

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

1. Jahrgang.

14. Februar 1913.

Heft 7.

Die Bestimmung von Ursache und Bedingungen: Ihre Bedeutung besonders für die Biologie.

Von Prof. Dr. N. Ph. Tendeloo, Leiden.

Ursächliche Forschung bedeutet das Suchen der „Erklärung“ einer Erscheinung, das heißt die Zurückführung der Erscheinung zu jenem Naturgesetz, dem allein sie sich unterordnen läßt.

Teleologische Annahmen haben nichts mit Erklärung zu tun. Wie soll die Zukunft das Heute erklären? Und entbehren denn *nicht* „zweckmäßige“ Erscheinungen jeglicher Erklärung? Wir gehen hierauf nicht weiter ein.

Der Mensch, sowohl der gebildeteste wie der Naturmensch, hat die innere feste Überzeugung, daß alles, ohne weiteres, unveränderlich ist. So verstehen wir, daß man bei jeder Veränderung, die zur Beobachtung gelangt, fragt: Was ist ihre Ursache? Diese Frage bedeutet: Welche andere Veränderung hat die beobachtete Veränderung hervorgebracht? Wir sind überzeugt, daß eine Kugel, ein Schiff, ein Zug die einmal erhaltene Geschwindigkeit behalten würden, wenn es keine Widerstände gäbe. Wir sind ebenso fest überzeugt, daß die Form oder Farbe oder Lagerung eines Gegenstandes sich ohne eine gewisse Einwirkung ebensowenig ändern würde wie die Gesinnung eines Menschen einem anderen Menschen oder einer Sache gegenüber. Für jede Veränderung fordern wir eine Ursache.

Was ist es nun, was wir fordern?

Viel ist hierüber gedacht und geschrieben. Einseitigkeit nach verschiedenen Richtungen hin hat zu sehr auseinandergehenden Vorstellungen geführt. Wir stellen uns die Ursache folgenderweise vor und wollen dabei von Beispielen ausgehen.

Man sagt: eine Kugel hat diesen Mann getötet, eine Bakterie, der Tuberkelbazillus, ist die Ursache jener Krankheit, usw. Mißverständnis ist in solchen Fällen zwar häufig, jedoch nicht immer ausgeschlossen. Solche Ausdrücke sind aber in unklaren Fällen zu vermeiden. Wir wissen allerdings sehr wohl, daß eine Kugel nur dann einen Menschen zu töten vermag, wenn sie eine gewisse Bewegungsenergie, $\frac{1}{2} m v^2$ hat. Ebenso hat die Forschung wahrscheinlich gemacht, daß nur solche Bakterien Krankheiten hervorzurufen imstande sind, die den betreffenden Organismus chemisch schädigen. Ohne Bewegungsenergie im ersten, ohne chemisches Arbeitsvermögen (Affinität) zwischen bakteriellem Gift und tierischem Organismus im zweiten Fall tritt Tod bzw. Krankheit nicht ein. Im allgemeinen tritt eine Wirkung eines Gegenstandes auf einen anderen Gegenstand nur dann ein, wenn zwischen beiden Gegenständen eine *energetische Beziehung* besteht. Der Sprachgebrauch trägt dieser Beziehung keine Rechnung.

Was ist nun die Ursache der dabei auftretenden Erscheinung?

Zünden wir mit einem Zündholzflämmchen einen Gasbrenner an und fragen wir, was die Ursache des Brennens des Gases ist, so wird man etwa das Zündholzflämmchen nennen. Diese Antwort wird uns aber bei etwas Nachdenken nicht befriedigen. Wir können ja einen großen Gasbrenner ebenfalls mit einem Zündholzflämmchen anzünden und die große Flamme lange Zeit, sogar Jahre lang, brennen lassen, wenn wir nur für genügende Zufuhr von Gas und Sauerstoff und deren Mischung sorgen. Wir können mittels dieser Gasflamme Wasserdampf machen und damit eine erhebliche mechanische Arbeit leisten. Diese Arbeit können wir aber unmöglich als von dem Zündholzflämmchen geleistet betrachten. Ebensowenig können wir die gewaltige Wirkung der Explosion einer großen Menge Knallgases als die Wirkung eines ganz kleinen Funkens deuten.

Noch ein anderes Beispiel: Durch die Fortnahme eines bestimmten Hemmnisses kann ein einziger Mensch ein Riesenschiff vom Stapel laufen lassen. Das sich bewegende Schiff könnte ein ganz erhebliches Gewicht heben, wozu hundert und mehr kräftige Männer nicht imstande wären.

