

# **Neueres über Verdauung.**

Von

**Armin von Tschermak.**

---

Vortrag, gehalten den 12. Februar 1913.

Mit 11 Abbildungen.



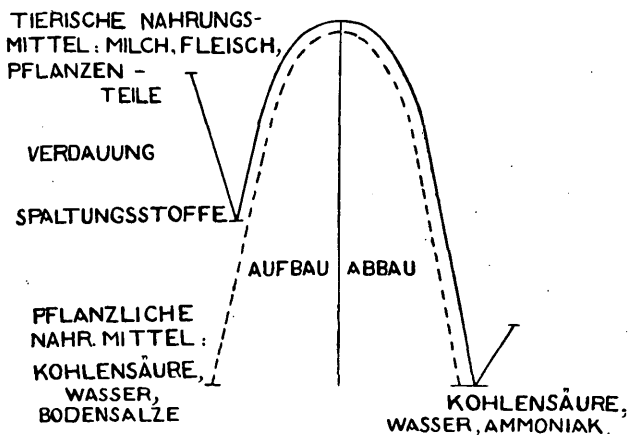
Die Verdauung ist ein Lebensvorgang, der das lebhafteste Interesse jedes Gebildeten beansprucht. Es gilt dies sowohl vom Standpunkte der Wissenschaft als vom Gesichtspunkte der praktischen persönlichen Hygiene. Im folgenden sei allerdings auf das erste Moment das Hauptgewicht gelegt.

Die Verdauung bildet die Einleitung zum tierischen Lebensprozeß überhaupt. Alle Tiere wie der Mensch haben diese Eigentümlichkeit gemeinsam. Sie alle nehmen ja komplizierte Nahrungsmittel auf, Bruchstücke pflanzlicher oder tierischer Leiber, welche in der Regel von der Körpersubstanz des damit genährten Tieres erheblich verschieden sind und erst zu eben dieser umgewandelt werden müssen. Die Nahrungsmittel werden nicht unmittelbar in das Blut übernommen oder einfach im Körper deponiert. Wir tragen trotz eifrigen Genusses kein Rindfleisch in unseren Muskeln und keine Butter oder gar Margarine als Fettpolster unter der Haut, sondern bauen die aufgenommene Nahrung erst zu unserer Leibessubstanz um. Der Vorgang, welcher diesen Umbau ermöglicht und einleitet, ist die Verdauung.

Dieselbe besteht in der Zerkleinerung und Aufbereitung der Nahrungsmittel, in deren Umwandlung zu

Verdauungsstoffen. Diese Umwandlung hat einerseits den Charakter einer mechanischen Zerteilung, wesentlich durch den Kauakt, sowie einer Lösung, andererseits den Charakter einer chemischen Spaltung komplizierter Verbindungen zu einfacheren unter Aufnahme von Wasser. So werden die höheren Zuckerarten, beispielsweise die Stärke, schrittweise in immer weniger komplizierte bis herab zu den einfachen Zuckerarten, wie Traubenzucker, gespalten. Die Fette werden in Fettsäuren, beziehungsweise Seifen, und Glycerin zerlegt, die Eiweißstoffe durch eine lange Stufenreihe hindurch hauptsächlich zu Ammoniakfettsäuren. Selbst die Salze werden, teilweise wenigstens, abgebaut und bei ihrer Lösung in elektrisch geladene Atome oder Atomgruppen, in sogenannte Ionen, gespalten. Kurz, durch den Verdauungsvorgang werden die komplizierten Nahrungsmittel zu verhältnismäßig einfachen Spaltungsstoffen abgebaut und zerlegt. Durch diesen Vorgang gewinnt das Tier aus den fremdartigen Nahrungsmitteln indifferente Stoffe, aus denen es seine eigenartige Leibessubstanz — beziehungsweise Zuckerarten, Fette, Eiweißstoffe, Salze von besonderer Qualität oder wenigstens von besonderen Quantitätsverhältnissen — aufbaut und ergänzt. Der tierische Organismus verfährt dabei so, wie wenn er einen Palast zu einem modernen Fabrikgebäude umwandeln sollte. Es bleibt dabei nichts anderes übrig, als die Mauern des Palastes in ihre Elemente zu zerlegen, die einzelnen Bausteine zu isolieren und aus diesen nach einem neuen Plane das Fabrikgebäude zu errichten. Die Umwandlung wird durch

einen Abbruch bis auf die einzelnen Bausteine und durch einen Wiederaufbau erreicht. Die Verdauung ist also für das Tier ein unerläßliches Mittel zum Umbau der Nahrung in Leibessubstanz, eine vorbereitende Entspezifizierung im weitesten Sinne.



STOFFWECHSEL KURVE VON TIER U. PFLANZE  
(LETZTERE KURVE NICHT DETAILLIERT).

Fig. 1.

Durch die Verdauung gewinnt das Tier das Ausgangsmaterial für den selbsttätigen, originellen Aufbau seiner Leibessubstanz, die Basis für seinen Stoffwechsel. Dieser besteht beim Tier wie bei der Pflanze, wie das obige Schema veranschaulicht (Fig. 1), in einem Aufbau von immer komplizierteren Stoffen aus

einfacheren, bis das komplexe vitale System erreicht ist — sei es, daß die lebende Substanz an sich als komplizierteste Gemenge oder als höchste chemische Verbindung betrachtet wird. Dann folgt der Abbau, welcher bei Tier und Pflanze bis zu den einfachen Zerfall- und Ausscheidungsprodukten: Kohlensäure und Wasser geht, wozu beim Tier noch die Abkömmlinge des stickstoffhaltigen Ammoniaks treten. Dieser stete Aufbau und Abbau, der stete Zerfall und stete Nachbau, das gleichzeitige Abschmelzen und Nachwachsen macht — chemisch betrachtet — eben das Leben aus. Dieser prinzipiell gleichartige doppelsinnige Lebensprozeß spielt sich aber in zwei Formen ab: in Tier und Pflanze. Während das Tier seinen Aufbau zwar nicht bei den Nahrungsmitteln, aber doch bei den noch immer relativ hoch zusammengesetzten und als Kraftquellen ins Gewicht fallenden Verdauungsstoffen beginnt, fängt die Pflanze ihre Lebensarbeit bei ganz einfachen Substanzen an: bei Kohlendioxyd, Wasser, Bodensalzen, eventuell Ammoniak. Als Kraftquelle nützt die bunte Pflanze hierbei das Sonnenlicht aus, was das Tier nicht vermag — wenn auch das Licht als ein erst in neuester Zeit vollgewürdigter Reiz für den tierischen Stoffwechsel in Betracht kommt. Die Pflanze beginnt demnach ihren Aufbau bei einer viel tieferen Stufe als das Tier. Aber auch beim Tier liegt der Anfang tiefer, als man dies zunächst annehmen würde, wollte man nur an die komplizierte Zusammensetzung der aufgenommenen Nahrungsmittel denken. Erst die Einsicht in das Wesen des Verdauungs-

prozesses enthüllt uns den Umfang und die Leistung des Aufbaues im Tierkörper.

