

Tier und Pflanze in ihren gegenseitigen Beziehungen zueinander

Autor(en): **Tschirch, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern**

Band (Jahr): - **(1923)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-319303>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

A. Tschirch.

Tier und Pflanze in ihren gegenseitigen Beziehungen zueinander.

Man kann die organisierte Natur — Tier und Pflanze — von sehr verschiedenen Standpunkten aus betrachten. Man kann die Formen beschreiben und klassifizieren, kann ihre Verbreitung und ihre monophyletische und phylogenetische Entwicklung studieren oder auch das biologische Moment in den Vordergrund schieben. Letzteres habe ich schon mehrfach getan, angezogen durch die reizvollen Beziehungen, die dabei zwischen Tier und Pflanze hervortreten. Ich habe schon verschiedentlich über Themata aus diesem Interessenkreise auch in unserer Gesellschaft und anderwärts vortragen.¹⁾ Denn man kann die organisierte Natur auch mit dem Auge des Chemikers betrachten. Physiologie ist ja nichts anderes als Chemie und Physik der lebenden Wesen. So möchte ich denn heute einmal die Beziehungen zwischen Tier und Pflanze vom chemischen Standpunkte aus beleuchten.

Wollen wir aber diese Beziehungen richtig einschätzen, so müssen wir uns zunächst darüber verständigen, was jede einzelne Gruppe chemisch leistet, was einerseits das Tier, andererseits die Pflanze aufbauen kann. Damit ist schon gesagt, dass ich alle die Beziehungen zwischen Tier und Pflanze heute ausscheiden werde, welche ich neulich als echten Parasitismus charakterisierte, bei dem der eine Teil den andern schädigt oder gar auffrisst und auch die Beziehungen, welche ich als äusserliche bezeichnen möchte, wie die Pollenübertragung einerseits und die Nektareinsammlung andererseits, sowie die Pilzgärten der Ameisen und Verwandtes. Heute soll nur von den chemischen Beziehungen in enger Gemeinschaft lebender Tiere und Pflanzen die Rede sein, die man unter dem Namen Symbiose zusammenfasst.

¹⁾ A. Tschirch, Die Urfeige und ihre Beziehungen zur Kulturfeige. Sitzungsber. d. Züricher Naturforsch. Ges. 1911.

A. Tschirch, Symbiose, Konsortionalismus und Parasitismus. Sitzg. d. bern. Naturf. Ges., April 1921 und Natur und Mensch 1921.

Aber schon bei der ersten gekuppelten Frage: Was leistet chemisch das Tier und was die Pflanze? — stossen wir auf eine grosse Schwierigkeit: die chemische Leistung der Pflanze ist klar zu umschreiben, denn sie ist sehr wohl losgelöst von der des Tiers zu denken — die Leistung des Tiers nicht von der der Pflanze.

Die Pflanze ist der grosse originelle, selbstschöpferische Chemiker, der jedem chemisch denkenden Forscher die uneingeschränkste Bewunderung abnötigt, die Methoden des Tiers dagegen bewegen sich auf einem viel niedrigerem Niveau, ja ohne Hilfe der Pflanze kann das Tier sich nicht einmal am Leben erhalten.

Was ist allein schon die am Anfang allen biochemischen Geschehens stehende Assimilation der Kohlensäure und des Stickstoffes durch die grüne Pflanze für eine gewaltige chemische Leistung, gleichviel, ob wir sie als getrennte Reaktionen oder als eine gekuppelte betrachten, ob wir den zunächst entstehenden Formaldehyd mit dem durch Reduktion des Kaliumnitrates entstehenden Nitrosylkalium reagieren lassen oder die Reaktion über die Formhydroxamsäure vor sich gehen oder die Kohlensäure direkt mit dem Ammoniak zu Carbaminsäure zusammentreten lassen, um zu den beiden grossen Anfangsgliedern, den Aminosäuren und den Sacchariden zu gelangen. Das sind originelle chemische Leistungen von grossartigem Ausmass und fundamentaler Bedeutung.¹⁾ Aber auch die ganz originelle Art, mit der die Pflanze zum Ringschluss vorschreitet, die primär gebildeten azyklischen Verbindungen zu zyklischen umbildet und so die fast unübersehbare Reihe der Alkaloide, Glycoside, Harze, Terpene, Bitterstoffe, Farbstoffe und Lignine in verwirrender Mannigfaltigkeit erzeugt, lehrt uns, welche grosse chemische Talente in der Pflanze ruhen, zu deren Auswirkung sie offenbar durch den Antagonismus zwischen Plasma und Zellsaft befähigt wird, der ja an einer Phasengrenze sich betätigt.

