©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die Rolle

der

unorganischen Salze

im tierischen Organismus.

Von

Theodor Panzer.

Vortrag, gehalten den 22. Januar 1908.

(Mit Experimenten.)

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Werden menschliche oder tierische Organe bei Zutritt von Luft erhitzt, so geben sie zunächst Wasser ab, dann verkohlen sie, die Kohle verbrennt allmählich und zurück bleibt eine weiße, schwach rötlichgelb gefärbte, leicht zerreibliche Masse, welche bei weiterem Erhitzen sich augenscheinlich nicht mehr verändert. Dem allgemeinen Sprachgebrauche folgend, nennt auch der Chemiker diese Masse Asche. An der Hand dieses Versuches lassen sich also die Bestandteile der menschlichen und tierischen Organe nach rohen Umrissen in zwei Gruppen trennen: in verbrennbare Bestandteile, im allgemeinen auch organische genannt, und in unverbrennliche Bestandteile, Aschenbestandteile oder auch unorganische Bestandteile.

Nicht nur der Laie, der die irdischen Überreste eines teuren Verstorbenen in poetischem Sinne Asche nennt, drückt damit aus, daß er die lebenswichtigen Funktionen anderen Bestandteilen zuschreibt als denen, welche sich in der Asche vorfinden; auch die Fachmänner scheinen ob der zahlreichen wichtigen Entdeckungen, welche die physiologische Chemie an den organischen Bestandteilen der Lebewesen gemacht hat, vielfach auf die unorganischen Bestandteile vergessen zu haben.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Nur wenige Forscher haben es der Mühe wert gefunden, die Aschen verschiedener menschlicher Organe und Säfte einer quantitativen Analyse zu unterziehen, und die physikalisch-chemische Richtung, welche gegenwärtig in der physiologischen Chemie immer mehr Ausdehnung gewinnt, deren ersprießliches Wirken aber anderseits sehr abhängig ist von einer genauen Kenntnis der unorganischen Stoffe, steht gerade hier auf einem etwas schwanken Boden, da über diese unorganischen Stoffe noch manche falsche Analysenergebnisse in der Literatur zirkulieren.

Und doch haben die unorganischen Stoffe wichtige Aufgaben im Haushalte des menschlichen und tierischen Organismus durchzuführen, so zwar, daß der Tod eines Tieres unvermeidlich in kurzer Zeit eintritt, wenn auch nur einer der wichtigeren unorganischen Organbestandteile, wie z. B. das Kochsalz, in der Nahrung des Tieres fehlt, und daß schwere, oft lebensgefährliche Gesundheitsstörungen entstehen, wenn aus irgendwelchen Ursachen die Mengenverhältnisse dieser unorganischen Bestandteile der Organe und Säfte erheblich geändert werden.

Die tierischen Organe lassen sich mit Rücksicht auf ihren Aschengehalt ungezwungen in zwei Gruppen einreihen.

Die eine Gruppe umfaßt die Organe mit einem Gehalt von rund 30 bis 60 % Asche; hieher gehören die Knochen der Wirbeltiere, die Zähne, die Schalen der Vogeleier, die Gehäuse der Schnecken, die Schalen der Muscheltiere usw.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

In die zweite Gruppe gehört die große Mehrzahl der tierischen Organe; ihnen kommt ein Gehalt von rund 1 % Asche zu.

Die eben aufgezählten Organe mit hohem Aschengehalt haben den Zweck, ein festes Gerüste zu bilden, an dem sich die anderen Organe des Lebewesens aufbauen können. Die lebende organische Substanz, welche das Wachstum dieser Organe besorgt, das Protoplasma, umgibt sich mit einer zwar organischen, aber toten Substanz, der sogenannten Zwischensubstanz. In den Knochen besteht die Zwischensubstanz aus einem Stoffe, welcher beim Kochen Leim liefert. In diese leimgebende Zwischensubstanz lagern sich nun unorganische Salze ein; dadurch erhält das Knochengerüst eine besondere Festigkeit, eine weit größere, als wenn es nur aus leimgebender organischer Substanz bestehen würde. Dieser Einlagerung unorganischer Salze allein ist der hohe Aschengehalt dieser Organe zuzuschreiben. Vollkommen zweckentsprechend erscheint es auch, daß diese unorganischen Salze in Wasser unlöslich sind, weil sie sonst von dem Blut- und Säftestrom, der ja auch die Knochen durchfließt, wieder herausgelöst werden würden. Diese unorganischen Salze des Knochens bestehen im wesentlichen aus phosphorsaurem und kohlensaurem Calcium, daneben sind darin in geringerer Menge enthalten: die entsprechenden Verbindungen des Magnesiums, Fluorcalcium, Chlor und Eisen.

Die unorganischen Einlagerungen der Knochen nehmen an den Lebensprozessen nicht unmittelbaren

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Anteil, sie sind, obwohl sie in lebenden Organen enthalten sind, als tot zu bezeichnen, wenn auch ihr Schwund, wie er gewissen Krankheiten, der Osteomalacie, der Rhachitis, eigentümlich ist, unter Umständen eine Katastrophe für den Organismus bedeutet. Ihre Aufgabe ist die Befestigung des Stützgerüstes.

