

# Der Ring des Lebens.

Von

**Univ.-Prof. Dr. Gustav Klein.**

---

Vortrag, gehalten den 10. Dezember 1924.



Haben Sie sich jemals die Frage vorgelegt, was das Leben ständig in Fluß erhält, warum denn das Leben so tausendfältig in Erscheinung und Wirkung, woher und wozu die bunte Mannigfaltigkeit, woher das Gleichgewicht, das das ganze Lebensgetriebe in harmonischem Schwung erhält? Welche Zusammenhänge alle die verschiedenen Organismen untereinander und mit der Mutter Erde haben? — Dazu führe ich Sie in den Wald!

Nicht in die zertrampelten, menschenwimmelnden Fluren des sonntäglichen Wienerwaldes, sondern in einen echten, frischen Wald, der, von Menschenmassen und vom Rechenstift des Forstmannes halbwegs verschont, noch einen Teil seiner Ursprünglichkeit, seiner Vielseitigkeit wahren konnte.

Wer kann sagen, was ihn bewegt, warum er so klein, so ruhig und frei wird, wenn er allein im Walde steht? Es ist nur ein Gefühl und doch steckt so viel dahinter, daß man die tiefsten Fragen des Lebens daraus lesen kann.

Um in der erdrückenden Fülle des im Walde Lebenden irgendwo zu beginnen, bleibe ich vor einem Baume stehen und gebe Ihnen sein Wirken.

So still er scheint, so lebhaft pulsiert und arbeitet das Leben in seinem Inneren. Mit seinem Wurzel-

system pumpt er Wasser mit den nötigen Nährsalzen, das im feinst ausgebauten Leitungsnetz jede der Myriaden von Zellen speist. Durch die ungezählten Spaltöffnungen der Blätter nimmt er Sauerstoff und Kohlensäure aus der Luft, aus der durch den grünen Farbstoff des Blattes, unter Ausnützung der Lichtenergie, die ersten organischen Substanzen, Zucker und Stärke, spielend dargestellt werden.

Hier liegt der erste Angelpunkt des Lebens. Kohlensäure, die als Endprodukt der Verbrennung keine nutzbare Energie mehr hat, wird zum hochwertigen Zucker (1 Molekül = 112.300 Kalorien) verwandelt. Die hier eingelagerte Energie stammt von der einstrahlenden Lichtenergie der Sonne, die im grünen Blatt, vom grünen Farbstoff (Chlorophyll) aufgefangen, in chemische Energie umgewandelt wird, welche als Reserveenergie im Zucker- und Stärkemolekül deponiert erscheint. Der Vorgang, der sich dabei abspielt, ist die Reduktion der Kohlensäure zu Formaldehyd, der sich zu Zucker und im weiteren Verlauf zu Stärke zusammenlagert. Diese chemische Reduktion ist der Prozeß, bei welcher Energie vermehrt und im Molekül eingelagert wird. So grundlegend ist dieser Prozeß der Photosynthese, die Bildung organischer Substanz durch die Lichtenergie, daß nicht nur die Pflanzen, sondern auch die gesamte Tierwelt ihren Bau- und Betriebsstoff aus dieser Quelle bezieht, daß das gesamte Leben durch diesen Prozeß der Kohlensäureassimilation gespeist und erhalten wird. So wunderbar

ist die Pflanze darauf eingerichtet, die flüchtigste, beweglichste aller Energien, das Licht abzufangen, daß kein talergroßes Fleckchen im Bereich der weiten Krone Licht durchläßt, daß ein vollkommenes Lichtfilter mit breiten Armen gebaut ist. Ein Etagensystem von Lichtfiltern ist im Walde ausgespannt, in dem jedes Blatt so gestellt ist, daß kaum mehr direktes Licht auf den Waldboden fällt, daß Dämmerung unter den Wipfeln herrscht. Dieses Netz überspannt die ganze Erde, wo immer Lebensmöglichkeiten für grüne Pflanzen gegeben sind: ein riesiges System. Von dem einfallenden Licht überhaupt werden im besten Falle 80% durch die Blätter absorbiert, vom Chlorophyll aber nur 4%. Von diesen 4% der gesamten Strahlung werden ca. 80% bei der Assimilation verarbeitet. Welche Mengen dabei umgesetzt werden, möge aus einer Berechnung erhellen, nach der im Jahre 162.000 Billionen Kalorien bei der Assimilation eingelagert und dadurch für das Leben nutzbar gemacht werden, während der Energiewert der Weltkohlenförderung in derselben Zeit 6600 Billionen, das Arbeitsvermögen der gesamten lebenden Menschheit in dieser Zeit 70 Billionen Kalorien beträgt.

