© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die Schutzmittel der Flechten gegen Tierfrass.

Von

Ernst Stahl.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

I. Einleitung.

Der jeweilige Bestand des pflanzlichen Organismus ist abhängig einerseits von der Intensität, mit welcher Wachstum und Vermehrung seiner Körperteile vor sich gehen, andererseits von der Dauerhaftigkeit der erzeugten Bestandteile. Für trägwüchsige Pflanzen bedeutet Dauerhaftigkeit der langsam erzeugten Körpermasse die notwendige Voraussetzung des Bestehens. Die Schutzeinrichtungen zur Erhaltung des so Geschaffenen werden in ihrer Wirksamkeit dieser Forderung entsprechen müssen. Das nicht selten hohe Alter und die zuweilen nicht unerheblichen Dimensionen der der Mehrzahl nach unbedingt zu den trägwüchsigsten Wesen aus dem Pflanzenreich gehörenden Flechten lassen daher vermuten, daß ihnen ein ergiebiger Schutz gegen die von seiten pflanzenfressender Tiere, vielleicht auch von Bakterien und Pilzen drohenden Gefahren zu Gebote steht. Ein näheres Eingehen auf solche als Schutzmittel gegen Tierfraß wirksamen Einrichtungen der Flechten dürfte um so eher gerechtfertigt sein, als zur Zeit die Ansichten über diesen Gegenstand noch weit auseinandergehen und sich gerade hier einige in prinzipieller Beziehung wichtige Folgerungen ergeben.

Die naheliegende Annahme, daß den verbreiteten kristallinischen Flechtenstoffen, welche sich durch intensive Bitterkeit oder andere unangenehme Geschmackseigenschaften auszeichnen, eine schützende Wirkung gegen Tier-, speziell gegen Schneckenfraß zukomme, finden wir in Bachmanns Arbeit „über nicht kristallisierbare Flechtenfarbstoffe[1])“ ausgesprochen. Aehnliches vermutet Bachmann auch von amorphen Flechtenfarbstoffen, von den harten Membranen, z. B. von Parmeliaceen und von den bei Krustenflechten so häufigen Kalkoxalatkristallen.

Während Bachmann in vorsichtiger Zurückhaltung sich auf die Aeußerung von Vermutungen, die erst durch Versuche zu erhärten seien, beschränkt, geht Zukal[2]) viel weiter und gibt eine zusammenfassende Darstellung der Schutzmittel der Flechten gegen tierische Feinde, in welcher neben beachtenswerten Ergebnissen doch auch vieles rein Hypothetische zu finden ist. Ich verzichte auf eine eingehende Wiedergabe der zahlreichen Einzelheiten der Zukalschen Arbeit und werde nur seiner Methodik einige Worte widmen.

Zukal hat wiederholt mit den häufigsten Schnecken experimentiert und dieselben mit Flechten, unter Ausschluß jeder anderen Nahrung gefüttert. In den meisten Fällen rührten die Tiere die Flechten aber nicht an oder zerstückelten sie nur, ohne sie zu fressen. Die Ursache dieser Erscheinung sieht Zukal in den Flechtensäuren und Bitterstoffen, in Kalkoxalat und sonstigen Exkreten. Wenn nämlich die genannten Stoffe durch Behandlung mit heißem Alkohol und Benzol, verdünnter Salzsäure oder

1) Pringsheims Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. XXI, 1890, S. 17.

2) H. Zukal, Morphologische und biologische Untersuchungen über die Flechten. II. Abh., S. 10 u. ff. Sitzungsber. der k. k. Akad. der Wissenschaften in Wien, Bd. CIV, 1895.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Kalilauge entfernt werden, so nehmen die meisten Versuchstiere die derartig präparierten Flechten anstandslos als Nahrung an, allerdings nur im Zustande des Hungers.

Diese etwas summarische Behandlung war nicht gerade geeignet, allseitiges Vertrauen zu den daraus gezogenen Schlußfolgerungen zu erwecken. Wir sehen denn auch den nächsten Forscher, der sich mit diesem Gegenstand beschäftigt hat, den Folgerungen Zukals gegenüber einen sehr zurückhaltenden, ja ablehnenden Standpunkt einnehmen.

In Betreff der Flechtensäuren, denen Zukal eine hervorragende Bedeutung als Schutzmittel zuschreibt, bemerkt Zopf[1]), daß Flechten trotz der Gegenwart der Säuren von gewissen Tieren gefressen werden. Beobachtungen im Freien hatten ihm nämlich Gelegenheit gegeben, eine ganze Reihe von strauchigen, laubigen und krustigen Flechten der verschiedensten Familien bald deutlich angefressen, bald förmlich zernagt, mitunter sogar bis zur fast völligen Unkenntlichkeit zerstört zu finden. Anfangs wollte es ihm nicht gelingen, die des Fraßes schuldigen Tiere ausfindig zu machen; bei weiterem Verfolge stellte es sich aber heraus, daß es sich meist um winzige, dem bloßen Auge leicht entgehende Orthopteren (Poduriden) und Spinnentiere (Acarinen) handle. Zopf teilt ferner eigene und fremde Beobachtungen mit, aus welchen hervorgeht, daß die betreffenden Tiere, wie auch die Raupen zahlreicher Schmetterlingsarten, sich von Flechten, trotz der darin vorkommenden Säuren, ernähren. Diese Tatsachen, im Verein mit später zu besprechenden Beobachtungen und Versuchen an omnivoren Schnecken, veranlassten Zopf anzunehmen, daß mit Ausnahme der Vulpinsäure, alle von ihm bei Fütterungsversuchen angewendeten Säuren in relativ beträchtlichen Mengen von Tieren aufgenommen werden können, ohne irgend welche schädlichen Wirkungen auszuüben. Hieraus ergibt sich für ihn die Folgerung, daß die Ansicht Zukals, „die Flechtensäuren hätten die biologische Bedeutung eines wirksamen Schutzmittels gegen Tierfraß, in solch weiter Fassung gänzlich unzutreffend und darum unhaltbar sei.“

Zopf (l. c. S. 605) führt ferner zur Bekräftigung seiner Ansicht an, daß es völlig gleichgültig sei, ob die Apothecien oder Thalli geringe oder massenhafte Abscheidung von Flechtensäuren tragen; an Xanthoria parietina und anderen Arten konnte er sogar beobachten, daß gerade die am meisten Säure führenden oberflächlichsten Teile zuerst und mit besonderer Vorliebe gefressen werden. Diese und ähnliche Tatsachen — z. B. daß Sticta pulmonaria von gewissen Schmetterlingsraupen gefressen wird trotz ihres Gehaltes an bitter schmeckender Stictinsäure — beweisen nun meines Erachtens keineswegs, wie Zopf annimmt, daß diese Flechtensäure, abgesehen von etwaigen anderen Funktionen, kein Schutzmittel gegen Tierfraß darstelle. Denn obwohl gewisse Schmetterlingsraupen durch den bitteren Geschmack sich nicht vom Fraß abhalten lassen, so können immerhin zahlreiche andere Tiere dadurch abgestoßen werden.

Bevor wir weiter schreiten, halte ich es für geboten, kurz den Inhalt eines Kapitels meiner Abhandlung „über Pflanzen und Schnecken“[2]) wiederzugeben. Die dort mitgeteilten Befunde und die darauf gegründete Unterscheidung der Tiere in Omnivoren und Spezialisten sind stets im Auge zu behalten bei Beurteilung des Wertes der Schutzmittel für die damit versehenen Pflanzen. Verschiedene Forscher, welche die Schutzmittelfrage gelegentlich gestreift haben, ohne diese Unterscheidung zu berücksichtigen, sind aus eben diesem Grunde zu unberechtigten Aussprüchen und Folgerungen gelangt.

Die Unterscheidung der Tiere in Omnivoren und Spezialisten wurde in der genannten Abhandlung näher für die hierzu ganz besonders geeigneten Schnecken experimentell begründet. Hierbei ergab

1) W. Zopf, Zur biologischen Bedeutung der Flechtensäure. Biologisches Centralblatt, Bd. XIV, 1896, S. 594 u. ff.

2) E. Stahl, Pflanzen und Schnecken. Eine biologische Studie über die Schutzmittel der Pflanzen gegen Schneckenfraß. Sonderabdruck aus der Jenaischen Zeitschrift für Naturwissenschaft und Medizin, Bd. XXII, S. 14.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sich folgendes. Die omnivoren Schnecken fressen mit Vorliebe süße Pflanzenteile, einzelne auch tierische Kost. Da ihnen jedoch in der Natur nur selten die ihnen völlig zusagende Nahrung zugänglich ist, so machen sie sich, durch die Not gedrungen, auch an solche Pflanzen, die ihnen aus diesem oder jenem Grunde wenig zusagen. In diesem Falle werden aber immer nur geringere Mengen aufgenommen, kleine Bruchteile der Massen, die sie von zusagenden Speisen zu vertilgen vermögen. Von chemisch geschützten Pflanzenteilen werden größere Quantitäten erst verzehrt, nachdem durch geeignete Lösungsmittel die den Tieren widerwärtigen Stoffe entfernt oder, wie die Gerbsäuren, durch Ausfällung unwirksam gemacht worden sind. Ganz anders als die omnivoren Schnecken (z. B. Arion empiricorum, Limax agrestis, viele Helix-Arten), welche alle Pflanzenteile verzehren, die weder zu hart, noch durch besondere den Tieren unangenehme Geschmackseigenschaften ausgezeichnet sind, verhalten sich die spezialisierten Pilzschnecken: Limax maximus, L. cereus, Arion subfuscus.

Während die Omnivoren die Fruchtkörper von verschiedenen Pilzen (Peziza, Morchella, Boletus-Arten) in frischem Zustande verschmähen, sie dagegen nach Entfernung der Schutzstoffe durch geeignete Lösungsmittel (z. B. Alkohol) gern verzehren, fressen die genannten Spezialisten, falls ihnen nebeneinander ausgelaugte und frische Pilze dargeboten werden, begierig die letzteren an und lassen gleichzeitig die anderen unberührt liegen. Beiderlei Tiere verhalten sich also denselben Pflanzenteilen gegenüber diametral verschieden. Ob es dieselben chemischen Substanzen sind, welche die omnivoren Schnecken abstoßen, die Spezialisten dagegen anziehen, geht aus den mitgeteilten Versuchen nicht hervor, doch hat diese Annahme vieles für sich.