Ganz anders verhält es sich mit den unorganischen Stoffen der Organe mit niedrigem Aschengehalt. Dem Uneingeweihten dürfte es auffallen, daß alle diese Organe eines Individuums nahezu denselben Gehalt an unorganischen Stoffen aufweisen und daß die chemische Zusammensetzung dieser unorganischen Stoffe in allen diesen Organen nahezu dieselbe ist. Die Erklärung dieser merkwürdigen Tatsache soll später gegeben werden.

Leider kann man zu einem Urteil über die Menge unorganischer Stoffe in den Organen nicht auf direktem Wege gelangen. Bevor man an die quantitative Bestimmung eines unorganischen Bestandteiles gehen kann, müssen die großen Mengen organischer Substanzen unschädlich gemacht werden; der einfachste und meist auch zweckmäßigste Weg ist der, die organische Substanz zu verbrennen.

Die organischen Stoffe der Organe enthalten nun Schwefel und Phosphor; beim Verbrennen wird aus einem Teile dieses Schwefels und Phosphors Schwefelsäure und Phosphorsäure, welche beide wieder zum Teile in die Asche übergehen. Die menschlichen Organe enthalten außer anderen unorganischen Salzen auch Ammoniumverbindungen; beim Verbrennen der Organe ver-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

dampfen diese Ammoniumverbindungen und gehen daher der Asche verloren. Da diese und noch viele andere Fehlerquellen vorhanden sind, so können die Resultate der Aschenanalysen nicht ohneweiters als Ausdruck der Mengenverhältnisse der unorganischen Stoffe in den Organen angesehen werden. Zwar sind im Laufe der Jahre mannigfache Korrekturen und Modifikationen vorgeschlagen worden, um diese Fehler zu beseitigen, aber sie gemahnen vielfach an das Sprichwort vom Austreiben des Teufels mit Beelzebub, sie scheinen noch größere Fehler einzuführen, als die sind, die sie beseitigen sollen.

Um aber doch ein Bild von der Zusammensetzung der unorganischen Bestandteile menschlicher Organe zu geben, seien im folgenden die Ergebnisse der Analyse der Asche einer aus dem menschlichen Körper stammenden Flüssigkeit (Hydramnios) zusammengestellt, bei welcher diese Fehler jedenfalls geringer sind als bei der Mehrzahl menschlicher Organe. Die Resultate sind auf 100 *g* Asche berechnet. Die Menge der unorganischen Stoffe beträgt 0·8—0·9 % der Organe (im vorliegenden Falle betrug die Asche 0·8276 % der Flüssigkeit).

100 *g* Asche enthielten:

Schwefelsaures Kalium *($K_2 SO_4$)*	2·80 *g*
Chlorkalium *(K Cl)*, Sylvin	0·89 *g*
Chlornatrium *(Na Cl)*, Kochsalz	77·00 *g*
Phosphorsaures Natrium *($Na_3 PO_4$)*	2·89 *g*
Kohlensaures Natrium *($Na_2 CO_3$)*, Soda (wasserfrei)	13·12 *g*

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Kohlensaures Calcium *(Ca CO_3)*, Kalk (ungebrannt)	2·35 *g*
Kohlensaures Magnesium *(Mg CO_3)*, Magnesit	0·83 *g*
Eisenoxyd *(Fe_2 O_3)*, Rost	Spuren

Diese Art der Zusammenstellung entspricht keineswegs den Prinzipien der modernen Wissenschaft, noch weniger einwandfrei sind die Schlagworte, welche hinter den chemischen Formeln notiert sind; diese Darstellung hat aber den Vorteil, daß sie auch den Nichtchemiker rasch orientiert und daß sie, weil an allgemein bekannte Substanzen angeknüpft wird, auch die Eigenschaften der ganzen Asche rasch vergegenwärtigt.

Zunächst ist leicht zu ersehen, daß mit Ausnahme eines geringen Anteiles die ganze Asche in Wasser löslich ist. Dieser geringe unlösliche Anteil besteht aus kohlensaurem Calcium und Magnesium und aus Eisenoxyd, es ist aber mit Bestimmtheit anzunehmen, daß Calcium und Magnesium in der ursprünglichen Flüssigkeit nicht mit Kohlensäure verbunden waren, sondern in einer solchen Weise, daß beide Metalle in löslichen Verbindungen enthalten waren; dasselbe gilt von dem Eisen, so daß alle anorganischen Bestandteile gelöst waren.

Was geschieht nun, wenn man von den in der Tabelle angeführten Salzen die dort verzeichneten Mengen abwägt, diese abgewogenen Salzmengen innig mischt und das Gasgemenge in der entsprechenden Menge reinen Wassers auflöst, so zwar, daß auf je 8·276 *g* des Salzgemenges 1 Liter Wasser verwendet wird? Man würde so

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

eine Flüssigkeit bekommen, welche der ursprünglichen Flüssigkeit aus dem menschlichen Körper in Beziehung auf die unorganischen Bestandteile vollkommen gleich ist, wogegen die organischen Bestandteile der menschlichen Flüssigkeit vollkommen ausgeschaltet sind. Die geringe Menge unlöslicher Salze bleibt dabei vernachlässigt.

Der Einfachheit halber seien nur zwei Bestandteile herausgegriffen und die Frage folgendermaßen modifiziert: Was geschieht, wenn man ein Gemenge von schwefelsaurem Kalium und Chlornatrium in der entsprechend großen Menge Wasser auflöst?