Aus diesem ungeheuren Depot wird die ganze Welt gespeist. Vom ersten Strahl der aufgehenden bis zum letzten der untergehenden Sonne wird im grünen Laboratorium produziert. Abends sind alle Kessel mit Kohlehydraten gefüllt, am Morgen sind sie wieder leer. Über Nacht wurden die Assimilate weggeschafft. Ihre

Verwendung ist sehr vielseitig. Mit ihnen wird jede Zelle dauernd ernährt und mit Betriebsstoffen versorgt.

Aber nicht alles wird dabei verbraucht, die Pflanze arbeitet viel ökonomischer, gewinnbringender. Sie baut, ständig wachsend und sich vergrößernd, die Substanz der jungen Zellen. Ebenso wie die Kohlen- säure werden die durch die Wurzeln aufgenommenen Stickstoff-, Schwefel- und Phosphorsalze, die ebenfalls in höchstoxydierter Form als Nitrat ( $\text{NO}_3$ ), Sulfat ( $\text{SO}_4$ ), Phosphat ( $\text{PO}_4$ ) in die Pflanzen eintreten, reduziert und in dieser Form in organische Moleküle (speziell in die Eiweißkörper) eingelagert.

Ein anderer Teil wird in den wunderbaren chemischen Laboratorien der Pflanze für sich und mit den Mineralsalzen des Bodens zu tausenden Verbindungen umgewandelt, zu Fett, Eiweißstoffen, Geschmacks-, Geruch-, Heil- und Giftstoffen, zu Farbstoffen, Harzen, zu Kautschuk, ätherischen Ölen usw.

Ein anderer Teil wandert in die Speichergewebe und wird dort als Reserve für kommende Jahre niedergelegt. Wenn im Frühling in wenigen Wochen alles grün ist, wenn die erdrückende Last von Blättern und Blüten wie mit einem Zauberschlag hervorschießt, so nur deshalb, weil sie aus den Reserven vom Vorjahr erzeugt werden können.

Der letzte Teil, nicht der geringste, wandert in die Früchte und Samen, die jungen Kolonien, die, mit einem Zehrpennig versorgt, in die Welt geschickt werden, um eine neue Generation zu bilden.

Jede lebende Zelle braucht zum Leben, zu ihren mannigfaltigen Leistungen Energie. Der Betriebsstoff ist der bei der Assimilation gebildete Zucker. Er wird verbrannt, seine Energie freigemacht und verbraucht. Das geschieht bei der **Atmung**, bei der der Zucker, wie die Kohle im Ofen, physiologisch verbrannt wird, bis zum Endprodukt der Kohlensäure.

Bei dieser Oxydation wird die gesamte durch die Reduktion eingelagerte Energie frei und zu allen Leistungen der Zelle und des gesamten Organismus verwertet. Das ist die abbauende Seite der grünen Pflanze.

Der Energieumsatz, das Wechselspiel von Speicherung und Verbrauch in seinen verschiedensten Formen, das nie ruhende Auf und Ab in den geregelten Lebensnormen, der ständige Stoff- und Kraftwechsel, das *παντα δεĩ* verbürgt das Leben, ist das Leben.

Eine Welt für sich, die grüne Welt, die aus anorganischem Material ihren Körper baut, sich selbst und alle andern Lebewesen versorgt.

Wie steht es nun mit der Bilanz der Kohlensäure auf unserem Planeten?

In der Atmosphäre sind ca. 2100 Billionen kg Kohlensäure enthalten. Da die Pflanzendecke der Erde davon im Monat mindestens 50 Billionen verbraucht, würde die gesamte Menge ungefähr 40 Monate lang. Tatsächlich aber wird eine Abnahme der Kohlensäure nicht beobachtet.