Was ist nun die Ursache dieser Erscheinungen?

In den beiden ersten Fällen ist die chemische potentielle Energie, die Affinität zwischen Leucht- oder Grubengas und Sauerstoff, in dem zuletzt gewählten Beispiel ist die potentielle Energie zwischen Schiff und Mittelpunkt der Erde als die Ursache zu betrachten. Im allgemeinen müssen wir annehmen, daß die Ursache einer Arbeitsleistung — und dies gilt für jede Erscheinung — eine gewisse Menge Arbeitsvermögen (Energie) ist, die mindestens ebenso groß ist, wie die Energie der beobachteten Wirkung. Unsere Vernunft fordert es, und sie hat es schon vor Jahrhunderten gefordert, als man noch nicht von Arbeitsvermögen redete: *causa aequat effectum*.

Häufig scheint die ursächliche Energiemenge größer zu sein als die bei der beobachteten Wirkung zutage tretende Energiemenge. In der Tat sind jedoch beide immer gleich. So z. B. kann bekanntlich ein gewisser Teil der Wärme (Entropie) nicht in Arbeit verwandelt werden. Wenn wir dann noch die zur Überwindung von Widerständen verbrauchte Energie mit in Rechnung ziehen — das Überwinden von Widerständen gehört ja auch zur Wirkung —, so ergibt sich, daß der energetische Wert der Wirkung dem der Ursache gleich ist.

Wir betrachten alle Naturerscheinungen, alle Wirkungen von diesem Gesichtspunkte aus: Im Weltall kommt eine gewisse Gesamtmenge Energie vor, die aus vielen Mengen Energie verschiedener Form besteht. Diese Energieformen deutet man wohl als Naturkräfte an: chemische Affinität,

Schwerkraft, Wärme, elektrische Energie usw., kurz, die verschiedenen Formen potentiellen und kinetischen Arbeitsvermögens.

Während nun die Gesamtmenge der Energie als unveränderlich zu betrachten ist (Gesetz der Erhaltung des Arbeitsvermögens, *Robert Mayer, Helmholtz*), ändert sich fortwährend die Verteilung oder die Form der zusammensetzenden kleineren Energiemengen, oder beides. Jede einzelne Energiemenge spaltet sich in kleinere Mengen oder bildet mit anderen Mengen eine größere Menge usw. So tritt auch in obigen Beispielen eine Änderung der Verteilung der Energiemengen ein, wobei sich chemisches Arbeitsvermögen in Wärme, potentielle in kinetische Energie umwandelt, usw.

Jede Änderung der Verteilung der Energie oder (und) ihrer Form nennen wir ursächliche Wirkung. Und umgekehrt besteht jede ursächliche Wirkung in Änderung der Verteilung oder (und) der Form der Energie. *Ursache* nennen wir die Energie in ihrer ursprünglichen Verteilung und Form, *Wirkung* ist die Energie in ihrer neuen Verteilung und Form.

Hieraus versteht sich, daß Ursache und Wirkung gleich sein *müssen*, weil ja Energie, nach unserer Annahme, unzerstörbar ist und nicht aus nichts entstehen kann. Auch versteht sich ferner, daß im allgemeinen eine energetische Beziehung zwischen zwei oder mehr Gegenständen bestehen muß, soll eine ursächliche Wirkung erfolgen können, wie wir das oben bei den dort angeführten Beispielen bemerkt haben.

Nun wird aber jede Wirkung von gewissen Umständen bedingt, sie ist von der Erfüllung gewisser *Bedingungen* abhängig. Blieben alle Umstände immer gleich, so würden sich auch die Verteilung und Form der Energie nicht ändern. Die Erhitzung eines Teiles des Gasmisches ist eine für sein Brennen zu erfüllende Bedingung, usw. Jede Veränderung eines Umstandes, also jede Erfüllung einer Bedingung ist an und für sich eine Wirkung, welche eine andere Wirkung oder andere Wirkungen zur Folge hat. Die Anzündung und das Brennen des Zündholzflämmchens sind ebensogut ursächliche Wirkungen wie das Brennen oder die Explosion des Knallgases, die Fortnahme des letzten Hemmnisses ebensogut wie das erfolgende Vom-Stapel-Laufen des Schiffes. Jedesmal können wir aber nur *eine* Wirkung zugleich untersuchen.