Zur Beantwortung dieser Frage sei ein Verfahren eingeschlagen, wie es etwa die Chemiker längst vergangener Jahrhunderte angewendet hätten.

Die Flüssigkeit, welche durch Auflösen von schwefelsaurem Kalium und Chlornatrium in Wasser erhalten wurde (zum besseren Gelingen des Versuches wurde ungefähr doppelt so viel Chlornatrium verwendet als schwefelsaures Kalium), wird in eine Porzellanschale gebracht und darin durch eine untergestellte Flamme zum Sieden erhitzt. Das Wasser verdampft allmählich und wenn genügend Wasser verdampft ist, bildet sich an der Oberfläche der Flüssigkeit eine weiße Haut, welche aus kleinen Kriställchen besteht. Fängt man diese Kriställchen aus der noch heißen Flüssigkeit heraus und trocknet man sie rasch ab, so kann man sie an allen ihren Eigenschaften als Kochsalz (Chlornatrium) wiedererkennen. Da von der Lösung nichts weggekommen ist außer Wasser

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

und nichts hinzugefügt worden ist, so ist neben Chlornatrium sicher auch noch schwefelsaures Kalium vorhanden. Wiederholt man denselben Versuch unter geänderten Bedingungen, nämlich derart, daß man die Lösung, statt sie zu kochen, bei niederer Temperatur (etwa 5—10° C) langsam verdunsten läßt, so erhält man, allerdings erst nach mehreren Tagen, auch Kristalle, diesmal aber verhältnismäßig große Kristalle, welche ganz andere Formen zeigen als die würfelförmigen Kochsalzkristalle, Kristalle, welche nach dem Abtrocknen beim Liegen an der Luft verwittern, d. h. oberflächlich zu einem weißen Pulver zerfallen; kostet man diese Kristalle, so schmecken sie nicht rein salzig wie das Kochsalz, sondern daneben auch bitter, und eine genauere chemische Untersuchung lehrt, daß diese Kristalle Glaubersalz, d. i. schwefelsaures Natrium sind.

Es hat sich also hier ein neues, von den beiden aufgelösten Salzen verschiedenes Salz gebildet und der Vorgang, der zur Bildung dieses Salzes geführt hat, läßt sich leicht in Form einer Gleichung ausdrücken:

Schwefelsaures Kalium + Chlornatrium =
= schwefelsaures Natrium + Chlorkalium

$$K_2\,SO_4 + 2\,Na\,Cl = Na_2\,SO_4 + 2\,K\,Cl$$

Nach dieser Gleichung muß also noch ein zweites neues Salz in der Lösung entstanden sein, nämlich das Chlorkalium.

Die zunächstliegende Erklärung ist die, daß bei niederer Temperatur die durch die Gleichung angedeutete

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Umwandlung stattfindet, während bei der Siedetemperatur des Wassers die Umwandlung nicht stattfindet oder aber die bereits vollzogene Umwandlung wieder rückgängig gemacht wird.

Die einfache Fortsetzung des zweiten Versuches straft aber diese Erklärung sofort Lügen; denn nimmt man das auskristallisierte Glaubersalz aus der Lösung heraus und läßt man die Lösung bei derselben niederen Temperatur weiter verdunsten, so scheiden sich abermals Kristalle aus, die sich bei näherer chemischer Untersuchung als ein Gemenge von schwefelsaurem Natrium und schwefelsaurem Kalium, unter Umständen auch mit Chlornatrium erweisen.

Daraus folgt, daß beim Auflösen von schwefelsaurem Kalium und Chlornatrium in Wasser ein Teil dieser Salze die durch die Gleichung angedeutete Veränderung eingegangen ist, während ein anderer Teil unverändert geblieben ist. Statt der zwei aufgelösten Salze sind deren vier in Lösung enthalten.

Schwefelsaures Kalium
Chlornatrium
— Schwefelsaures Natrium, Chlorkalium, Schwefelsaures Kalium, Chlornatrium

Das Chlornatrium zeichnet sich gegenüber den drei anderen in der Lösung enthaltenen Salzen dadurch aus, daß es in siedendem Wasser nur um weniges leichter löslich ist als in kaltem, während von den drei anderen Salzen: Chlorkalium, schwefelsaures Kalium, schwefelsaures Natrium siedendes Wasser doppelt bis etwa sieben-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

mal soviel in Lösung hält als das kalte Wasser. Daß also aus unserer Lösung in der Siedehitze zuerst Chlornatrium, bei niederer Temperatur aber zuerst schwefelsaures Natrium auskristallisiert, rührt davon her, daß in der Siedehitze Chlornatrium, in der Kälte schwefelsaures Natrium von allen vier Salzen am schwersten löslich ist.

Zunächst drängt sich natürlich die Frage auf: Wieviel von den beiden aufgelösten Salzen hat sich beim Auflösen im Sinne der Gleichung verändert und wieviel ist unverändert geblieben?