Der für den tierischen Stoffumsatz oder Stoffwechsel charakteristische Verdauungsvorgang hat aber nicht bloß die Bedeutung, den Umbau zu ermöglichen und den Aufbau vorzubereiten. Zugleich wird durch die Spaltung der Nahrungsmittel eine gewisse Wärmemenge in Freiheit gesetzt und zum Aufbau verwertbar gemacht. Die Verdauung stellt also, wenn auch in sehr beschränktem Maße, eine Kraftquelle dar. — Endlich ist in der Verdauung eine Schutz Einrichtung zu erblicken, welche das Eindringen von erheblichen Mengen körperfremder Stoffe verhütet, besonders von fremdartigem Eiweiß, welches ein Gift für ein Tier anderer Art darstellt — so ist Hasen- oder Kaninchenblut giftig für Hunde oder Menschen. Solch fremdartiges, an sich giftiges Material wird eben unter normalen Verhältnissen zu indifferenten, ungiftigen und zugleich verwertbaren Stoffen gespalten, deren Aufnahme in den Organismus weder die Produktion von spezifischen Gegenstoffen (Antikörpern) noch die Bildung von Schutzfermenten behufs nachträglichen Abbaues im Blute hervorruft. Andererseits werden die aufgenommenen Stoffe vielfach erst nach einer gewissen „Aneignung“ an den Säftestrom weitergegeben.

Für die Durchführung der chemischen Spaltung, welche noch wesentlicher ist als die mechanische Zerkleinerung und die Auflösung, bereitet das Tier in besonderen Organen, den Verdauungsdrüsen, bestimmte Säfte oder Sekrete. Als wirksame Bestandteile derselben

sind vor allem Wasser, Säuren (beziehungsweise H-Ionen) oder Basen (beziehungsweise OH-Ionen) und besondere Stoffe zu nennen, welche im Verein mit den eben genannten Substanzen die Spaltung der Nahrungsstoffe vermitteln, ohne sich — wenigstens anscheinend — zu verbrauchen. Diese hochinteressanten Körper nennen wir Fermente. Jedes derselben zeigt eine deutlich umgrenzte Wirkung: das eine spaltet nur Zuckerarten, und zwar nur ganz bestimmte, das andere ist auf Fette und Verwandte eingestellt, das dritte auf Eiweißstoffe. Auch arbeitet jedes Ferment nur in einer bestimmten Richtung und bis zu einer bestimmten Spaltungsgrenze. Die Fermente erweisen sich demnach als spezifische Reaktionsvermittler oder wenigstens Reaktionsbeschleuniger. Im Mundspeichel finden sich Fermente, welche höhere Zuckerarten angreifen, im Magensaft ein Ferment, welches Eiweißstoffe spaltet, im Bauchspeichel hingegen Fermente für fast alle Arten von Nahrungsmitteln, im Darmsaft solche, welche diese Spaltungen, besonders an den Eiweißstoffen, fortführen und beenden. Besonders bei den Wiederkäuern helfen noch Bakterien durch ihre Fermente bei der Spaltungsarbeit mit.

Überblicken wir nach diesen Vorbemerkungen die Apparate und Vorgänge der Verdauung im Tierreiche, so finden wir solche schon bei den einzelligen Tieren, beispielsweise bei den Infusorien. Es besteht hier (z. B. bei *Vorticella*) sogar schon eine Art von Mund und Schlund, und man kann unter dem Mikroskop beobachten, wieder aufgenommene Nahrungskörper, z. B. eine Algen-



zelle, von Verdauungssaft wie in einer Blase umschlossen und allmählich eingeschmolzen wird. In einem anderen Falle (bei *Carchesium*) können wir geradezu die immer feinere Zerstückelung und die fortschreitende Auflösung der Nahrung in einer vom Zellkern gebildeten „Magenschale“ verfolgen. Einengegliederten Verdauungsschlauch finden wir bei den höheren Tieren und beim Menschen, an dem wir Mundhöhle, Schlundkopf, Speiseröhre, Magen, Zwölffingerdarm, Dünndarm, Dickdarm und Enddarm unterscheiden. Für die Verdauung kommen besonders die Mundhöhle, der Magen und die oberen Anteile des Darmes in Betracht; die Aufsaugung der Spaltungsstoffe und ihre Umwandlung in Bestandteile der Körpersäfte, speziell des Blutes, kann natürlich erst erfolgen, wenn die Aufbereitung der genossenen Nahrung ziemlich weit gediehen ist — also erst in den oberen Darmpartien, nicht schon im Magen. In der Mundhöhle wird der aufgenommene Bissen zerkaut und eingespeichelt, dann in den Schlundkopf überführt und durch dessen Zusammenziehung in die Speiseröhre und in den Magen befördert. Diese Beförderung hat bei festeren, trockenen Bissen den Charakter des schrittweise fortschreitenden Schlingens, bei mehr flüssigen Bissen oder Flüssigkeiten den Charakter des Schluckens, wobei ein Hinabspritzen durch die erschlaffte Speiseröhre hindurch erfolgt. — An Verdauungsdrüsen kommen beim Säugetier und Menschen hauptsächlich in Betracht: die Speicheldrüsen des Mundes, das mächtige Drüsenlager der Magenschleimhaut, die Bauchspeicheldrüse und das Gallensystem der Leber,

endlich das langgestreckte Drüsenlager der Darmdrüsen. Von diesen Apparaten werden der Reihe nach der Mundspeichel, der stark saure Magensaft, der mäßig basische Bauchspeichel, die Galle und der Darmsaft auf die stationenweise vorrückenden Nahrungsmittel und deren Abbauprodukte ergossen.

Die erste Aufgabe der Verdauungsphysiologie wird also im Studium der Arbeit der Verdauungsdrüsen bestehen. Bei diesem ergibt sich speziell eine weitgehende Abhängigkeit der Drüsenarbeit von gewissen kompliziert verlaufenden Nervenleitungen des Gehirnes und des Rückenmarkes. Als wesentlich sei nur die doppelte Versorgung der Speicheldrüsen, des Magens und des Enddarmes vom Gehirn und vom Rückenmark sowie die doppelte Innervation des Dün- und Dickdarms von verschiedenen Partien des Rückenmarks hervorgehoben.