Noch viel strenger spezialisiert als die Pilzschnecken scheinen die Raupen vieler Schmetterlinge zu sein. So verschmähen die Raupen von Sphinx euphorbiae und Vanessa Io ihre spezifischen Nährpflanzen (Euphorbia cyparissias und Urtica dioica), wenn letztere mit Alkohol ausgelaugt werden. Ebenso verhalten sich die Raupen von Bombyx chrysorhoea gegenüber den ausgelaugten Blättern der Eiche, während sie zerstampfte Blätter und solche, die nach vorheriger Auslaugung wieder mit dem Safte frischer Eichenblätter durchtränkt werden, gern fressen.

Eine willkommene Bereicherung haben unsere Kenntnisse vom Verhalten der Spezialisten neuerdings durch eine Untersuchung von Lagerheim[1]) erfahren. Die in verheerender Weise bei Tromsö in Norwegen auftretende Raupe des Frostspanners (Cheimatobia brumata), welche vorwiegend von den Blättern der Obstbäume lebt, aber auch oft an anderen Bäumen fressend angetroffen wird, gingen nach Vertilgung ihrer gewohnten Nahrung auf verschiedenartige Sträucher und krautige Gewächse über. Eine vergleichende Untersuchung der in verschiedenem Grade beschädigten und der vollkommen verschonten Pflanzen lehrte Lagerheim, daß die mit besonderer Vorliebe gefressenen Pflanzenarten sämtlich sehr gerbstoffreich sind. Der Gerbstoff, welcher gewisse omnivore Tiere, z. B. Schnecken, vom Genuß der damit versehenen Pflanzenteile abhält, bildet also für die Raupe des Frostspanners ein gesuchtes Ingredienz ihrer Nahrung.

Diese und ähnliche Tatsachen müssen stets im Auge behalten werden bei der Beurteilung der Ergebnisse von Beobachtungen im Freien und von Fütterungsversuchen. Wenn also Zopf bei seinen Beobachtungen an Poduriden und Acarinen gefunden hat, daß diese Tiere die Flechten trotz ihres Gehaltes an Säuren verzehren, so kann er daraus mit Recht folgern, daß die Flechtensäuren keine Schutzmittel gegen die Angriffe dieser Tiere abgeben. Würde man aber, was allerdings Zopf nicht tut, hieraus den weiteren Schluß ziehen, daß sie nicht als Schutzmittel gegen andere Tiere wirksam sein

1) G. Lagerheim, Zur Frage der Schutzmittel der Pflanzen gegen Raupenfraß. Entomologisk Tidskrift, 1900.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

können, so wäre dies eine unberechtigte Verallgemeinerung. Was die Poduriden und Acarinen nicht vom Genuß der Flechten fernzuhalten vermag, ja sie vielleicht erst zum Fressen anreizt, kann anderen Tieren recht wohl den Genuß verwehren.

Schon aus der Schilderung, die Zopf von seinen Beobachtungen gibt, scheint mir hervorzugehen, daß die von ihm studierten Acarinen und Poduriden zu den Spezialisten gehören. Hierfür sprechen unter anderen folgende Angaben: (S. 595) die Poduriden fressen (von Physcia aipolia) besonders die atranorsäurehaltigen Teile; (S. 599) bei Xanthoria parietina „kann man leicht konstatieren, daß gerade diejenigen Teile, welche das Chrysophyscin am reichlichsten enthalten, mit ganz besonderer Vorliebe angegriffen werden".

Die Vermutung, daß die von Zopf untersuchten Tiere auf Flechten angewiesene Spezialisten sind, muß natürlich auf ihre Richtigkeit durch das Experiment geprüft werden. Im Hinblick auf das oben erwähnte Verhalten der spezialisierten Pilzschnecken müßten sie die Flechten, nach vorheriger Extraktion der Flechtensäuren mit geeigneten Lösungsmitteln, weniger gern fressen oder gar verschmähen, wenn ihnen gleichzeitig frische, noch mit den betreffenden Stoffen versehene Flechten dargeboten würden. Das gleiche gilt von den Lichenen fressenden Schmetterlingsraupen, die, wie aus der Zusammenstellung Hofmanns[1]) zu entnehmen ist, wenigstens zum größten Teil spezialisiert zu sein scheinen. Von den dort angeführten Arten, welche sich auf verschiedene Gruppen von Schmetterlingen, namentlich Spanner (Geometridae), Eulen (Noctuidae) und Flechtenspinner (Lithosidae) verteilen, frißt die überwiegende Mehrzahl der Raupen ausschließlich Flechten. Nur von einigen wenigen Arten wird verzeichnet, daß sie auch andere Pflanzenkost nicht verschmähen. Diese Angaben sind jedoch, wie sich aus dem folgenden ergibt, mit einiger Vorsicht aufzunehmen. So heißt es z. B. von der zu den Syntomiden gehörigen Naclia ancilla, daß die Raupen zu finden sind „an Parmelia wie auch an Jungermannia"; von der Lithoside Nudaria mundana „an Felsenflechten (Anthoceros) und Wandflechten", eine Angabe, auf welche aus naheliegenden Gründen kein Gewicht gelegt werden kann, so wenig wie auf die andere, Setina mesomella betreffende, die „an Flechten (Jungermannia und Sticta)" gefunden werden soll. Mehr Vertrauen als diese einer Nachprüfung von botanisch geschulten Forschern bedürftigen Angaben erweckt das von Lithosia complana Gesagte, wonach die Raupe neben Baum-, Erd- und Steinflechten auch das Laub von Prunus domestica verzehren soll und einige andere Mitteilungen ähnlichen Inhalts, aus welchen hervorzugehen scheint, daß gewisse dieser Raupen nicht zu den exklusiveren Spezialisten gehören, da sie, wie es übrigens auch viele andere spezialisierten Raupen tun, außer ihrer gewohnten Nahrung, namentlich in der Not, auch andere Kost nicht verschmähen. Auch diese Tiere sind daraufhin zu prüfen, ob sie frischen Flechten den Vorzug geben gegenüber solchen, aus denen durch geeignete Lösungsmittel die Flechtensäuren entfernt worden sind.

II. Versuche mit Spezialisten.

Nach längerem, vergeblichem Bemühen gelang es, mir einige von Flechten lebende Tiere zu verschaffen, mit welchen die nunmehr zu beschreibenden Versuche ausgeführt werden konnten.

An nach Süden exponierten, sonndurchglühten Muschelkalkfelsen der Saalberge bei Jena fand ich in den Monaten Juni und Juli vier Arten von Schmetterlingsraupen, welche namentlich in den

1) E. Hofmann, Die Raupen der Großschmetterlinge Europas. Stuttgart 1893.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

warmen Abendstunden mit Ausschluß anderer Pflanzen verschiedene Krustenflechten, insbesondere Aspicilia calcarea L., Placodium circinnatum Pers., Callopisma sp. benagten. Diese Tiere lebten hier ganz vorwiegend von Krustenflechten; dies lehrte, außer der direkten Beobachtung der fressenden Raupen, die Untersuchung der Kotballen, welche neben zerkleinerten Flechtenresten nur vereinzelte Nostocfragmente und Laubmoosblättchen enthielten. Zu den in Kristallisierschalen vorgenommenen Fütterungsversuchen eigneten sich am besten die lebhaften, den Bärenraupen ähnlichen Raupen der Flechtenspinner Lithosia complana L. und Setina irorella Cl., weniger die trägen tagüber verborgenen, vorwiegend während der Nacht auf Fraß ausgehenden Noctuidenraupen von Bryophila perla F. und B. receptricula Hb. Den Raupen von Bryophila perla wurden abgesprengte, mit den genannten Flechten bewachsene Muschelkalkfragmente vorgelegt, von denen die einen frisch, die anderen vorher mit Ammoniak extrahiert worden waren. Die frische Flechte wurde begierig verzehrt, die ausgelaugte blieb gleichzeitig unberührt. Für das verschiedene Verhalten der Tiere konnte nicht etwa ein noch an der ausgelaugten Flechte haftender Ammoniakgeruch maßgebend sein, da die Objekte längere Zeit in wiederholt erneutem Wasser gelegen hatten und zur größeren Vorsicht noch im trocknen Zustande erwärmt worden waren, um auch die letzten Spuren von Geruch zu entfernen. Daß solche auch nicht mehr vorhanden waren, lehrte der Umstand, daß die Tiere auf den in Rede stehenden Kalkstücken der Ruhe pflegten. Im wesentlichen wie Bryophila perla verhielten sich unter denselben Versuchsbedingungen Setina irorella und Lithosia complana. Die äußerst lebhafte und deshalb zu Versuchen besonders geeignete Raupe von Setina irorella nahm außer den genannten Kalkflechten auch gerne Xanthoria parietina L. an. Bekamen die Tiere nebeneinander frische und mit Sodalösung oder Ammoniak behandelte und sorgfäliig ausgewaschene Thalli, so wurden die frischen den ausgelaugten gegenüber stets bevorzugt.

Gleiche Wirkung erzielte die Behandlung der Xanthoria parietina mit Aether.

Frisch eingesammelte Raupen von Setina irorella, denen neben lebenden Thallustücken der genannten Flechte vorher mit Aether extrahierte Exemplare vorgelegt wurden, fraßen gierig die ersteren auf und ließen die letzteren unberührt, obschon der Aethergeruch längst verschwunden war. Dieser Versuch wurde mehrfach mit demselben Ergebnis wiederholt; stets ließen die Tiere die Aetherflechten unberührt, falls ihnen gleichzeitig frische Exemplare vorlagen. Fehlten jedoch letztere, so machten sich die hungrigen Tiere auch an die vorher verschmähte Kost heran.