Ein weiteres Ausspinnen der beiden angeführten Versuche würde nur zu dem Schlusse leiten, daß diese Verhältnisse jedenfalls sehr schwankend sind; denn: kocht man beim ersten Versuche so lange, als noch reines Chlornatrium auskristallisiert, so bleibt in der Lösung nur ziemlich wenig schwefelsaures Natrium gelöst; läßt man bei niederer Temperatur kristallisieren, so bekommt man eine nennenswerte Menge schwefelsauren Natriums, die aber bedeutend größer wird, wenn man der Lösung eine mäßige Menge Weingeist zusetzt.

Dieses Schwankende findet eine sehr schöne Erklärung in der modernen physikalisch-chemischen Theorie der Lösungen. Der Sinn dieser Theorie dürfte in Kürze durch folgende, allerdings triviale Darstellung getroffen werden:

Wird Chlornatrium in Wasser aufgelöst, so lockern sich die Bande, welche das Chlor an das Natrium knüpfen, das Chlornatrium wird dissoziiert. Bereitet man eine konzentrierte Lösung von Kochsalz, so ist in dieser

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Lösung nur ein geringer Teil des Salzes dissoziiert, während in dem großen Reste des Salzes Chlor und Natrium ungelockert, fest aneinander gebunden bleiben. Wird nun diese Lösung allmählich mit Wasser verdünnt, so wird immer mehr von dem Chlornatrium dissoziiert, und wenn die Verdünnung einen gewissen Grad erreicht hat, ist das ganze Chlornatrium dissoziiert und bleibt auch dissoziiert, wenn man die Verdünnung noch weiter treibt.

Die Lockerung der Bande, welche das Chlor an das Natrium knüpfen, ist vergleichbar der Lockerung des Bandes der katholischen Ehe durch die Ehescheidung. Dort wie hier wird den geschiedenen Teilen eine gewisse Freiheit gestattet. Die geschiedenen Ehegatten dürfen einen eigenen, vom anderen getrennten Haushalt führen, aber sie dürfen nicht als vollkommen selbständig auftreten, die Frau darf nicht ihren Mädchennamen führen und weder sie noch der Mann darf sich unverheiratet nennen. Ebensowenig dürfen sich die durch Dissoziation entstandenen Anteile des Salzes, die Ionen, wie der technische Ausdruck lautet, in unserem Falle das Chlor und das Natrium, in der ihnen sonst zukommenden Gestalt zeigen; denn sonst würde sich das Chlor durch seine gelbgrüne Farbe und durch seinen stechenden Geruch verraten dürfen und das Natrium dürfte sich all den Schabernack erlauben, den metallisches Natrium mit Wasser zusammengebracht treibt, nämlich es würde das Wasser zersetzen, so daß sich Wasserstoff entwickelt, der unter Umständen Feuer fangen kann.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ein einfaches Mittel, um auch die letzten Beziehungen des Chlors zum Natrium zu lösen, ist der elektrische Strom. Leitet man einen solchen durch die Kochsalzlösung, indem man die zwei von einer Batterie kommenden Drähte in die Lösung eintaucht, so reißt der positive Pol (Anode) das Chlor, der negative Pol (Kathode) das Natrium mit solcher Macht an sich, daß auch noch die letzte lockere Bindung zerrissen wird und die beiden Stoffe in ihrer wahren Gestalt sich zeigen: an der Anode scheidet sich das Chlor als grüngelbes, stechend riechendes Gas ab und an der Kathode zersetzt das Natrium das Wasser, es scheidet sich Wasserstoffgas ab, welches an seiner Brennbarkeit erkannt werden kann.

Die beiden Ionen, in welche das Chlornatrium dissoziiert wird, sind daher nach ihrem Verhalten nicht gleichwertig, das Chlor, welches an die Anode wandert, führt den Namen Anion, das Natrium ist folgerichtig das Kation.

Fügt man zu einer vollkommen dissoziierten Lösung von Chlornatrium eine ebenfalls vollkommen dissoziierte Lösung von schwefelsaurem Kalium, dann hindern die lockeren Beziehungen, welche das Chlor an das Natrium in der Kochsalzlösung knüpfen, das Chlor nicht, ebensolche Beziehungen mit dem Kalium des dissoziierten schwefelsauren Kaliums anzuknüpfen, und das Natrium des Kochsalzes rächt sich dafür in gleicher Weise mit der Schwefelsäure des schwefelsauren Kaliums. Wird nun der gemischten Lösung durch Verdunsten Wasser entzogen, so werden die dissoziierten Anteile des Salz-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gemenges immer kleiner, die Beziehungen bleiben aber bestehen, sie werden im Gegenteile immer fester. Das Chlor ist gleichmäßig an Natrium und Kalium gekettet, unschlüssig, wem es sich endlich zuwenden soll, und ebenso geht es der Schwefelsäure. Die endgültige Entscheidung erfolgt erst, wenn ein äußerer Anstoß gegeben ist. Wenn z. B. die Wassermenge so gering geworden ist, daß sie nicht mehr die ganze Schwefelsäure samt der entsprechenden Natriummenge als schwefelsaures Natrium in Lösung halten kann, dann muß eben ein Teil dieser Stoffe hinaus, dieser Teil des Natriums muß seine Beziehungen zum Chlor lösen, der entsprechende Anteil der Schwefelsäure muß vom Kalium Abschied nehmen, dagegen werden die Bande zwischen Natrium und Schwefelsäure endgültig dadurch befestigt, daß sich beide Stoffe zu festem Glaubersalz verbunden aus der Lösung ausscheiden.

