XVII.

Ueber den Nutzen der pancreatischen Flüssigkeit bei der Verdauung.

Von

Cl. Bernard.

(*Annal. de chim. et de phys.* XXV, 474)

Seit langer Zeit betrachten die Anatomen das Pancreas als eine Speicheldrüse des Bauches. Ohne Zweifel durch dieselbe Induktion und auf nicht genügende Versuche gestützt, haben in der jüngsten Zeit einige Physiologen der pancreatischen Flüssigkeit die Eigenschaften des Speichels zugeschrieben. Diese Vergleichung des Pancreas und der Speicheldrüsen ist aber falsch und sie erklärt keineswegs den Nutzen der pancreatischen Flüssigkeit bei den Verdauungserscheinungen.

In nachstehender Abhandlung nahm ich mir vor, auf experimentellem Wege nachzuweisen, *dass die pancreatische Flüssigkeit, ausschliesslich aller anderen Eingeweideflüssigkeiten, die Bestimmung hat, die neutralen, in den Nahrungsmitteln enthaltenen fetten Substanzen zu verdauen und dieselben auf diese Weise zur Absorption durch die Saugadern geschikt zu machen.*

Ehe ich in das Detail meiner Untersuchungen eingehe, will ich die verschiedenen Umstände angeben, welche die Eigenschaften der pancreatischen Flüssigkeit modificiren können, damit die später anzuführenden Resultate deutlicher werden und leichter wiederholt werden können.

I. Ueber die Ausscheidung der pancreatischen Flüssigkeit und über die Bedingungen der Secretion derselben.

Bis jetzt habe ich die pancreatische Flüssigkeit von vier und dreissig Hunden ausgeschieden. Das zu diesem Zweck angewendete Verfahren ist das zuerst von Magendie, dann von Tiedemann und Gmelin benutzte, welches wesentlich darin besteht, in das Hypochondrium rechts unter den Rippen einen Einschnitt zu machen, um das Duodenum und einen Theil des Pancreas bloss zu legen. Darauf isolirt man, so schnell als

möglich, den dicksten der beiden pancreatischen Gänge und befestigt in demselben ein silbernes Röhrchen; nachdem dies geschehen, bringt man das Pancreas und Duodenum in das Abdomen zurück, und näht die Wunde auf die Weise zu, dass das Ende der silbernen Röhre aussen befindlich ist, damit die pancreatische Flüssigkeit durch dieselbe abgelassen werden kann. An das Ende der Röhre befestigt man eine kleine Kautschukflasche, aus welcher vorher durch Zusammendrücken die Luft entfernt worden ist; indem diese Flasche ihre vorige Form wieder anzunehmen strebt, saugt sie die Flüssigkeit über. Dieser Apparat hält gewöhnlich zwei oder drei Tage; nach dieser Zeit fällt er mit dem Verbande ab. Die Hunde sterben niemals an dieser Operation, wenn sie geschickt gemacht worden ist. Die Wunde vernarbt leicht und der pancreatische Gang regenerirt sich sehr schnell.

Bei strenger Befolgung dieses Verfahrens habe ich bemerkt, dass die Menge der erhaltenen pancreatischen Flüssigkeit um so grösser ist, je schneller die Operation vor sich ging und je kürzere Zeit das Pancreas der Luft ausgesetzt war. Unabhängig aber von der Operationsmethode muss man noch die andern Bedingungen kennen. So geht während der Verdauung die Secretion der pancreatischen Flüssigkeit am reichlichsten vor sich, und zu dieser Zeit kann man ungefähr zwei Grammen stündlich von einem Hunde mittlerer Statur erhalten. Während des Fastens hingegen ist die Secretion des pancreatischen Saftes fast null und die Menge der erhaltenen Flüssigkeit unbedeutend und zu irgend einer Untersuchung nicht hinreichend. Zu diesen beiden Perioden bietet übrigens das Pancreas ein wesentlich verschiedenes Aussehen dar. Während des Fastens ist das Gewebe dieses Organes blass und milchig-weiss, umgekehrt während der Verdauung ist es roth und von Blute strotzend.