Das Studium der Arbeit der Verdauungsdrüsen hat in den letzten zwei Dezennien eine völlige Neugestaltung erfahren durch den hochbedeutenden Experimentalphysiologen J. P. Pawlow in St. Petersburg. Aus bescheidensten Verhältnissen hervorgegangen, hat dieses Genie, ein echtes Kind Rußlands, des merkwürdigen Landes der Kontraste, einen Mäzenas gefunden im Prinzen Peter von Oldenburg, welcher im Verein mit Pawlow das später verstaatlichte Institut für experimentelle Medizin geschaffen hat. Zahlreiche Einzelgebäude, von denen Pawlow das einfachste und kleinste für sich behielt, bedecken heute das Areale des früheren Oldenburgschen

Sommerschlosses in der Lopouchinskajastraße neben dem Kaminostrowski-Prospekt.

Der Stolz Pawlows ist sein Versuchstierpark und die höchst zweckmäßige innere Einrichtung des äußerlich so bescheidenen Laboratoriumsgebäudes. Inmitten des Versuchstierparkes steht das große Stallgebäude, in dem jedes Tier eine elektrisch beleuchtete, wasch- und heizbare Innenkabine und einen separierten, mit Drahtnetz überspannten Auslauf besitzt. Die Kabinen sind vom Mittelgange aus durch ausbalancierte Schiebetüren zu öffnen. Als Versuchstiere werden so gut wie ausschließlich große, mindestens 20 Kilo schwere Hunde verwendet. Dieselben werden natürlich auf das beste gehalten und gepflegt, auch täglich von einer größeren Zahl von Wärtern spazieren geführt. Vor Beginn ihrer Dienstzeit wandern die braven Mitarbeiter — wie Pawlow seine Hunde nennt — zum wohlbekanntem Laboratorium und versammeln sich daselbst; teils werden sie eingeholt, teils springen sie freiwillig auf ihren Arbeitstisch. Diese Musterhunde sind durchwegs solche, welche vorher in kunstvoller Weise operiert worden sind. Der Laie würde sagen: in jeden Hund sind ein oder mehrere Löcher gemacht worden, d. h. sie sind mit Fisteln ausgestattet worden, welche die Verdauungssäfte nach außen ableiten. Diese Operationen werden an den Hunden nach sorgfältiger Waschung in besonderen reinlichst oder steril gehaltenen Räumen, in der Operationsabteilung des Laboratoriums, vorgenommen. Nach Durchschreiten einer Garderobe gelangt man zunächst in den Raum zum

Baden und Scheren der Hunde; dann folgt ein Raum für Waschung der Operateure und für Aufbewahrung der Instrumente, anschließend ein Operationskabinett, auf welches erst der Operationssaal folgt. Nach vollendeter Operation werden die Hunde bis zum Ablauf der Wundheilung in ideal reinlichen Kabinen, Krankenzimmern vergleichbar, gehalten, die von einem Gang aus erreichbar sind und von der Operationsabteilung völlig abgesondert sind.

Betrachten wir nun von den an Pawlowschen Fisteltieren verwendeten Methoden und gewonnenen Ergebnissen zunächst die Ableitung des Mundspeichels nach außen. Zu diesem Behufe wird die Mündung des Ausführungsganges der Ohr- oder Unterkieferspeicheldrüse umschnitten und durch einen Schlitz nach der äußeren Haut hin verzogen. Der ausfließende Speichel wird mittels eines Trichters einem kleinen Sammelgefäß zugeleitet. Der Trichter wird durch einen besonderen Kitt direkt an die Haut angeklebt. Die so abgeleiteten Speicheldrüsen sind wie Weintrauben gebaut. Die einzelnen Beeren sind von Zellen ausgekleidet, deren Inhalt und deren Kerne bei Ruhe und bei Tätigkeit ein deutlich verschiedenes Aussehen zeigen. Als Saftbereiter fungieren besondere feine Körnchen im Zellinhalte, welche sich bei der Tätigkeit mit einer Safthülle umkleiden, so daß der ganze Zellinhalt wie aus Blasen zusammengesetzt erscheint. Die Abfuhr des bereiteten Saftes besorgen feine Kanälchen, welche inmitten der Drüsenzellen selbst ihren Anfang nehmen. Auch sehen wir feinste Nervenzweige an den Drüsenzellen endigen.

Eine ganze Fülle von Versuchen an Tieren mit Speichelfisteln hat nun ergeben, daß nur bei den Wiederkäuern, die ja eine doppelte Leistung im Kauen und Einspeicheln aufzubringen haben, die Ohrspeicheldrüse beständig tätig ist. Sonst bedarf es besonderer Reize, um die Speichelabsonderung in Gang zu setzen. Es zeigt sich schon hier, noch deutlicher an den tiefer gelegenen Verdauungsdrüsen, daß nicht jedweder Reiz dazu geeignet ist. So erhalten wir keinen Speichelfluß, wenn wir dem Fistelhunde Steinchen in den Mund werfen, wohl aber wenn wir ihm trockenes Pulver, z. B. Sand oder Brotkrumen verabreichen. Auch von chemischen Reizmitteln erweisen sich nur ganz bestimmte als wirksam. Den stärksten Effekt hat jedoch der psychische Reiz, die Erweckung des Verlangens nach Speise, von Appetit. Wenn wir dem Hunde Fleisch, noch besser Zucker reichen, so beginnt dicker Speichel zu fließen. Es genügt schon, ihm bloß den bekannten Zucker zu zeigen oder hinter ihm zu brechen. Ja, man kann einen Hund auf ein Farben- oder Tonsignal abrichten, indem man ihm dabei regelmäßig zu fressen gibt — nicht aber bei Vorzeigen anderer Farben oder bei Erklingen anderer Töne. Ein Hund mit solcher Dressur verrät ein ziemlich scharfes Unterscheidungsvermögen für seine Freßfarbe oder den Freßton, bei deren Wahrnehmung ihm das „Wasser“, d. h. der Saft im Munde wie auch im Magen zusammenläuft. Andererseits hat sich ergeben, daß bei Einbringen ekeleregender Substanzen, beispielsweise Essig oder Sodalösung, in den Mund eine große Menge von Spülspeichel ausgeworfen wird, welche

dünnflüssig ist im Gegensatz zu dem auf appetitliche Stoffe abgesonderten dicklichen Hüll- oder Verdauungsspeichel. Man kann nun weiters einen Hund dazu bringen, auf den bloßen Anblick einer schwarzen Flasche, aus der man ihm öfters Essig ins Maul gegossen hat, Ekelspeichel auszuscheiden — nicht so auf eine weiße oder rote Flasche, aus der man Wasser oder Zuckerlösung zu verabreichen pflegt. Anderseits kann die Speichel- oder Magensaftabsonderung sofort aussetzen, wenn der bisher unter Appetitreiz stehende Hund gegergt wird, beispielsweise dadurch, daß man seine Fütterung unterbricht und statt seiner vor ihm einen anderen Hund füttert.