Erfolgt der Anstoß in anderem Sinne, wie z. B. in der Siedehitze, dann müssen die Beziehungen des Natriums zur Schwefelsäure abgebrochen werden, während die des Natriums zum Chlor endgültig dadurch besiegelt werden, daß sich Chlornatrium in fester Form ausscheidet.

Werden nun aber wie bei der Auflösung der Aschenbestandteile mehr als zwei Salze in Wasser gelöst, so dissoziieren alle Salze, jede Säure tritt mit allen Metallen in Beziehungen und von den ursprünglich aufgelösten Salzen ist wohl keines mehr vorhanden. Erst wenn die Bedingungen zur Ausscheidung einer der vielen möglichen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Kombinationen gegeben sind, dann bildet sich eben diese Kombination und scheidet sich aus.

Dies sind die Gründe, warum die Form, in welcher die Resultate der Analyse der Asche der menschlichen Flüssigkeit (Hydramnios) aufgestellt worden sind, als unwissenschaftlich bezeichnet werden muß. Soll der Theorie der Lösungen Rechnung getragen werden, dann dürfen nicht die einzelnen Bestandteile der Asche willkürlich zu Salzen gruppiert, sondern müssen in Form der Ionen angeführt werden. Die darnach korrigierte Tabelle würde folgendermaßen aussehen:

100 *g* Asche enthalten

Kationen:		Anionen:	
Kalium *(K)*	1·74 *g*	Schwefelsäurerest *(SO_4)*	1·54 *g*
Natrium *(Na)*	37·26 *g*	Chlor *(Cl)*	47·07 *g*
Calcium *(Ca)*	0·94 *g*	Phosphorsäurerest *(PO_4)*	1·67 *g*
Magnesium *(Mg)*	0·24 *g*	Kohlensäurerest *(CO_3)*	9·54 *g*
Eisen *(Fe)* in Spuren			

Diese Tabelle gibt nun ein getreues Bild der gelösten Stoffe, welche in der Flüssigkeit enthalten sind, die durch Auflösen der Asche erhalten wird. Unter den Kationen befinden sich nur Metalle, denn nur diese wandern bei der Einwirkung des elektrischen Stromes auf eine Salzlösung an die Kathode, unter den Anionen sind aus analogem Grunde nur Säurereste angeführt; auch das Chlor ist ein Säurerest, und zwar der Rest der Chlorwasserstoffsäure, im gewöhnlichen Leben Salzsäure genannt. Die Mengen der Anionen stehen in ganz be-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

stimmten Beziehungen zu den Mengen der Kationen. Welche Beziehungen das sind, soll hier nicht weiter erörtert werden; nur das sei erwähnt, daß von reinen Salzen nur die Rede sein kann, wenn diese Beziehungen eingehalten werden. Würde die Menge der Anionen über das gestattete Verhältnis hinausgehen, dann würde das Salzgemenge nebstbei die Eigenschaften einer Säure annehmen; würden umgekehrt die Kationen überwiegen, dann würde das Salzgemenge basische (alkalische) Eigenschaften annehmen.

Eingangs wurde schon erwähnt, daß die Asche nicht der genaue Ausdruck der unorganischen Salze ist, welche in den menschlichen Organen gelöst enthalten sind. Es sei nun versucht, diese Korrekturen hier einzuführen, zwar nicht zahlenmäßig, sondern nur in großen Umrissen. Dabei muß aber immer der Grundsatz festgehalten werden, daß die eben erwähnten Beziehungen zwischen den Mengen der Anionen und Kationen aufrecht bleiben müssen. Basische Eigenschaften sowie auch saure würden die biologischen Funktionen des Salzgemenges unmöglich machen, ein solcher Organismus wäre nicht lebensfähig, von einer einzigen Ausnahme abgesehen, auf die später eingegangen werden wird. Wird also bei der Anbringung dieser Korrekturen erkannt, daß die Menge eines Anions im Organe geringer ist als in der Asche, oder kommt ein neues Kation hinzu, dann muß die Menge eines anderen Anions größer sein; kommt ein neues Anion hinzu, dann muß die Menge eines anderen Anions kleiner sein.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Zunächst wurde schon erwähnt, daß die Mengen des Phosphorsäure- und Schwefelsäureions zu hoch sind und daß in die Reihe der Kationen das Ammonium (NH_4) eingeführt werden muß, welches beim Verbrennen der Organe verloren geht. Das Ammonium ist kein Element, sondern eine chemische Verbindung von Stickstoff mit Wasserstoff; diese Verbindung zeigt aber in allem und jedem die Eigenschaften eines Metalles, etwa wie Kalium oder Natrium.

Ferner sind in den Organen die Salze mehrerer organischer Säuren enthalten, der Essigsäure, der Milchsäure, der Oxalsäure, der sogenannten Fettsäuren (Palmitinsäure, Stearinsäure, Ölsäure), der Gallensäuren usw., jedoch alle nur in sehr geringer Menge; obwohl diese nicht unorganisch genannt werden können, müssen sie doch hier mit in Betracht gezogen werden, weil sie mit an dem Aufbau des Salzgemenges sich beteiligen. Beim Verbrennen der Organe werden diese organischen Salze zu kohlensauren Salzen und befinden sich als solche in der Asche.