Wir kommen jetzt zu folgender Überlegung:

Jede bestimmte Verteilung und Form der Energie wird von einer qualitativ und quantitativ bestimmten *Konstellation*, das heißt Zusammenreffen, von Umständen oder erfüllten Bedingungen beherrscht. Mit einer bestimmten Veränderung dieser Konstellation geht eine ebenso bestimmte Veränderung der Verteilung oder (und) der Form der Energie einher. Die Mischung bei Zimmertemperatur einer gewissen Menge Leucht- oder Grubengas mit einer dazu geeigneten Menge Sauerstoff genügt noch nicht zum Brennen oder zur Explosion des Knallgases. Es muß dazu wenigstens ein Teil des Gasmisches, durch ein Flämmchen oder einen Funken, bis zu einer gewissen Temperatur erhitzt werden. Sobald diese Bedingung aber erfüllt ist,

erfolgt die Wirkung. Aus Verschiedenheiten der Mengenverhältnisse und der räumlichen Bedingungen erklärt sich die verschiedene Form, in der die chemische Energie zur Wirkung gelangt: allmähliches Brennen oder Explosion.

Den Bedingungen einer Wirkung begegnen wir unter verschiedenen Formen und Namen auch im lebenden Organismus: manche „äußere Ursachen“, die auslösenden Anstöße, Reize verschiedener Art, Motive einer Handlung, katalytische Wirkungen, usw. sind nichts anderes als die letzte für eine bestimmte Wirkung noch zu erfüllende Bedingung. Mit deren Erfüllung tritt die bestimmte Wirkung ein. Ein (beschleunigender) Katalysator wird treffend ein Aktivator eines Vorganges genannt. Es ist bekanntlich jeder Stoff ein Katalysator, der „ohne in den Endprodukten einer chemischen Reaktion zu erscheinen, ihre Geschwindigkeit ändert“ (*Willh. Ostwald*).

Bei jeder Wirkung haben wir also zu unterscheiden und genau nachzuweisen: die *Wirkung*, die *Ursache* und die *Konstellation* der für die Wirkung zu erfüllenden Bedingungen. Meist nennt man eine Bedingung die Ursache, und zwar die am letzten erfüllte oder die am meisten hervortretende oder eine „zufällig“ ins Auge fallende.

Es greifen im Weltall fortwährend die vielfältigsten Wirkungen ineinander, von denen jede Wirkung Bedingung einer anderen Wirkung ist. Nun können wir eine Reihe von Wirkungen betrachten, wie sie sich auseinander entwickeln: das wäre eine entwicklungsgeschichtliche Untersuchung der letzten dieser Wirkungen. Mit *Konstellation* der Bedingungen meine ich aber etwas anderes, nämlich das *Zusammentreffen aller* gerade für eine bestimmte Wirkung zu erfüllenden Bedingungen. Diese bestimmte Wirkung tritt dann zugleich ein, in demselben Augenblick. Jeder Konstellation von Bedingungen entsprechen eine bestimmte Verteilung und Form der Energie. Folglich entspricht jeder bestimmten Änderung der Konstellation eine bestimmte Änderung der Verteilung oder (und) der Form der Energie, das heißt eine bestimmte Wirkung. Jede Wirkung ist genau bestimmt durch die Ursache und die vorliegende Konstellation ihrer Bedingungen, wie z. B. die Dauer und das Arbeitsvermögen der Gasflamme bedingt werden von der Zufuhr von Gas und Sauerstoff, deren Mischung, usw.

Dies ist die Notwendigkeit, die Gesetzmäßigkeit der Wirkung oder das ursächliche Gesetz.

Nun kann der energetische Wert der Ursache in verschiedenen Fällen, die der Wirkungen folglich auch, untereinander gleich, aber die *Form* der Wirkungen ungleich sein. War die Energieform der Ursache in allen Fällen dieselbe, so müssen die Bedingungen andere gewesen sein. Wir ersehen das z. B. an dem allmählichen Brennen der Gasflamme und der Explosion, die sich in Form unterscheiden, weil die Bedingungen andere waren.

Der Nachweis der Wirkung, Ursache und Bedingungen in einer konkreten Erscheinung bedeutet die Erklärung dieser Erscheinung.