So spiegelt sich das ganze Seelenleben eines Hundes wieder in der Tätigkeit seiner Verdauungsdrüsen, und man kann die gesetzmäßige Abhängigkeit vegetativer Funktionen von seelischen Vorgängen geradezu zur Prüfung der Sinnesleistungen der Tiere verwenden. Pawlow, Kalischer und andere Forscher haben dadurch eine neue Richtung für die vergleichende Sinnesphysiologie und Psychologie erschlossen.

Nicht minder ergebnisreich sind die Versuche über die Tätigkeit der Magendrüsen. Über die Lage und Form des Magens sowie über seine portionenweise Entleerung am Lebenden hat uns besonders die Durchleuchtung des Körpers mit Röntgenstrahlen Aufschluß gebracht, nachdem ein schattenwerfendes Pulver eingegeben wurde — am einfachsten salpetersaures Wismut. Am auffallendsten ist dabei die Steilstellung des Magens beim Menschen und

das stete Vorhandensein einer Gasblase über dem flüssigen und festen Mageninhalt. — Bei vergleichender Betrachtung der Ausbildung der Mägen in der Reihe der Wirbeltiere bemerken wir schon an den einhöhligen Mägen einen verschiedenen Beteiligungsgrad der Speiseröhre oder des Oesophagus an der Begrenzung des Magenraumes, ebenso der Eingangspartie oder Cardia, des Magengrundes oder Fundus und des Ausgangsteiles oder Pylorus. Noch weit komplizierter ist das Bild, wenn wir die mehrhöhligen Mägen der Wiederkäuer, der Faultiere und Wassersäuger betrachten. Beim jugendlichen Wiederkäuer, besonders beim noch saugenden Kalbe — im Gegensatz zum Zicklein — ist zunächst der Verdauungs- oder Labmagen am stärksten entwickelt, während die Vormägen noch sehr zurückstehen. Die Vormägen stellen Reservoirs und Einrichtungen zum Verteilen sowie Zerdrücken für das Rauh- und Körnerfutter dar, in denen jedoch schon eine teilweise Lösung und Spaltung von Nahrungsmitteln durch mitgebrachte Fermente sowie durch Bakterien erfolgt. Speziell Preßapparat ist der dritte, gefächerte Vormagen, das sogenannte Buch oder der Psalter.

Im Magen erfährt das genossene Futter zunächst eine deutliche Schichtung, gegen den Pförtner zu tritt eine gewisse Durchmischung ein. Man kann diese Vorgänge sehr gut verfolgen, wenn man einem Tier verschieden gefärbte Futtermittel hintereinander eingibt, es dann tötet, den Magen gefrieren läßt und durchschneidet. Zwischen Eingangsstelle und Ausgang bleibt immer eine randständige Rinne frei. Durch diese kann später ein-

getretene Nahrung früher in den Darm gelangen. Diese Einrichtung ist für die Erhaltung eines Tieres wichtig, welches sich den Magen mit unverdaulichen, festliegenden Stoffen angefüllt hat und verhungern müßte, wenn diese völlig die Passage stören würden.

Die Absonderung des Magensaftes wird an Tieren studiert, denen man durch eine Operation den Magen eröffnet und eine Magenfistel angelegt hat. In diese fügt man für die Dauer ein verschließbares Rohr ein, eine sogenannte Kanüle, am besten aus Hartgummi. Würde man einen Hund mit einer einfachen Fistel direkt füttern, so würde die Nahrung durch die geöffnete Kanüle herausfallen und der Magensaft dadurch verunreinigt werden. Man kann dies vermeiden, wenn man an dem Tier eine zweite Fistel anbringt und durch diese die Speiseröhre nach außen ableitet. Die aufgenommene Nahrung fällt nun schon durch die Speiseröhrenfistel heraus, während aus der Magenfistel reiner saurer Saft heraustropft. An einem solchen Versuchstiere überzeugt man sich, daß bei nüchternem Zustande — von einer gewissen spontanen Periodik abgesehen — kein Magensaft abgesondert wird, solcher vielmehr erst fünf Minuten nach Beginn der Nahrungsaufnahme zu fließen beginnt. Ein solches Experiment nennt man nach Pawlow den Scheinfütterungsversuch. Dabei frißt das Tier die aus der Speiseröhrenfistel herausfallende Nahrung immer von neuem und zerkleinert sie außerordentlich fein. Natürlich muß schließlich dem Hunde zerkautes Futter künstlich in den Magen eingebracht werden, sonst würde er ja bei seiner



vergeblichen Freßtätigkeit verhungern. Unter Scheinfütterung können Hunde täglich mehrere Stunden geradezu als Melkkühe für Magensaft verwendet werden. So wird reiner Hundemagensaft in großen Mengen im Pawlowschen Institut gewonnen und in den russischen Apotheken als Heilmittel bei gestörter Magentätigkeit, u. a. auch bei Bleichsucht, verkauft.

Ein weiterer Versuch zeigt nun, daß die Berührung der Mundhöhle mit der Nahrung nicht notwendig ist, um die Magendrüsen in Aktion zu setzen. Es genügt, einen Hund, der bloß eine Magenfistel trägt, nur mit Nahrung zu necken — den Pawlowschen Neckversuch anzustellen, um nach 5 — 7 Minuten Magensaft zu erhalten. Um diesen Erfolg zu erzielen reicht es aus, daß der Hund die lockende Nahrung bloß sieht oder bloß riecht. Ja, im Pawlowschen Laboratorium konnte der Fall beobachtet werden, daß Hunde, welche regelmäßig von dem alten Diener Nikolai gefüttert wurden, schon abzusondern begannen, wenn sie dessen charakteristischen schlürfenden Gang im Nebenraume hörten. Ähnlich wie bei der Speichelabsonderung zeigt sich also ein staunenswerter Einfluß des Seelenlebens des Tieres, des Appetits wie auch des Ärgers auf die Tätigkeit der Magendrüsen und damit auf die Verdauung. Es gilt geradezu der Satz: Appetit ist Saft — eine Erfahrung, von welcher die kulinarische Kunst seit langem Gebrauch macht.