Die Quellen, aus der die Kohlensäure regeneriert wird, sind die Atmung der Pflanzen, die ungefähr der Assimilationsmenge entspricht, die Atmung der Menschen (ca. 525 Millionen kg Kohlensäure pro Jahr), der Tiere (etwa das Zehnfache vom Menschen), die Kohlensäureentwicklung aus Vulkanen und Quellen, die Kohlensäurebildung aus der Verbrennung von Holz und Kohle (Krupp-Werke 1894 ca.  $3\frac{1}{2}$  Milliarden kg Kohlensäure).

Dieser grünen Welt steht eine andere Welt gegenüber, die Tierwelt, aufgebaut auf der ersten und von ihr lebend, denn alle Tiere sind nicht imstande, selbständig aus anorganischem Material organisches zu bilden, und nähren sich direkt oder indirekt von der Pflanze und ihrer Produktion. Welches immer die Nahrung der Tiere sei, es werden nur fertige organische Produkte aufgenommen. Alle diese Stoffe, Kohlenhydrate (Zucker, Stärke etc.), Fette und Eiweißkörper werden im Magen- und Darmtrakt als körperfremde Stoffe bis zu den einfachsten organischen Bausteinen abgebaut und jenseits der Darmwand, besonders im Blutsystem und in den einzelnen Zellen zu arteigenen, körpereigenen und gewebeeigenen Stoffen wieder aufgebaut.

Wie kompliziert immer die Nahrungsstoffe gebaut sein mögen, sie werden mit Hilfe einer wunderbaren Fermentausrüstung ihrer spezifischen Natur entkleidet und als Grundbausteine für sich oder mit den aufgenommenen Mineralstoffen nach eigenen Bauplänen wieder aufgebaut.

Von diesen Baustoffen werden die Zellen und Gewebe erneuert, werden alle neuen Zellen gebaut, ein Teil als Reserve (Glykogen, Fett) deponiert, alles übrige, Kohlehydrate, Fette und Eiweißstoffe, im Gegensatz zur Pflanze, die nur Kohlenhydrate veratmet, verbrannt.

Die tierische Atmung ist im allgemeinen weit energischer und unökonomischer, als die pflanzliche, da der freibewegliche tierische Organismus mehr Energie verbraucht und auch seine Nahrung wieder leichter ersetzen kann.

Während die grüne Pflanze meist Stickstoffmangel hat, mit den Eiweißstoffen sehr sparsam haushält und sie nicht zur Atmung heranzieht, verbrennt das Tier beträchtliche Mengen von Eiweißkörpern und scheidet die Reststoffe als Harnstoff, Harnsäure etc. aus.

Eine eigenartige Zwischenstellung zwischen diesen beiden Gruppen nehmen die insektenfressenden Pflanzen ein. Sie haben alle Fähigkeiten der grünen Pflanzen, leiden aber, an stickstoffarmen Orten wachsend, häufig Stickstoffmangel. An diesen haben sie sich in vollendetster Weise angepaßt, indem sie, zwar festsetzend, mit vollendeten Fangeinrichtungen Insekten fangen, deren Eiweißkörper ähnlich wie der tierische Organismus abbauen und aufnehmen und dadurch das Stickstoffmanko decken. Ein wunderbarer Parallelismus in der Natur.

Diesen Gruppen steht das allgewaltige Heer der chlorophyllfreien niederen Organismen, der Hetero-

trophen, gegenüber, das Heer der Bakterien und Pilze, meist unscheinbar in der Form, oft winzig an Gestalt, aber riesig in ihrer Zahl und mannigfaltigen Arbeitsleistung. Erde, Wasser und Luft wimmeln von ihren Armeen. Sie sind allgegenwärtig, omnipotent, sie nähren sich zum Teil von toter organischer Substanz (Saprophyten), zum Teil aber leben sie als Parasiten auf lebenden Organismen (die gefürchteten Erreger ansteckender Krankheiten und viele andere), grünen Pflanzen und Tieren und nehmen von diesen ihre Nahrung.

Auch unter den Blütenpflanzen gibt es manche, die ihr Chlorophyll und damit die Fähigkeit, Kohlensäure zu assimilieren, verloren haben (chlorophyllose Orchideen) und, meist auf den Wurzeln grüner Pflanzen sitzend, von diesen ihre organische Nahrung nehmen, die sie ähnlich dem Tierorganismus verwerten. Streng genommen gibt es ja überhaupt keine rein autotrophen Pflanzen, denn auch die grünen Pflanzen sind nur in den grünen Organen autotroph. Alle chlorophyllfreien Organe, Stengel-, Stamm- und Wurzelgewebe leben von der organischen Nahrung der grünen Gewebe, sind ja auch heterotroph wie ganz chlorophyllfreie Organismen.