So sehr nun das geschilderte Verhalten für die Spezialistennatur dieser Raupen spricht und es höchst wahrscheinlich ist, daß durch Auslaugung mit Ammoniak, Sodalösung oder Aether diejenigen Stoffe aus den Flechten entfernt werden, welche die Freßlust dieser Tiere erwecken, so muß doch auch erwähnt werden, daß die jenen Raupen zur Nahrung dienenden Kalkflechten gegen omnivore Tiere, z. B. Schnecken entweder nicht oder doch nur schwach chemisch geschützt sind, jedenfalls viel weniger als die anderen später zu besprechenden Flechtenarten. Dies geht daraus hervor, daß die genannten Kalkflechten auch von so harmlosen Tieren, wie Helix hortensis, die gegen die chemischen Schutzmittel anderer Pflanzen so sehr empfindlich sind, gerne benagt werden. Im Einklang damit scheinen die von mir benutzten Raupen auf chemisch schwach geschützte Flechten angewiesen zu sein, denn als ihnen, statt der gewohnten Kalkflechten, auf Sandstein gewachsene Urceolaria scruposa, Imbricaria olivacea, I. caperata vorgelegt wurden, ließen sie dieselben unberührt, während das auf demselben Substrat gewachsene, von omnivoren Schnecken ebenfalls gern benagte Placodium saxicolum stark zu leiden hatte. Unsere Raupen leben also nur von solchen Flechten, die auch omnivoren Tieren zur Nahrung dienen; von einer weiter ausgebildeten Spezialisation, wie sie etwa bei gewissen Pilzschnecken und vielen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

anderen Schmetterlingsraupen vorkommt, kann bei ihnen nicht die Rede sein. Leider war es mir trotz vielen Suchens in der Ebene, wie im Gebirge, nicht möglich, solche Raupen zu erhalten, die von bitter schmeckenden Flechten, wie etwa Parmelia caperata, Sticta pulmonaria u. s. w. leben, von welchen zu vermuten wäre, daß sie in höherem Grade spezialisiert sind als die von mir benutzten Arten.

Von anderen Klassen zugehörenden Tieren stand mir eine bei Gossensaß in Tirol auf Amphiloma murorum Hoffm. gefundene nicht näher bestimmte Milbenart zur Verfügung. Die an Mauersteinen gewachsene Flechte trug zahlreiche Fraßspuren, und zwar, wie schon Zopf für ähnliche Fälle gefunden hat, gerade an den säurereichsten oberflächlichen Teilen des Thallus. Die eingesammelten Tierchen hielten sich monatelang in Glasdosen an den genannten Flechten und ebenso gut an Xanthoria parietina, von der sie die gelbe Rinde wegfraßen, während sie das weiße Markgewebe verschonten.

Einige dieser Tierchen wurden in mit Watte verschlossene Glasröhrchen gebracht und mit kleinen Thalluslappen von Xanthoria versehen, von welchen die einen lebenden Exemplaren frisch entnommen waren, die anderen dagegen vor der Darbietung der Aetherextraktion unterlegen hatten. Die eingesperrten Tiere blieben wochenlang am Leben und fraßen in der schon besprochenen Weise Löcher in die Oberseite der frischen Thallusstücke, während sie die in gleicher Zahl und Größe zur Verfügung stehenden, mit Aether ausgelaugten Vergleichsobjekte gänzlich unberührt ließen.

Läßt auch dieser Versuch unentschieden, welche Bestandteile der Flechtenrinde die Freßgier der Tierchen erwecken, ob Flechtensäuren oder andere Stoffe hierbei maßgebend sind, so kann doch mit großer Wahrscheinlichkeit daraus gefolgert werden, daß man es hier mit Spezialisten zu tun hat. Dieser Umstand erlaubt aber keineswegs den ganz allgemeinen Schluß, daß die Flechtensäuren gegenüber anderen omnivoren Tieren nicht die Rolle von Schutzmitteln spielen.

III. Verhalten omnivorer Tiere gegenüber Flechten.

Wenn es den Flechten an Feinden durchaus nicht fehlt — konnten doch Zopf und Zukal eine beträchtliche Zahl von Arten aus verschiedenen Ordnungen der Arthropoden anführen, die alle mehr oder weniger ausgeprägte Spezialisten sein dürften — so sind doch die von diesen Tieren ausgehenden Schädigungen nur ausnahmsweise von erheblicher Art und verhältnismäßig selten, da man oft lange suchen muß, ehe es gelingt zerfressene Thalli oder Apothecien zu finden. Aus der Seltenheit der Fraßspuren ergibt sich zugleich, daß die Flechten auch gegen omnivore Tiere gut geschützt sein müssen, denn die Spuren von Schneckenfraß, welche man hier und da, zumal an Peltigera-Arten gewahrt, sind zu unbedeutend und treten so vereinzelt auf, daß schon aus der Geringfügigkeit der Verletzungen ein Schluß auf das Vorhandensein kräftig wirkender Schutzmittel auch bei diesen Flechten gezogen werden kann.

Es entsteht nun die Frage nicht etwa nach dem Vorhandensein von Schutzmitteln überhaupt, denn die Beantwortung dieses Punktes ergibt sich schon aus dem Bestehen der meist so trägwüchsigen Flechten, sondern nach der Qualität der Schutzmittel. Sind es gewisse Flechtensäuren, die, wie Zukal will, als Schutzmittel gegen omnivore Tiere wirksam sind oder ist diese Annahme unberechtigt? Die Versuche, welche Zopf mit omnivoren Schnecken — Helix ericetorum, H. hortensis, H. nemoralis, H. pomatia und Succinea amphibia — angestellt hat, brachten ihn zu der Ansicht, daß

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

mit Ausnahme der Vulpinsäure, die bei den Versuchen benutzten Flechtensäuren in relativ großen Mengen aufgenommen werden können, ohne irgend welche schädlichen Wirkungen auszuüben, mithin auch nicht als wirksame Schutzmittel in Betracht zu ziehen seien.

Die Versuchsanordnung Zopfs war folgende. Dünne Kartoffelscheiben wurden mit den rein dargestellten Flechtensäuren an der Oberfläche eingerieben und den in Kristallisierschalen gehaltenen Tieren vorgelegt. Die Schnecken ließen sich durch die Flechtensäuren (Solorinsäure, Chrysophycin, Rhizocarpsäure, Pinastrinsäure, Atranorsäure, Cetrarsäure) nicht vom Genuß der Kartoffel abhalten, sondern verzehrten ohne Schaden zu erleiden größere Mengen davon, die sich im Kot leicht nachweisen ließen.

Aus diesen Versuchen geht meines Erachtens nur soviel hervor, daß Schnecken, falls ihnen keine passendere Nahrung geboten wird, auch gewisse Flechtensäuren ohne sichtlichen Schaden aufnehmen können, eine Erscheinung, die bei vielen anderen Schutzmitteln, deren Wirkung ja stets nur eine relative ist, gleichfalls beobachtet werden kann. Der von Zopf eingeschlagene Weg des einfachen Versuches kann eben hier nicht zum Ziele führen; es sind vielmehr vergleichende Versuche vorzunehmen, bei welchen gleichzeitig den Tieren die frischen und die der mutmaßlichen Schutzmittel beraubten Pflanzenteile vorgelegt werden. Nur auf diesem Wege läßt sich eine Einsicht in den Grad der Wirkung der Schutzmittel der Pflanzen — seien sie nun chemische oder mechanische — gewinnen. Immer wieder begegnet man der Ansicht, daß aus dem Gefressenwerden gewisser Pflanzenteile hervorgehe, daß dieser oder jener ihrer Inhaltsbestandteile keine Rolle als Schutzmittel spielen könne. Absolute Schutzmittel gegen Tierfraß sind bis jetzt nicht bekannt, sind auch kaum zu erwarten, während relative Schutzmittel, welche die Pflanze vor dem von der Tierwelt drohenden Untergang bewahren, bei wildwachsenden Pflanzen ganz allgemein verbreitet sind[1]).

Bei den nunmehr mitzuteilenden Versuchen wurde stets in der Weise verfahren, daß Fragmente einer und derselben Flechte sowohl frisch als in durch geeignete Lösungsmittel ausgelaugtem Zustande zur Verfütterung gelangten. Man wird zwar auf diese Weise nicht entscheiden können, ob der Schutz durch diesen oder jenen der oft in Mehrzahl vorhandenen Flechtenstoffe bewirkt wird; werden aber die Thallusstücke, die im frischen Zustande verschont bleiben, nach Auslaugung durch die üblichen Lösungsmittel der Flechtensäuren gefressen, so ergibt sich hieraus gewiß die hohe Bedeutung derartiger Körper für die Erhaltung der Flechten gegenüber dem Zerstörungswerk omnivorer Tiere. Durch planmäßig durchgeführte Versuche mit reinen Flechtensäuren wird ferner erkannt werden können, welche von diesen Stoffen den Tieren den Genuß verleiden und welche andere nach dieser Seite hin bedeutungslos sind. Aber selbst in letzterem Falle wäre noch keineswegs die Annahme berechtigt, daß diese oft in großen Mengen erzeugten Substanzen nichts als nutzlose Exkrete darstellen.

Indem ich nun zur Schilderung der eigenen Versuche schreite, soll, vor der Erörterung der Bedeutung der Flechtensäuren, die etwaige Rolle des Calciumoxalats als Schutzmittel gegen Tierfraß in Betracht gezogen werden. Zukal zählt nämlich, auf meinen eigenen Angaben über die Rolle der Rhaphiden fußend, die Kristalle oxalsauren Kalkes, welche namentlich bei Erde oder festes Gestein bewohnenden Krustenflechten oft massenhaft auf- oder in den Membranen abgelagert vorkommen, ohne nähere Begründung zu den Schutzmitteln gegen Tierfraß, nicht bedenkend, daß solche kleine Körnchen und Kriställchen keinesfalls wie die beiderseits fein zugespitzten, sich leicht in die Schleimhäute einbohrenden Rhaphiden wirksam sein können. Wie wenig omnivore Schnecken sich von dem Genusse

1) Vergl. Stahl, Pflanzen und Schnecken, und C. Detto, Ueber die Bedeutung der ätherischen Oele bei Xerophyten. Inaug.-Diss., Jena. Flora 1903, S. 195.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

einer ihnen sonst zusagenden, aber mit harten Körnern untermischten Nahrung abhalten lassen, zeigten Versuche mit Limax agrestis und Helix hortensis, welche gierig und ohne Schaden große Mengen von mit Zuckerwasser befeuchtetem Quarzsand verschluckten, wie sie auch ausgelaugte Blätter von Rumex-Arten trotz ihrer zahlreichen großen Kalkoxalatdrüsen ohne weiteres verzehrten.