Im Gegensatze hiezu genügt die mechanische Reizung der Magenwand nicht — kein Kneipen, Kratzen, Streicheln, oder Bestreuen mit Sand —, um Magensaftbildung hervor-

zurufen. Auch sind nur bestimmte chemische Reizstoffe wirksam. Es besteht hier eine noch deutlichere wahlweise Reizempfänglichkeit als bei den Speicheldrüsen — eine ebensolche gilt für die tieferen Darmdrüsen. Um nun die Saftbereitung auch bei gewöhnlicher Fütterungsweise verfolgen zu können und den Einfluß verschiedener Nahrungsmittel, z. B. Fleisch, Brot, Milch zu studieren, dazu genügt die früher geschilderte Fistelmethode nicht — dazu bedarf es einer besonderen Operation, durch welche der Magen entzweigeteilt wird, in einen Haupt- und einen Nebemagen. Zu diesem Behufe wird der Magen freigelegt und in besonderer Weise eingeschnitten. Der so entstehende dreieckige Lappen wird heruntergezogen und an seiner Basis die Schleimhaut durchtrennt. Durch kunstvolle Anlegung von Zugnähten wird nun aus dem Zipfel ein Blindsack geformt und zugleich der Hauptmagen geschlossen. Es resultieren zwei Mägen, deren Höhlen voneinander getrennt sind, deren Wände jedoch durch Blutgefäße und Nerven miteinander zusammenhängen. Füttert man ein solches Doppelmagentier, so fließt Saft aus dem kleinen Magen und wird durch ein gefensteretes Gummiröhrchen in ein Sammelgefäß geleitet.

Die Absonderung wird in beiden Magenabteilungen von derselben Drüsenart geleistet. Die engen Drüsen-schläuche zeigen einerseits helle Hauptzellen, welche das Eiweißferment liefern, anderseits größere, rundliche Belegzellen, denen anscheinend die Säure entstammt. Während die erstere Zellart ihren Saft direkt in den freien Drüsen-gang abgibt, befördern besondere Korbkanälchen die

Säure von den Belegzellen in den Drüsenangang hinein. Der Vergleich von Haupt- und Nebemagen bei Scheinfütterung zeigt uns nun, daß der Verlauf der Absonderung — die Menge der Kubikzentimeter Saft für jede einzelne Stunde — sowie die Beschaffenheit des vom großen und vom kleinen Drüsenlager gelieferten Saftes völlig über-

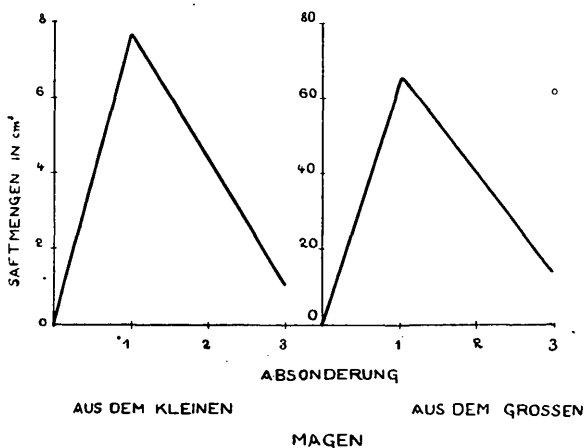


Fig. 2 (nach Pawlow).

einstimmt (vgl. Fig. 2). Der kleine Magen ist also ein zuverlässiger Anzeiger für die Drüsentätigkeit im Hauptmagen.

An einem Hund mit künstlich verdoppeltem Magen und eventuell noch mit Speiseröhrenfistel können wir nun bei dreierlei Verfahren Saft aus dem Nebemagen sammeln: einmal bei gewöhnlicher Fütterung, dann bei

Scheinfütterung oder Necken, endlich nachdem wir dieselbe Menge rohen Fleisches direkt durch die Kanüle in den Hauptmagen hineingestopft haben. Im letzteren Falle

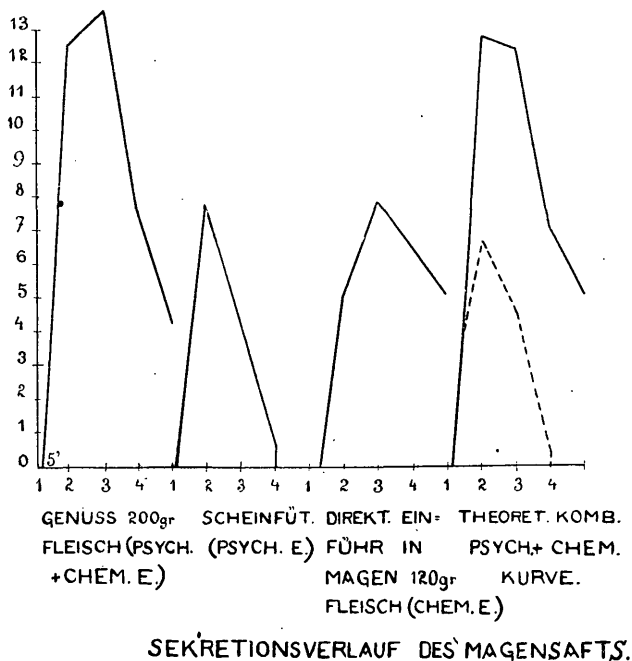
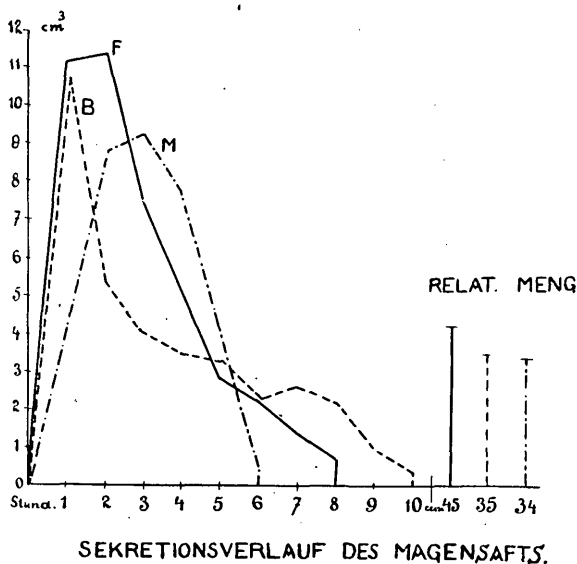


Fig. 3 (nach Pawlow).

gibt das rohe Fleisch einen chemischen Reiz ab, der nach etwa 25 Minuten Saftfluß zur Folge hat. Setzen wir nun die Absonderungskurve, welche wir bei bloßer Erregung des Appetites gewinnen, und die Absonderungskurve, die

sich bei direkter chemischer Reizung des Hauptmagens ergibt, rechnerisch aufeinander, so erhalten wir fast genau jene Kurve, die bei gewöhnlicher Fütterungsweise festgestellt wurde (vgl. Fig. 3). Es zeigt sich also, daß die gewöhnliche Arbeit der Magendrüsen durch den Appetit eingeleitet und durch chemische Reizstoffe fortgeführt und vollendet wird, welche entweder von vornherein in der Nahrung enthalten sind oder erst im Magen aus dieser entstehen. Besonders wirksame Reizstoffe sind in der Fleischbrühe enthalten, deren Wirkung bis zu einem gewissen Grade den Appetit zu ersetzen vermag. Nicht unerwähnt sei, daß auch der Alkohol ein Reizmittel für die Tätigkeit der Magendrüsen darstellt, sein Genuß bei der Mahlzeit demnach nicht ohne Bedeutung ist.