Wie armselig nehmen sich daneben die Leistungen des Tieres aus. Ja, wir haben sogar die grösste Mühe, sie klar herauszuschälen, ganz losgelöst von der pflanzlichen Hilfe. Die Bausteine für das tierische Eiweiss liefert die Pflanze, das Tier formt sie nur um, setzt sie anders zusammen, ja, das kostbare Stickstoffmaterial, mit

¹⁾ Vergl. im Einzelnen meinen Vortrag in der Berner Biochemischen Vereinigung: «Die biochemische Arbeit der Zelle der höheren Pflanzen und ihr Rhythmus.» Bern, Akadem. Buchhandl., 1921, und «Der Kreislauf des Stickstoffes» in Schweiz. Apothekerzeit., 1919.

dem die Pflanze so haushälterisch umgeht, weiss es nicht einmal vernünftig anzuwenden, denn es baut sogar Gerüstsubstanzen aus Albuminoiden auf, und muss das Tier ein Harz bilden, so greift es zu den Oxyfettsäuren, wie die Bildung des Stocklackharzes zeigt, das von der Coccide *Tachardia Lacca* als Schutzhülle um die an den Zweigen der *Butea frondosa* festgehefteten Weibchen ausgeschieden wird und das aus einer Verbindung der Trioxypalmitinsäure besteht¹⁾, die das Tier sehr leicht aus dem Fett umbilden kann, ja, es ist sogar zweifelhaft, ob es selbst diese armselige Leistung ganz ohne pflanzliche Hilfe zustande bringt. Auch die Wachse, die die Insekten in so grosser Menge zu erzeugen vermögen, stehen zu den Fetten in nächster Beziehung. Ja, die Schutzhülle der Gallen lässt sich das Tier sogar ganz von der Pflanze aufbauen. Es genügt ein einfacher Reiz durch ein morphogenetisches Hormon, um die stets hilfsbereite Pflanze zu dieser enormen Leistung anzuregen, die ganz ausserhalb ihrer eigenen Bedürfnisse liegt.

Die ganze chemische Hilflosigkeit des Tiers tritt aber in besonders flagranter Weise bei der Betrachtung der Symbiose in die Erscheinung, von der ich heute sprechen will und namentlich dadurch, dass wir sehen werden, dass die Symbiose zwischen Tier und Pflanze die Regel und die Asymbiose, wenn sie überhaupt existiert, eine grosse Ausnahme ist.

Bevor ich aber die Symbiose vom chemischen Standpunkte aus betrachte, muss ich zunächst die morphologische Grundlage kurz besprechen. Ich folge dabei im wesentlichen den Ausführungen in dem kürzlich erschienenen vortrefflichen Buche von Hans Buchner.²⁾

Zuerst wurde man auf die Symbiose von Pflanzen und Tieren aufmerksam durch den Nachweis, dass in einigen niederen Tieren regelmässig Algen eingeschlossen vorkommen. Als Brandt seine ersten Beobachtungen darüber publizierte, teilte ich ihm mit, dass ich bei den alkoholischen Auszügen der Kanthariden stets das Chlorophyllspektrum beobachtet hätte, aber der Meinung sei, dass das von gefressenem Blattmaterial, also von Chlorophyllkörnern

¹⁾ A. Tschirch, Die Wachs-, Harz- und Farbstoffbildung bei den Cocciden. Aufbau und Abbau des Stocklack. Chem. Umschau, 1922, und Schweiz. Chem. Zeit., 1923.

²⁾ Tier und Pflanze in intrazellulärer Symbiose. Berlin, Gebr. Bornträger, 1921. Dort die gesamte Literatur des Gegenstandes und viele eigene Untersuchungen.

herrühre. Das hat sich denn auch bestätigt. Aber in einer ganzen Anzahl niedriger organisierter Tiere fand man dann in der Tat Algen, die sich schon durch ihre Teilungsfähigkeit und die deutliche Membran von den Chlorophyllkörnern unterschieden. So sind im Laufe der Zeit, bald regelmässig, bald fakultativ auftretend Algen-einschlüsse bei wasserbewohnenden Protozoen, Rhizopoden, Ciliaten, Flagellaten, Hydrozoen, Anthozoen gefunden worden und ausser diesen Grünalgen auch gelbe bei Radiolarien, Coelenteraten und Schwämmen, sodass man schliesslich dazu kam, Zoochlorellen, die sich als Protococcaceen erwiesen, — also zur gleichen Klasse gehörend wie die Algengonidien der Flechten — und Zooxanthellen zu unterscheiden.

Am häufigsten sind aber Bakterien als Symbionten beobachtet, ja sie sind recht eigentlich die Symbionten par excellence. Sie sind beim Menschen, bei andern Säugern, Vögeln und Amphibien, bei Schnecken und vielen Insekten aller Abteilungen nachgewiesen, bei manchen, wie der Olivenfliege, sogar zwei verschiedene Arten nebeneinander.

Erst in neuerer Zeit hat man auch Hefen als Symbionten gefunden, die durch Sprossung von den Schizomyceten unterschieden werden konnten, übrigens auch stets viel grösser sind und oft eigenartige Zitronenformen, oder keulenförmige Zuspitzung zeigen. Sie sind bei Lecanium, Coccus, Kermes, dem Brotkäfer, bei Ameisen, Camponotus, bei den blutsaugenden Insekten und von mir auch bei Tachardia gefunden worden. Bei den Cicaden finden sich sogar zwei verschiedene nebeneinander in Reinkultur.