Nun entsteht die Frage, welches Anion den Ausgleich besorgt, damit die notwendigen Beziehungen zwischen den Mengen der Anionen und Kationen aufrecht bleiben. Die Beantwortung dieser Frage kann gleich mit der Lösung einer anderen biologisch wichtigen Frage verknüpft werden, welche lautet: Wie schützt sich der Organismus vor den Schädlichkeiten, die durch Einführung von Säuren verursacht werden?

Wir nehmen ja mit unserer Nahrung ganz nennenswerte Mengen von Säuren ein, wie z. B. Essigsäure mit

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

dem Speiseessig, Milchsäure mit saurer Milch, Sauerkraut, Salzgurken u. dgl. und noch manche andere Säuren, ferner werden im Verlaufe der Stoffwechselvorgänge Säuren gebildet, deren Menge bei manchen Krankheiten, wie z. B. bei der Zuckerharnruhr eine beträchtliche Höhe erreichen kann (Acetessigsäure, Oxybuttersäure, Milchsäure).

Eine Antwort auf die gestellte Frage scheint ein einfaches Experiment zu geben.

In den Organen ist, wie schon erwähnt, kohlensaures Natrium enthalten. Setzt man zu einer Lösung von kohlensaurem Natrium eine Säure zu, so verliert sie ihre sauren Eigenschaften, die Flüssigkeit braust auf und es entweicht ein Gas, das im gewöhnlichen Leben Kohlensäure genannt wird. Auf chemischem Wege kann man dieses Gas als „Kohlensäure" erkennen, wenn man es in klares Kalkwasser leitet, welches dadurch getrübt wird. Der Vorgang läßt sich durch folgende Gleichung versinnlichen:

Kohlensaures Natrium + Essigsäure = essigsaures Natrium + Kohlensäure

$$Na_2\,CO_3 + 2\,C_2\,H_4\,O_2 = 2\,C_2\,H_3\,Na\,O_2 + H_2\,CO_3$$

Die hier entstandene Kohlensäure zerlegt sich sofort zum weitaus größten Teile in Wasser und Kohlendioxyd (Kohlensäureanhydrid), ein Gas, welches fälschlich im gewöhnlichen Leben Kohlensäure genannt wird:

$$H_2\,CO_3 = H_2\,O + CO_2;$$

das Gas entweicht und die Essigsäure scheint unschädlich gemacht zu sein. So einfach liegt aber die Sache nicht,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

zudem ist durch diesen Vorgang zwar die Essigsäure vorläufig unschädlich gemacht, dafür ist aber auch ein Teil des für das Leben so wichtigen kohlensauren Natriums zerstört.

Zweifellos findet dieser Vorgang statt. Die Natur arbeitet aber weiter und mit noch anderen Mitteln.

Wie bekannt sein dürfte, finden im menschlichen Körper fortwährend langsame Verbrennungen organischer Stoffe statt und so wird auch das aus der Essigsäure entstandene essigsaure Salz zu kohlensaurem Salz und der ursprüngliche Zustand ist wieder hergestellt.

Im allgemeinen liefern die aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehenden organischen Substanzen bei diesen langsamen Verbrennungen Kohlendioxyd und Wasser, die Eiweißstoffe, welche außerdem noch Stickstoff als Hauptbestandteil enthalten, liefern außer Kohlendioxyd und Wasser als Verbrennungsprodukt des Stickstoffes zunächst Ammoniak. Das so entstandene Kohlendioxyd kann jederzeit durch Aufnahme von Wasser in Kohlensäure übergehen, die zur Bildung kohlensaurer Salze verwendet werden kann, das Ammoniak kann sich mit Säuren zu Salzen verbinden, z. B.:

$$\text{Ammoniak} + \text{Salzsäure} = \text{Chlorammonium}$$
$$NH_3 + HCl = NH_4\,Cl$$

und wird dadurch zum Kation: „Ammonium“ (NH_4). So hat der Organismus jederzeit zwei Stoffe bereit, von denen einer, das Kohlendioxyd, einen Mangel an Anionen decken kann, während der andere, das Am-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

moniak, bei den Kationen zur Aushilfe herangezogen werden kann.

Gelangt nun eine Säure, z. B. in unserem Falle die Essigsäure, in das Salzgemenge, so erscheint das Gleichgewicht zugunsten der Anionen gestört, es ist aber sofort wieder hergestellt, wenn die entsprechende Menge Ammoniak als das Kation Ammonium in das Salzgemenge eintritt. Direkte Untersuchungen haben gelehrt, daß dieser Vorgang auch tatsächlich stattfindet; denn bei Einverleibung von Säuren nimmt die Menge der Ammoniumverbindungen in den Organen und Säften zu.

Was geschieht aber mit den übrigbleibenden Mengen von Ammoniak und Kohlendioxyd, welche nicht zur Salzbildung verwendet werden?