Die merkwürdigste Anpassung an verschiedenartigste Lebensweise zeigen die Saprophyten. Sie sind teils omnivor, sie nähren sich von allem, was sie gerade vorfinden (wie die Schimmelpilze auf Brot, Tinte etc. und das weltbeherrschende Heer der Fäulnisbakterien). Andere sind an spezifische Stoffe angepaßt und können nur von diesen leben. Was von den meisten

Organismen nicht mehr angegriffen werden kann, wird von ihnen verdaut. Alkohole, Säuren, die hoch zusammengesetzten Kohlenhydrate (Zellulose, Holz), die Gerüststoffe der Tiere (Horn, Chitin), Humus, Harnstoff, Paraffin, Kohlenoxyd (CO), Methan (CH<sub>4</sub>) werden von gewissen Organismen verarbeitet. Sie sind mit spezifischen Fermenten ausgerüstet, mit denen sie diese spezifischen Stoffe anzugreifen und umzuwandeln vermögen.

Ähnliche Anpassung wie an die reinen Kohlenstoffsubstanzen zeigen diese Organismen auch an die stickstoffhaltigen Stoffe. Manche von ihnen können mit jeder Stickstoffquelle auskommen, viele andere sind spezifisch angepaßt, manche an Nitrate, andere an Nitrite, manche an Ammoniak (Hefe, Colibazillen), andere nur an Aminosäuren (Typhus-, Ruhrbakterien), wieder andere an Pepton (*Bact. anthracis*), manche nur an Eiweißkörper (Diphtheriebakterien).

Während die meisten der genannten Organismen zum Leben, zur Atmung den Sauerstoff der Luft brauchen, sind andere im Bedarfsfalle vom Sauerstoff unabhängig. Andere können nur mehr ohne Sauerstoff leben. Während die sauerstoffveratmenden Organismen die Kohlenhydrate über eine Reihe von Zwischenstufen bis zur Kohlensäure abbauen, oxydieren und die gesamte Energie daraus freimachen, bauen die Gärungsorganismen nur bis zu gewissen Zwischenstufen ab, machen nur einen Teil der Energie aus ihnen frei und bleiben auf gewissen, durch den Sauerstoffmangel bedingten Stufen stehen.

Hierher gehört die Alkohol-, Essigsäure-, Buttersäure- und Milchsäuregärung, die Zellulose-, Harnstoff- und Eiweißgärung. Durch diese Organismen werden Stoffe, die von anderen nicht mehr angegriffen werden, verarbeitet, an Orten, wo alle anderen infolge Sauerstoffmangels nicht mehr existieren könnten.

Der Körper, der bei der einen Gärung als Endprodukt auftritt, dient dem andern als Ausgangsstoff (Zucker, Alkohol, Essigsäure). Andere Gärungsorganismen, so gewisse Buttersäurebakterien, nehmen den Sauerstoff aus anorganischen Verbindungen, so aus den für die höheren Pflanzen so wichtigen Nitraten und Sulfaten. Die Sulfate werden durch sie im Schlamm der Süßwässer und Meere zum giftigen Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ) reduziert. Die Nitrate werden von gewissen Gärungsorganismen zu Ammoniak ( $NH_3$ ), von manchen bis zu freiem Stickstoff abgebaut und gehen, was für später festgehalten werden soll, für die höhere Pflanze verloren.

Überblicken wir die Tätigkeit der heterotrophen Organismen, so müssen wir feststellen, daß alle ob mit oder ohne Sauerstoff von organischen Stoffen leben. Diese tote organische Substanz aber liegt in der Natur allüberall als Tier- und Pflanzenleichen oder Teile und Stoffe von diesen.

Wohin verschwindet die ständig sterbende Tierwelt, wohin verschwindet, was alljährlich im Herbst an Kräutern, an Blattmassen der Pflanzenwelt zugrunde geht? Es ist berechnet, daß das fallende Laub im Laufe von zehn Jahren die Erde in einer Höhe von

ca. 70 cm bedecken müßte. Wohin verschwindet das alles? Was an Pflanzen- und Tiersubstanzen abgeschieden wird, was abfällt, jeder Halm, der verdorrt, jeder Baum, der stürzt, jedes Tierchen, das verendet, wird von Heterotrophen besiedelt, es ist schon lebend von ihnen außen und innen besetzt, die Pflanzenstoffe hauptsächlich von Pilzen, die tierischen Stoffe und Leichen von Bakterien.