Bisweilen kann man im Zweifel sein, ob man Spaltpilze oder Hefen vor sich hat, sodass Sulç diese Zwischenformen als Schizosaccharomyceten bezeichnet.

Eine besondere Form von Bakterien bilden die Leucht-symbiose bedingenden Leuchtbakterien, die bei Coleopteren, Pyrosomen, Cephalopoden und auch sonst in einigen Fällen gefunden wurden und von denen es jetzt sicher ist, dass sie das Leuchten hervorrufen.

Eine Mucedinee ist bei der Lepidoptere Isaria, eine Entomophthoree bei Culicinen beobachtet.

Bemerkenswert ist, dass bisweilen mehrere Symbionten nebeneinander im gleichen Tier vorkommen, z. B. Bakterien neben Hefen, die unabhängig voneinander oder in Korrelation arbeiten können.

Der Nachweis, dass die beobachteten Bakterien- oder hefeartigen Körper der Insekten wirklich Bakterien bzw. Hefen sind, ist noch nicht in allen Fällen einwandfrei durch Kultur ausserhalb des Tieres erbracht, immerhin schon in so zahlreichen Fällen und bei so verschiedenen Gattungen und Arten, dass kein Zweifel besteht, dass es sich wirklich um Bakterien bzw. Hefen handelt und nicht um Teile des tierischen Gewebes. Es ist eben nicht ganz leicht, den rechten Nährboden zu finden. Immerhin wachsen einige der Hefen sogar auf Nährgelatine, die der Aphiden auf Kartoffeln. Mercier und Peclo gelang die Kultur von Bakterien, Escherich und Pierantoni die von Hefen. Die Bakterien der höheren Tiere lassen sich leicht kultivieren. Bei den grösseren Formen ist übrigens die Membran leicht nachzuweisen, wie ich mich bei den Hefen selbst überzeugen konnte.

Die Stellen, an denen die Symbionten vorkommen, sind verschieden. Bald finden sie sich frei in der Leibeshöhle (einen solchen Fall kann ich heute bei *Tachardia* demonstrieren und der gleiche findet sich auch bei andern Cocciden, bei *Lekanium* und andern), bald eingeschlossen in Mycetocyten, bald im Darmlumen, wie bei den Säugetieren, Vögeln und der Culicinen, bald in besonderen Zellen des Wirtes z. B. dem Darmepitel, bald sind endlich die Mycetocyten zu geschlossenen Organen, sog. Mycetomen, vereinigt.

Stets lässt sich nachweisen, dass die symbiotische Vereinigung von Pilz und Tier keine zufällige, sondern eine regelmässige ist.

Das hat ja auch Portier dazu geführt, sogar die Zelle für ein durch symbiotische Synthese entstandenes Gebilde und die Mitochondrien für symbiotische Bakterien zu erklären¹⁾ und auch Béchamp²⁾ sieht in allen lebenden Zellen Micrococcen (Mycrozyme). Das geht aber sicher zu weit. Immerhin haben sich schon viele Forscher die Frage vorgelegt, ob nicht die Symbionten den Charakter von Zellorganellen besitzen und durch die Symbiose die Synthese eines neuen Organismus verwirklicht werde, ähnlich wie bei den Lichenen durch Vereinigung von Alge und Pilz auch ein neuer Organismus, eben die Flechte, zustande komme. Massgebend für die Beurteilung des Zusammenhangs ist die Frage, ob die beiden Bestandteile ihre Selbständigkeit bewahrt haben oder

1) Paul Portier, *Les Symbiotes*. Paris, Masson, 1918.

2) J. Béchamp, *Mikrozymas*. Montpellier, 1875.

nicht. Haben sie es, so kann man nur von Symbiose sprechen, haben sie es nicht, so ist die Frage diskutabel, ob ein neuer Organismus vorliegt. Aber es ist jedenfalls schwer zu entscheiden, ob Selbständigkeit vorhanden ist und wie weit sie geht. Auch wird es sicher auch hier, wie ich es für die Symbiose in ihrem Verhältnis zum Parasitismus neulich zeigte,¹⁾ alle Uebergänge geben von engster Vereinigung bis zu relativ lockerer, zwischen relativer Unabhängigkeit und Kommensualismus und mannigfachster Korrelation. Uebrigens wurde ja bisher die Frage der Selbständigkeit nur für die pilzlichen Symbionten aufgeworfen. Die Frage, ob das Tier ohne die Symbionten leben kann, ist nur bei Säugetieren und Vögeln einmal studiert worden und dann auch bei einigen Protozoën. Bisweilen ist der Verband ein so inniger, dass der Symbiont die morphologischen Eigentümlichkeiten des Tieres beeinflusst und andererseits auch der Symbiont seinerseits morphologische Aenderungen erfährt.

Wenn das Tier nicht ohne den Symbionten leben kann und dauernd mit ihm vereinigt bleibt, wenn durch Korrelation Solidarität hergestellt wird, so liegt doch in diesen Fällen, ähnlich wie bei den Flechten, die Synthese eines neuen Organismus höherer Ordnung vor, denn durch Korrelation wird eine Einheit hergestellt. Aber es muss auch Gleichgewicht herrschen. Wir werden doch kaum den Menschen als durch Synthese aus Bakterium Coli mit dem Genus humanum asepticum entstanden betrachten wollen.