Ausser diesen Umständen, welche auf die Quantität der pancreatischen Flüssigkeit von Einflusse sind, giebt es noch deren, die noch weit wichtiger sind, weil sie die Qualität dieser Flüssigkeit betreffen. Bei Befolgung des angegebenen Verfahrens ereignet es sich, dass einige Zeit nach der Operation das Thier vom Fieber ergriffen wird und das Pancreas und die Bauchwunde krank werden. Es findet dabei das Eigenthüm-

liche statt, dass die Menge der pancreaticen Flüssigkeit sich nicht vermindert, sondern beträchtlich zunimmt. Diese krankhafte pancreatiche Flüssigkeit ist aber, obgleich sie noch alkalisch reagirt, nicht mehr klebrig und hat alle charakteristischen Eigenschaften verloren.

Diese Veränderung der Flüssigkeit in Folge des Krankseins des Prancreas erfolgt in unbestimmter Zeit, gewöhnlich zwar erst den folgenden Tag, zuweilen aber auch kurze Zeit nach der Operation, zumal wenn dieselbe schwierig von statten ging und die Baueingeweide längere Zeit der Luft ausgesetzt waren.

In Bezug auf die Beschaffenheit muss man deshalb zwei Arten der pancreaticen Flüssigkeit unterscheiden: 1) diejenige, die wir *normal* nennen, und die sogleich nach der Operation, ehe das Pancreas erkrankt, ausgeschieden wurde; 2) die *krankhafte*, welche ausgeschieden wird, wenn sich in dem Pancreas und der Bauchwunde die Symptome des Wundfiebers zeigen. Dieser Unterschied ist nicht nur für das Studium der physischen und chemischen Eigenschaften der pancreaticen Flüssigkeit von Wichtigkeit, sondern er ist auch unerlässlich, wenn man die physiologischen Eigenschaften dieser Flüssigkeit bei der Verdauung erklären will.

II. Physikalische und chemische Charactere der pancreaticen Flüssigkeit.

Die normale, unter günstigen Bedingungen erhaltene pancreatiche Flüssigkeit ist ein farbloses helles, schleimiges und klebriges Liquidum, das in grossen, perlartigen, syrupähnlichen Tropfen fliesst, und beim Schütteln schäumt. Diese Flüssigkeit ist ohne eigenthümlichen Geruch; auf die Zunge gebracht, erregt sie das Gefühl einer schmierigen Flüssigkeit, ihr Geschmack hat etwas salziges und ist dem des Blutserums nicht unähnlich. Eben so wie Magendie und andere Beobachter, fand ich die pancreatiche Flüssigkeit deutlich alkalisch gegen Lakmuspapier reagiren. Ich fand sie nie sauer oder neutral. Die normale pancreatiche Flüssigkeit coagulirt in der Wärme und verwandelt sich in eine weisse feste Masse. Die Coagulation ist dieselbe wie beim Eiweiss. Die pancreatiche Flüssigkeit wird ebenfalls durch Salpetersäure, Schwefelsäure und concentrirte Chlorwasserstoffsäure gefällt. Metallsalze, Holzgeist und Alkohol coaguliren

gleichfalls die organische Substanz der pancreatischen Flüssigkeit. Verdünnte Essigsäure, Milchsäure und verdünnte Chlorwasserstoffsäure bewirken keine Coagulation. Die Alkalien erzeugen keinen Niederschlag und lösen selbst den durch Wärme, Säuren und Alkohol entstandenen wieder auf.

Ich fand, dass die pancreatische Flüssigkeit des Pferdes, Seidenhasens, der Vögel (Tauben und Hühner), wenn sie unter günstigen Bedingungen erhalten wurde, eben so wie die des Hundes eine mehr oder weniger fadenziehende Flüssigkeit ist, die deutlich alkalisch reagirt und durch Erhitzen vollständig coagulirt wird.

Stellt man die Charactere der pancreatischen Flüssigkeit zusammen, so kann man daraus den Schluss ziehen, dass dieselbe sich gegen Reagentien wie eine eiweisshaltige Flüssigkeit verhält. Denn eine lösliche Substanz, die durch Erhitzen und durch Säuren coagulirt wird, hat Eigenschaften, die denen des Albumins gleich sind. In physiologischer Beziehung aber findet zwischen der pancreatischen Flüssigkeit und einer eiweissartigen Substanz, wie wir sogleich sehen werden, keine Analogie statt. Ich will zu beweisen suchen, dass dieses coagulirbare Princip der wirksame Stoff bei der Verdauung ist, und dass die organische Substanz der pancreatischen Flüssigkeit physiologische Eigenschaften zeigt, welche dem Albumin nicht zukommen. Es gelang mir, Unterscheidungskennzeichen zwischen dieser Substanz und dem Eiweiss aufzufinden. Ich erwähne nur das folgende, das mir entscheidend zu sein scheint.