Zuerst kommen die Omnivoren, die in ihrer glänzenden Anpassung auch das verschiedenartigste organische Material bearbeiten, die vergärenden Organismen, schließlich die Spezialisten, die übernehmen, was die anderen übrig lassen. Jeder baut ein Stückchen ab, der nächste weiter und so fort, bis einige Grundstoffe übrigbleiben. Von der Fülle der Stoffe, die Pflanzen und Tierkörper zusammensetzen, bleiben allein: Wasser ( $H_2O$ ), Kohlensäure ( $CO_2$ ), Ammoniak ( $NH_3$ ), Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ) und die Mineralsalze, die ursprünglich in dieser Form aufgenommen wurden.

Was von höheren Organismen so kunstvoll aufgebaut wurde, ist in der Mühle des Lebens zerrieben, zermalmt, verarbeitet, bis wieder die einfachsten Grundstoffe daraus entstanden sind. Der Tod der höheren ist das Leben der niederen Organismen; was zugrunde gegangen, als Leiche den anderen im Wege liegen würde, wird die Nahrung der anderen Seite des Lebens, wird von den Heterotrophen abgebaut und verwandelt zu gewissen Grundstoffen, die neuerlich in den Kreislauf des Lebens einbezogen werden.

Hier liegt die zweite Seite des Lebens, das vom Tode der andern lebt, das den Tod der anderen wieder ins Leben hineinzieht, das das Schwungrad im Gange hält.

Ganz anders gebaut sind einige Gruppen von Bakterien, die zum Leben keine organischen Substanzen brauchen, die ohne Chlorophyll, nur mit chemischen Mitteln selbständig Kohlensäure assimilieren, die wir als autotrophe Bakterien bezeichnen. Die Energie zur Kohlensäureassimilation nehmen diese von chemischen Prozessen, von Oxydationsprozessen, die sie an den Stoffen durchführen, die wir eben als Endprodukte bei der Tätigkeit der Heterotrophen gesehen, beim Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) und Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ), Wasserstoff und Methan.

Sowohl bei der Eiweißfäulnis wie bei der Reduktion von Sulfat entsteht Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ), der für die höheren Pflanzen ungeeignet ist. Im schwefelwasserstoffhaltigen Salz- und Süßwasser ebenso wie im Boden kommen Schwefelbakterien oft in Massen vor, die den Schwefelwasserstoff zu Schwefel, der in den Zellen oder außerhalb abgelagert werden kann, und diesen weiter zu Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) umwandeln; aus dieser Oxydation nehmen sie ausschließlich die Energie zur Kohlensäureassimilation.

In jedem Ackerboden entsteht bei der Zersetzung der organischen Substanzen reichlich Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), das nur teilweise im Boden bleibt, zum Teil aber gasförmig in die Luft entweicht und dadurch den grünen

Pflanzen verloren gehen würde, wenn es nicht durch die nitrifizierenden Bakterien transformiert würde. Von diesen Bakterien oxydieren die einen Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) zu Nitrit ( $\text{NO}_2$ ), die andern dieses zu Nitrat in ganz erstaunlichen Mengen. Mit der dabei gewonnenen Energie assimilieren sie die Kohlensäure. Sie sind an diese Lebensweise so angepaßt, daß sie organische Stoffe zur Ernährung nicht nur nicht brauchen, sondern durch sie sogar geschädigt werden. Die vorher genannten Schwefelbakterien können noch nach Bedarf organische Substanzen verwenden.

Ähnlich wie diese Organismen arbeiten andere, die aus der Oxydation von Ferro- zu Ferriverbindungen (Eisenbakterien), aus einer Oxydation des Wasserstoffes (H) zu Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ), des Methan ( $\text{CH}_4$ , normalerweise Gift) zu Kohlensäure ( $\text{CO}_2$ ), die Energie zur Assimilation gewinnen.