Die Unterscheidung und genaue Bestimmung

der Wirkung, Ursache und konstellierenden Bedingungen ist aber häufig eine recht schwierige, ja manchmal eine *zurzeit* unlösliche Aufgabe. Namentlich die Verhältnisse im lebenden Organismus sind meist recht verwickelt, so daß eine genaue Entwirrung der Zukunft überlassen werden muß: Es ist nicht nur unsere qualitative und quantitative Kenntnis der einzelnen Lebensvorgänge eine dürftige, aber außerdem treten oft mehrere Wirkungen zugleich ein, und Wechselwirkungen gehören zur Regel. Solange wir nun noch nicht imstande sind, Ursache und Bedingungen zu unterscheiden, wollen wir beide als (ursächliche) Faktoren andeuten. Sämtliche ursächliche Faktoren stellen dann also die Ursache und die konstellierenden Bedingungen dar. Wir könnten dann somit auch von einer (anderen) Konstellation von Ursache und Bedingungen reden.

Wie können wir nun Ursache und Bedingungen unterscheiden?

Wie sich aus obigem ergibt, muß der energetische Wert von Ursache und Wirkung gleich sein. Die Ursache kann scheinbar einen größeren, sie kann aber nie einen kleineren energetischen Wert als die Wirkung haben. Das Zündholzflämmchen kann nicht die Ursache der gewaltigen, vom Wasserdampf geleisteten Arbeit sein. An dieser energetischen Äquivalenz mit der Wirkung können wir die Ursache erkennen.

Damit sind wir jedoch noch nicht ohne Gefahr der Täuschung. Wir können die Gasflamme so klein machen und so kurz brennen lassen, daß sie genau denselben energetischen Wert hat wie das anzündende Flämmchen. Bei einer einzigen Beobachtung kann dann die Entscheidung, was die Ursache ist, unmöglich sein. Wir können sie aber ermöglichen durch eine ganze Reihe von Beobachtungen untereinander zu vergleichen, wobei die konstellierenden Faktoren quantitativ verschiedene Werte haben. Dann werden wir Ursache und Bedingungen unterscheiden können.

Aus obiger Darstellung folgt, daß wir eine bestimmte Wirkung genau voraussagen können, sobald wir das Zusammentreffen der dazu erforderlichen Ursache und der Konstellation der zu erfüllenden Bedingungen voraussehen; ebenso genau wie der Astronom die Erscheinung eines Himmelskörpers in einem bestimmten Augenblick an einer bestimmten Stelle des Weltalls. Das ist das Ziel jeder Naturforschung, das Künftige voraussagen zu können aus dem Heutigen. Sobald wir das vermögen, können die Worte „wahrscheinlich“, „Zufall“ und dergleichen gestrichen werden. Dann wird die Voraussage auch für Arzt und Patienten eine andere Bedeutung haben als jetzt.

Was man als *Reiz*, *Motiv* und *Anlaß* anzudeuten pflegt, ist Bedingung einer bestimmten Wirkung. Daß ein Reiz nicht die Ursache einer Erscheinung sein kann, folgt aus seinem geringeren energetischen Wert, wie sich manchmal nachweisen läßt. Wenn man z. B.¹⁾ den Nerven eines Froschgastro-

knemius auf eine starre Unterlage bringt und ein Gewicht von 0,485 g von 10,1 mm Höhe auf den Nerven fallen läßt, so zieht sich der Muskel zusammen und kann dabei ein Gewicht von 48,5 g 3,8 mm hoch heben, das heißt eine Arbeit von $48,5 \times 3,8 = 184,3$ gmm leisten, während die Energie des Reizes nur $0,485 \times 10,1 = 4,9$ gmm beträgt. Hierbei bleibt dann noch die von dem Muskel entwickelte Wärmemenge außer Betracht.

Die Muskelreizung ist nur die Erfüllung der letzten zu erfüllenden Bedingung für seine Zusammenziehung, das heißt für eine Änderung der Verteilung und Form des im Muskel vorhandenen chemischen potentiellen Arbeitsvermögens. Die auf bestimmte Reizung erfolgende Sekretion einer Drüse erklärt sich in ähnlicher Weise.