Man könnte vielleicht zu der Annahme neigen, daß wenn die einzelnen Kalkoxalatkristalle zwar für sich allein die Tiere nicht vom Genuß der Flechten abzuhalten vermögen, sie doch durch Herstellung einer festen Kruste an der Thallusoberfläche die Angriffe zu erschweren im stande seien. Die Kristalle schließen sich jedoch nicht zu einem festen Panzer zusammen, wie etwa der kohlensaure Kalk in den Membranen der Corallineen, sondern sie sind stets durch allerdings kleine Zwischenräume voneinander getrennt. Demgemäß ist die Oberfläche des Thallus besonders oxalatreicher Flechten, wie Psoroma lentigerum, Ps. elegans, Aspicilia calcarea, im befeuchteten Zustande keineswegs hart, sondern von ziemlich weicher Beschaffenheit, viel weicher als bei vielen kalkoxalatfreien Laub- und Strauchflechten. Durch Entfernen des Kalkoxalats vermittelst verdünnter Salzsäure wird denn auch das Verhalten von Schnecken und Asseln gegenüber Psoroma lentigerum und Ps. elegans in nichts geändert.

Wasserlösliche, im inneren der Zellen aufgespeicherte Stoffe, welche bei anderen Pflanzen — man denke an die Bitterstoffe, Gerbsäuren, Alkaloide u. s. w. — eine so hervorragende Rolle als Schutzmittel spielen, scheinen bei den Flechten wenig in Betracht zu kommen, da ihnen gegenüber das Verhalten omnivorer Tiere nach Entfernung der wasserlöslichen Stoffe nicht in wahrnehmbarer Weise beeinflußt wird.

In Wasser aufgeweichte und wieder oberflächlich abgetrocknete lebendige Thallusfragmente von Imbricaria saxatilis L., I. caperata, I. physodes L., Evernia prunastri L., E. furfuracea L., die Podetien von Cladonia pyxidata L., wurden, um sie zu töten, kurze Zeit der Siedehitze ausgesetzt und nach Erkaltung mehrere Stunden in Wasser gelegt, um etwaige in Wasser lösliche Stoffe auszulaugen. Die dieser Prozedur unterworfenen Flechten wurden, zusammen mit lebenden Fragmenten derselben Flechten hungrigen Schnecken und Asseln vorgelegt. Beiderlei Vergleichsobjekte blieben entweder ganz verschont oder es fanden sich höchstens Spuren von Verletzung, wobei ein Unterschied zwischen toten ausgelaugten und frischen Exemplaren nicht zu erkennen war.

Wenn durch die Entfernung wasserlöslicher Bestandteile der Thallus genannter Arten für omnivore Schnecken und Asseln um nichts genießbarer gemacht wird, so spielen dagegen schon in verdünnter Soda lösliche Stoffe bei vielen Flechten eine ganz hervorragende Rolle bei der Abwehr der erwähnten Tiere.

Bei manchen Flechten genügte schon ein 12-stündiges Liegen bei Zimmertemperatur in einer Natriumcarbonatlösung von 1 $^0/_{00}$, um sie, nach vorheriger Auslaugung in Wasser, für Schnecken und andere omnivore Tiere annehmbar zu machen.

In den zu beschreibenden Versuchen wurden jedesmal die mit Soda behandelten Thallusstücke auf den Boden kleiner Kristallisierschalen neben gleich große bloß in Wasser aufgeweichte Fragmente derselben Exemplare gelegt. Um die Bedeutung, welche den sodalöslichen Stoffen als Schutzmittel zukommt nach ihrem richtigen Maße zu würdigen, genügt es nicht immer den etwa am folgenden Tage eingetretenen Tatbestand festzustellen, sondern es ist unter Umständen auch die direkte Beobachtung der Tiere erforderlich, da mit der Zeit die ausgehungerten Tiere auch weniger zusagende Pfanzenteile vertilgen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

So sah ich z. B. die omnivore Helix hortensis die frischen Thallusstücke zwar wiederholt anraspeln, aber dieses Geschäft bald wieder aufgeben, um weiter zu kriechen. Geraten die Tiere hierbei an die vorher mit Sodalösung behandelten Thallustücke, so fressen sie daran kontinuierlich fort. Am folgenden Tag waren die durch die genannte Behandlung ihrer Schutzmittel beraubten Thallusstücke von Evernia furfuracea, E. prunastri, Imbricaria caperata, Icmadophila aeruginosa, Rhizocarpon geographicum gewöhnlich verschwunden, während die dieser Prozedur nicht unterworfenen Vergleichsobjekte noch fast unversehrt vorgefunden wurden.

Aehnlich wie Helix hortensis verhalten sich verschiedene andere Gehäuseschnecken, unter anderen auch Helix lapicida und Clausilia sp., die sich besonders häufig in Ritzen von Kalkgestein aufhalten, dessen Krustenflechten sie bei feuchter Witterung abzunagen pflegen. Auf Grund dieser Wahrnehmungen erwartete ich in diesen Tieren auf Flechten angewiesene Spezialisten zu finden, eine Vermutung, die sich jedoch nicht bestätigte. Die Kalk bewohnenden Krustenflechten Aspicilia calcarea, Placodium circinnatum, Pl. saxicolum verzehren sie zwar willig in frischem Zustande, wie nach Extraktion mit Sodalösung, ein Verhalten, welches sie mit der so harmlosen omnivoren Helix hortensis teilen. Besser geschützte Flechten dagegen (z. B. Imbricaria caperata, I. physodes, Evernia prunastri) fressen sie nur nach vorheriger Sodaextraktion. So gerne also diese Tiere auch die offenbar schwach geschützten und wahrscheinlich entsprechend ihrer starken Regenerationsfähigkeit weniger schutzbedürftigen Kalkflechten verzehren, so sind sie doch nicht Flechtenspezialisten in dem Sinne, wie etwa Limax maximus und andere Nacktschnecken Pilzspezialisten sind.

Denn abgesehen davon, daß sie die bitteren oder sonstwie unangenehm schmeckenden Flechten erst nach Sodaextraktion annehmen, verzehren sie auch, wie manche omnivoren Schnecken, mit besonderer Vorliebe abgestorbene oder künstlich ausgelaugte Pflanzenteile. Flechtenspezialisten, also in ihrer Ernährung auf Lichenen angewiesene Schnecken, scheint es, wenigstens soweit meine Untersuchungen reichen, nicht zu geben. Insbesondere konnte ich feststellen, daß die große Pilzschnecke Limax maximus, von der man vermuten könnte, daß ihre Vorliebe für Pilze sich auch auf Flechten erstrecken möchte, für die letzteren ganz ungefährlich ist. Ein hungriges Exemplar benagte, auch bei mehrtägiger Versuchsdauer, nur an vereinzelten Stellen den Thallus von Peltigera canina, Peltidea aphtosa, Cetraria islandica, Parmelia physodes, während in demselben Zeitraum ein derartiges Tier große Fruchtkörper für andere Tiere giftiger Pilze zu vertilgen im stande ist.

Die bisherigen Versuche mit omnivoren Gehäuseschnecken haben gezeigt, daß die zur Fütterung benutzten Flechten durch gewisse, in verdünnter Sodalösung lösliche Körper gegen die genannten Tiere geschützt sind. Mit diesem Versuchsergebnis schien das Verhalten der nackten kleinen Ackerschnecke (Limax agrestis) nicht recht vereinbar. Während Helix hortensis gierig die ausgelaugten Flechten benagte, ließ die sonst so gefräßige Ackerschnecke dieselben so gut wie unberührt. Es hatte also zunächst den Anschein, als ob Helix hortensis den Flechtenschutzstoffen gegenüber weit weniger empfindlich sei als Limax agrestis, ein Umstand, der mir um so mehr auffallen mußte, als ich bei meinen älteren Untersuchungen (l. c. S. 24) gefunden hatte, daß die beiden Tierarten sich den Schutzmitteln der höheren Gewächse gegenüber gerade umgekehrt verhalten. Während für diese die Ackerschnecke zu den gefährlichsten Feinden gehört, die auch gut geschützte Pflanzen angreift, ist die Gartenschnecke, gleich vielen anderen Gehäuseschnecken, ein äußert harmloses Geschöpf, das sich hauptsächlich von toten, ausgelaugten Pflanzenteilen ernährt und, indem es sie zerkleinert und als dem Boden leicht beimischbaren Kot von sich gibt, weit eher als ein nützliches denn als ein schädliches

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tier gelten muß, da es oberhalb des Erdbodens eine ähnliche Rolle spielt wie die Regenwürmer unter dessen Oberfläche.

Von der Vermutung ausgehend, daß die Schutzstoffe der benutzten Flechten durch die 1 ‰ Sodalösung nicht hinreichend ausgezogen sein mochten, kamen stärkere Lösungen bis zu 10 Proz. zur Anwendung, aber ohne Erfolg. Nachdem die Extraktion vermittelst Aether, Chloroform und Benzol, in welchen doch die meisten Flechtenstoffe löslich sind, ebenfalls erfolglos geblieben war, so mußte nach einer anderen als der vermuteten Ursache des Verschmähtbleibens der ausgelaugten Flechten von seiten der Ackerschnecke gesucht werden.

