgespült waren. Schließlich wurden auch noch fünf Minuten mit Wasser ausgekochte Wurzeln den Tieren dargeboten. Die Resultate sind in folgender Tabelle angegeben.

Pflanzen	frisch	mit Wasser abgespült	½ Stunde in Sodalösung	5 Minuten gekocht
Zea Mais	—	sofort benagt, später nicht mehr	+	+
Secale cereale	—	desgl.	+	+
Avena sativa	—	desgl.	+	+
Polygon. Fagopyrum .	—	+	+	+
Balsamine hortens. . .	—	+	+	+
Pisum sativ.	—	+	+	+
Lupinus lut.	—	—	—	+
Helianth. ann. . . .	—	+	+	+
Cucurbita pepo . . .	—	+	+	+
Tropaeolum majus . .	—	—	—	— ?
Phleum pratense . . .	—	—	—	—

— = nicht gefressen, ○ = angebissen, wenig gefressen, + = ohne Widerstand gefressen.

1) Czapek, Zur Lehre von den Wurzelausscheidungen. Pringsheim's Jahrbücher, Bd. XXIX.

2) Kunze, Über Säureabscheidung der Wurzel und Pilzhyphen. Ebenda, Bd. XLII.

3) Stoklasa u. Ernest, Beiträge zur Lösung der Frage über die Natur des Wurzelsekrets. Ebenda, Bd. XLVI.

Die Pflanzen, die mit Wasser abgespült waren, wurden sofort gefressen, nach etwa $^1/_2$ Stunde nicht mehr. Der Grund dafür ist wohl in der Tatsache zu suchen, daß die Wurzeln von neuem Säure sezerniert hatten. Wurden diese Sekrete wieder abgewaschen, so fingen die Tiere von neuem zu fressen an. Das Abspülen mit Wasser und Liegenlassen in Sodalösung versagte bei Lupinus und Tropaeolum. Bei Lupinus genügte ein Auskochen mit Wasser, um das bittere Lupinin zu entfernen. Bei Tropaeolum bedurfte es eines Auskochens mit Alkohol, um das scharfe Tropaeolumsenföl zum Verschwinden zu bringen. Bei Phleum half weder das Auskochen mit Wasser, noch das mit Alkohol. Es lag der Gedanke nahe, daß die Verkieselung der Wurzel schuld sein könne. Diese Vermutung erwies sich als richtig, denn nach Behandeln mit Schwefelsäure oder Chromsäure und nachfolgendem Glühen der Wurzeln verblieb ein Kieselsäurerückstand. Nach den Angaben von Wolf[1]) enthält die Pflanze 32—44 % Kieselsäure.

Daß es tatsächlich die Säure des Wurzelsekrets war, die Schutzwirkung ausübt, ließ sich auch dadurch erweisen, daß Schnecken nicht zu bewegen waren, über frisch sezernierende Wurzeln hinweg zu kriechen. Wie unangenehm den Tieren die Wurzelausscheidung ist, gelang mir noch auf folgende Weise festzustellen. Limax-Exemplare, die in eine Petrischale, in der Mais und Hafer keimten, hineingebracht worden waren, um zu beobachten, wie sie sich gegen die eben hervorbrechende Radicula verhalten würden, fingen hungrig, wie sie waren, an, das Fließpapier, auf dem die Pflanzen gebettet waren, zu zerstören; bald aber ließen sie davon ab, um sich über den Samen selbst herzumachen, den sie vollständig aufzehrten. Diese Tatsache zeigt nun allerdings, daß es eine Zeit gibt, in der der Same relativ ungeschützt ist, nämlich vom Moment des Keimens an bis zur Ausbildung der Wurzelhaare. Waren die Wurzeln etwa 2 cm lang, so fraßen die Tiere auch das Fließpapier nicht mehr. Ich modifizierte deshalb den Versuch, indem ich ein Maiskorn auf einem ca. 4 cm breiten und 6 cm langen Streifen Fließpapier in einer Petrischale keimen ließ und, als die Wurzel groß geworden war, den Streifen rechts und links über ihr zusammenschlug, so daß sie nun gleichsam in einer Röhre weiter wuchs. Bei Treibhaustemperatur zeigte sich kräftiges Wachstum und lebhafte Wurzelsekretion. Nach einem Tage wurde der Papiermantel abgenommen und hungrigen Limax agrestis und Helix pomatia vorgelegt, mit dem Erfolg, daß sogar die letzteren, den Pflanzen so gefährliche Schnecken, das

1) Wolf, Aschenanalysen, pag. 44. Berlin 1871.

Papier verschonten, während sie einen gleich großen nur mit Wasser getränkten Streifen sofort zu verzehren anfingen.

Ich wage nicht zu behaupten, daß die starke Säureabscheidung, die nicht allen Pflanzenwurzeln eigen ist, gegen alle Tiere einen tatsächlichen Schutz gewährt. Um dies feststellen zu können, hätten erst noch Versuche mit den eigentlichen Wurzelfeinden angestellt werden müssen. Als solche kommen besonders in Betracht: nach Judeich und Nitzsche[1]), B. Altum[2]), Nördlinger[3]), Ritzema Bos[4]) und Rörig[5]): Die Raupe von Noctuea segetum, die Larven von verschiedenen Elateren (Drahtwürmern), die Larven von Otiorhynchus sulcatus, der Käfer Hylesius cunicularius, die Larven des Maikäfers (Engerlinge), die Wühl- oder Schermaus (Arvicola amphibius).

Ob Gryllotalpa major pflanzliche Nahrung zu sich nimmt, darüber sind die Ansichten noch geteilt. Hesse[6]) bestreitet es. Auch die Exemplare, mit denen ich experimentierte, gingen ein, ohne zu fressen, so daß ich mir kein Urteil habe bilden können. Immerhin lassen sich auch durch das Verhalten der Schnecken Rückschlüsse auf andere Tiere ziehen.

Mechanische Schutzmittel.

Verkorkung.