Die beiden letzteren Bakterienarten sind typische Bewohner von Sümpfen, in denen alle Prozesse der Zersetzung organischer Stoffe mangels an Sauerstoff speziell bei Wasserstoff (H) und Methan ( $\text{CH}_4$ ) stehen bleiben. — Diese autotrophen Bakterien stellen wieder eine neue Seite des Lebens dar, da sie die im Gesamtbereich der Zersetzung organischer Substanzen auftretenden Endprodukte, die für die höheren Pflanzen unbrauchbar und selbst giftig sind ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ ), in ihre höchst oxydierte Form umwandeln, die als optimale Nahrungsstoffe für die höheren Pflanzen wieder in Betracht kommen; da sie die sonst unbrauchbar ge-

wordenen Endprodukte wieder in den Kreis des Lebens ziehen und dabei ohne Chlorophyll und Licht, rein aus anorganischen Stoffen organische Substanzen bilden. Die einzige Parallele, die wir kennen.

Wir haben schon gehört, daß der Stickstoff im natürlichen und künstlich behandelten Boden fast immer in zu geringen Mengen für ein optimales Wachstum der grünen Pflanzen vorhanden ist und übrigens ein Teil des vorhandenen Nitrates ( $\text{NO}_3$ ) noch durch die Tätigkeit der denitrifizierenden Bakterien als elementarer Stickstoff verloren geht, der für die bisher behandelten Organismen unbrauchbar ist.

Es ist klar, daß dadurch der Vorrat der Luft an elementarem Stickstoff immer größer und dadurch die Existenz lebender Organismen in Frage gestellt werden müßte, wenn nicht auf irgendeine Weise elementarer Stickstoff wieder in gebundene Form übergeführt werden kann.

Hier liegt eine der Hauptfragen des Lebens überhaupt. Neben der geringen Menge gebundenen Stickstoffes nun, die durch elektrische Entladung in der Luft entsteht, gibt es nun tatsächlich Gruppen von Bakterien, die den Stickstoff der Luft binden können. Die Energie dazu nehmen sie aus der Vergärung von Kohlenhydraten, speziell Zucker, den sie zu Buttersäure oder Essigsäure vergären. Sie können aber nur bei Ausschluß von Sauerstoff leben und finden sich daher immer vergesellschaftet mit Fäulnisbakterien, die nicht Stickstoff binden, aber den Sauerstoff wegnehmen, be-

ziehungsweise abhalten. Daneben gibt es andere (Azotobakter), die die verschiedensten organischen Stoffe bei Sauerstoffgegenwart veratmen und beträchtliche Mengen von Stickstoff binden.

Die Bedeutung dieser Organismen für die Anreicherung des Bodens an Stickstoffsalzen ist einleuchtend. So konnte auf einem Versuchsfelde 20 Jahre Roggen ohne Stickstoffdüngung mit steigendem Ertrag geerntet werden, was beweist, daß nicht nur der bei der Ernte weggeschaffte Pflanzenstickstoff ersetzt, sondern auch ein Überschuß durch die Bakterien geliefert wurde. Da diese Organismen zur vollen Stickstoffbindung oft nicht genug organische Stoffe vorfinden, sehen wir sie meist mit Zellulose- und Pektinvergärrern aufs innigste vergesellschaftet, da ihnen diese Zucker, organische Säuren etc. als Nahrungsquellen liefern.

Eine weitere noch wichtigere Gruppe von stickstoffbindenden Bakterien sind die Bakterien der Leguminosenknöllchen. Es ist seit alters bekannt, daß Leguminosen nicht nur ohne Stickstoffdüngung gut gedeihen, sondern auch den Boden verbessern und für Nicht-Leguminosen verwertbar machen. Nicht die Leguminosen selbst können Stickstoff assimilieren, sondern spezifische Bakterien, die in die Wurzel dieser Pflanzen einwandern, dort Wucherungen (Knöllchen) hervorrufen, in diesen leben und Stickstoff binden. Dabei hat jede Leguminosenart ihre spezifischen Bakterien. Diese Bakterien können für sich nicht Stickstoff assimilieren, sondern nur im Zusammenhang mit der höheren Pflanze.

(Auch hier liegt wieder eine wichtige Lötstelle des Lebensringes, die Versorgung der grünen Pflanze mit den fehlenden Stickstoffverbindungen.)

Haben wir schon vorher das Zusammenleben und Zusammenarbeiten mehrerer Organismenarten gesehen, so finden wir hier zum erstenmal eine innige Vergesellschaftung zweier ganz verschiedener Organismen zu gemeinsamem Arbeiten und gemeinsamem Nutzen, eine Symbiose.

