

## XVII.

### Ueber die Wirkung der Kaliumsalze.

Von

Prof. Dr. R. Buchheim.

Die vielfache Aehnlichkeit, welche zwischen den Kalium- und Natriumsalzen besteht, hatte früher allgemein zu der Annahme geführt, dass beiderlei Salze für den thierischen Körper wesentlich dieselbe Bedeutung hätten und sich gegenseitig ersetzen könnten. Wenn auch Blake schon 1839 die giftige Wirkung in das Blut injicirter Kaliumsalze kannte und C. Schmidt schon 1850 auf die ungleiche Vertheilung der Alkalien im Blute aufmerksam machte, so waren diese Beobachtungen doch nicht im Stande, jene so lange und fest eingewurzelte Ansicht zu erschüttern. Erst als Grandeau seine unter Bernard's Leitung angestellten Versuche veröffentlichte\*), fing man an, dieser Frage mehr Aufmerksamkeit zuzuwenden. Nachdem Traube\*\*) die Angaben Grandeau's für den Salpeter bestätigt hatte, erschienen rasch nach einander die Untersuchungen von Guttmann\*\*\*) und von Podcopaew.†) Durch diese Forscher, namentlich den ersteren, wurden die Erscheinungen, welche durch die plötzliche Einführung von Kaliumsalzen in das Blut bei verschiedenen Thierklassen hervorgerufen werden, so vollständig geschildert, dass durch die zahlreichen späteren Versuche keine neuen, von ihnen unberücksichtigt gelassenen Symptome hinzugefügt werden konnten. So scheint es denn an der Zeit, dass wir uns bemühen, das Bild, welches die bisherigen Beobachter vor uns aufgerollt haben, nun auch verstehen zu lernen.

---

\*) Journ. de l'anat. et de la physiol. Vol. I. p. 378. Paris 1864.

\*\*) Gesammelte Beiträge zur Pathol. u. Physiol. Bd. I. S. 383.

\*\*\*) Berliner klin. Wochenschr. 1865 No. 34—36. — Arch. f. pathol. Anat. Bd. 35. S. 450.

†) Arch. f. pathol. Anat. Bd. 33. S. 505.

Bekanntlich unterscheiden sich die Kaliumsalze von den entsprechenden Natriumverbindungen durch ein grösseres Diffusionsvermögen, welches jedoch durch die in ihnen enthaltene Säure modificirt wird. Das grösste Diffusionsvermögen kommt, so viel wir bis jetzt wissen, dem oxalsauren und salpetersauren Kalium zu. Diesem folgen in absteigender Reihe das Chlorkalium, Bromkalium und Jodkalium, während schwefelsaures, phosphorsaures und doppelt kohlensaures Kalium ungleich langsamer diffundiren.

Fassen wir zunächst das Verhalten der obigen Stoffe im Darmkanale ins Auge, so lassen sich dieselben in zwei Gruppen theilen. Zu der einen gehören die am leichtesten diffusibeln Kaliumsalze. Gelangen diese in grossen Mengen in den Magen, so rufen sie hier ein Schmerzgefühl, selbst Erbrechen hervor, und bei Thieren findet man bei der Section die Magenschleimhaut geröthet und mit Ekchymosen besetzt. Diarrhöe tritt nach dem Einnehmen dieser Salze gewöhnlich nicht ein. Diese „Gastritis toxica“ ist eine reine Diffusionserscheinung. Kommt die concentrirte Lösung eines leicht diffusibeln Salzes mit einer gefässreichen lebenden thierischen Membran in Berührung, so wird durch die Intensität des eintretenden Diffusionsstromes der arterielle Druck in den Capillaren überwunden.\*) Während Blutflüssigkeit gegen eine ungleich geringere Menge der Salzlösung eingetauscht wird, häufen sich die Blutkörperchen in den Capillaren in dem Maasse an, dass selbst ein Austritt derselben stattfinden kann. Diese Veränderung der Magenschleimhaut bleibt natürlich für die Function derselben nicht gleichgültig und wir sehen daher unter solchen Umständen die gleichen Erscheinungen eintreten, wie bei jeder anderen Entzündung der Magenschleimhaut. Da das Zustandekommen dieser Entzündung von der Stärke des Diffusionsstromes abhängig ist, so erscheint es leicht verständlich, dass zahlreiche Momente, z. B. Anfüllung des Magens, starke Verdünnung der Salzlösung u. s. w., dieselbe verhindern können. So wurden bei gefülltem Magen bisweilen sehr erhebliche Mengen von Salpeter ohne grösseren Nachtheil ertragen, während im nüchternen Zustande schon weit geringere Dosen intensive Entzündungserscheinungen hervorriefen. Ueberhaupt sieht man jene „Gastritis toxica“ vorzugsweise beim oxalsauren und salpetersauren Kalium auftreten, während sie beim Chlorkalium und Bromkalium nur unter besonders günstigen Umständen zu Stande kommt. Ist die Intensität des Diffusions-

\*) Vgl. Buchheim, Ueber die Bedeutung des Diffusionsvermögens für die entzündungserregende Wirkung einiger Stoffe, in Vierordt's Arch. f. physiol. Heilk. 1855. S. 230.

stromes nicht so gross, dass dadurch der Blutlauf in den Capillaren der Magenschleimhaut gestört wird, so treten auch keine krankhaften Erscheinungen ein, vielmehr gehen die Salze schon im Magen zum grössten Theile in das Blut über, so dass nur eine geringe Menge derselben in den Dünndarm gelangt, welche dort ebenfalls bald resorbirt wird.