Abgesehen von den sogenannten „Mäusejahren", in denen es den Tieren an geeigneter Nahrung gebricht, läßt sich immer beobachten, welch ergiebigen Schutz gegen diese Feinde der Kork der Pflanzen angedeihen läßt. Verkorkung, selbst nur in schwächstem Maße, ist bei den meisten älteren Wurzeln zu finden. Das Vorhandensein von Kork schließt aber keineswegs die Anwesenheit anderer Schutzvorrichtungen aus.

Legt man Schnecken Möhrenscheiben vor, so fressen sie zunächst von der Mitte nach außen und lassen den äußersten Korkmantel liegen, ein Gebahren, das sie auch gegenüber gekochten Möhren zeigen. Dieses Experiment wurde wiederholt mit gleichem Erfolge mit Kartoffeln, Zuckerrüben und Bryonia angewendet. Die Beobachtung, daß Schnecken die Schalen der Kartoffeln unberührt lassen, teilt auch Geyer mit[7]).

---

1) Judeich und Nitzsche, Forstzoologie, Berlin 1896.
2) B. Altum, Forstzoologie, Berlin 1881.
3) Nördlinger, Die kleinen Feinde der Landwirtschaft.
4) Ritzema Bos, Schädlinge und Nützlinge, Berlin 1891.
5) Rörig, Tierwelt und Landwirtschaft, Stuttgart 1906.
6) Hesse, Bericht der kaiserl. biologischen Anstalt, Heft 10.
7) Geyer, Die Weichtiere Deutschlands, pag. 81. Stuttgart 1905.

Bei der letzteren mußten allerdings erst durch Auskochen mit Alkohol und Wasser die Giftstoffe entfernt werden. Auch Mäusen sind die Korkschichten nicht angenehm und sie zeigen ähnliches Verhalten wie die Schnecken, wenngleich ihren kräftigeren Freßwerkzeugen gegenüber stärkere Korkumhüllungen nötig sind. Zum Beweise wurde folgendes Experiment angestellt:

Ich fertigte Würfel aus Zwieback, andere aus dem hartgekochten Weißen von Hühnerei und eine dritte Art aus Schweizerkäse an, welchen meine Versuchsmäuse, die ich meist mit Zwieback ernährt hatte, sehr gern fraßen. Diese Würfel umklebte ich mit zarten Scheiben von ausgekochten Flaschenkork und legte sie den Tieren vor. Obwohl sie nun hinter der Korkschicht ihre Lieblingsspeisen vermuten mußten, bedurfte es vieler Mühe und einer für ihre Verhältnisse großen Hungerpause, bis es ihnen gelang, ein Loch in die am wenigsten widerstandsfähigen Ecken der Würfel zu nagen, durch welches sie nun den Inhalt herausholten. In einigen Fällen gelang es den Tieren, eine Korkplatte abzureißen, die dann unberührt blieb und erst nach einigen Tagen von den sehr hungrigen Tieren benagt wurde. Dabei zeigte sich, daß die Fäzes den unverdauten Kork enthielten. Das gleiche war übrigens in den Fäzes der Schnecken, die Bryonia- und Zuckerrübenkot gefressen hatten, zu beobachten.

Hier ist auch der bisweilen den fleischigen Wurzeln von Kulturpflanzen gefährlich werdenden Julus-Arten zu gedenken, die zwar nach Nördlinger[2]), Rörig[3]) und Ritzema Bos[4]) verwesende Stoffe und tierische Nahrung vorziehen, sich aber in der Not bisweilen an Möhren und Karfoffeln heranmachen. Hier fressen sie, wie mir ein Landwirt in Übereinstimmung mit Rörig mitteilte, mühsam ein kleines Loch in die Korkhülle der Wurzeln und machen dann durch dieses hindurchkriechend im Innern der Pflanze eine tiefe und breite Höhle. Auch hier scheint mir die Form der Höhle dafür zu sprechen, daß der Kork selbst den scharfen Mundwerkzeugen der Julus-Arten Widerstand leistet, der nur in der Not mühsam überwunden wird.

Haare.

Den Schutz, den Behaarung den Pflanzen gegen die Angriffe von Schnecken gewährt, hat Stahl eingehend und einwandsfrei bewiesen. Ich selbst stellte Versuche mit Kaninchen an und ließ weitere Versuche

1) Nördlinger, Die kleinen Feinde der Landwirtschaft, Stuttgart 1869.
2) Rörig, Tierwelt in der Landwirtschaft, Stuttgart 1906.
3) Ritzema Bos, Schädlinge und Nützlinge, Berlin 1891.

mit Schafen und Ziegen durch einen gewissenhaften Beobachter ausführen. Dabei erhielt ich folgende Resultate, die ich der Einfachheit und Kürze halber in einer Tabelle anfüge, in welcher auch noch das Reh als Versuchstier dient. Die Angaben über die Futterauswahl des Rehes habe ich von verschiedenen Forstleuten erfragt. Da die Antworten fast übereinstimmend lauteten, so liegt kein Grund vor, an deren Richtigkeit zu zweifeln. Die benutzten Pflanzen sind fast alle geruchlos und nicht sonderlich bitter- oder doch nie schlechtschmeckend. Eine Ausnahme bilden die Lamium-Arten mit ihren eigenartigen, an Geranium Robertianum erinnernden Geruch, der vielleicht (nach Czapek) von einem glykosidischen Senföl herrührt. Die Versuche mit Schafen und Ziegen wurden in der Weise angestellt, daß man den Tieren früh das gewöhnliche Futter, nur etwas knapper, mittags die Versuchspflanzen und abends das normale Futter gab. Am nächsten Tage wurden die Versuche wiederholt. Einzelne auch dem Abendfutter beigemengte Versuchspflanzen wurden meist in der Hast des Fressens angebissen, blieben aber schließlich allein übrig. Die Kaninchen erhielten früh nur sehr sparsam gewöhnliches Futter, gegen Mittag die Versuchspflanzen. Die Beobachtungen wurden während des ganzen Tages gemacht und die Resultate am nächsten Morgen gezogen. Alle Versuche wurden mehrfach wiederholt und namentlich bei Weidetieren durch Beobachtungen im Freien ergänzt.