Wenn ein Tier einen Pflanzenteil verschmäht, so kann dies entweder darauf beruhen, daß es durch gewisse Bestandteile, die sich dem Geschmacks- oder Geruchssinne wahrnehmbar machen, abgestoßen wird, oder aber es fehlen die Reizstoffe, die eine dauernde Freßtätigkeit auslösen. Schon bei meinen früheren Untersuchungen (l. c. S. 30) war es mir aufgefallen, daß von manchen Pflanzenteilen, die mechanisch geschützt sind, die frischen fast regelmäßig den ausgelaugten gegenüber von omnivoren Schnecken bevorzugt werden. Manche von diesen, insbesondere Limax agrestis, zeigen eine große Vorliebe für zuckerhaltige Pflanzenteile, die ihre Freßgier in hohem Grade erregen. Ich konnte wiederholt beobachten, daß, wenn einem durch Berührungsreize zur eiligen Flucht angetriebenen Exemplar eine Spur Zuckerwasser in den Weg gebracht wurde, es, sobald sein Mund mit der süßen Flüssigkeit in Berührung gekommen war, die Kriechbewegungen einstellte. Gleichzeitig gerieten die Freßwerkzeuge in lebhafte Bewegung, wobei das Tier versuchte, beliebige, gerade vorliegende Gegenstände anzuraspeln.

Der jedenfalls geringe Zuckergehalt der Flechten — süßen Geschmack habe ich beim Kauen derselben niemals wahrgenommen — sichert also die Gewächse mehr oder weniger vor den Angriffen zuckergieriger Tiere, die sich nur in stark ausgehungertem Zustande an sie heran machen. Während nun die meist von toten, schon ausgelaugten Pflanzenteilen lebende Helix hortensis in geringerem Grade zuckergierig ist und die ihrer Schutzstoffe beraubten Lichenen ohne weiteres benagt, ihnen in der Natur also ohne die Schutzstoffe gefährlich wäre, läßt sie Limax agrestis zunächst meist unberührt liegen, nimmt sie jedoch sofort auf, sobald sie durchtränkt worden sind mit Zuckerwasser, oder dem süßen Saft von Daucus carota, welcher ihr ganz besonders zusagt und sich ihrem Geruchssinne schon von weitem verrät.

Versuche mit anderen omnivoren Tieren.

Obwohl die Schnecken zu denjenigen Tieren gehören, deren Angriffen die Flechten an ihren natürlichen Standorten ganz besonders ausgesetzt sind, so schien es mir doch am Platze, auch noch andere omnivore Pflanzenfresser in Betracht zu ziehen. Ich wählte als Versuchstiere die oft in der Nähe von Flechten unter den Borkenschuppen der Bäume oder in Gesteinsspalten sich aufhaltende Mauerassel (Oniscus murarius Cuv.) und den Ohrwurm (Forficula auricularia L.).

Beiderlei Tierarten sind in demselben Sinne omnivor wie unsere meisten Schnecken. Wenn auch die Ohrwürmer mancherlei lebendige Pflanzenteile zerfressen und nicht selten, z. B. an Dahlia variabilis, beträchtlichen Schaden verursachen, so läßt sich doch leicht der Nachweis führen, daß der Schaden noch weit größer ausfallen würde, falls gewisse diesen Tieren widrige Stoffe in den Blättern fehlten. Werden nämlich Ohrwürmern oder Asseln gleichzeitig frische und vorher mit Alkohol extrahierte Blattfragmente von Dahlia variabilis und mancherlei anderen Pflanzen (z. B. Ficaria ranunculoides,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Fraxinus excelsior, Anthriscus sylvestris) dargeboten, so sieht man die Tiere mit großer Vorliebe die ihrer Schutzstoffe beraubten Stücke verzehren, während sie gleichzeitig die noch lebenden Vergleichsstücke mehr oder weniger verschonen.

Die Fütterungsversuche mit intakten Flechten und solchen, die mit verdünnter (1 ‰) Sodalösung behandelt worden waren, bestätigten denn auch die gehegte Vermutung, daß ohne ihre Schutzstoffe die Flechten diesen gefräßigen Tieren zum Opfer fallen würden.

Oniscus murarius verzehrte nach kürzerer oder längerer Frist die ausgelaugten Thallusstücke von Evernia vulpina, Ev. furfuracea, Ev. prunastri, Imbricaria saxatilis, I. caperata, I. physodes, Xanthoria parietina. Forficula auricularia tat desgleichen mit Imbricaria caperata, I. physodes, Xanthoria parietina, Ramalina fraxinea, während die gleichzeitig vorgelegten frischen Thallusstücke derselben Flechtenarten entweder gar nicht oder doch nur wenig zu leiden hatten.

Es sind also auch hier wieder sodalösliche Stoffe, denen es die obigen Lichenen verdanken, vor Zerstörung von seiten der genannten und, wir dürfen wohl hinzufügen, vieler anderer omnivorer Tiere, bewahrt zu sein.

IV. Natur und Eigenschaften der Flechtenschutzstoffe.

In den bisherigen Versuchen war die Auslaugung der Flechten vermittelst 1 ‰ Sodalösung vorgenommen worden; 24-stündige Einwirkung bei Zimmertemperatur hatte in den genannten Fällen genügt, um wenigstens so viel von den Schutzstoffen zu entfernen, um sie den Versuchstieren genießbarer zu machen als die nicht dieser Prozedur unterworfenen Vergleichsobjekte. Bei manchen Flechten versagte jedoch die erwähnte Behandlungsweise; auch wenn die Flechten — z. B. Cetraria islandica, Sticta scrobiculata, Endocarpon miniatum, Podetien von Cladonia pyxidata — ebenso lange in einer 10-proz. Sodlösung gelegen hatten, wurden sie von omnivoren Schnecken noch kaum berührt. Hieraus ergibt sich nun keineswegs, daß die Schutzstoffe nicht auch in Soda löslich sind; sondern dieselben treten nur langsam in Lösung, so daß noch genügende Mengen davon übrig bleiben um den Schnecken den Genuß zu verleiden.

Wie man sich leicht durch Kosten überzeugen kann, haftet hier der bittere oder sonst unangenehme Geschmack sehr zähe, so daß, wie schon Zukal für Cetraria islandica angegeben hat, eine energischere Behandlung notwendig ist, um ihn vollständig zu entfernen.

Viel rascher als in Natriummcarbonat lösen sich die Schutzstoffe in Ammoniak oder verdünnter Kalilauge. Hier genügt schon ein viel kürzerer Aufenthalt in den genannten Flüssigkeiten, um die Flechten den Tieren genießbar zu machen. In hohem Grade beachtenswert ist dagegen die Unlöslichkeit der Schutzstoffe in Salzsäure. Auch nach längerer Behandlung mit diesem Reagens und nachherigem sorgfältigen Auswaschen, wurden Imbricaria caperata, I. physodes, Evernia prunastri, E. furfuracea, Icmadophila aeruginosa, Rhizocarpon geographicum von Schnecken und Asseln nicht stärker geschädigt als die dieser Behandlung nicht unterworfenen Vergleichsobjekte.

Die Löslichkeit der Schutzstoffe in Alkalien, ihre Unlöslichkeit in Salzsäure machen es sehr wahrscheinlich, daß wir in ihnen Flechtensäuren zu erblicken haben, ist es doch bekannt, daß viele Flechtensäuren in Alkalien oder kohlensauren Akalien mehr oder weniger löslich sind, aus ihren Lösungen aber durch Salzsäure gefällt werden. Wenn also hierdurch die Frage nach der Art der Schutzstoffe

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

schon enger umschrieben ist, so wird es weiterer sorgfältig durchgeführter vergleichender Experimente mit rein dargestellten Flechtensäuren bedürfen, um festzustellen, welche Säure im Einzelfalle die schützende Wirkung ausübt, da bei zahlreichen Flechten schon verschiedene Säuren nachgewiesen worden sind und bei weiteren Untersuchungen noch andere gefunden werden mögen. So gibt Fünfstück[1]) in seiner Zusammenstellung der Flechtenstoffe für Evernia prunastri, welche, wie wir gesehen haben, durch Sodalösung von 1 ‰ ihrer gegen Schnecken und Asseln wirksamen Schutzmittel beraubt wird, das Vorkommen von Atranorsäure, Evernsäure und Usninsäure an, welche alle in kohlensauren Alkalien mehr oder weniger löslich sind. Ein ebenso unbestimmtes Resultat ergeben Versuche, bei welchen Filtrierpapierstreifen, die mit den Aetherextrakt der genannten Flechte durchtränkt worden waren, Verwendung fanden. Während Helix hortensis bloß mit Wasser befeuchtete Papierstreifen fleißig benagte, ließ sie die mit dem Aetherextrakt versehenen Vergleichsobjekte unberührt. Ein gleiches Ergebnis zeitigten ähnliche Versuche mit den Aetherextrakten von Imbricaria physodes und Xanthoria parietina. Welchem unter den verschiedenen, bei diesen Flechten vorkommenden, in Aether löslichen Stoffen das ablehnende Verhalten zuzuschreiben ist, läßt sich auf diesem Wege nicht entscheiden; dies kann, wie gesagt, nur auf Grund von Versuchen mit rein dargestellten Flechtensäuren geschehen.

Da die Schnecken wie auch andere omnivore Tiere eine große Abneigung gegen die Bitterstoffe höherer Pflanzen (z. B. Gentiana, Polygala) zeigen, so kommt sicher den bitter schmeckenden Flechtensäuren in dieser Richtung eine hervorragende Bedeutung zu. Hierbei dürfen wir aber nicht vergessen, daß Substanzen, die sich unserem Geschmackssinn nicht in besonders unangenehmer Weise bemerkbar machen, auf andere Wesen eine sehr heftige Wirkung ausüben können. Ganz besonders deutlich geht dies hervor aus dem Verhalten der Schnecken gegenüber der in den Zentralalpen an Lärchenstämmen so verbreiteten Evernia vulpina, welche der Vulpinsäure ihre gelbe Farbe und Giftigkeit verdankt[2]).