Wenn die Substanz des pancreatischen Saftes mittelst absolutem Alkohol coagulirt und bei gelinder Wärme getrocknet worden ist, so löst sie sich leicht und vollständig in Wasser, während auf gleiche Weise behandeltes Albumin sich nicht mehr löst. Ich bemerke noch, dass bei der Auflösung die pancreatische Substanz dem Wasser das eigenthümlich Klebrige und alle physiologischen Eigenschaften des pancreatischen Saftes ertheilt, so dass man nicht länger daran zweifeln kann, dass diese Substanz wirklich das wirksame Princip in dieser Flüssigkeit sei.

Krankhafte oder veränderte pancreatische Flüssigkeit ist ein Liquidum von der Consistenz des Wassers, ohne alle Klebrigkeit, gewöhnlich farblos, oft aber auch opalisirend und zuweilen

sogar röthlich gefärbt. Diese Flüssigkeit ist von salzigem und zugleich ekelerregendem Geschmacke. Ihre Reaction ist stets stark alkalisch; sie wird aber weder durch Erhitzen, noch durch Säuren coagulirt und unterscheidet sich dadurch wesentlich vom normalen pancreatischen Saft.

III. Physiologische Eigenschaften der pancreatischen Flüssigkeit ausserhalb des Organismus.

Im Anfange dieser Abhandlung sagte ich, dass die pancreatische Flüssigkeit, ausschliesslich aller anderen Eingeweideflüssigkeiten, die Bestimmung habe, auf eigenthümliche Weise die sich in den Nahrungsmitteln vorfindenden fetten Substanzen zu verändern. Dies lässt sich leicht nachweisen, wenn man in einer Röhre pancreatische Flüssigkeit auf fette Körper einwirken lässt.

Mengt man bei einer Temperatur von 38 — 40° pancreatische Flüssigkeit mit Oel, Butter oder Fett, so bemerkt man, dass die fette Substanz augenblicklich in eine vollständige Emulsion verwandelt wird. Es entsteht eine weisse, rahmartige Flüssigkeit, die dem Chylus vollkommen gleicht. Prüft man die Charaktere dieser Emulsion näher, so findet man, dass unter dem Einflusse der pancreatischen Flüssigkeit die fette Substanz nicht nur zertheilt, sondern auch chemisch verändert worden ist. In der That besitzt im Augenblicke des Mengens der fetten neutralen Substanz mit der alkalischen pancreatischen Flüssigkeit das Gemenge eine deutliche, alkalische Reaction, die bald nachher in eine entschieden saure übergeht. Ich prüfte im Laboratorium von Pelouze, in Verein mit Barreswil und Margueritte diese Produkte; wir fanden, dass sich das Fett in Fettsäure und in Glycerin zersetzt hatte. Wählt man die Butter, so bemerkt man bald die Buttersäure an ihrem charakteristischen Geruche.

Aus Vorstehendem folgt deutlich, dass *der pancreatische Saft, ausserhalb des Organismus die Eigenschaft besitzt, neutrale fette Körper vollständig und augenblicklich in fette Säuren und in Glycerin zu verwandeln.*

Die pancreatische Flüssigkeit hat unter allen anderen Flüssigkeiten des Organismus allein diese Eigenschaft. Ich versuchte vergleichungsweise die Einwirkung der Galle, des Speichels, des

gastrischen Saftes, des Blutserums und des Gehirnwassers auf die Fettsubstanz; ich konnte aber weder Emulsion noch irgend eine Veränderung des Fettes bemerken.

Vorstehende Resultate sind so oft erhalten worden, und die Versuche sind so klar und so einfach zu wiederholen, dass jeder sich leicht von der Wahrheit überzeugen kann.

Es ist hier Gelegenheit, einen wesentlichen Unterschied zwischen der normalen und der krankhaften oder veränderten pancreaticischen Flüssigkeit anzuführen. In der That wird die augenblickliche Vertheilung der neutralen Fettsubstanzen und ihr Zerfallen in Glycerin und fette Säuren, nur durch den normalen pancreaticischen Saft, d. h. durch den klebrigen, durch die Hitze und Säuren coagulirenden pancreaticischen Saft bewirkt. Mengt man umgekehrt Oel oder Fett mit krankhafter oder veränderter pancreaticischer Flüssigkeit, so findet keine Einwirkung auf die fetten Substanzen statt und die unthätige pancreaticische Flüssigkeit scheidet sich bald von dem unveränderten Fette ab.