Die beigefügte Tabelle zeigt, daß z. B. die stark behaarten Verbascum-Blätter unberührt bleiben. Als ich die filzigen Haare derselben durch Abschaben mit dem Messer und durch Abreiben mit dem feuchten Handtuch entfernt hatte, wurden sie von den Tieren nicht mehr gemieden. Kaninchen, denen ich kleingeschnittene Blätter von Verbascum, Borrago und Echium vulgare ungefähr zu gleichen Teilen, jedesmal mit Kleie gemischt und mit Wasser angerührt, vorsetzte, fraßen ungern davon. Die reizende Wirkung der Haare wird sicher durch die einhüllende Kleie abgeschwächt.

Ein Verfahren, das dafür spricht, daß es die Haare sind, die unangenehme Reizungen der Schleimhäute hervorbringen, sei hier noch erwähnt:

In manchen Gegenden ist ein Tee von Verbascum-Blättern oder -Blüten ein Volksmittel. Die Konsumenten brauchen, meist wohl ohne zu wissen warum, die Vorsicht, den Teeaufguß entweder zu filtrieren oder nur zu seihen und dann stehen zu lassen. Die nach einer Weile oben sich ansammelnde Schicht wird sorgsam abgeschöpft, auch der Bodensatz wird beseitigt, weil sonst ein sehr unangenehmes Jucken

Pflanzen mit Haarkleid	Kaninchen	Ziege	Schaf	Reh
1. Galium aparine . . .	—	—	—	—
2. Campanula persi caria	—	keine Beobachtung	keine Beobachtung	keine Beobachtung
3. Lappula reflexa . . .	—	—	○	○
4. Borrago officinalis . .	ganz junge Exemplare +	○	○	—
5. Symphytum officinale .	—	—	—	—
6. Echium vulgare . . .	—	—	— ?	—
7. Pulmonaria officinalis .	—	○	+	—
8. Myosotis arvensis . .	○	+	+	○
9. Anchusa officinalis . .	○	○	○	keine Beobachtung
10. Verbascum-Arten . .	—	—	—	—
11. Lamium-Arten . . .	—	—	○	—
12. Galeopsis pubescens .	○	○	○	—
13. Ajuga genevensis . .	—	○	○	○
14. Stachys silvatica . . . „ germanica . .	—	+	○	—
15. Urtica dioica . . . . „ urens	—	—	—	—

— = nicht gefressen, ○ = angebissen, wenig gefressen, + = ohne Widerstand gefressen.

und Brennen im Hals und unter der Zunge, auf dem Boden der Mundhöhle, eintritt. Die mikroskopische Untersuchung der auf dem Infusum schwimmenden Partikel ergab, daß es die filzigen Haare der Pflanze waren, die sich in großer Menge abgelöst hatten. Ich nahm etwas davon in den Mund und verteilte es durch Bewegen mit der Zunge. Eine Versuchsperson, die nicht wußte, um was es sich handelte, ließ ich das gleiche tun. Sofort trat ein heftiges Jucken und Kratzen auf, eine reichhaltige Speichelabsonderung folgte, nach und nach schwanden die Erscheinungen. Die Versuchsperson behauptete noch am nächsten Tage eine unangenehme Empfindung im Munde zu haben. Ein Hund,

dem ich ungefähr einen Eßlöffel einer Aufschwemmung dieser Haare in Milch in den Mund und unter die Zunge goß, verschluckte einen Teil davon, spie den Rest aus und versuchte durch lebhafte Bewegung der Zunge, Würgebewegungen und reichliche Speichelsekretion, die mir namentlich aus der Unterzungenspeicheldrüse zu stammen schien, den unangenehmen Mundinhalt herauszuschaffen. Einige Stunden nachher war in seinem Mundinnern der Boden der Mundhöhle und die untere Seite der Zunge noch gerötet, das Tier fraß nicht wie gewöhnlich und zeigte eine lebhafte Abneigung gegen Wiederholung der Prozedur.

Ich konnte nicht feststellen, ob die weichen Haare in die Ausführungsgänge der Glandula sublingual. eindringen können oder in die der anderen kleinen Unterzungendrüsen, den Ductus Rivini, wie Borstenhaare, Brennhaare oder Kieselhaare es tun, oder ob sie sich vielmehr auf Grund ihrer Weichheit ganz eng an die Schleimhaut und deren Falten anlegen und auf diese Weise die unangenehmen Erscheinungen hervorbringen.

Gelegentlich anderer Versuche wurden Mäusen und Schnecken Früchte von Helianthus vorgelegt. Diese haben eine harte verholzte Fruchtschale, die Schnecken absoluten, Mäusen fast keinen Widerstand entgegensetzt. Um den eigentlichen Samen liegt die innere Epidermis der Fruchtwand in Gestalt eines feinen Häutchens, das mit Haaren besetzt ist, vor welchen Mäuse und Schnecken sich scheuen.

Zehn Sonnenblumensamen, die von der Fruchtschale befreit und im Wasser gequollen waren, so daß die Epidermis platzte, wurden zwei Mäusen vorgelegt. Diese streiften sorgsam die nun leicht entfernbare behaarte Epidermis ab und genossen den wohlschmeckenden Samen. Von den zehn Epidermen fanden sich neun in dem Glasbehälter wieder.

Schleime und Gallerte.

Die Frage nach der Bedeutung der im Pflanzenreiche so oft auftretenden Schleime und Gallerten hat die Forscher schon oft beschäftigt. Die verschiedensten Antworten und Deutungen sind veröffentlicht worden und haben viel Interessantes und Wertvolles gebracht. In verschwindendem Maße sind aber die Beziehungen zwischen vegetabilen Schleimen und der Tierwelt erörtert worden.