Gar manche, namentlich, wie wir sehen werden, chemische Gründe sprechen in der Tat dafür, dass namentlich bei einigen Insekten solche Organismen höherer Ordnung entstanden sind; aber auf alle Fälle der Symbiose möchte ich doch diese Auffassung nicht ausdehnen. Es gibt da gewiss die mannigfachsten Uebergänge und und wir dürfen uns hier nicht von dem bei dem die Erscheinungen ordnenden Naturforscher immer wieder hervortretenden Bedürfnisse nach Systematisierung und Schematisierung leiten lassen. *Natura non facit saltus.*

Dass man aber gerade bei den Insekten vielfach auf Erscheinungen stösst, die anders wie durch Entstehung einer «höheren Einheit» nicht wohl befriedigend gedeutet werden können, das habe ich ja neulich an dieser Stelle an dem Beispiel der Gallenbildungen

¹⁾ Symbiose, Konsortionalismus und Parasitismus, 1921.

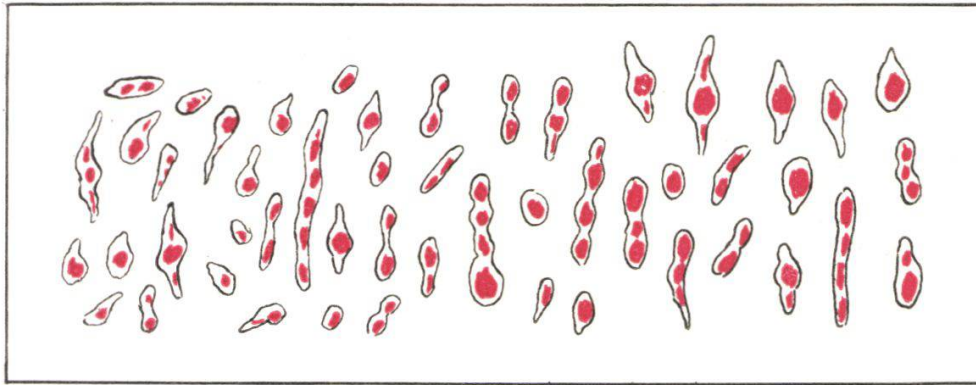


Fig. 1.
Farbstoffbildende Hefen in Tachardia Lacca Kerr.

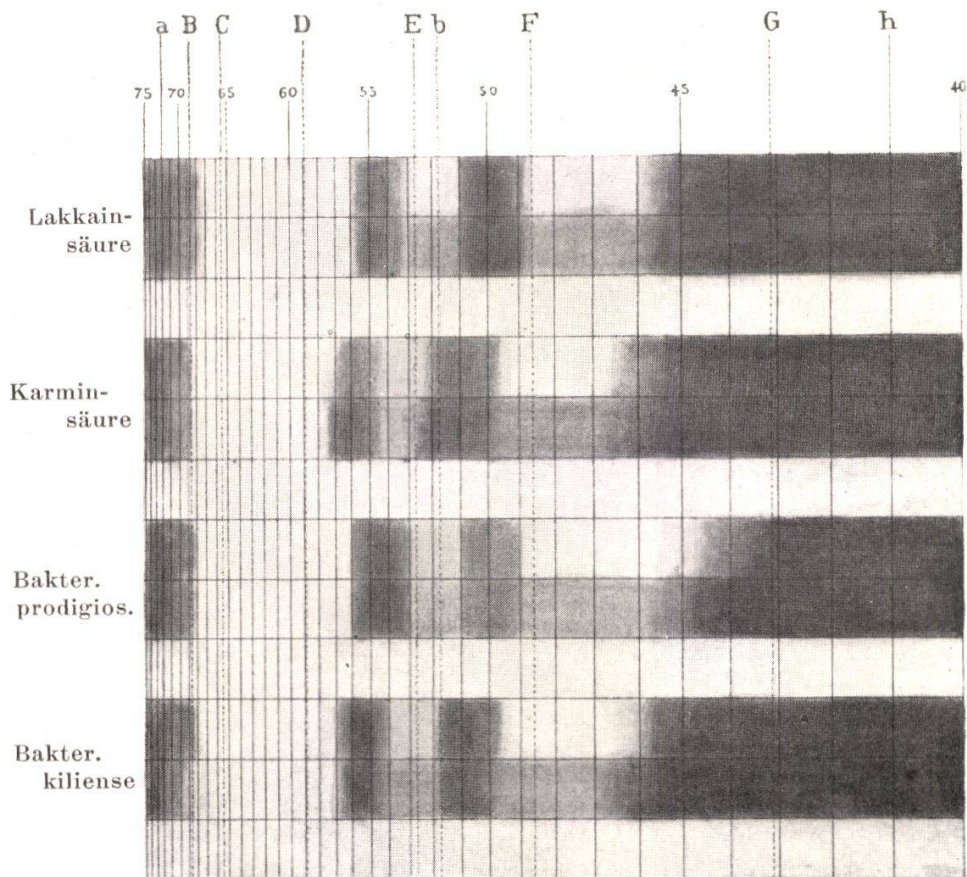


Fig. 2.
Absorptionsspektren
alkoholischer Lösungen von Lakkainsäure aus Stocklack,
Karminsäure aus Cochenille, sowie von zwei roten Bakterien-
farbstoffen (von Bacterium prodigios. und B. kiliense).

gezeigt, bei denen auf einen Hormonreiz des Tieres die Pflanze mit der Bildung eines grossen, nur dem Tiere dienenden Gehäuses antwortet. Mit dem Becher'schen Ausdrucke «fremddienliche Zweckmässigkeit» ist nur der allgemeine Charakter der Erscheinung skizziert, nicht eine Erklärung gegeben.