Des weiteren ergibt sich beim Studium der Saftbereitung seitens des Nebenmagens, den wir als zuverlässigen Anzeiger für die Vorgänge im Hauptmagen kennen gelernt haben, daß der Absonderungsverlauf bei Fütterung von Fleisch, Brot, Milch — mit gleichem Eiweißgehalt — ein recht verschiedener und charakteristischer ist (vgl. Fig. 4). Während der Saftfluß auf Fleisch und Brot steil einsetzt, erfolgt er auf Milch träge. Die Fleischkurve bleibt in der zweiten Stunde noch auf der Höhe und fällt dann binnen 8 Stunden ab, während die Brotkurve zwar schon in der zweiten Stunde absinkt, dafür aber durch 10 Stunden dauert. Die Milchkurve erreicht ihren Gipfel spät, dauert aber nur 6 Stunden. Der Gesamtmenge nach wird auf Fleisch am meisten Magensaft ergossen, auf Brot weniger, auf Milch am wenigsten.



FLEISCH	200 gr	—
BROT	200 gr	- - -
MILCH	600 cm <sup>3</sup>	- · - · -

Fig. 4 (nach Pawlow).

Aber auch das Verdauungsvermögen der drei Saftarten ist verschieden. Wir benützen zu dieser Prüfung in Röhrcchen eingefülltes, dann zum Gerinnen gebrachtes Eiweiß aus dem Hühnerei. Finden wir in der einen Probe nach 10 Stunden doppelt soviel Millimeter von der Eiweißsäule aufgelöst, so wissen wir auf Grund besonderer Untersuchungen, daß die eine Probe etwa viermal

soviel Eiweißferment enthält als die andere. Zum Verdauen der dreifachen Eiweißmenge ist das Neunfache an Ferment erforderlich (vgl. Fig. 5).

### METT'SCHES EIWEISSTÄBCHEN.

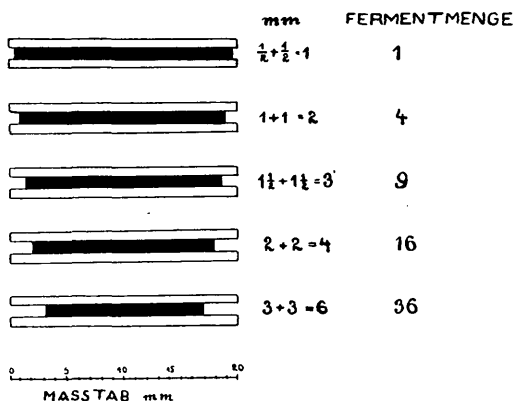


Fig. 5.

Nach dieser von Mett bei Pawlow ausgearbeiteten Methode finden wir, daß der auf Brot ergossene Magensaft am stärksten verdaut — etwa 6·5 mm, der auf Fleisch weniger — etwa 4 mm, der auf Milch am wenigsten — etwa 2·5 mm. Multiplizieren wir diese Werte mit sich selbst und noch mit der Gesamtmenge des jedesmal produzierten Saftes, so erhalten wir die Zahlen für die erzeugten Gesamtfermentmengen (vgl. Fig. 6). Es ergibt sich, daß die größte Leistung auf Brot, eine kleinere auf Fleisch, die kleinste auf Milch ver-

wendet wird. Diese Abstufung ist eine durchaus zweckmäßige, da das Eiweiß im Brot — infolge der Beimengung von Stärke — am schwersten, das im Fleisch leichter, jenes in der Milch am leichtesten verdaulich ist. Wir haben damit die zweite führende Idee der Pawlow'schen Lehre von der Arbeit der Verdauungsdrüsen kennen gelernt: ihre zweckmäßige Abstufung oder Anpassung.<sup>1)</sup> Noch deutlicher als an den Magendrüsen tritt uns diese

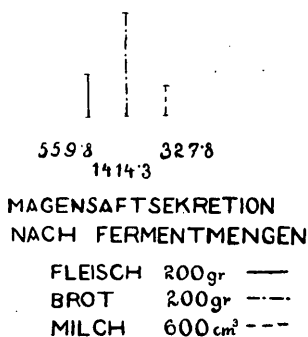


Fig. 6.

staunenswerte Eigentümlichkeit an den tieferen Verdauungsstätten entgegen. Man kann, bildlich gesprochen, beinahe sagen, daß der Magen wie überhaupt die Verdauungsdrüsen Vernunft besitzen und höchstens ihr Besitzer ihnen mitunter Unvernünftiges zumutet.

Verfolgen wir den Verdauungskanal weiter, so begegnen wir als der dritten Saftbereitungsstation der Bauchspeicheldrüse, welche sich als langes Band an den Zwölffingerdarm anschmiegt und in diesen den schwach basischen Saft, den Bauchspeichel, ergießt. Um diesen nach außen zu leiten, legen wir entweder eine Fistel am Ausführungsgange an oder umschneiden längs zweier Sonden die

<sup>1)</sup> Die gegenteiligen Angaben anderer Autoren (Popielski, Bompiani, Rinaldini) vermögen meines Erachtens das Grundprinzip dieser Lehre nicht zu erschüttern.