Stahl[1]) weist nach, daß Schnecken durch Schleim von Pflanzen abgehalten werden und Hunger[2]) erwähnt kurz einen Versuch mit

1) Stahl, Pflanzen und Schnecken.
2) Hunger, Dissertation, Jena 1899.

Gammarus pulex bei Chaetophora pisiformis. Räuber spricht von dem Schutz, den schleimführende Rinden gegen Nager genießen.

Der Schutz, den der reiche Schleimgehalt mancher Wurzel und Samen gegen höhere Tiere gewährt, läßt sich durch folgende Versuche erweisen:

Geschälte Wurzeln von Althaea officin. und Symphytum officin. wurden frisch und getrocknet hungrigen Mäusen vorgelegt, die sie unberührt ließen. Dann wurden einige getrocknete Stücke in Zuckerwasser aufgeweicht und den Tieren angeboten. Diese wurden wenig angebissen. Augenscheinlich überwog die Süßigkeit des Zuckers und der Hunger die ihnen unangenehmen Eigenschaften des Schleimes.

Eibischaltheewurzelpulver einerseits mit Zucker, andererseits mit Zwiebackkrümeln vermischt, wurde kaum von Mäusen angerührt.

Ein Teil Altheewurzelpulver wurde mit drei bis vier Teilen Kleie gemengt und einem Kaninchen gegeben, daneben reine Kleie. Auch dieses fraß nur ungern von dem Gemisch.

Beide Wurzeln sind außerordentlich reich an Schleim und Stärke. Althaewurzel enthält nach Vogel[1]) 36 % Schleim und 37 % Stärke; die Wurzel von Symphytum ist nicht ganz so schleimreich.

Daß nun tatsächlich die schleimigen und gallertigen Substanzen den Tieren unangenehm sind und nicht etwa chemische Schutzstoffe, läßt sich durch folgendes Experiment beweisen:

Es wurde ein steifer Schleim von Agar-Agar mit und ohne Zusatz von Zucker hergestellt und daraus gefertigte Würfel den Tieren vorgelegt. Die Gallerte ohne Zuckerzusatz wurde kaum berührt, an der süß schmeckenden versuchten die Tiere zu nagen, jedoch ohne etwas ausrichten zu können, da die Gallerte ihren Zähnen auswich und ihnen auch sonst ihrer physikalischen Eigenschaften wegen unangenehm zu sein schien. Dieser Versuch wurde noch in folgender Weise modifiziert:

In je einem Würfel ungesüßten Agars eingeschlossene Zwiebackbröckchen. Den ungesüßten Würfel halbierte ich, so daß auf einer Schnittfläche der Zwieback bloß lag. Der andere Würfel wurde den Mäusen ganz vorgelegt. Die hungrigen Tiere zerstörten mit vieler Mühe den gesüßten Würfel an einer Stelle, und holten den Zwieback heraus. Aus dem ungesüßten fraßen sie den Zwieback ebenfalls heraus, so daß die Würfelhälften schüsselförmig zurückblieben.

---

1) Vogel, Pharmakognosie, Wien 1892.

Den gleichen Versuch machte ich mit der Abänderung, aber gleichen Resultaten, daß ich an Stelle von Agar Gummischleim nahm.

Interessant war es, zu beobachten, wie die Tiere, nachdem sie sich mit den schleimigen Würfeln, Wurzeln und Pulvern beschäftigt hatten, sich nicht genug tun konnten im Reinigen, gegenseitigem Ablecken und Putzen des Mundes und seiner Umgebung. Augenscheinlich war ihnen die Verunreinigung ihrer Haare durch den Schleim sehr unangenehm. Bemerkenswert erschien mir noch, daß die geringen Mengen gesüßten Agars, den die Tiere gefressen hatten, den Darmtraktus unverdaut passierten.

An diese Versuche schlossen sich solche mit schleimreichen Samen an: Leinsamen, Quittensamen und Samen von Plantago psyllium wurden ganz und zerstoßen, rein und mit Mehl gemischt, den Tieren vorgelegt, die bald davon abließen. Alle drei Sorten weichte ich nun einen Tag lang in viel Wasser ein. Die eingeweichten Samen wurden in ein leinenes Tuch gebunden und durch Reiben und Kneten unter der Wasserleitung gänzlich von dem Schleim befreit. Die mikroskopische Untersuchung eines derartig behandelten Leinsamens bestätigte die Entfernung der Kutikula und der schleimreichen Epidermis. Die nunmehr getrockneten Samen fraßen die Tiere anstandslos. Quittensamen wurden weniger gern genommen, woran das darin enthaltene Amygdalin schuld sein wird. Die Samen von Plantago psyllium wurden trotz ihres hornigen Endosperms verzehrt, aber nur teilweise verdaut, denn in dem Fäzes fanden sich deutliche Reste. Unter den schleimfreien, gemischten, unbehandelten Leinsamen wurde sorgsam ausgelesen und zurückgelassen.

Die Frage, weshalb den Tieren der Schleim so unangenehm ist, beantwortet Räuber[1]) dahin, daß er das Wasser im Munde aufsauge und dadurch das Kauen und Schlucken erschwere.

Dieser Meinung kann ich mich, sofern es Säugetiere angeht, nicht anschließen; bei den Schnecken mag es sich so verhalten.

Den Säugetieren stehen solche Speichelmengen zur Verfügung, daß sie diese Schwierigkeiten überwinden können. Die Menge des Speichels ist dem Grade der Trockenheit der Nahrung angepaßt; so wird rein reflektorisch auf trockenes Brot eine große Menge, auf Fleisch wenig Speichel ergossen. Von dieser mit automatischer Sicherheit eintretenden Tatsache kann man sich leicht überzeugen, wenn man einem Hunde

---

1) Räuber, Dissertation, pag. 33. Jena 1910.