Von der von ihm aus Lepra chlorina gewonnenen Vulpinsäure gibt auch Zopf (l. c. S. 608) zu, daß sie selbst ausgehungerte Schnecken von den damit eingeriebenen Kartoffelscheiben fernzuhalten vermag. „Setzt man sie mitten auf die Kartoffelscheibe, so scheiden sie stark Schleim ab und suchen bald aus dem Bereich der Säure zu kommen.“ Ich habe die heftige Wirkung der Vulpinsäure, die beim Menschen erst nach längerem Kauen schwache Bitterkeit und etwas Brennen auf Zunge und Gaumen verursacht, besonders deutlich bei Versuchen mit Limax agrestis und Arion hortensis hervortreten sehen. Schon die oberflächliche Berührung mit den zwischen den Fingern zerriebenen Fragmenten des Thallus von Evernia vulpina genügt, um die Tiere zum Absterben zu bringen. Sobald sie damit bestreut werden, kriechen sie, stark Schleim absondernd, davon und gehen, wenn das Bestreuen reichlich erfolgt ist, bald zu Grunde. Gesunde Exemplare der genannten Schneckenarten, welche um 3½ Uhr nachmittags in der angedeuteten Weise behandelt worden waren, zeigten schon vor Ablauf einer Stunde konvulsive Zuckungen des Vorderleibes und waren an demselben Abend um 5 Uhr schon tot. Es kann denn auch nicht verwundern, wenn auch durch langes Aushungern diese Tiere nicht gezwungen werden können, die für sie so giftige Flechte zu verzehren. Entfernt man aber die gelbe Vulpinsäure durch geeignete Lösungsmittel, sei es durch verdünnte Sodalösung, sei es durch Aether oder Chloroform, so wird der Thallus ohne Schaden und in größeren Mengen gefressen.

1) Engler und Prantl, Die natürlichen Pfanzenfamilien, 180. Lieferung: Lichenes von Fünfstück, S. 29 u. ff.

2) Kobert, Ueber die Giftstoffe der Flechten, Sitzungsberichte der Naturforscher-Gesellschaft von Dorpat, 1892, Bd. X, S. 162.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

So heftige Wirkungen wie der Vulpinsäure dürften wohl nur wenigen Flechtenstoffen zukommen. Der so intensiv bitter schmeckenden Variolaria amara, welche von Schnecken gänzlich verschont bleibt, gehen sie jedenfalls ab, da mit dem Soredienpulver dieser Flechte wiederholt bestreute Nacktschnecken anscheinend ungestört weiter lebten.

Während bei der Mehrzahl der Flechten feste Stoffe von meist bitterem Geschmack tierische Feinde fernhalten, wird diese Aufgabe in gewissen Fällen durch flüchtige Verbindungen übernommen. So entwickelt die nicht bittere Peltigera canina, namentlich beim Kauen, einen widerwärtigen Geruch, der für sich allein schon Schnecken abzuhalten vermag, da sie, noch bevor sie mit dieser Flechte in Berührung kommen, sich abzuwenden pflegen. Der energisch wirkende, nicht näher bekannte Schutzstoff ist flüchtig und läßt sich mit Wasser überdestillieren. Stärke, die mit dem widerlich riechenden Destillat befeuchtet worden ist, lassen die sonst gierig Stärke verschlingenden Schnecken und Asseln unberührt liegen. Peltigera canina dürfte also gegenüber den benutzten Versuchstieren ganz besonders gut geschützt sein. Diesem Ergebnis scheinen allerdings die Angaben von Arnold und Zukal (l. c. S. 28) zu widersprechen, welche nicht näher bezeichnete Schnecken fressend an Peltigera-Arten angetroffen haben. Ich selbst fand am Thallus von Peltigera canina in Wäldern gelegentlich kreisrunde Löcher, wie sie für Schneckenfraß charakteristisch sind und an in einem Hymenophyllenhaus kultivierten Exemplaren wurde wiederholt fressende Limax agrestis angetroffen. Solche Befunde beweisen aber nichts weiteres, als daß auch gut geschützte Pflanzen von den Angriffen dieser gefräßigen, stets hungrigen Tiere zu leiden haben. Wenn bei Peltigera die Freßspuren sich häufiger als bei anderen Laubflechten finden, so mag dies bedingt sein durch ihren feuchteren Wohnort, an welchem Schnecken sich häufiger herumtreiben als an den trockenen Standorten der meisten anderen Lichenen.

Die Löslichkeitsverhältnisse der Schutzstoffe in biologischer Beleuchtung.

Notwendige Voraussetzung für die Wirksamkeit chemischer Schutzmittel ist ihre Löslichkeit in den die Nahrungsaufnahme vermittelnden Mundteilen der Tiere. Gewisse Flechtensäuren sind in Wasser so gut wie unlöslich, andere nur sehr schwer löslich. Hieraus folgert Zopf (l. c. S. 609) daß sie keine schädlichen Wirkungen auszuüben vermögen, da von Seiten des Verdauungstraktus alkalische Säfte, welche die Flechtensäuren in Lösung zu bringen vermöchten, nicht abgeschieden werden. Diese Annahme ist jedoch in keiner Weise zutreffend. Aeltere Angaben aus der Literatur und eigene neue Beobachtungen über die Reaktionen verschiedener Abschnitte des Darmtraktus von Schnecken findet man in einer Arbeit von Moritz und Biedermann [1]) zusammengestellt. Werden Schnecken (Helix pomatia) mit Stärkemehl, welchem blaues Lakmuspulver beigemischt ist, gefüttert, so nehmen die Tiere das feuchte Gemenge nach längerem Hungern gern und reichlich auf. Im eigentlichen Magen erscheinen die Inhaltsmassen rot oder blaurot gefärbt, während jenseits der Einmündungsstelle des Lebergangs die rein blaue Färbung eine ausgeprägt alkalische Reaktion anzeigt. Ueber die Reaktion des vorderen Teiles des Darmrohres (zwischen Mund und Magen) sagen die Verfasser nichts aus; da aber gerade dieser Punkt für unsere Fragestellung von besonderem Werte ist, weil ja die Geschmacksempfindung über Aufnahme oder Verschmähung einer Speise entscheidet, so widmete ich besonders

[1]) Beiträge zur vergleichenden Physiologie der Verdauung. II. Ueber ein celluloselösendes Enzym im Lebersekret der Schnecke (Helix pomatia). Pflügers Archiv für die ges. Physiologie, Bd. 73, 1898, S. 244.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dieser Frage meine Aufmerksamkeit und zog zugleich auch das Verhalten der Schleim absondernden Körperoberfläche in Betracht. Läßt man eine Schnecke (Limax agrestis, Helix hortensis) über rotes Lakmuspapier kriechen, so färbt sich dasselbe sofort intensiv blau. Desgleichen wird mit Kongorot gefärbtes Papier, das durch Behandlung mit verdünnter Salzsäure gebläut worden ist, sofort intensiv rot gefärbt. Auch bei dem viel weniger empfindlichen Curcumapapier weicht die Rotfärbung bald der alkalische Reaktion verratenden Gelbfärbung. Dieselben Färbungsänderungen der genannten Indikatoren lassen sich nun auch beobachten, wenn die genannten, mit Zuckerwasser durchtränkten Papiersorten in fein zerfasertem Zustande oder mit den Indikatoren gefärbter Stärkekleister den Tieren als Speise dargeboten werden. Es ist nicht einmal immer notwendig, die Tiere, welche die gefärbte Nahrung aufgenommen haben, zum Zweck der Beobachtung zu töten, da bei der durchsichtigen Körperbeschaffenheit, zumal von hellen Exemplaren der Helix hortensis, auch am unverletzten Tier der mit Nahrung gefüllte Oesophagus die für die alkalische Reaktion charakteristische Farbe durchschimmern lässt.

Die Vorbedingungen für die Löslichkeit von Flechtensäuren und mithin ihrer Wirksamkeit auf die Geschmacksorgane der Schnecken sind also gegeben. Zopf führt allerdings zwei für die Richtigkeit seiner Vermutung über das Fehlen säurenlösender, alkalischer Säfte im Darmtraktus sprechende Tatsachen an: einmal die glatten glasglänzenden Flächen und scharfen Kanten der Kristalle und Kristallfragmente im Kote und sodann die Abwesenheit von Farbenreaktionen, die bei Einwirkung von Alkalien sich im Darm einstellen müßten. In Betreff des ersten Punktes ist zu bemerken, daß auch schon minimale Spuren einer widerwärtig schmeckenden Substanz die Tiere vom weiteren Genuß abhalten können, falls ihnen gleichzeitig zusagende Nahrung geboten wird; in Betreff des zweiten, daß freie Alkalien ebensowenig im Oesophagus von Schnecken und anderer Tiere wie in unserer Mundhöhle vorhanden zu sein brauchen, um gewisse Flechtenstoffe in Lösung zu bringen.

Der menschliche Speichel enthält im Mittel 0,08 Proz. Natriumkarbonat[1]). Vom Schneckenspeichel bemerkt Arthur Lange[2]): „Auffallend ist die starke Alkalescenz des Sekretes". In den Mundteilen von pflanzenfressenden Gliedertieren sind die Bedingungen für die Wirksamkeit von Flechtensäuren durch die hier herrschende alkalische Reaktion gleichfalls gegeben. Obwohl nicht genauer bekannt ist, auf welchen Verbindungen sie bei diesen Tieren beruht, so wird man wohl annehmen dürfen, daß es sich auch hier um Natriumkarbonat handeln wird, also um eine Verbindung, in welcher viele Flechtensäuren löslich sind.

Auch bei höheren Pflanzen fehlt es nicht an Schutzstoffen, die in Wasser schwer, in verdünnten Lösungen von kohlensaurem Natron dagegen leichter löslich sind, wo also die Reaktion der Mundflüssigkeit die Wirkung erst recht zur vollen Entfaltung gelangen läßt. Ich denke hier unter anderem an die klebrigen Ueberzüge junger, eben sich entfaltender Blätter von Alnus glutinosa und Betula verrucosa. Besprüht man solche Blätter einerseits mit destilliertem Wasser und andererseits mit 1 $^0/_{00}$ Sodalösung und läßt nach einiger Zeit die Flüssigkeiten abtropfen, so wird man beim Kosten der Soda enthaltenden Tropfen einen intensiv bitteren Geschmack empfinden, der bei den Reinwassertropfen kaum zur Wahrnehmung gelangt. Das bittere Sekret, dessen Hauptaufgabe wohl mit dem Heraustreten des Blattes aus dem Knospenzustande erfüllt sein mag, schützt immerhin

1) R. Neumeister, Lehrbuch der physiologischen Chemie, Bd. I, S. 121.