Bei Reizung tritt nun aber, innerhalb gewisser Grenzen der Reizstärke, ein *Parallelismus* (nicht energetische Äquivalenz) zwischen Reizstärke und Reizwirkung auf, also z. B. zwischen Reizstärke und Zusammenziehungsenergie + Wärmeentwicklung eines Muskels oder besser zwischen Reizenergie und tätiger Muskelenergie. Wie erklärt sich dieser Parallelismus? Wir können ja die Gasmischung im Gasbrenner nicht etwa zehnmal mehr Wasserdampf derselben Temperatur machen lassen, indem wir es mit 10 Zündholzflämmchen anzünden! Dieser Parallelismus ist noch nicht geklärt worden. Er bedeutet — so können wir es mit anderen Worten sagen — daß die Menge der sich umwandelnden potentiellen chemischen Energie im Muskel mit der im Reiz zugeführten Energiemenge proportionell ist. Vielleicht dient diese Reizenergie zur Überwindung eines „Widerstandes“. Was für Widerstand wäre das aber? Offenbar ein Widerstand, der durch die sich umwandelnde Muskelenergie nicht oder nicht genügend überwunden wird; demgegenüber erhitzt die einmal brennende Gasmischung das noch nicht brennende Gasgemisch zur Temperatur, die für das Entbrennen erforderlich ist.

Wir können diesen Parallelismus zwischen Reizenergie und tätiger Muskelenergie folgenderweise betrachten: Während wir als Reiz jeden Einfluß bezeichnen, der die Lebensvorgänge eines Organismus oder Organes ändert, deuten wir mit Reizbarkeit die Bereitschaft zu einer bestimmten Änderung der Lebensvorgänge an mit Hinsicht auf einen bestimmten Reiz. Reizbarkeit ist somit die für eine bestimmte Wirkung erforderliche Konstellation von Faktoren, der nur noch die bestimmte Reizwirkung fehlt. Reiz und Reizbarkeit sind untrennbar. Die Frage nach dem Parallelismus von Reizenergie und tätiger Muskelenergie hat also die Reizbarkeit zu berücksichtigen. Hebt die Reizung einen gewissen Widerstand gegen die Wirkung, so würde eine größere oder geringere Reizbarkeit ein Weniger oder Mehr an Widerstand in der Konstellation von Ursache und Bedingungen bedeuten. Dabei können wir annehmen, daß die bestimmte, sehr verwickelte Konstellation von Bedingungen nur einem bestimmten widerstandhebenden Einfluß, das heißt, einem bestimmten adäquaten Reiz, zugänglich ist.

Was hier für Muskel- und Drüsenreizung gesagt

¹⁾ Vgl. *Tigerstedt*, Lehrbuch der Physiologie. Leipzig 1905. I, S. 59.

ist, gilt auch für das *Motiv*, das ja einen seelischen Reiz, also die letzte zu erfüllende Bedingung einer 'seelischen Wirkung' darstellt. Die Natur der seelischen Wirkung selbst kennen wir nicht. Seelische Wirkungen geben sich uns in Bewegung oder Bewegungshemmung, also Muskelwirkung, Sekretion, in Änderungen des Stoffwechsels, kund. Jede seelische Wirkung verhält sich zur Muskel- oder Drüsenwirkung als ein Reiz. Wir meinen wenigstens, dies annehmen zu müssen. Die Sache wird hier also recht verwickelt.

Ein kleines Ereignis kann als Motiv, aber nur scheinbar, eine große Wirkung haben, die es in der Tat nur „auslöst“, wie ein Reiz überhaupt das tut. Es kann entweder sofort eine gewisse Menge „seelischen“ Arbeitsvermögens¹⁾ verwandeln in Muskelreize und diese können wiederum Bewegungen veranlassen. Oder es kann auch ein Motiv die Verteilung oder (und) die Form des seelischen potentiellen Arbeitsvermögens ändern, ohne daß sofort Bewegungen erfolgen.

Ein Beispiel der ersten Möglichkeit: Ein Hirsch im Walde rennt davon und bleibt einige Zeit rennen, wenn er den Tritt des Jägers zu hören meint. Das Arbeitsvermögen der Luftschwingungen, die sein Ohr getroffen haben, wäre nicht entfernt imstande, die von seinen Muskeln beim Rennen geleistete Arbeit zu leisten. Das vernommene Geräusch wird aber zum Motiv, das die Angst (bestimmtes potentielltes Arbeitsvermögen) des Tieres in irgendeiner Weise in Muskelreize verwandelt. Es kann in Fällen dieser Art überhaupt durch Vergleichung untereinander ein Parallelismus zwischen Motivstärke (Reizstärke) und Größe der vom Körper geleisteten Arbeit mehr oder weniger klar zutage treten. Versuche sind dafür angewiesen.