Stärke oder scharf getrocknete geriebene Semmel in den Mund schüttet; sofort wird ein reichliches Sekret in die Mundhöhle ergossen, das die trockene Substanz durchtränkt, einhüllt und in einen schlüpfrigen Bissen verwandelt. Ich habe mehrfach folgenden Versuch mit verschiedenen Personen gemacht: der Mund wurde durch Ausspeien und sorgfältiges Ausspülen von allem Speichel gereinigt. Nun bekamen die Versuchspersonen je 10 g trockenes Brot, Semmel, Zwieback oder Agarschleim. Dies wurde eine Minute lang gekaut und nun der ganze Mundinhalt gewogen. Es zeigte sich dann, daß durchschnittlich 13—23 g Speichel abgesondert waren.

Viel eher erscheint es mir wahrscheinlich, daß die sonstigen physikalischen Eigenschaften des Schleimes, seine Zähigkeit, vielleicht auch seine Eigenschaft im Darme Flüssigkeit zu resorbieren und daher Verstopfung zu bewirken, es sind welche die Tiere vom Fressen abhalten.

Raphiden als Schutzstoffe.

Stahl[1]) hat gezeigt, daß die Raphiden eine Schutzwirkung gegen Schnecken entfalten. 12 Jahre nach der Stahl'schen Untersuchung erschien eine Arbeit von L. Lewin[2]) in der gegenteilige Behauptungen aufgestellt werden.

Über die Lewin'sche Arbeit ist kurz zusammengefaßt folgendes zu sagen. Zunächst geht er von einer anderen Fragestellung aus und betrachtet die Raphiden unter den Gesichtswinkel des Toxikologen. Eine Schutzwirkung lehnt er mit folgenden Gründen ab (pag. 3):

1. nehmen Menschen in rein toxikologischen Sinne ungiftige, raphidenführende Pflanzen auf;
2. nehmen Menschen giftige, raphidenführende Pflanzen auf, die vorher irgendwie behandelt wurden;
3. fressen Tiere auch raphidenführende Pflanzen.

Auf Grund einer anderen Fragestellung kommt er auch zu anderen Resultaten, die aber keineswegs die Stahl'schen Behauptungen zu erschüttern vermögen.

Ich habe die Lewin'schen Versuche größtenteils nachgeprüft, kann sie aber nur teilweise bestätigen; auch die Stahl'schen Versuche habe ich zum Teil in abgeänderter Form wiederholt und seine Ansicht bestätigen können.

---

1) Stahl, Pflanzen und Schnecken.

2) Lewin, Deutsche medizinische Wochenschrift 1900, Nr. 15 und 16.

Scillazwiebeln preßte ich aus und filtrierte den erhaltenen, schleimigen Saft (ungefähr 50 ccm), um ihn absolut raphidenfrei zu machen, zweimal mit der Saugpumpe durch ein Filter. Diesen Saft, der faulig oder fade, schwach süßlich, hinterher ein wenig brennend schmeckte, vermischte ich mit etwas Weizenstärke und legte ihn Exemplaren von Limax agrestis und Helix hortensis vor, die den Brei sofort verzehrten. Desgleichen taten zwei Mäuse, denen ich ihn unter Zwiebelkrümel gemengt hatte. Ein Kaninchen, dem ich 20 ccm Saft unter etwas Kleie gemischt gereicht hatte, verzehrte diesen nach mehrstündigem Hungern. Ich selbst nahm 5 ccm in den Mund, bewegte ihn mit der Zunge in allen Teilen desselben hin und her und verschluckte ihn nüchtern ohne etwas zu verspüren, außer einem ganz leichten, nachträglich sich einstellenden Brennen.

Unfiltrierter Saft wurde von den Schnecken nicht, von den Mäusen in geringem Maße gefressen. Kaninchen, denen ich einen aus Kleie und Saft gemischten Bissen eingab, spieen ihn aus unter lebhaften Zeichen des Abscheues. Es stellte sich Brech- und Würgebewegung ein, begleitet von einer reichlichen Speichelabsonderung.

Bemerkenswert ist das Verhalten der Schnecken gegenüber dem unfiltrierten Saft.

Wird einer Ackerschnecke der unfiltrierte Scilla-Saft vorgelegt, so führt das, durch den süßlichen Geschmack und den vielleicht ihm sympathischen Geruch gereizte Tier einige geringe Freßbewegungen aus, die jedoch im Augenblick wieder eingestellt werden. Die Tiere treten dann den Rückzug an, wenden den Kopf hin und her und machen unter Zusammenziehung ihres ganzen Körpers Bewegungen, die ich als Brech- oder Würgebewegungen bezeichnen möchte. Genau so verhält sich Helix hortensis. Man könnte hier einwenden, daß vielleicht doch nicht die Raphiden allein hieran schuld wären, sondern die Scilla-Gifte (Glukoside), die nach und nach zur Wirkung kämen; jedoch zeigen sich ganz ähnliche Erscheinungen, wenn man den Tieren reine Raphiden auf Filtrierpapier gibt (siehe weiter unten).

Auf der menschlichen Zunge, namentlich auf der Spitze, rief der unfiltrierte Saft das bekannte unangenehme Brennen hervor. Diese Probe, die ich am Abend gegen 10 Uhr anstellte, kostete mich einige Stunden Schlafes.