Dabei muß zunächst festgehalten werden, daß die Mengen von Ammoniak, die dem Organismus verfügbar sind, bedeutend kleiner sind als die Mengen des Kohlendioxyds. Es kann also immer aus diesem Kohlendioxyd soviel Kohlensäure entstehen, daß das gesamte Ammoniak zu kohlensaurem Ammonium gebunden wird. Nun findet sich im menschlichen Harne in reichlicher Menge ein mit dem kohlensauren Ammonium nahe verwandter Stoff, der Harnstoff. Harnstoff kann leicht in kohlensaures Ammonium übergehen, wobei nur Wasser aufgenommen wird; das Umgekehrte, die Umwandlung von kohlensaurem Ammonium in Harnstoff ist der Chemie auch nicht unmöglich, aber etwas schwieriger. Die Natur vollzieht aber diese Umwandlung von kohlensaurem Ammonium in Harnstoff, nur wissen wir noch nicht mit

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Sicherheit, wie. So ist der Überschuß des Ammoniaks und ein Teil des Kohlendioxyds weggeschafft und zu einer indifferenten Substanz, dem Harnstoff geworden, welcher mit einem Salze, Anion und Kation u. dgl. m., nichts mehr zu tun hat. Der Harnstoff wird dann mit dem Harne aus dem Körper entfernt.

Es bleibt nur noch der allerdings beträchtliche Rest des Kohlendioxyds zu entfernen. Wie das geschehen kann, darüber geben einige Versuche Aufschluß.

Die Lösung von kohlensaurem Natrium in Wasser ist durch eine auffallende Reaktion ausgezeichnet: Fügt man nämlich zu dieser Lösung einen Tropfen einer alkoholischen Lösung von Phenolphtaleïn, so färbt sie sich prächtig rot.

Leitet man hingegen in die wäßrige Lösung von kohlensaurem Natrium Kohlendioxyd ein, so wird dieses aufgenommen. Versucht man nun, wenn die Lösung kein Kohlendioxyd mehr aufzunehmen vermag, wieder die Reaktion mit Phenolphtaleïn, so bleibt sie vollkommen farblos.

Es hat sich also ein neues Salz gebildet, das man auch aus der Lösung gewinnen kann und das sich von dem kohlensauren Natrium, welches in großen Kristallen kristallisiert (Sodakristalle) und in Wasser leicht löslich ist, vor allem dadurch unterscheidet, daß es nur als ein aus winzigen Kriställchen bestehendes Pulver gewonnen wird, das sich in Wasser viel schwerer auflöst. Chemisch unterscheidet sich dieses Salz von dem kohlensauren Natrium dadurch, daß es doppelt so viel Kohlensäure

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

enthält als dieses, es heißt daher auch doppeltkohlensaures Natrium. Durch diesen Mehrgehalt an dem Anion der Kohlensäure ist das Gleichgewicht zwischen Anion und Kation, welches für das Bestehen eines reinen, sogenannten neutralen Salzes notwendig ist, gestört, das Salz muß also, wie schon erörtert, nebstbei die Eigenschaften einer Säure annehmen. Diesen Anschauungen entsprechend ist der moderne Name des Salzes: saures kohlensaures Natrium.

Das saure kohlensaure Natrium ist aber nur eine äußerst schwache Säure, viel schwächer als die sauren Salze anderer Säuren. Es schmeckt nicht einmal so wie diese sauer, sondern eher laugenhaft.

In der wäßrigen Lösung ist das saure kohlensaure Natrium äußerst leicht zersetzlich. Erhitzt man eine solche Lösung, so entbindet sie ein Gas, welches man durch Einleiten in Kalkwasser an dessen Trübung leicht als Kohlendioxyd erkennen kann, und in der Lösung bleibt kohlensaures Natrium zurück, leicht kenntlich an der Reaktion gegen Phenolphtaleïn. Dieselbe Zersetzung erfolgt, wenn man die Lösung unter verminderten Luftdruck bringt oder wenn man sie mit Luft schüttelt, ja selbst wenn man sie nur ruhig an der Luft stehen läßt.

Auf Grund aller dieser Erscheinungen ist nun der Weg leicht gefunden, auf welchem sich der Organismus derjenigen Menge von Kohlendioxyd entledigt, welche er nicht für andere Zwecke benötigt. Dieses Kohlendioxyd wird von dem kohlensauren Natrium der Organe zu saurem kohlensauren Natrium gebunden, die sauren

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Eigenschaften dieses Salzes schaden nicht, weil es ja nur eine äußerst schwache Säure ist; das saure kohlensaure Natrium gelangt gelöst ins Blut, wird durch dieses in die Lungen geführt, kommt dort mit Luft ausgiebig in Berührung, zersetzt sich infolgedessen und gibt das Kohlendioxyd an die Atemluft ab, während das zurückbleibende kohlensaure Natrium durch den Blutstrom den Organen wieder zurückerstattet wird.

Einen ähnlichen Weg wie der Kohlenstoff der organischen Stoffe, welche der Zersetzung im Organismus anheimfallen, machen der Schwefel und der Phosphor, welche in geringer Menge in den Eiweißstoffen enthalten sind. So wie bei der Einäscherung dieser Eiweißstoffe, ebenso werden bei der langsamen Verbrennung dieser Stoffe, wie sie im Organismus stattfindet, aus dem Schwefel und Phosphor Schwefelsäure, beziehungsweise Phosphorsäure. Beide werden zu Salzen gebunden durch den Harn entfernt.