Mündungsstelle des Ganges, worauf wir den eröffneten Darm zunähen und den Schleimhautzwickel mit dem Mündungsknöpfchen nach der Bauchhaut vorziehen. Ein derart operiertes Tier bringen wir dann in ein Stütz-

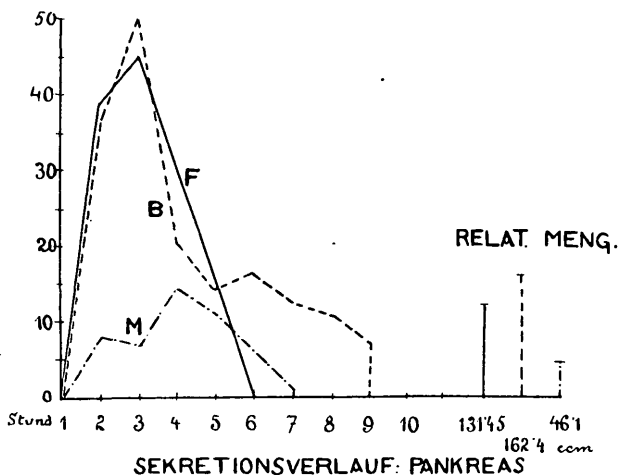
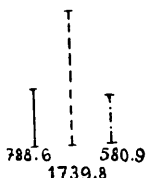


Fig. 7 (nach Pawlow).

und Hängegestell (Hitzigsche Schwebel, Pawlowsches Gestell), um Saft zu sammeln. Die Drüse zeigt Zellen, deren innere Zone eine ganz charakteristische Körnung aufweist. Im Ruhezustand sind die Körnchen sehr deutlich, bei Tätigkeit verschwinden sie scheinbar, indem sie

sich mit einer Saffhülle umkleiden. Ja, das Bild ist ein verschiedenes je nach dem Reize, durch welchen die Drüse in Aktion gesetzt wurde, ob beispielweise der vom Gehirn zur Drüse entsandte Nerv gereizt worden oder Seife in den Darm gebracht worden ist. Der wichtigste Erreger der im nüchternen Zustand ruhenden Drüse ist allerdings der Übertritt von saurem Magensaft in den Darm. Aber auch die verschiedenen Nahrungsmittel haben einen abgestuften Einfluß auf den Absonderungsverlauf und auf die Gesamtmenge des Bauchspeichels (vgl. Fig. 7). Sehr viel davon wird auf Brot, weniger auf Fleisch, am wenigsten, und zwar in zwei Portionen, auf Milch ergossen.

Der Bauchspeichel wirkt spaltend sowohl auf



**PANKREASSEKRETION  
N. STÄRKEFERMENTMENG.**

FLEISCH	100 gr	——
BROT	250 "	----
MILCH	600 cm	-----

Fig. 8.

Stärke oder höhere Zuckerarten, als auf Fette und auf Eiweißkörper. Die Menge des Stärkefermentes im Saft paßt sich nun — bei geeigneten Tieren und länger fortgesetzter entsprechender Diät — in der Weise an, daß auf das stärkereiche Brot weit-

aus am meisten hievon ergossen wird, auf das weit weniger Zuckerarten enthaltende Fleisch weniger, auf Milch am wenigsten (vgl. Fig. 8). Dieselbe anpassungsweise Reihenfolge gilt

für den Gehalt an Eiweißferment, das allerdings erst durch den Dünndarmsaft aktiviert wird (vgl. Fig. 9).

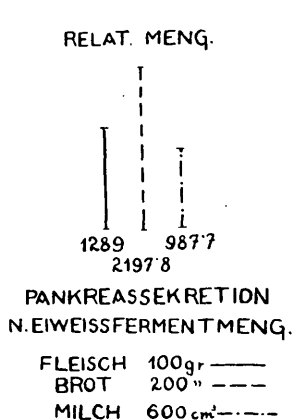


Fig. 9.

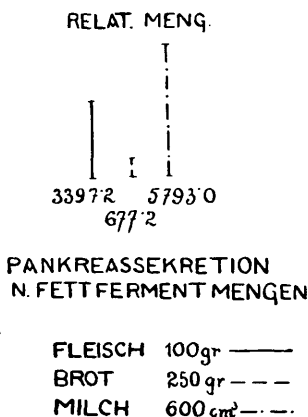
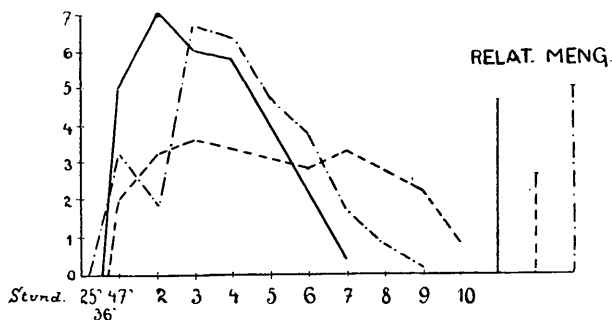


Fig. 10.

Hingegen steht an Fettfermentgehalt der auf Milch ergossene Bauchspeichel am höchsten, der auf Brot am tiefsten — entsprechend dem Fettreichtum der Milch und der Fettarmut des Brotes (vgl. Fig. 10). Bei längerdauernder Fütterung mit ungewöhnlichen, zunächst nicht oder kaum verdauten Nahrungsmitteln können sogar seitens der Bauchspeichel- wie der Darmdrüsen neuartige Fermente anpassungsweise gebildet werden und die nunmehrige Auswertung jener Nahrungsmittel ermöglichen.

Weitgehend parallel mit der Absonderung des Bauchspeichels vollzieht sich die Ausscheidung der Galle in

den Zwölffingerdarm. Dieses Zusammenspiel hat besondere Bedeutung für die Verdauung der Fette und die Lösung der dabei gebildeten Seifen. Die Galle wird beständig von der Leber bereitet, aber nur im Anschluß an die Nahrungsaufnahme in den Darm ausgeschieden. Sie wird aufgestapelt in der zwischen den wechselnd gestalteten Lappen der Leber gelegenen Gallenblase. Die feinen Sammelgänge des Gallenleitungssystems beginnen zwischen den Zellsträngen der kleinen Leberläppchen und verlaufen an den Breitseiten, während die Blutgefäße den Kanten folgen (E. Hering). Man kann nun durch eine Operation am Tier entweder die Gallenblase nach außen ableiten und erhält dann eine Fistel, welche nur bei Nüchternheit fließt. Schnürt man überdies das Gallengangsystem an geeigneter Stelle ab, so fließt die Fistel auch während der Verdauung; das Tier behält nur einen Teil der bei der Verdauung frisch bereiteten Galle für sich. Umschneidet man schließlich die Mündungsstelle des Gallensammelganges im Zwölffingerdarm und setzt man sie in die Haut ein, so gibt eine solche Fistel nur während der Verdauungsperiode teils aufgestapelte Hungergalle, teils frisch bereitete Galle. An einem so operierten Tiere überzeugt man sich, daß es bei verschiedenem Futter verschieden lange Zeit dauert, bis die erste Portion aus dem Magen in den Zwölffingerdarm übertritt und bis weiterhin Galle darauf ausgeschieden wird. Der Verlauf ist wieder sehr charakteristisch (vgl. Fig. 11). Auch die Zusammensetzung der Galle scheint sich in anpassungsmäßiger Weise abzustufen.