Das zum Filtrieren des Schleimes benutzte Filter wurde mehrmals ausgewaschen und dann in gleichgroße Stücke geteilt. Das eine wurde mit Zucker bestreut den Schnecken vorgelegt, die es nicht

fraßen! Ein anderes rief beim Ablecken auf der Zunge sofort das charakteristische Brennen und Stechen hervor, welches einige Zeit anhielt. Ein Stück wurde mit Zucker bestreut, zusammengeballt und sehr hungrigen Mäusen dargeboten, die sofort hineinbissen, aber bald davon abließen, um sich fortwährend den Mund zu putzen. Ein Tier, daß nach 24stündigen Hungern mehr davon gefressen hatte, kränkelte und ging nach abermals 24 Stunden ein. Mundinneres und Pharynx waren entzündet und gerötet, die Zunge geschwollen, der Ösophagus war fast zugeschwollen. Im Magen waren außer einigen Raphiden viel Schleim- und Papierrückstände zu finden. Einige genau umschriebene Stellen zeigten sich intensiv gerötet; doch wage ich nicht zu entscheiden, ob es kadaveröse Erscheinungen waren oder Folgen von Verletzungen durch Raphiden. Im Epithel von Ösophagus und Pharynx staken verschiedene Raphiden; letztere fanden sich auch reichlich in den Kotballen; auch schien der Darm nicht das normale Ansehen zu haben. Ein weiteres Stück legte ich auf eine Glasplatte, bestreute es mit Zucker und ließ es von einem kleinen Hund, der Süßigkeiten sehr liebte, ablecken. Das Tier fuhr zwei- oder dreimal gierig mit der Zunge darüber hin, ließ aber sofort davon ab. Es zeigte eine reichliche Speichelsekretion und war nicht zu bewegen, noch einmal daran zu lecken.

Eine Scilla-Zwiebel wurde zerschnitten, mit Wasser gekocht, die Raphiden sedimentiert und mit Wasser wiederholt ausgewaschen. Die auf diese Weise gewonnenen Raphiden wurden auf Möhrenscheiben gebracht, die an zahme Kaninchen in folgender Weise verfüttert wurden. Die Kaninchen, die aus der Hand frasen, bekamen hintereinander drei oder vier gewöhnliche Möhrenscheiben, die sie gierig verzehrten, dann eine mit Raphiden bestrichene. Der Erfolg war ein schlagender. Die Tiere spieen sofort die mit Raphiden bestrichenen Scheiben aus und zeigten die erwähnten Abwehrbewegungen.

Meine Schnecken fraßen gern Stärkekleister, namentlich versüßten, deshalb wurde auch folgender Versuch angestellt:

Neun am Nachmittag gefangene Limax-Exemplare wurden in drei Schalen verteilt und bis zum nächsten Morgen mit Salat gefüttert. Am 1. Tage erhielt a) kein Futter, b) reinen Stärkekleister, c) desgleichen mit Raphiden.

Die Schnecken in a) bekamen am 5. Tage raphidenfreien Kleister. Resultat wie bei b).

Am nächsten Tage bekamen sie alle Futter wie c), mit gleichen Ergebnissen.

	1. Tag	2. Tag	5. Tag
a) ohne Futter .	—	—	—
b) Stärkekleister .	Mittag: Es fanden sich zahlreiche Kotballen u. desgl. weiße ungefähr die gleiche Menge	Mittag: Reichlich weißer Kot Kleister aufgefressen	Jeden Tag zirka 10—15 Kotballen
c) desgl. mit Raphiden . . .	Mittag: Kein weißer Kot, erst abends 1 weißer Kotballen	Mittag: 2 weiße Kotballen, abends 1 Kotballen	Jeden Tag 2—3 weiße Kotballen mit viel Raphiden, kein Todesfall

Die Tabelle zeigt deutlich, wie raphidenfreier Kleister in großen Mengen gefressen wird, ferner, daß von dem mit Raphiden versetzten Kleister im Verhältnis zum ersten etwa nur ein Fünftel verzehrt wird.

Mit dem Saft und den Raphiden von Arum maculatum wurden die Versuche in ähnlicher Weise und mit demselben Resultate wiederholt. Der ausgepreßte, nicht verdünnte, raphidenfreie Saft von Arum maculatum schmeckte sehr süß, später schwach brennend, nicht zu vergleichen mit dem sehr schmerzhaften Gefühl, welches man nach dem Kauen auch kleinster Fragmente von Arumblättern empfindet. Dieser Saft wird noch lieber als der von Scilla von Schnecken gefressen. Um die Raphidenwirkung auf Nager zu erproben, kochte ich Arumblätter mit Wasser, Alkohol, verdünnter (12,5 %iger) Salzsäure und 50 %iger Essigsäure aus. Die Blätter wurden in der schon öfter angegebenen Weise nachbehandelt, ehe sie den Tieren gereicht wurden. Die mit Wasser, Alkohol und Essigsäure ausgekochten Blätter wurden von Kaninchen verschmäht; nur die mit Salzsäure behandelten und, wie die mikroskopische Untersuchung zeigte, vollkommen raphidenfreien Blätter wurden gefressen. Die anderen bissen die Kaninchen an, ließen aber bald von ihnen ab. Sie riefen beim Kauen auch fast dieselbe unangenehme Wirkung auf der Zunge hervor, wie die frischen.

Stahl[1]) schreibt in seiner Arbeit: „Die Blätter, Stengel und Wurzeln von Oenothera biennis strotzen von Raphiden und zeigen beim Kauen den charakteristischen Geschmack. Im Freien weidende Schafe bissen die ihnen dargebotenen Rosetten an, ohne sie zu ver-

1) Stahl l. c., pag. 91.

zehren. Ähnlich verhielten sich Kaninchen, während Kühe bei Stallfütterung die Blätter und Wurzeln auffraßen. Im Freien scheint dagegen die Pflanze, wie auch verschiedene andere Onagraceen (Epilobien), ferner Circaea lutetiana, welche alle Raphiden führen, von Rindern und anderen Wiederkäuern, sowie von den Nagern verschont zu bleiben. — Auf einer Weide im Vogtlande habe ich sicher feststellen können, daß Epilobium-, Oenothera- und Galiumarten nicht gefressen werden (Galium verum und Galium aparine nahm ich als Beweismittel ihres Riechstoffes und ihrer Klebhaare wegen natürlich aus). Ferner konnte ich in einer Oberförsterei an mehreren gefangen gehaltenen, aus der Hand fressenden Rehen beobachten, daß sie die oben genannten Kräuter auch nicht fraßen. Kaninchen verhielten sich gegen die genannten Pflanzen gleichfalls ablehnend. Jedesmal, wenn die Tiere vom Hunger getrieben, hineingebissen hatten, machten sie die charakteristischen Mundbewegungen.