Es gibt viele Stoffe, darunter auch so manche für den Haushalt des Lebewesens sehr wichtige, welche in reinem Wasser sich nicht auflösen, während sie in verdünnter Salzlösung löslich sind. Dahin gehört eine Gruppe von Eiweißstoffen, welche Globuline heißen und welche im Blute und in allen Organen ihre Vertreter finden lassen. Dem Salzgemenge der Organe und Säfte fällt also unter anderem auch die Aufgabe zu, die Globuline in Lösung zu halten.

Wieder viele andere Stoffe saurer Natur, wie z. B. die Fettsäuren, die Gallensäuren, auch gewisse Eiweiß-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

stoffe, darunter der Käsestoff der Milch, die sogenannten Nucleoalbumine usw. sind in Wasser unlöslich, wohl aber sind die Salze, welche diese sauren Stoffe mit dem Kalium und dem Natrium bilden, in Wasser löslich. Wie an dem Beispiele der Essigsäure gezeigt worden ist, kann das kohlensaure Natrium Säuren in die entsprechenden Natriumsalze verwandeln. Die Säfte des Organismus können daher auch wegen ihres Gehaltes an kohlensaurem Natrium Fettsäuren, Gallensäuren und die genannten sauren Eiweißstoffe in Natriumsalze überführen und dadurch auflösen.

Die Salze der Fettsäuren heißen gewöhnlich Seifen. Eine Seifenlösung ebenso wie eine Lösung von gallensauren Salzen vermag nun Fett aufzulösen sowie auch das Cholesterin, einen Stoff, welcher allenthalben im Organismus verbreitet ist, von beiden Stoffen allerdings nur geringe Mengen. Durch ihren Gehalt an Seifen und gallensauren Salzen sind also die menschlichen Säfte befähigt, geringe Mengen von Fett und Cholesterin aufzulösen, Stoffe, welche sonst von wäßrigen Flüssigkeiten nicht gelöst würden.

Und so gibt es noch eine ganze Reihe von Funktionen, welche dem Salzgemenge im Organismus zufallen, so daß man hier wohl nicht von etwas Totem sprechen kann. Das Salzgemenge lebt vielmehr mit so wie viele andere organische Stoffe.

Jetzt bleibt aber noch zu erklären, wieso es kommt, daß das Salzgemenge in allen Organen und Säften nahezu dieselbe Zusammensetzung hat, während doch im

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

übrigen die Zusammensetzung der Organe und Säfte sehr verschieden ist.

Zwei einfache Versuche vermitteln diese Erklärung. Bringt man in eine Schweinsblase oder in einen Beutel aus Pergamentpapier die Lösung von Salzen, wie sie sich im Salzgemenge des Organismus finden, und taucht man nun die Blase oder den Beutel in ein Gefäß mit reinem Wasser, doch so, daß von dem Inhalte der Blase oder des Beutels nichts in das Wasser fließen kann, so wird man trotzdem sehr bald in dem Wasser im Gefäße die aufgelösten Salze nachweisen können. Die Salze haben also die Schweinsblase, beziehungsweise das Pergamentpapier durchwandert. Man nennt diese Erscheinung Dialyse und sagt: Die Salze dialysieren durch tierische Membranen und Pergamentpapier.

Wiederholt man diesen Versuch statt mit einer Salzlösung mit einer Eiweißlösung, so kann man, selbst wenn der Beutel tagelang in Wasser eintaucht, in diesem Außenwasser nicht die geringste Spur von Eiweiß nachweisen. Die Eiweißstoffe dialysieren also nicht.

Nun besteht der ganze menschliche Körper aus einem sehr komplizierten, durch solche Membranen und Häute gebildeten Fächerwerk. Das Salzgemenge kann dieses Fächerwerk allenthalben durchwandern, während viele andere Stoffe, hauptsächlich die eiweißartigen schön zurückbleiben müssen. Sollte durch irgendeine Ursache an einer Stelle des menschlichen Körpers das Salzgemenge seine Zusammensetzung oder seine Konzentration ändern, so wird diese Änderung bald wieder vermöge der Dialyse

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ausgeglichen sein. Es entsteht so ein Säftestrom, welcher bei Organismen, die nicht über ein pulsierendes Herz verfügen, noch eine weit größere Rolle spielt.

Wir scheiden in unserem Harne alltäglich ganz beträchtliche Mengen unorganischer Salze aus. Die müssen natürlich dem Organismus wieder ersetzt werden. Alle unsere Nahrungsmittel, das Fleisch, die Gemüse, die Zerealien, noch dazu das Wasser enthalten aber soviel von diesen Salzen, daß unser Leib nicht in Verlegenheit kommt, sondern vielmehr bei einem Gesamtgehalte von etwa 500—600 *g* unorganischer Salze, die Knochen und Zähne abgerechnet, rund 30 *g* unorganischer Salze täglich im Harne ausscheidet. Sollte einmal die Zufuhr nicht genügen, dann wird eben der Harn weniger ausscheiden, wie man auch beobachtet hat, und unser Appetit wird uns unweigerlich mahnen, unseren Speisen mehr Kochsalz zuzusetzen, das ja auch den Hauptbestandteil des löslichen Salzgemenges unseres Körpers ausmacht.

ZOBODAT - 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: 1908

Band/Volume: 48

Autor(en)/Author(s): Panzer Theodor

Artikel/Article: Die Rolle der unorganischen Salze im tierischen Organismus. 187-213