Beispiele der zweiten Möglichkeit: Ein heftiger langjähriger Krieg kann zwischen zwei Völkern entbrennen durch einen geringen Anstoß (Motiv). Die Ursache des Krieges ist dann nicht das Ereignis, sondern eine gewisse feindliche Gesinnung. Rassenhaß, imperialistischer Drang usw. kann den Seelen ein feindliches potentielltes Arbeitsvermögen erteilt haben; oder dieses hat sich allmählich, durch Anhäufung, durch Summation vieler Motivwirkungen, entwickelt.

Ein Künstler, der sich durch eine kleine Beobachtung begeistern läßt, ist imstande, ein Kunstwerk zu erzeugen. Dieses Kunstwerk ist aber nicht das Erzeugnis jener Eingebung — diese stellt nur das Motiv dar — sondern eines schöpferisch-künstlerischen Arbeitsvermögens. Und dieses Arbeitsvermögen hat sich allmählich aus einer gewissen Anlage durch Übung und viele Motive als Aktivatoren herausgebildet. So trat seelische Assimilation und Wachstum, Aufspeicherung des Arbeitsvermögens ein. Ein Motiv kann dann wie ein Funke eine explosive oder allmähliche Änderung der Verteilung oder (und) Form des Arbeitsvermögens bewerkstelligen. Beim Forscher, der eine Entdeckung

macht oder eine andere wissenschaftliche Arbeit leistet, ist es nicht anders.

Manche Irren, gewisse Paranoiker z. B., haben eine abnorme Konstellation seelischer Faktoren, so daß geringe bestimmte Motive eine ganz unerwartete Entladung ihres seelischen Arbeitsvermögens in der Form von Ohrfeigen und anderen aggressiven Handlungen hervorzurufen vermögen. Was für einen solchen Paranoiker ausreichendes Motiv ist, ist es nicht für den Menschen mit normaler seelischer Konstellation.

Es kann in einem Streit von Motiven der Wille eingreifen als ursächlicher Faktor. Inwiefern er „frei“ ist, bleibe hier dahingestellt. Nur sei hierzu noch bemerkt, daß unsere Auffassung eine Strafe keineswegs als unnütz ausschließt. Im Gegenteil, sie fordert sie. Denn eine Strafe oder Furcht vor Strafe kann, ebenso wie eine Belehrung oder gelegentlich ein sanftes Wort, als konstellierender Faktor Bedeutung, sogar große Bedeutung gewinnen.

Im allgemeinen kann bei der ursächlichen Wirkung latentes potentielltes Arbeitsvermögen kinetisch manifest werden. Es kann sich aber auch manifeste Energie in latente verwandeln. Dies tritt z. B. ein, wenn man ein Gewicht bis zu einer gewissen Höhe hebt und dann daselbst verbleiben läßt. Solche Erscheinungen treten auch im lebenden Organismus auf, wenn eine gewisse „Hemmung“ stattfindet. Es kann so eine gewisse „Spannung“ der Seele entstehen, das heißt eine mehr oder weniger latente Form potentiellten Arbeitsvermögens. Bei der Assimilation trifft das auch zu.

Es ist hier ein unabsehbares Gebiet zu erforschen. Jede ursächliche Wirkung, jede Erfüllung einer Bedingung ist eine der unzählbaren, untereinander zusammenhängenden Wirkungen des Weltalls. —

Über die Chemie der Pilze und ihren Nährwert.

Von Dr. C. Reuter, Dipl.-Chemiker.

Während in ernährungsphysiologischer Hinsicht über die Pilze bereits ein großes experimentelles Material vorliegt, sind unsere Kenntnisse über ihre chemische Zusammensetzung weniger vollständig. Es liegt dies einerseits an der großen Zahl der zu untersuchenden Pilzarten, andererseits an dem geringen Gehalt des Materials an manchen Substanzen, z. B. den Giftstoffen und an der Schwierigkeit der Reindarstellung dieser Körper.

In ihrer chemischen Zusammensetzung nähern sich die Pilze in auffallender Weise dem Tierreich und unterscheiden sich durchaus von den übrigen Pflanzen schon durch das Fehlen der Cellulose. Dafür enthalten sie das Chitin, welches sich in den Schalen der Krebse und in den Flügeln der Mai-käfer findet. Auch das pflanzliche Chlorophyll geht ihnen völlig ab und dementsprechend auch die Stärke. Hingegen enthalten sie in reichlicher Menge eine Substanz, die sich sonst nur im tierischen Organismus vorfindet, das Glykogen, und das bei

¹⁾ Wir können uns seelisches Arbeitsvermögen nur gebunden an eine stoffliche Unterlage, an das Hirn, das Seelenorgan, und von dessen Zustand abhängig denken.