Der Stahl'schen Bemerkungen über die Wirkung der Raphiden der Weinbeeren möchte ich eine Mitteilung hinzufügen, die ich einem Arzt verdanke, der in Meran und Montreux, den beiden Haupttraubenkurorten, tätig war. Da viele Patienten eine wunde und geschwollene Zunge und Gaumen vom reichlichen Traubenessen bekommen, sucht man dadurch dieser unangenehmen Nebenwirkung zu begegnen, daß man die Beeren unmittelbar vor dem Genuß auspreßt und bloß den Saft trinken läßt.

Auch bei Genuß der Ananas ist der brennende Geschmack auf Zunge und Gaumen deutlich zu fühlen. In Java soll es üblich sein, die Scheiben vor dem Genuß in Wasser zu legen. Dieses Verfahren bewirkt, infolge des Austrittes eines Teiles der Raphiden, eine Linderung der vielen Personen unangenehmen Reizwirkung.

Wie anfangs erwähnt, habe ich die Lewin'schen Versuche nachgeprüft und bin teilweise zu anderen Ergebnissen gekommen.

Zunächst ist Lewin gegenüber hervorzuheben, daß Stahl gar nicht von einer Giftwirkung der Raphiden gesprochen hat. Er betrachtet sie nur als mechanische Schutzmittel, d. h. als eine Einrichtung, gewisse Tiere von der Zerstörung gewisser Pflanzen abzuhalten. Daß manche Raphiden führende Pflanzen für andere Tiere oder für den Menschen unschädlich, ja sogar wohlschmeckend (Ananas, Spargel) sein können, widerspricht nicht im geringsten der Stahl'schen Ansicht. Unter den Begriff „Schutzmittel" fallen nicht nur Giftstoffe, welche die Tiere töten, sondern alle Einrichtungen, die für die Pflanzen eine Wehr

sind. Entfalten sie nebenbei giftige, tödliche Wirkungen, so ist das, vom Standpunkt der Schutzstoffrage aus, eine Nebensache. Auch ist die Wirkung der wenigsten Schutzmittel eine absolut durchgreifende; sie erfüllen ihre Funktion, wenn sie die Art vor dem Untergang bewahren.

Wenn Lewin hervorhebt (pag. 3), daß Vögel raphidenhaltige Beeren, Heuschrecken Tradescantia, Schmetterlingsraupen der Gattung Sphinx, Galium, Epilobium usw. und Schnecken Typha latifolia (?) und Galium aparine (?) [1]) alles raphidenhaltige Pflanzen fressen, so ändert dies nichts an der Tatsache, daß zahlreiche andere Tiere durch die Raphiden von dem Genuß abgehalten werden.

Die Larven jener Sphingiden sind Spezialisten, die gegen die in jenen Pflanzen enthaltenen Schutzstoffe immun sind; dasselbe gilt für die beerenfressenden Vögel, die verschiedenartige, für andere Tiere giftige Beeren, deren Verbreitung sie vermitteln, ohne Schaden verzehren.

Die Raphiden sind so einzigartig dastehende Gebilde, daß man, um ihre Wirkung zu beweisen, nur mit ihnen allein operieren kann. Feine Glassplitter, Kohlensplitter, Kupferteilchen, Fischgräten, die Lewin zu Vergleichen heranzieht, können nicht mit ihnen verglichen und in ihrer Wirkung als gleichwertig angesehen werden. Die mikroskopische Untersuchung der genannten Objekte läßt deutlich genug den großen Unterschied erkennen. Während Raphiden bei einer Länge bis zu 200—350 μ die bekannte nadelförmige Cestalt haben, zeigt sich ein Glaspulver mittlerer Feinheit ans polygonalen kantigen Fragmenten von 100—150 μ Durchmesser zusammengesetzt, die wenig und gar keine stechenden Spitzen haben. Kohlenpulver setzt sich auch aus Gebilden zusammen, die vielmehr der Kugelform als der Nadelform sich nähern, und bei weitem nicht die Größe von Raphiden haben und ihnen in keiner Weise vergleichbar sind.

Lewin führt auch (pag. 7) die Stacheln und Dornen von Disteln und Akazia-Arten ins Feld und erinnert daran, daß diese keine Verletzungen der Schleimhaut hervorbringen. Hierauf ist zu erwidern, daß bei den auf solche Nahrung hingewiesenen Tieren die Schleimhäute derartig beschaffen sind, daß sie keinen Schaden erleiden. Sie sind eben der eigenartigen Nahrung angepaßt. Einen interessanten

---

1) Ich habe mehrfach verschiedenen Schneckenarten Typha und Galium aparine gegeben, ohne daß sie etwas fraßen. Auch ausgekocht verschmähten sie beide Pflanzen. Aus der Lewin'schen Arbeit geht nicht hervor, daß er diese Versuche selbst angestellt hat.

Beweis hierfür hatte Herr Professor Dr. Dürck die Freundlichkeit mir mitzuteilen: Bei der Sektion eines Elches, den er in Finnland geschossen hatte, fand er das Rumen dicht gefüllt mit harten, wenig zerkleinerten Fichtennadeln, die dort mit Birkenblättern im Winter die einzige Nahrung des Elches bilden. Diese waren so hart und stachlig, daß er beim Hereinfassen in den Pansen „das Gefühl hatte, in Dornen zu greifen.“ Die nähere Betrachtung des Rumens ergab, daß die Muskularis und Mukosa bedeutend verstärkt waren. Ein Schnitt durch die letztere zeigte eine starke Verhornung des Zylinderepithels und ferner sehr lange, in den Spitzen verhornte Papillen. Diese hatten dem Mageninnern „fast das Aussehen und die Beschaffenheit einer Katzenzunge gegeben“. Von den Verhältnissen im Magen eines Esels habe ich mir leider keine Anschauung verschaffen können, vermute aber, daß sich bei Tieren, die viel Disteln fressen, eine ähnliche Beschaffenheit finden lassen wird.