IV. Eigenschaften der pancreaticischen Flüssigkeit in dem lebenden Thiere beobachtet.

Nach dem Vorstehenden sollte man glauben, dass bei den lebenden Thieren, die pancreaticische Flüssigkeit stets normal sein müsste, und dass deshalb ihre spezifische Einwirkung auf die neutralen Fettsubstanzen leicht zu constatiren wäre. In der That folgt aus nachstehenden Untersuchungen, dass der pancreaticische Saft, indem derselbe die fetten Substanzen zertheilt und verändert, letztere assimilirbar macht; auf diese Weise wird diese Substanz das unerlässliche Agens, durch welches die weisse homogene Flüssigkeit, die in den Milchgefässen circulirt und *Chylus* genannt wird, sich bildet. Es ist hier nicht der Ort, über die Bedeutung des Wortes *Chylus* zu discutiren; ich erinnere nur an ein den Physiologen wohlbekanntes Factum, dass nämlich die Milchgefässe nur dann eine weisse, milchige Flüssigkeit enthalten, wenn sie in den Eingeweiden fette Substanzen absorbirt hatten. Auf diese Weise ist der klare und durchsichtige Chylus frei von fetten Körpern, während ein weisser, milchiger Chylus fetthaltig ist. Da dieses festgestellt ist, war es leicht zu zeigen, dass die pancreaticische Flüssigkeit in den Eingeweiden das Fett zertheilt und es dadurch für die Milchgefässe ab-

sorbirbar macht. Als ich Hunden die beiden pancreatischen Gänge verband, fand ich stets, dass das Fett den Darmkanal passirte, ohne verändert worden zu sein; dabei war der Chylus durchsichtig, farblos und vollständig von jeder Fettsubstanz frei.

Man könnte sich mit diesen Versuchen begnügen; ich fand aber noch ein anderes Mittel, dasselbe Factum durch einen gewissermassen von der Natur vorbereiteten Versuch zu beweisen, der sehr leicht zu wiederholen ist. Bei dem Kaninchen scheint die Natur die Wünsche des Experimentators gleichsam errathen zu haben, indem bei diesem Thiere der pancreatische Kanal, der einfach ist, sehr tief, 35 Centimeter unter dem Gallengange einmündet. Bringt man etwas Fett in den Magen eines Kaninchens so geschieht es, dass dasselbe in Berührung mit dem gastrischen Saft unverändert bleibt und bis in die Eingeweide gelangt, ohne eine Veränderung zu erleiden. Sobald das Fett aber 35 Centimeter unter der Galle mit dem pancreatischen Saft zusammen kommt, enthalten die Milchgefässe einen weisslichen, fettigen Chylus, während sie höher mit farblosem, durchsichtigem Chylus angefüllt sind. Es giebt mithin bei dem Kaninchen unter diesen Umständen zwei Arten von Chylus, 1) den durchsichtigen und fettfreien, der von den Eingeweiden, die 35 Centimeter über der Mündung des pancreatischen Canales liegen, herrührt und 2) den weissen, homogenen, fetthaltigen, der unterhalb der Mündung des pancreatischen Canales entstanden ist.

Der Anblick der Milchgefässe eines Kaninchens zeigt auf einfache und entscheidende Weise, dass die Flüssigkeit, welche man mit dem Namen Chylus bezeichnet, nicht ohne die Mitwirkung der pancreatischen Flüssigkeit gebildet werden kann.

Schlüsse.

Ich glaube auf experimentellem Wege bewiesen zu haben, dass die pancreatische Flüssigkeit die Bestimmung hat, die neutralen, fetten, zur Nahrung dienenden Substanzen zu verdauen und auf diese Weise, ihre Absorption durch die Milchgefässe zu gestatten. Ich glaube zur Unterstützung meiner Behauptung hinreichende Experimente angestellt zu haben; es sei mir jedoch gestattet, einige Thatsachen anzuführen, die mit dem Gesagten in Widerspruch zu stehen scheinen.