Betrachten wir das Verhältnis zwischen Tier und Pflanze, z. B. bei den Insekten, vom chemischen Standpunkt, so kommen wir zu dem zunächst paradox erscheinenden Ergebnis, dass die eingeschlossene Pflanze offenbar der dirigierende Chemiker ist, sie erst dem Tier die Lebensmöglichkeit gibt, also eigentlich das Insekt auf den Bakterien «schmarotzt». Man erhält den Eindruck, als habe sich das Tier eine Schar guter Chemiker engagiert, deren chemische Talente sie für sich ausnutzt, die sie sich dienstbar macht. Die Mikroorganismen sind Heloten geworden. Denn der Einwand, dass das Tier sich für die ihm von der Pflanze geleisteten Dienste dadurch erkenntlich erzeige, dass sie ihm einen sichern Wohnraum schaffe, wird doch schon dadurch hinfällig, dass die Mikroorganismen auch ausserhalb des Tieres leben können. Die «Wohnungsfrage» spielt hier offenbar gar keine Rolle.

Sehr gefördert würde das Verständnis für das chemische Verhältnis der beiden Partner zueinander, wenn wir wenigstens die chemische Leistung der Symbionten kennen würden. Sie sicher festzustellen, ist aber nur erst in einigen wenigen Fällen möglich gewesen. Aber gerade diese Fälle sind Schulbeispiele. So konnte in mehreren Fällen von Peclo gezeigt werden, dass das eingeschlossene Bakterium mit Azotobakter wenn nicht geradezu identisch war, so doch ebenfalls Stickstoff zu assimilieren vermochte. Ein zweites Beispiel kann ich heute hinzufügen. Ich habe in der Leibeshöhle von *Tachardia Lacca* hefeartige Mikroorganismen gefunden, die in ihrer Form ganz denen gleichen, die Buchner bei *Lecanium* beschreibt und die sich als die Bildner des roten Farbstoffes erweisen, der als Lakkainsäure bekannt ist (s. Fig. 1). Dieser in Wasser lösliche Farbstoff gelangt in die Hülle des Tieres und hier entsteht ein in Wasser unlöslicher, fast schwarzer Adsorptionsfarbstoff, aus dem die Lakkainsäure mit verdünnter Natronlauge herausgelöst werden kann. Dieser dunkle Adsorptionsfarbstoff ist ein Schutzfarbstoff, denn er verleiht dem farblosen resp. weissen, mit dem langen Saugrüssel fest in der Rinde verankerten Tiere die gleiche dunkle Farbe, die die Rinde der *Butea frondosa* besitzt, so dass es sich nun nicht von dieser abhebt. Da wir nun wissen, dass

die Lakkainsäure ein Anthrachinonfarbstoff ist, so ist damit der Nachweis erbracht, dass die Hefe der *Tachardia* die Fähigkeit besitzt, einen komplizierten zyklischen Körper zu bilden. Und da der spektralanalytische Befund der Lakkainsäure grosse Aehnlichkeit mit dem der roten Bakterien, z. B. *Bacterium prodigiosum* zeigt (s. Fig. 2), haben wir hier einen ersten Anhaltspunkt für die chemische Natur der roten Bakterienfarbstoffe. Auch mit Karminsäure (aus Cochenille) zeigt Lakkainsäure spektralanalytische Aehnlichkeit, nicht mit dem Farbstoffe der Blutlaus.

Gefärbte Symbionten sind ja auch sonst beobachtet. Abgesehen von den grünen Zoochlorellen und den gelben bis gelbbraunen Zooxanthellen sind besonders gefärbte Bakterien, gelbe, braune, grüne, orangefarbene mehrfach als Symbionten bei Insekten beobachtet, z. B. bei Aphisarten, *Dacus*, Heteropteren.

Aber die oben ausgesprochene Behauptung, dass das Tier auf den Mikroorganismen «schmarotze» und ihm nur die Wohnung liefere, muss doch eine Einschränkung erfahren, wenigstens für die Fälle, wo Bakterien und Hefen in Betracht kommen. Diesen liefert das Tier sicher auch assimiliertes Kohlenstoffmaterial.

Was leistet nun aber der Symbiont? Nun — er kann sich in doppelter Weise betätigen. Einmal in der Weise, dass er Stoffe bildet und sie an das Tier abgibt, die dieses dann verwertet, oder indem er in den Zellen des Tieres Reaktionen anregt, die in der tierischen Zelle zur Bildung lebenswichtiger Substanzen führen. Er kann z. B. Enzyme bilden oder Enzyme des Tieres aktivieren.