Auch an anderen Pflanzen finden wir Bakterien in den Wurzeln (Erle, Ölweide etc.), bei manchen auch in den Blättern (Pavetta, Ardisia, . . .), die ebenfalls der Stickstoffbindung dienen.

Eine ganz allgemeine Form der Symbiose ist die Mykorrhiza, die Vereinigung der Pflanzenwurzel mit Pilzen, die entweder die äußersten Wurzelendungen außen umschlingen (ektotrophe Mykorrhiza) oder in deren Zellen einwandern und sich dort entwickeln. Daß die ersteren für die höheren Pflanzen Bedeutung haben, ist sicher erwiesen. Die nähere Einsicht in diese Zusammenhänge fehlt uns noch. Dagegen ist die endotrophe Mykorrhiza eine so innige Symbiose geworden, daß die dabei in Betracht kommenden Pflanzen, besonders die Orchideen, ohne den Pilze überhaupt nicht keimen oder doch wenigstens nicht weiter wachsen. Eine Verwertung der von Pilzen gebildeten Substanzen durch höhere Pflanzen ist vielfach nachgewiesen worden.

Noch ein Beispiel von Symbiose muß aufgezeigt werden und das sind die Flechten, die innigste Sym-

biose von Pilz und Alge, bei der nicht nur jeder Organismus das Leben des anderen gewährleistet und fördert, sondern aus der Symbiose neue Organismen höherer Art hervorgegangen sind, neu in ihrer Form, in ihren physiologischen, chemischen und biologischen Leistungen. Diese und alle anderen Symbiosen sind aber nicht vom Anfang an als solche entstanden und nun dauernd fixiert, sie entstanden und entstehen in jedem Individuum immer wieder aus einem parasitischen Verhältnis, indem die Bakterien und Pilze wie viele andere ihrer Art in den höheren Organismus eindringen, um von ihm parasitisch zu leben, hier aber eine Gegenwirkung finden, die schließlich in vielen Fällen zu einem Gleichgewicht unter gegenseitiger Ausnutzung oder Schonung und Duldung geführt haben, als klassisches Beispiel von Anpassung zweier Organismen aneinander.

Was wir hier als Anpassung, als Lebenserhöhung durch die Tätigkeit von Organismen nebeneinander kennen gelernt, das baut in riesigstem Maßstab das Leben auf, als Leben der Organismen nacheinander, als Metabiose. Der Kreislauf der Stoffe, wie wir ihn bisher in einzelnen Bildern gesehen, ist bedingt durch die Metabiose, durch Nacheinander- und Aufeinanderfolge von Organismen verschiedenster Lebensweise und verschiedenster Anpassung, wobei ein Organismus das, was der andere geschaffen, zurückgelassen oder überlassen, als sein ureigenstes Nährelement übernimmt und eine Stufe weiterverwandelt, um es dem anderen, nächsten, unbekanntem mundgerecht zu hinterlassen.

Wenn nur eine oder wenige Organismenarten existierten, so hätten sie bald durch ihre Tätigkeit, durch Ausscheidungs- und Umwandlungsstoffe die Außenwelt so verändert, daß sie selbst nicht mehr lebensfähig wären. Nur die Existenz der Unzahl verschiedenst funktionierender Organismen mit der Möglichkeit, alle vorhandenen und entstehenden Stoffe zu verwerten und zu transformieren, richtig zu transformieren, erlaubt die stete Wiederkehr neuen Lebens, schmiedet den Ring des Lebens und hält ihn in dauernder Verkettung. Die vollendetste, geschlossenste Form dieser Metabiose finden wir im natürlichen Wald verwirklicht, so harmonisch und so geschlossen, daß sie in sich vollendet, für sich unabhängig lebt und unvergänglich ist.

Betrachten Sie nur die vielen Schichten und Stufenfolgen, die wir schon äußerlich finden.

Unter dem rauschenden Dach der hohen Waldbäume die Sträucher, an geringere Lichtstärke angepaßt als die sie überschattenden Bäume mit ihren mächtigen Lichtfiltern, unter diesen die Stauden, die blühenden Kräuter, die Gräser, die Farne und zu unterst der dichte, grüne Teppich der Moose, den Boden dicht überziehend, schützend und feuchthaltend, die unteren immer bescheidener, immer mehr angepaßt in allen Lebensäußerungen an die oberen, anspruchsvolleren und doch nur unter ihnen lebensfähig.