VERLAUF DER GALLENAUSSCHIEDUNG  
IN DAS DUODENUM

FLEISH ———  
BROT ---  
MILCH -.-

Fig. 11 (nach G. Bruno).

Nicht minder interessant ist das Verhalten der Drüsen des Dünndarms, die ein mächtiges Lager bilden und außerdem lymphatische Knoten zwischen sich fassen. Die Absonderung des Darmsaftes läßt sich verfolgen, wenn man ein Darmstück aus dem Zusammenhang mit dem übrigen Darm ausschaltet und die beiden Enden in die Haut einsetzt. Zweckmäßiger ist es, das Darmstück zu einem Ring zu schließen und seitlich in diesen eine Kanüle einzusetzen. Es zeigt sich an einer solchen Fistel, daß zwar ständig etwas Darmsaft abgesondert wird, Aufnahme von Nahrung, besonders von Fett, jedoch eine deutliche Steigerung bewirkt. Noch im Dickdarme finden

sich Drüsen, welche allerdings hauptsächlich Schleim, wenig Verdauungsfermente absondern. Der Darmsaft ergänzt und vollendet die Aufspaltung der Nahrungsmittel, so daß schließlich im wesentlichen nur einfache Zuckerarten, Seifen, Glycerin und Ammoniakfettsäuren resultieren. Diese Endprodukte der tierischen Verdauung werden nun in die Darmwand aufgenommen, welche durch den Besitz von Zotten eine Vergrößerung ihrer Oberfläche auf etwa das Zwanzigfache erfährt. Jede Darmzotte zeigt eine Lage von gesäumten Zellen, Schlingen von Blutgefäßen und einen Hohlraum in der Mitte. Die Hohlräume sammeln ihren Inhalt, den sogenannten Darmmilchsaft, in ein besonderes Kanalsystem. Die Zellen der Darmwand bereiten nämlich aus den aufgenommenen Stoffen, und zwar aus Seifen und Glycerin einerseits Fette, anderseits anscheinend Eiweiß. Nur den Zucker lassen sie direkt in das Blut passieren, welches denselben nach der Leber schafft. Die aufgebauten Stoffe strömen teils gleichfalls durch das Blut ab, teils durch die Kanäle für den Darmmilchsaft, welcher hauptsächlich die neugebildeten Fette führt. Damit sind wir bei jenem Vorgang angelangt, welchen die Verdauung vorbereitet und ermöglicht — bei der Übernahme der Baustoffe in das Blut und bei ihrer Zufuhr zu den einzelnen Organen. Doch müssen wir darauf verzichten, auch dieses Gebiet hier zu behandeln.

Nur die Ähnlichkeit der Einrichtungen zur Stoffaufnahme bei Tier und Pflanze sei heute noch hervorgehoben. Ähnlich wie das Tier verfügt die höhere Pflanze über besondere Aufnahmeapparate. Als solche fungieren die

Wurzelhaare, welche sich mit ihrem verdickten Ende den Körnchen des Bodens anschmiegen und aus ihnen bestimmte Nährsalze herauslösen. Geradezu zottenförmig sind die Aufnahmeapparate an schmarotzenden Pflanzen gestaltet. Wahre Saugwurzeln werden in das Gewebe der Wirtspflanze vorgestreckt. — Bei den Pflanzen mit völlig selbständiger Ernährung geht der Stoffaufnahme keine Spaltung der Nahrungsmittel voraus; diese bestehen ja aus ganz einfachen Verbindungen — aus Wasser, Bodensalzen, Kohlendioxyd neben Sauerstoff. Hingegen zeigen die schmarotzenden Pilze, besonders die Spaltpilze oder Bakterien, eine gewisse Analogie zum Verdauungsvorgang des Tieres; speziell spalten viele von ihnen Eiweiß und Ammoniakfettsäuren herunter bis zum Ammoniak, das sie erst übernehmen. Allerdings gibt es hinwiederum Bakterien, welche — als biologische Konkurrenten der heute schon hochentwickelten technischen Industrie zur Gewinnung von atmosphärischem Stickstoff — den freien Stickstoff der Bodenluft zu verwerten imstande sind, so speziell die Spaltpilze, welche sich in den Wurzelknöllchen von Erbse und Bohne, in der Pilzhaube der Wurzeln zahlreicher Waldbäume, ja sogar frei im Boden vorfinden.

In allen Fällen beginnt jedoch die Pflanze ihren Aufbau bei weit einfacheren Stoffen als das Tier. In der Stoffwechselkurve prägt sich ein deutlicher Unterschied aus.

Die Stoffaufbereitung und die Stoffaufnahme, speziell die Verdauung, erscheint demnach nicht als ein bloß

praktisch bedeutsamer, ästhetisch „unappetitlicher“ Vorgang, sondern als ein Gegenstand von erheblichem wissenschaftlichen Interesse. Auch aus der Betrachtung der vegetativen Vorgänge vermag der Mensch reiches Material zur Befriedigung seines höchsten und edelsten Bedürfnisses zu gewinnen, des Verlangens — heute dürfen wir sogar sagen: des Appetites — nach Erkenntnis der Wahrheit.

---

### Literatur.

- Für Spezialinteressenten sei folgende Litteratur notiert:
- J. P. Pawlow: Die Arbeit der Verdauungsdrüsen. Übersetzt von A. Walther, Wiesbaden 1898.
- — Das Experiment als zeitgemäße und einheitliche Methode medizinischer Forschung. Übersetzt von A. Walther, Wiesbaden 1900.
- — Die physiologische Chirurgie des Verdauungskanals. Ergebnisse der Physiologie, I. Jahrg., 1. Abt., 1902.
- — Die äußere Arbeit und der Mechanismus der Verdauungsdrüsen. Handbuch der Physiologie, herausgegeben von W. A. Nagel, Bd. 2, Braunschweig 1911.
- O. Cohnheim: Vorlesungen über Verdauung und Ernährung, Wiesbaden 1910.
- E. Abderhalden: Die Bedeutung der Verdauung für den Zellstoffwechsel. Zeitschr. des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien 1911.
- — Schutzfermente des tierischen Organismus, Berlin 1912.
- A. v. Tschermak: Die neueren Anschauungen über Verdauung. Münchener Med. Wochenschrift 1903, Nr. 23.
- — Über adaptative Fermentbildung im Verdauungskanal. Biochem. Zeitschrift, 45. Bd., 1912.
-



# 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: 1913

Band/Volume: [53](#)

Autor(en)/Author(s): Tschermak Armin Eduard Gustav

Artikel/Article: [Neueres über Verdauung. 307-338](#)