Am klarsten zu übersehen ist die Funktion der Algen. Wir werden sie ohne weiteres für die Kohlenstoff-Stickstoff-Assimilation verantwortlich machen können und dürfen annehmen, dass sie die Assimilate an das Tier abgeben. Das Tier wird also durch sie ganz unabhängig von der Zufuhr geformter Nahrung, wird von der Alge ernährt.

Ebenso klar ist die Funktion des Stickstoff assimilierenden Azotobakter, der bei Aphisiden und Phylloxera gefunden wurde.

Erwiesen ist auch die schon oben erwähnte farbstoffbildende Funktion der *Tachardia*-Hefen.

Sehr wahrscheinlich beruht die chemische Funktion der Symbionten der holzfressenden Insekten auf der Bildung von die Polysaccharide und das zyklische Lignin aufspaltenden Enzymen. Denn es ist ganz ausgeschlossen, dass das Tier von sich aus diese schwer

aufspaltbaren Verbindungen für sich verwerten kann. Das kann die tierische Zelle ohne pflanzliche Hilfe nicht.

Und auch die Horn, Haare, Federn und Chitinsubstanzen fressenden Insekten werden dies widerstandsfähige Material nur dadurch nutzbar machen können, dass ihnen die Symbionten helfen, sei es durch aufspaltende Enzyme oder Lösungsfermente.

Ob auch die als Abwehrmittel dienenden Toxine der Ameisen, des Floh und der Mücken von den in ihnen enthaltenen Symbionten gebildet werden, wissen wir nicht. Sie könnten auch in der tierischen Zelle entstehen und nur die oft daneben auftretende Ameisensäure eine Bildung der Symbionten sein, welche Säure ja selbst zwar nicht die reizende Wirkung hervorbringt, die wir auf der Haut wahrnehmen, die aber doch insofern an der Wirkung beteiligt ist, als sie oxydationshemmend ist und die Toxine in alkalischer Lösung ihre Wirkung verlieren.¹⁾

Die Tätigkeit der Hefen in den Culicinen ist bekanntlich von Schaudinn aufgeklärt worden. Die Kohlensäure, die sie durch Vergärung des Zuckers erzeugen, ist offenbar bei dem infolge Kontraktion des Abdomens eintretenden Ejakulationsprozess beteiligt. Dagegen scheinen die die Lähmung der Trombocyten des Blutes bedingenden und dadurch die Gerinnung desselben verhindernden Stoffe im Blute selbst gebildet zu werden.

Dass sich in den Symbionten energische chemische Reaktionen abspielen, geht auch schon daraus hervor, dass sich an die Mycetome oft Tracheen anlegen, ihnen also Sauerstoff zugeführt wird.

Aber ich denke auch noch an eine andere Funktion der Symbionten, aus deren regelmässigem Vorhandensein ja schon auf ihre Notwendigkeit geschlossen werden kann. Wir wissen, dass der tierische Körper ohne Vitamine nicht leben kann, und wir wissen auch, dass diese Vitamine nur von der Pflanze gebildet werden — wahrscheinlich in letzter Instanz von Bakterien. Ihr ganzes Verhalten stellt sie an die Seite der Hormone, die ja als Regulatoren eine so grosse Rolle sowohl im tierischen wie im pflanzlichen Körper spielen,²⁾ deren Tätigkeit aber im einzelnen noch ganz im Dunkeln liegt und deren stoffliche Natur ebenfalls

¹⁾ Tschirch, Das Gift der Ameise, Schweiz. Apoth.-Zeit., 1920, 187, und Handbuch der Pharmakognosie.

²⁾ A. Tschirch, Besitzt die Pflanze Hormone? Vortrag, gehalten auf der Jahresversammlung der Schweiz. Botan. Ges., 1921. Vierteljahrschr. d. Naturforsch. Ges. Zürich, 1921, 201.

noch nicht erkannt ist. Ich fasse diese schon in sehr geringer Menge ihre Wirkung äussernden Substanzen als Aktivatoren und Sensibilisatoren auf und habe die Hypothese aufgestellt, dass sie ruhende Enzyme aktivieren, d. h. in Tätigkeit setzen, oder stabile chemische Prozesse — es brauchen ja nicht gerade nur enzymatische zu sein — durch Störung des Gleichgewichts in labile verwandeln, oder, ganz allgemein gesprochen, chemische Vorgänge einleiten oder beschleunigen. Ich führe alle chemotaktischen Reize auf Hormonwirkung zurück. Der Grund, warum ich Hormone und Vitamine besonders zu dem Ringschlusse in Beziehung gebracht und die Hypothese aufgestellt habe, dass das Tier ohne die Hilfe der Hormone der Pflanze ringgeschlossene Verbindungen nicht bilden kann, ist der, dass ich den Ringschluss als eine erhöhte chemische Leistung betrachte, zu der ich das nur mit mässigen chemischen Talenten ausgerüstete Tier nicht fähig halte und dem Tiere ja alle andern Nahrungsstoffe azyklischer Natur (Fett, Eiweiss, Kohlehydrate) zur Verfügung stehen und es doch sich nicht am Leben erhalten kann, wenn ihm Vitamine fehlen.