Wie weit solche lange bekannte Anpassung des Darmes an die Nahrung gehen kann, habe ich noch an einem interessanten Objekt feststellen können. Eine Ratte (Mus decumanus), die ich im hiesigen Schlachthause gefangen hatte, zeigte im Gegensatz zu anderen Ratten der gleichen Art, die in Scheunen und Wohnhäusern gelebt hatten, einen viel kürzeren Darm, den typischen Darm der Carnivoren; hier war zweifellos eine Umwandlung durch die reine Fleischnahrung des Tieres hervorgerufen worden.

In der Lewin'schen Arbeit wird ferner die Kleinheit der Raphiden hervorgehoben und behauptet, daß sie schon aus diesem Grunde nicht wirken könnten. Er erwähnt dann ferner die bekannte Einlagerung von Kalziumoxalatoktaedern, wie sie sich nach Oxalsäurevergiftung im Nierengewebe und in der Magenschleimhaut finden. Dem ist folgendes gegenüberzustellen: Erstens sind diese Oktaeder viel kleiner als die meisten Raphiden und nicht so spitz und scharf wie diese. Zweitens sind sie nicht mechanisch in die Gewebe eingedrückt worden, sondern haben sich erst, ohne diese zu verletzen, durch bestimmte Vorgänge (Resorption) gebildet. Ferner liegen die Kristalle ruhig und werden nicht aneinander vorbeibewegt; liegen auch nicht an Stellen, an denen sie bewegt werden könnten, z. B. in den Gelenken. Die wetzstein- bis nadelförmigen zu Büschen und Bündeln vereinigten Kristalle der Harnsäure, die den Raphiden noch am ähnlichsten sind, machen sich in den Gelenken der Gichtiker, während eines Anfalles, bei jeder Bewegung und schon bei leiser Berührung

des erkrankten Gliedes durch eine mechanische Reizung der Gewebe in sehr unangenehmer Weise bemerkbar.

Das Eindringen von Raphiden in die intakte Haut habe ich an mir selbst erprobt. Mehrfach gewaschene Raphiden von Scilla brachte ich auf die innere Seite meines linken Unterarmes und rieb sie etwa 1 Minute lang mit einem festzusammengedrückten feuchten Wattebausch ein. Es machte sich ein Brennen und Jucken bemerkbar und am nächsten Tage waren lauter kleine, genau umschriebene rote Punkte auf der Haut zu sehen. Energisches Streichen der umliegenden Hautpartien in der Richtung nach den Wunden, bewirkte das Austreten einer klaren, serumartigen Flüssigkeit. Das Brennen ließ nach zirka einem Tage nach. Abermals nach einem Tage hatte sich auf jedem Punkt ein kleiner gelblicher Schorf gebildet, der drei Tage später abfiel.

Noch drastischer läßt sich das Eindringen der Raphiden in die Haut auf folgende Art beweisen: Man nehme, um ein vergleichbares Gefühl, gewissermaßen einen Maßstab für die Schmerzempfindung zu haben, etwas Senfspiritus und reibe ihn zuerst mit einem Wattebausch in die intakte Bauchdecke ein. Daneben reibe man Senfspiritus mit einem gleichen Wattebausch, den man mit Senfspiritus angefeuchtet und in das vorhin erwähnte Glaspulver getaucht hat. Der brennende Schmerz ist hier durch die vermehrte Hautreizung zweifellos stärker wie im ersten Fall, immerhin nicht zu unangenehm. Finden aber an Stelle des Glaspulvers Scillaraphiden Verwendung, so stellt sich nach einigen Reibungen ein so unerträglicher brennender Schmerz ein, daß man von weiteren Versuchen abläßt. Hierdurch ist erwiesen, daß die Raphiden den Senfspiritus haben tiefer in die Haut eindringen lassen, ihn gleichsam eingeimpft haben. Noch 4 Tage nachher war die so behandelte Stelle der Bauchdecke äußerst empfindlich und gerötet.

Ich habe mit Absicht nicht mit mazerierten Scillastücken, sondern mit reinen Raphiden operiert, um von der etwaig örtlich reizenden Wirkung der Scillagifte nicht gestört zu werden. Daß eine solche „Impfwirkung“ der Raphiden möglich ist, gibt übrigens Lewin (pag. 18) bedingt zu.

Meine beobachteten Ergebnisse über die Schutzwirkungen der Raphiden lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Raphiden sind schon allein durch ihre mechanische Wirkung auf die Schleimhäute ein wertvolles Schutzmittel gegen die Angriffe

vieler Tiere, nicht nur der niederen, sondern auch der höheren. Das Verhalten der Spezialisten kann nicht als Gegenbeweis ins Feld geführt werden.

2. Raphiden allein können sogar den Menschen unangenehm werden.

3. Es ist nicht nur möglich, sondern sogar wahrscheinlich, daß sie die Giftwirkung mancher Pflanze verstärken. Sie dienen in diesem Falle als Instrumente für die Übertragung des Giftes in das Innere der Gewebe.

4. Wären in den Raphiden führenden Pflanzen nur diese allein, ohne weitere Giftstoffe enthalten, so wären sie in vielen Fällen ein genügender Schutz.

5. Finden sich in einer Pflanze Raphiden und damit vereint chemische Schutzstoffe, so spricht diese Vereinigung keineswegs gegen die Bedeutung des einen oder anderen Stoffes als Schutzmittel, da oft genug eine Häufung von verschiedenartigen Schutzstoffen in einer und derselben Pflanze vorkommt.

Die vorliegende Arbeit entstand im botanischen Institut der Universität Jena. Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Stahl, bin ich für seine mannigfachen Anregungen und sein Interesse zu meinen Untersuchungen zu größtem Dank verpflichtet.

Druck von Ant. Kämpfe in Jena.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: 103

Autor(en)/Author(s): Peyer W.

Artikel/Article: Biologische Untersuchungen über Schutzstoffe 441-478