Nur an einem Beispiel lassen Sie mich das zeigen. Der Sauerklee (*Oxalis acetosella*) ist derartig an Feuchtigkeit angepaßt, daß er ohne schützendes Dach des

Waldes vertrocknet; er ist aber auch auf die Dämmerung des Waldes, auf den Lichtmangel eingestellt, daß er treibt und blüht, ehe Sträucher und Bäume ihn noch beschatten, ehe ihn die üppige Flora von Stauden und Kräutern überdeckt, und daß er mit den paar Sonnenflecken, die untertags durch das Laubdach auf ihn fallen, genügend assimilieren kann, um sein Leben zu erhalten.

Unter dem Moose der schwarze, fette, feuchte Humus, die Masse, die aus der Verwesung der gesamten Pflanzen- und Tierwelt übrig geblieben, nicht leblose Masse, nicht Erde, eine lebende Masse, wenn wir hören, daß im  $\text{cm}^3$  30—40 Millionen Keime von Bakterien und Pilzen festgestellt werden.

Zu all dem Pflanzlichen ober- und unterirdisch, fliegend, laufend und kriechend, fressend, nagend, saugend und wühlend das Heer der Tiere. Viele von anderen Tieren und alle von Pflanzen lebend, räuberisch und doch in Grenzen, in der Grenze, in der sie von anderen gehalten werden und wieder andere in ihren Grenzen halten, alles abgestuft, jedes notwendig für die anderen und für das Ganze, alles im vollen Lebensdrange, die einen schaffend, aufbauend, die anderen zernagend, zerbeißend, zermalmend, bis aus der ganzen kunstvollen Mannigfaltigkeit der schwarze Humus bleibt, selbst wieder verwandelt, bis aus ihm immer wieder das neue Leben sprießt. Eine geschlossene, harmonische Lebensgemeinschaft, so mächtig, daß sie sich selbst alle ihre Lebensdingungen schafft, so mächtig,

daß sie ganzen Ländern ihr Klima (Feuchtigkeitsverhältnis etc.) aufzwingt, so mächtig, daß sie unausrottbar, siegreich, dauernd auf jedem zugänglichen Terrain Fuß faßt.

Haben Sie schon einmal ein niedergelegtes Bauerngut, die Ackergründe eines verlotterten Bauernhofes gesehen? Wo die ständig jätende, reutende Hand des Menschen nur ein paar Jahre aussetzt, hat das Unkraut überwuchert, erst einjährige Kräuter, dann die mehrjährigen Stauden und Gräser, zwischen diesen langsam aber sicher emporwachsende Sträucher, langsam, durch ihren Schatten die anderen verdrängend, und unter diesen die jungen Bäumchen, Nadel- oder Laubholz, je nach der Gegend. In 20 Jahren steht das dichte Jungholz, das sich selbst lichtet, in 50 Jahren ein prächtiger, natürlicher Wald; ein niederdrückender Anblick für den beherrschenden Kulturmenschen!

Haben Sie schon einmal nachgedacht, was aus einem Garten wird, wenn man ihn sich selbst überläßt? Warum man alljährlich, täglich Unkraut jäten muß, um seine Anlagen, seine Beete rein zu halten?

Weil der allmächtige Wald immer wieder vorstößt und seine Zeit einmal kommen wird, wo er doch wieder alles Land bedeckt.

Gestatten Sie mir noch einen Vergleich. Wie lange sind die großen Weltstädte des Altertums gestanden? Nicht mehr als 1000 Jahre! Ein Ninive, ein Babylon, ein Memphis, Schutt heute, auf dem dem Wüstenklima entsprechend Steppenflora wächst. In unserem ge-

mäßigten, feuchten Klima aber kommt mit absoluter Sicherheit der Wald. Und wenn wir einen Trost haben, daß einmal über unseren „Kulturresten“ der grüne Wald rauschen wird, dann finden wir heute hierin die Illustration für die allmächtige, geschlossene Lebensgemeinschaft, für den allumspannenden und beherrschenden Ring des Lebens.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1925

Band/Volume: [65](#)

Autor(en)/Author(s): Klein Gustav

Artikel/Article: [Der Ring des Lebens. 15-37](#)