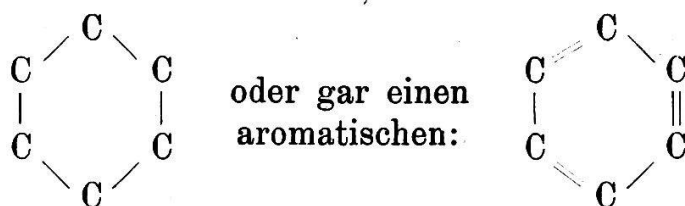
Nun finden sich aber in allen lebenswichtigen Organen zyklische Verbindungen: im Blutfarbstoff Pyrrolverbindungen, in den Zellkernen Nukleinsäuren, Purin- und Pyrimidinbasen, dann seien noch genannt Tyrosin, Phenylalanin, Protin, Tryptophan, Histidin und Inosit. Geling es nun, einen Symbionten zu finden, der zyklische Verbindungen bildet, so erhielt die Vorstellung von der Beziehung der Symbionten resp. der von ihnen gebildeten Hormone zum Ringschluss eine Stütze. Das ist nun aber bei der *Tachardia Lacca*, dem Erzeuger des Stocklackes, wie schon erwähnt, gelungen. Bei dieser Coccide lassen sich die Leistungen des Tieres von denen der Pflanze klar trennen: der Symbiont, die Hefe, erzeugt die zyklische Lakkainsäure, das Tier die zu den normalen Fettsäuren in nächster Beziehung stehende Aleuritinsäure, die das Harz bildet und die Wachsubstanzen, die nicht minder aliphatische sind. Hier wissen wir, was auf Rechnung des Tieres und was auf die der Pflanze zu setzen ist.¹⁾

¹⁾ A. Tschirch, Die Wachs-, Harz- und Farbstoffbildung bei den Cocciden. A. a. O. Durch den Nachweis, dass die *Tachardia*, welche mit Hilfe eines langen Saugrüssels fest in der Rinde der Pflanze verankert ist, Wachs bildet, ist der exakte Nachweis erbracht, dass das Tier Wachs zu bilden vermag, die Vorstellung also, dass die Insekten nur pflanzliches Wachs umbilden, widerlegt.

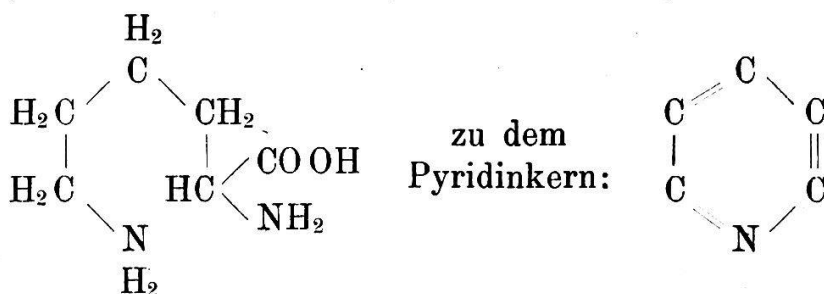
Ich hatte oben den Ringschluss als eine erhöhte chemische Leistung angesprochen und die Ansicht ausgesprochen, dass diese Leistung dem Tier ohne pflanzliche Hilfe nicht zuzutrauen sei. In der Tat ist die Bildung einer zyklischen aus einer azyklischen Substanz eine ihrem Wesen nach andere Reaktion, wie die Verlängerung einer Kohlenstoffkette oder die Aufspaltung einer solchen. Wenn eine Kette



in einen hydroaromatischen Ring:



übergeht, oder eine Aminosäure, wie z. B. das Lysin:



sich schliesst, so ist damit eine prinzipiell andere Orientierung der Atome im Molekül verbunden. Auch die Bewegung der Atome muss eine ganz andere werden.

Dieser Ringschluss kann auf eine sehr verschiedene Weise zustande kommen. Man braucht gar nicht, wie ich dies getan,¹⁾ besondere Ringschliesser, die ich Kyklokleiasen genannt hatte, dafür in Anspruch zu nehmen. Doch deutet die Tatsache, dass die Pflanze sich durch Ringschluss ihrer Abfallstoffe entledigt und die meisten derselben nur auf diese Weise dem Stoffwechsel entzieht — ich erinnere nur an die Harze, Terpene und Alkaloide²⁾ — wohl auf eine mehr oder weniger einheitliche Reaktion, die nur mit pflanzlicher Hilfe möglich ist, denn das Tier vermag keine Harze, Terpene und Alkaloide zu bilden. Das einzige tierische Harz, der Stocklack, ist eine aliphatische Substanz.

¹⁾ A. Tschirch, Was sind die Vitamine? Schweiz. Medizin. Wochenschr., 1920, Nr. 2.

²⁾ A. Tschirch, Alkaloide als Abfallstoffe. Schweiz. Chem. Zeit., 1923.