Brodie fand im Jahre 1823, dass, als er den Gallengang einer Katze unterbunden hatte, das Fett in dem Darmkanal nicht mehr in eine Emulsion verwandelt war und dass der Chylus dieser Thiere klar und von jeder Fettart frei war. Daraus schloss er, dass die Galle es sei, welche die fetten Substanzen in Emulsion verwandelt und sie absorbirbar mache. Magendie wollte diesen Versuch bei Hunden wiederholen und fand, den Beobachtungen Brodie's entgegen, dass ungeachtet der Abwesenheit der Galle in dem Darmkanal, das Fett in Emulsion verwandelt war und dass die Milchgefässe der Hunde einen weissen, milchigen, fetthaltigen Chylus enthielten. Diese verschiedenen Resultate lassen sich jetzt sehr leicht erklären. Bei der Katze findet zwischen dem Gallengang und dem pancreatischen Gange Anastomose statt, ehe beide in den Darmkanal münden, so dass auf diese Weise, da die Mündung der beiden vereinigten Kanäle verhindert wurde, auch die Einwirkung der pancreatischen Flüssigkeit auf das Fett nicht stattfinden konnte. Bei dem Schlusse schrieb der Experimentator der Galle zu, was in der That der Flüssigkeit des Pankreas zugeschrieben werden musste.

Magendie stellte seine Versuche mit Hunden an, bei welchen der Gallengang im Gegentheil vollständig von den beiden pancreatischen Gängen isolirt ist. Da durch die Operation das Ausfliessen der pancreatischen Flüssigkeit nicht verhindert worden war, so musste das Fett in eine Emulsion verwandelt werden und der Chylus weiss und fetthaltig erscheinen.

Diese Versuche sind demnach nicht im Widerspruche; der Unterschied der Resultate erklärt sich durch die eigenthümliche Disposition der pancreatischen Gänge bei den verschiedenen Thierspecies, die zu den Versuchen angewendet wurden. Diese Versuche unterstützen deshalb beide meine Untersuchungen und beweisen, dass es nur die pancreatische Flüssigkeit und nicht die Galle ist, welche das Fett in Emulsion verwandelt und dasselbe in den Chylus überführt.

Schliesslich muss ich noch bemerken, dass meine Untersuchungen die Beobachtungen von Bouchardat und Sandras, nach welchen die Stärke durch die pancreatische Flüssigkeit in Krümelzucker umgewandelt wird, keineswegs entkräften. In Bezug auf diesen Gegenstand will ich nur erwähnen, dass die Einwirkung der pancreatischen Flüssigkeit auf die Stärke, die

ich ebenfalls bemerkt habe, dieser Flüssigkeit nicht eigenthümlich ist. Diese Eigenschaft kommt dem Speichel des Menschen und der Thiere, dem Blutserum und allen alkalischen Flüssigkeiten des normalen oder pathologischen Organismus zu. Dies wurde durch die Arbeit von Magendie und Reyer und auch durch meine eigenen Beobachtungen bestätigt. Ich füge hinzu, dass die Umwandlung der Stärke in Krümelzucker eben sowohl unter dem Einflusse der normalen, als auch der krankhaften, veränderten pancreatischen Flüssigkeit vor sich geht.

Daraus schliesse ich, dass durch die Umwandlung der Stärke in Krümelzucker die pancreatische Flüssigkeit von keiner andern alkalischen Flüssigkeit des Organismus unterschieden wird, während ihr Vermögen, die neutralen Fettsubstanzen in Emulsion zu verwandeln, ihren wesentlichen und speciellen Character bei der Verdauung ausmacht. Sie theilt diese Eigenschaft mit keiner andern Flüssigkeit der Eingeweide und verliert sie sogleich, sobald die darin enthaltene coagulirbare Substanz verändert ist.

XVIII.

Ueber einige den Verdauungsprocess betreffende quantitative Verhältnisse.

Vom

Prof. Dr. **Lehmann.**

(Aus d. Ber. über d. Verhandlungen der K. S. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Mathem.-phys. Klasse. 1849. No. I.)

Man hat in neuerer Zeit den Process der Magenverdauung oft als schlagendes Beispiel einer rein chemischen Action im lebenden Thierkörper angeführt: allein leider sind wir noch weit davon entfernt, diesen Process in dem Auseinanderwirken der einzelnen dabei concurrirenden Substrate und den Resultaten der Wirkungen und Gegenwirkungen wissenschaftlich erforscht zu haben. Das eigentliche Ferment der Verdauung, das wir immerhin Pepsin nennen können, ist noch wenig untersucht, ja viele zweifeln noch an dessen Existenz oder Wirkungsfähig-