2) A. Lange, Ueber den Bau und die Funktion der Speicheldrüsen bei den Gasteropoden. Merkel und Bonnet, Anatomische Hefte, I. Abt., Heft 61, 1902, S. 136.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

auch das junge Blatt gegen tierische Feinde. Legen wir nämlich von den beiden Hälften eines jungen Blattes die eine mehrere Stunden in Regenwasser, die andere gleich lang in eine Sodalösung und bringen sie, nach sorgfältiger Abspülung des Sodablattes, in Behälter mit Gartenschnecken oder Asseln, so macht sich der schützende Einfluß des Sekretes in der geringen Beschädigung der bloß gewässerten Hälfte im Gegensatz zur starken Benagung der durch Sodalösung ihres Ueberzuges beraubten anderen Hälfte deutlich bemerkbar.

Die Wirkung des im Fichtenharz enthaltenen Bitterstoffes wird ebenfalls durch die alkalische Reaktion der Mundflüssigkeit wesentlich gefördert. Werden gleich große Mengen frischen Fichtenharzes mit demselben Volumen destillierten Wassers und menschlichen Speichels übergossen, die Flüssigkeiten nach einigen Stunden abfiltriert, so gewahrt man bei dem ersten Filtrat bloß einen schwach balsamischen Geruch und kaum eine Spur von Bitterkeit, während das Speichelfiltrat eine intensiv bittere Geschmacksempfindung hervorruft. Ich beschränke mich hier auf diese wenigen Andeutungen, aus welchem hervorgeht, daß Gesichtspunkte, wie ich sie in dieser Abhandlung für die Schutzstoffe der Flechten aufgestellt habe, auch noch anderwärts Berücksichtigung verdienen.

Wir kehren nach dieser Abschweifung zu den Flechten zurück. Die Tatsache, daß die Schutzstoffe in Wasser unlöslich oder doch sehr wenig löslich sind, ist in ökonomischer Beziehung für die Flechten von größter Wichtigkeit, da die als Schutzmittel wirksamen Stoffe nicht, wie bei anderen Pflanzen, im Inneren des lebendigen Zellleibes oder in abgeschlossenen Sekretbehältern enthalten, sondern auf oder in den Membranen abgelagert sind, wo sie bei jeder Befeuchtung der Gefahr der Auswaschung ausgesetzt wären.

Trotzdem dürfte es öfter vorkommen, daß eine partielle Lösung von Säuren auch an den sonst unversehrten Flechten sich einstellt. Wiederholt konnte ich bei Verwendung von frisch eingesammelten Exemplaren von Xanthoria parietina, Ramalina fraxinea, Variolaria amara die Bläuung von roten, den befeuchteten Thalluslappen angedrückten Lakmuspapierstreifen schon nach wenigen Stunden eintreten sehen. Diese schwache Alkalescenz genügt, um das Pikrolichenin, den in kaltem Wasser unlöslichen[1]), intensiv bitteren Schutzstoff von Variolaria amara in Lösung zu bringen. Wird nämlich das von einer Baumrinde abgeriebene Soredialpulver dieser Flechte mit wenig destilliertem Wasser übergossen, so zeigt schon nach Verlauf von 4 Stunden die abfiltrierte Flüssigkeit den bitteren Geschmack. Die an der Oberfläche von Flechtenlagern sich einstellende alkalische Reaktion entstammt wahrscheinlich den an Baumrinden niemals fehlenden, in Fäulnis begriffenen tierischen oder pflanzlichen Resten und ist insofern nicht ohne Bedeutung, als dadurch die in reinem Wasser fast unlöslichen Flechtenstoffe in Lösung gebracht werden und mithin dem Thallus verloren gehen. Diesem gewiß oft genug sich einstellenden Uebelstande dürfte aber durch die massenhafte und scheinbar im Ueberschuß vorhandene Anhäufung dieser Schutzstoffe abgeholfen sein. Es haben nämlich die letzteren ihre Schutzfunktion auch dann noch im Interesse des Ganzen zu erfüllen — man denke besonders an die hängenden Strauchflechten — wenn die Hyphen bereits abgestorben sind und eine Neubildung dieser Exkrete ausgeschlossen ist.

Während die Unlöslichkeit vieler Flechtenschutzstoffe in reinem Wasser ihre Erhaltung im Interesse des Flechtenthallus sichert, ist andererseits ihre Löslichkeit in alkalisch reagierenden Flüssigkeiten notwendige Voraussetzung ihrer Wirksamkeit als Schutzmittel gegen Tierfraß. Nur infolge des

1) Vergl. Roscoe-Schorlemmers Lehrbuch der organischen Chemie, 6. Teil, 1901, S. 735.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Umstandes, daß der Saft der Mundhöhle jene Reaktion zeigt, ist ihre Wirkung auf die Geschmacksorgane der die Flechten bedrohenden Tiere möglich; bei neutraler oder saurer Reaktion würde sie ausbleiben.

Verhalten der Schutzstoffe gegen Menschen- und Schneckenspeichel.

Menschlicher Speichel bringt, wie zu erwarten, die besonders auffällig auf unsere Geschmacksorgane wirkenden Flechtenstoffe sofort in Lösung. Am raschesten wirkt bekanntlich in dieser Beziehung das Soredialpulver von Variolaria amara, welches schon bei bloßer Berührung mit der Zunge eine intensiv bittere Geschmacksempfindung hervorruft. Aber auch bei anderen Flechten, z. B. Imbricaria caperata, I. physodes, Evernia prunastri genügt es, Thallusstücke auf die Zunge zu legen und sie, ohne sie zu verletzen, im Munde hin- und herzuschieben, um bald die Bitterkeit hervortreten zu lassen, die dann allerdings beim Zerkauen der Flechten noch um ein Beträchtliches zunimmt.

Durch längeres Liegen in Speichel lassen sich bei manchen Flechten die Bitterstoffe leicht extrahieren. So fand ich Imbricaria caperata, schon nach zweitägiger Behandlung mit Speichel, dem zur Vermeidung der Fäulnis eine Spur Karbolsäure zugesetzt worden war, frei von Bitterkeit; bei Evernia furfuracea war dieselbe zwar noch vorhanden, aber in bedeutend abgeschwächtem Grade.

Derartig mit Speichel extrahierte, nachher in Wasser ausgewaschene Flechten wurden an omnivore Tiere verfüttert, wobei als Kontrollexemplare Fragmente derselben Arten Verwendung fanden, die gleichlange in destilliertem Wasser mit einer Spur Karbolsäure gelegen hatten.

Mauerasseln fraßen die mit Speichel ausgezogenen Thallusstücke von Cetraria islandica, Evernia furfuracea, E. vulpina, Sticta scrobiculata, Xanthoria parietina, Imbricaria caperata und ließen die Kontrollexemplare gleichzeitig fast unberührt. Ein im wesentlichen gleiches Ergebnis wurde mit Helix hortensis erzielt, während bei der zuckergierigen Limax agrestis es der Durchtränkung der vorher getrockneten Thallusfragmente mit Möhrensaft bedurfte, um die Tiere zum regen Fressen zu veranlassen. Auch hier wurden, wenn auch in minder hohem Grade als bei den Asseln, die mit Speichel extrahierten Stücke den anderen gegenüber bevorzugt.

Aehnliche Ergebnisse zeitigten Versuche mit dem Sekret der Speicheldrüsen der großen Weinbergschnecke (Helix pomatia). Von diesen großen Tieren konnte ich leicht etwas größere Mengen des Speichels gewinnen, wobei ich mich der Unterstützung von seiten meines Kollegen und Freundes Biedermann zu erfreuen hatte.

Von drei Exemplaren wurden, nach vorheriger Entfernung der Schale, die Speicheldrüsen von der Magenoberfläche losgelöst und im Mörser gerieben. In dem mit wenig destilliertem Wasser und etwas Karbolsäure versetzten Brei blieben Thallusstücke von Imbricaria caperata und Evernia prunastri während zwanzig Stunden liegen, um nach gehöriger Auswaschung in Wasser omnivoren Schnecken (Helix hortensis, H. lapicida, Clausilia sp.) vorgelegt zu werden. Die mit Schneckenspeichel ausgezogenen Flechten wurden verzehrt, die gleichzeitig dargebotenen lebenden, vorher bloß in Wasser getauchten Stücke blieben verschont oder zeigten doch nur schwache Fraßspuren. Es gelingt also die Flechten den Tieren genießbar zu machen durch Auslaugung der Schutzstoffe mit Schneckenspeichel, worin wir wohl einen Hinweis dafür erblicken dürfen, daß diese Schutzstoffe unter dem züchtenden Einfluß pflanzenfressender Tiere sich entwickelt haben. Löslich in kohlensauren Alkalien mußten sie sein, um auf die Tiere wirken zu können, während sie, in Anpassung an die eigen-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

artige mit der Lebensweise der Flechte verknüpfte Organisation der Hyphen, in Wasser nicht oder doch nur wenig löslich sein durften. Denn sie sind nicht, wie meist sonst die Schutzstoffe im Pflanzenreich, im Inneren lebendiger Zellen oder durch cuticularisierte Häute vor Auswaschung geborgen, sondern den für Wasser durchlässigen Hyphenmembranen ein- oder aufgelagert und dem lösenden Einfluß des Regenwassers direkt ausgesetzt.

Dieses Ergebnis unserer Untersuchung ist meines Erachtens von nicht geringem theoretischen Interesse, weil es klar und deutlich zeigt, in wie hohem Grade auch der Chemismus der Pflanzen der Anpassung unterliegt. Ungezählte Verbindungen mögen im Laufe der Entwickelung der Pflanzenwelt entstanden und wieder verschwunden sein. Aussicht zu bestehen und als Ausgangspunkte für weitere eigenartig sich fortentwickelnde Reihen zu dienen, hatten besonders jene Verbindungen, welche zufällig ihren Trägern von Vorteil waren durch eine glückliche Kombination von Eigenschaften, wie wir sie bei den Flechtenschutzstoffen verwirklicht finden. Die Umwelt, leblose wie lebendige, ist nicht bloß auf die Gestaltung, sondern auch auf den Chemismus der Pflanzen von tiefgreifendem Einfluß gewesen.