Man darf also, wenn man z. B. in einem Insekt eine ringgeschlossene Substanz findet, ohne weiteres auf das Vorhandensein pflanzlicher Symbionten schliessen. Da neuerdings durch Gadam er das Kantharidin als eine ziemlich komplizierte ringgeschlossene Verbindung erkannt wurde, habe ich in der Kantharide nach Symbionten gesucht und in der Tat Spaltpilze darin gefunden.

Schreibt man nun den Symbionten die Fähigkeit zu, Hormone oder Vitamine zu bilden, so werden sie zu Organen der inneren Sekretion, und da wir schon jetzt wissen, dass es viele Hormone und viele Vitamine gibt, so werden durch die Symbionten sehr mannigfaltige Reaktionen eingeleitet werden können. Die Symbionten erscheinen also auch hier als die dirigierenden Chemiker, die das Tier erst in den Stand setzen, chemisch etwas zu leisten, das über die engen ihm sonst gezogenen Grenzen hinausgeht.

Die Auffassung, dass die Symbionten unter Umständen Erzeuger von Vitaminen sind, erhält eine Stütze durch die Tatsache, dass man bei pflanzenfressenden Säugetieren häufig einen auffallend bakterienarmen Darm findet. Sie erhalten offenbar die für sie notwendigen Vitamine durch die Pflanzennahrung, so dass also hier ein Vikariieren zwischen Bakterien-Hormonen und Vitaminen stattfinden würde.

Wennschon Armut an Bakterien oder Hefen in den inneren Organen der Tiere eine Seltenheit ist, so ist ein aseptischer Darm noch viel seltener und wieder nur bei pflanzenfressenden Tieren beobachtet, wie bei pflanzenfressenden Lepidopteren, bei Vanessa und Crustaceen. Aseptisches Leben ist jedenfalls selten.

Man kann schon heute sagen: die Symbiose ist die Regel. Fast überall, wo man darnach suchte, hat man sie gefunden. Aber ihre Bedeutung ist im einzelnen noch vielfach dunkel. Nur eins ist sicher: die Symbionten müssen zu wichtigen, vielleicht sogar fundamentalen Problemen der Ernährung in nächster Beziehung stehen, sonst würde das Tier sich nicht so regelmässig mit ihnen vergesellschaften und ihre chemischen Talente ausnutzen.

Jedenfalls muss betont werden, dass trotz oft riesiger Ueberschwemmung mit Mikroorganismen — bei Tachardia ist oft die ganze Leibeshöhle mit ihnen erfüllt — keinerlei Schädigung des Tieres beobachtet wird. Die von Lumière, dem Antagonisten Portiers, geäusserte Anschauung, dass der tierische Organismus an einer solchen Ueberschwemmung immer zugrunde gehen müsse, ist durchaus abzulehnen. Parasitismus ist ausgeschlossen. Es besteht

physiologisches Gleichgewicht zwischen dem Tier und seinen Symbionten.

Wie wir über die Art der chemischen Arbeit der meisten Symbionten zurzeit nur Vermutungen aufstellen oder sie aus der Natur der Nahrungsstoffe und der Tatsache ihrer Verarbeitung erschliessen können, so können wir uns auch über die Bedeutung des Effektes und die biologische Funktion nur Vorstellungen bilden, die mehr oder weniger wahrscheinlich sind. So einfach und klar liegen die Dinge nur selten, wie bei der Leuchtsymbiose und bei der Farbstoffbildung der *Tachardia lacca*, die ich leicht aufklären konnte, da ich vorzügliches Material durch Madhihassan in Bangalore (Brit. India) erhielt.

Literatur über den Stocklack und das ihn erzeugende Insekt: Tachard, Sur la laque. Histoire de l'académie des sciences, 1710, 44. James Kerr, The natural history of the insect which produced the gumm lacca, Phil. transact., 71, II, 374 (1781). Carter, On the natural history of the Lac-Insect (*Coccus lacca*), Ann. and Mag. of Nat. hist. (3), VII, 1864, 1 und 364. Blanchard, Les Coccidés utiles, Paris, 1883. Imms and Chatterjee, On the structure and Biologie of *Tachardia lacca* Kerr, with observations on certain insects predaceous or parasitic upon it. Indian forest memoirs, III, 1, Calcutta, 1915, mit 8 Taf. Madhihassan, The cultivation of lac. Quaterly journal of the Mysore forest association, 1919. Lindsay and Harlow, Report on lac and shellac. Indian forest records, VIII, 1, Allahabad, 1921.

Chemische Literatur: Tschirch und Farner, Studien über den Stocklack, Arch. d. Pharm., 1899, 35. Tschirch, Die Harze und die Harzbehälter, 2. Aufl., 1906. Dimmroth und Goldschmidt, Lieb. Ann., 399 (1913). Harries und Nagel, Chem. Umschau, 1922, 135. Tschirch, Die Wachs-, Harz- und Farbstoffbildung bei den Cocciden. Aufbau und Abbau des Stocklack. Vortrag, geh. auf der Naturforscherversammlung in Leipzig am 18. Sept. 1922.

Eingegangen am 14. März 1923.