Ueberzeugende Belege für die eben ausgesprochene Anschauung ergeben sich aus dem Vergleich der bisher behandelten Lichenen mit den Gallertflechten aus der Ordnung der Collemaceen, bei welchen Flechtensäuren, die den Schutz gegen Tierfraß vermitteln könnten, soweit bekannt, vollständig fehlen. Wenn diese Flechten trotzdem verschont bleiben, so ist dies dadurch bedingt, daß Schnecken wie Asseln nicht im stande sind, weder die Spaltalge Nostoc commune, noch die Flechte Collema granosum zu schädigen. Trotz fortgesetzter Bemühungen gelingt es den Schnecken, auch bei mehrtägiger Versuchsdauer, nur äußerst schwer, die Oberfläche des gequollenen Thallus anzuraspeln, da die Radula, statt anzufassen, wie auch bei anderen Gewächsen mit gallertartiger Beschaffenheit, an der schlüpfrigen Oberfläche abgleitet [1]). Im trockenen Zustande gepulverte Collemen werden dagegen nach vorheriger Befeuchtung von Schnecken, wie auch von Asseln, rasch verzehrt, ein deutlicher Beweis wenn auch vielleicht nicht für das völlige Fehlen, so doch für das Zurücktreten chemischer Schutzstoffe. In Uebereinstimmung mit dieser Annahme zeigte es sich, daß selbst durch längere Behandlung der Collemen mit Sodalösung das Verhalten der Versuchstiere keine Aenderung erfährt; die ausgelaugten Exemplare werden nicht stärker beschädigt als die dieser Behandlung nicht unterzogenen Vergleichsobjekte.

Fragen wir uns, wodurch bei den Collemen das Fehlen von Flechtensäuren bedingt sein möge, so liegt kein Grund zu der Vermutung vor, daß aus rein inneren Ursachen die Bildung derartiger Stoffe gerade bei dieser Flechtenabteilung unterblieben sein sollte, stehen ja doch die Collemapilze in naher systematischer Verwandtschaft zu manchen säurebildenden Flechtenpilzen mit ähnlichem Apothecienbau. Entstanden mögen sie auch hier sein; da sie aber keinen Nutzen schaffen konnten und blos überflüssiger Ballast gewesen wären, entbehrten sie des Selektionswertes und boten somit nicht die Bedingungen für ihre Erhaltung und Züchtung. Die eigenartige Organisation der Spaltalge Nostoc, in deren Inneren der Flechtenpilz geborgen ist, machte eben die bei anderen Flechten als chemische Schutzmittel wirksamen Stoffe entbehrlich. Während bei letzteren dem Pilz der Schutz des Konsortiums obliegt, wird diese Aufgabe bei Collema, wenn auch vielleicht nicht ausschließlich, so doch vorwiegend durch die mechanisch geschützte Alge erfüllt.

---

[1]) Stahl, l. c. S. 80.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

V. Anderweitige Bedeutung der Flechtensäuren.

Mit der Abwehr pflanzenfressender Tiere dürfte die Rolle der Flechtensäuren keineswegs erschöpft sein. Allein wenn wir die Frage des Schutzes gegen feindliche Organismen ins Auge fassen, so müssen außer den Tieren als eventuelle Feinde der Flechten in Betracht gezogen werden Bakterien und Pilze, denen hier infolge der Permeabilität der oberflächlichen Hyphen für Flüssigkeiten die Angriffe leichter fallen dürften als gegenüber den cuticularisierten oder verkorkten Außenhäuten der höheren Pflanzen. An ihren natürlichen Standorten wird allerdings bei der Mehrzahl der Flechten durch das häufig sich einstellende Austrocknen des Thallus diese Gefahr eine wesentliche Verringerung erfahren.

Frisch eingesammelte Flechten gehen in stetig feuchter Umgebung nach kürzerer oder längerer Frist unter den Angriffen von Bakterien oder Pilzen zu Grunde. Liegen die sorgfältig gereinigten, durchfeuchteten Thallusstücke z. B. von Xanthoria parietina, Imbricaria physodes, Cetraria islandica, Evernia furfuracea, E. prunastri, Ramalina fraxinea auf reinem Filtrierpapier, in mäßig feuchter Luft, auf dem Boden von zugedeckten Krystallisierschalen, welche mit Glasplatten bedeckt sind, so können unter Umständen Wochen verstreichen, ehe sie verschimmeln. Rasch werden sie dagegen getötet, wenn Rindenfragmente oder andere organische Verunreinigungen vorhanden sind, von denen aus die bereits erstarkten Pilzmycelien ihren Angriff machen können. Die von den Mycelien ausgehende starke Säurebildung ist es, welche wohl zunächst die Elemente des Flechtenthallus zum Absterben bringt.

Bei größerer Durchnässung stellt sich gewöhnlich nicht Verschimmelung, sondern Zersetzung durch Bakterien mit alkalischer Reaktion ein.

Da die Flechtensäuren meist schon bei schwach alkalischer Reaktion in Lösung treten, so können sie die Entwickelung von Bakterien hemmen, falls ihnen, wie dies für die Vulpinsäure von Evernia vulpina durch Kobert (l. c. S. 162) nachgewiesen worden ist, antiseptische Eigenschaften zukommen.

Aus einigen vorläufigen Orientierungsversuchen scheint mir hervorzugehen, daß in der Tat auch bei anderen Flechten antiseptische Stoffe die zerstörende Tätigkeit von Bakterien zu hemmen im stande sind, da mit den üblichen Lösungsmitteln der Flechtensäuren, wie Aether, kochendem Alkohol oder mit Sodalösung extrahierte Thallusstücke von Imbricaria caperata, Evernia prunastri und anderen Flechten viel rascher durch Bakterien zerzetzt werden als die durch trockene Hitze oder durch Salzsäuredämpfe getöteten Vergleichsobjekte, aus deren Membranen die Flechtensäuren also nicht entfernt worden waren. Das Studium der Frage, inwiefern Flechtensäuren ihre Träger vor der Zerstörung durch Bakterien bewahren, muß ich anderen auf diesem Gebiet geschulten Forschern überlassen. Gegen Fadenpilze, die ihr Substrat ansäuern, müssen dagegen die Flechtensäuren wirkungslos sein, da sie ja aus Lösungen durch Zusatz von Säuren ausgefällt werden. Es sind denn auch in der Tat Pilze die gefährlichsten Feinde der Flechten, von denen die große Mehrzahl, abgesehen von anderen Ursachen schon aus diesem Grunde, von stets feuchten Standorten ausgeschlossen ist. Zu ihrem Gedeihen verlangen sie allerdings eine öfters eintretende Benetzung durch Regen oder Tau; nicht weniger wichtig ist aber das regelmäßig sich einstellende Austrocknen, wodurch sie wohl hauptsächlich vor der Tötung durch Pilze bewahrt werden. Die üppigste Flechtenvegetation findet sich denn auch an solchen Standorten, wo allnächtlich starker Tauniederschlag eintritt und während des Tages die in den Morgenstunden triefenden Flechten, wie ihr Substrat, dank der Besonnung oder der stärkeren Luftbewegung,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zum Austrocknen gelangen. An Orten, wo Stagnation der Luft letzteres verhindert oder wie in der Nähe von Wasserfällen durch stetes Besprühen der Thallus fast dauernd durchfeuchtet bleibt, kommt es niemals zu massenhaften Flechtenansiedelungen von Usneen, Ramalinen, Parmelien, Cladonien u. s. w., auch wenn die Beleuchtungsbedingungen die denkbar günstigsten wären. Gewisse Arten, ich nenne hier nur Peltigera canina, Peltidea aphtosa, vermögen auch hier zu gedeihen, wie es denn auch völlig submerse Lichenen gibt, deren von der Regel abweichendes Verhalten in dieser Hinsicht eingehenderes Studium verdient. Von den zahlreichen Strauch- und Laubflechten, die ich in einem möglichst feucht gehaltenen Hymenophyllaceen-Haus zu kultivieren versucht habe, gingen alle mit Ausnahme der üppig gedeihenden Peltidea aphtosa, Peltigera canina, P. polydactyla bald an Verschimmelung zu Grunde.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Inhaltsübersicht.

Seite

I. Einleitung . . . . . 357—360

Vermutungen von BACHMANN über die Bedeutung der Flechtenstoffe. — Annahmen und Versuche von ZUKAL. — Gegenteilige Ansicht und Versuche von ZOPF. — Eigene frühere Untersuchungen mit Schnecken-Omnivoren und Spezialisten; Verhalten spezialisierter Schmetterlingsraupen. — Beobachtungen von Lagerheim an Raupen.

II. Versuche mit Spezialisten . . . . . 360—362

Verhalten flechtenfressender Raupen gegenüber frischen und ausgelaugten Flechten. — Versuche mit Milben.

III. Verhalten omnivorer Tiere gegenüber Flechten . . . . . 362—367

Allgemeines; Kritik der ZOPFschen Versuche mit Poduriden und Milben und seiner Folgerungen. — Eigene Versuche mit omnivoren Schnecken: Bedeutung des Kalkoxalates, wasser- und sodalöslicher Stoffe. — Versuche mit anderen Omnivoren: Oniscus und Forficula.

IV. Natur und Eigenschaften der Flechtenschutzstoffe . . . . . 367—373

Die vermutlichen Schutzstoffe. — Die Löslichkeitsverhältnisse der Schutzstoffe in biologischer Beleuchtung. — Verhalten gegen Menschen- und Schneckenspeichel. — Mechanischer Schutz bei der Gallertflechte Collema.

V. Anderweitige Bedeutung der Flechtensäuren . . . . . 374—375

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Denkschriften der medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: 11

Autor(en)/Author(s): Stahl Ernst [Christian]

Artikel/Article: Die Schutzmittel der Flechten gegen Tierfrass. 355-376