Zu der zweiten Gruppe haben wir die weniger leicht diffusiblen Kaliumsalze zu rechnen. Da bei ihnen der Uebergang in das Blut langsamer erfolgt, so gelangt eine grössere Menge derselben in den Dünndarm und wirkt hier wie die Stoffe aus der Glaubersalzgruppe. In Folge der beschleunigten peristaltischen Bewegung wird die Salzlösung rasch in den unteren Theil des Darmkanals hinabgeführt und endlich entleert, ehe noch die ganze Salzmenge zur Resorption gelangt. Den Uebergang von der ersten zu der zweiten Gruppe scheint das schwefelsaure Kalium zu bilden, über welches bis jetzt noch wenig genaue Versuche angestellt sind. Nach den Angaben älterer Aerzte kann dasselbe, in grossen Dosen eingenommen, eine Affection der Magenschleimhaut hervorrufen, was die übrigen Stoffe der Glaubersalzgruppe nicht thun. Bunge\*) fand nach dem Einnehmen von 16 Grm. schwefelsauren Kaliums, welches stark abführend wirkte, etwa 62 % des eingenommenen Kaliums im Harn wieder. Der Rest wurde also mit den Fäces entleert. Von dem phosphorsauren Kalium, welches ebenfalls abführend wirkte, fand Bunge etwa 57 % im Harn wieder. Nach einer grösseren Dosis würde er noch weniger wiedergefunden haben. Das einfach kohlensaure Kalium wirkt auf Mund und Magen durch seine Alkalesceenz und macht so das Einnehmen grösserer Mengen unthunlich. Durch die im Magen vorhandene freie Kohlensäure wird es aber bald in doppeltkohlensaures Salz umgewandelt und verhält sich daher im weiteren Verlaufe des Darmkanals wie dieses. Das doppeltkohlensaure Kalium zeigt eine etwas schwächer abführende Wirkung, als die oben genannten Salze. Dieselbe tritt nur bei Personen mit empfindlicher Darm-schleimhaut ein. Da viele pflanzensaure Salze schon im Darmkanale in doppeltkohlensaure Salze verwandelt werden, so gilt das eben Gesagte auch von ihnen. Bei Bunge wirkte eine Quantität citronensauren Kaliums, welche 18,24 Grm. Kali's entsprach, nicht abführend, während dieselbe Quantität bei vielen anderen Personen Diarrhöe hervorgerufen haben würde. Aus diesem Grunde konnte

---

\*) Ueber die Bedeutung des Kochsalzes und das Verhalten der Kalisalze im menschlichen Organismus. Zeitschr f. Biologie. Bd. IX. S. 104.

Bunge auch etwa 81 % des eingenommenen Kaliums im Harn wiederfinden. Da sich die Empfindlichkeit der Darmschleimhaut nicht bei jedem Individuum im Voraus bestimmen lässt, so sind auch die pflanzensauren Alkalien, z. B. Seignettesalz, Weinstein u. s. w. sehr unzuverlässige Abführmittel.

So sind wir im Stande, alle Erscheinungen, welche durch die gewöhnlich vorkommenden Kaliumsalze im Darmkanale hervorgerufen werden, auf eine einzige wirksame Eigenschaft derselben, nämlich auf ihr Diffusionsvermögen, zurückzuführen. Aber auch für ihr übriges Verhalten ist dasselbe von grosser Bedeutung. Fassen wir alle bisher über die Resorption der Alkalisalze im menschlichen Darmkanale angestellten Untersuchungen zusammen, so ergibt sich, dass dieselbe ihrem Diffusionsvermögen entspricht. \*) Durch das Diffusionsvermögen \*\*) wird sowohl die Zufuhr der Alkalien zu dem Blute als auch zum Theil die Ausscheidung aus demselben bedingt. Daher kommt es auch, dass, trotz des ungleichen Gehaltes unserer Nahrungsmittel an Alkalien, die Zufuhr von Kaliumsalzen zu dem Blute gewisse Grenzen nicht übersteigt. Oxalsaures und salpetersaures Kalium, sowie Chlorkalium sind in unseren Nahrungsmitteln immer nur in sehr geringen Mengen enthalten und werden dem Darmkanale zugleich mit vielen anderen Stoffen zugeführt, wodurch ihre Resorption verzögert wird. Die übrigen Kaliumsalze aber gehen nur langsam und in beschränkter Menge in das Blut über. Eine der Gesundheit nachtheilige Aufnahme von Kaliumsalzen in das Blut kann daher nur dann stattfinden, wenn grosse Gaben von oxalsaurem oder salpetersaurem Kalium, von Chlor-, Brom-, vielleicht auch von Jodkalium in den wenig gefüllten Magen gebracht werden. Nur diese Stoffe lassen sich verwenden, um zu therapeutischen Zwecken einen Einfluss auf die Herz- oder Muskelthätigkeit auszuüben, die übrigen Kaliumsalze bleiben dagegen in dieser Hinsicht selbst in den grössten Dosen ohne Wirkung.

---

\*) Anders als die Alkalisalze verhalten sich die Calcium- und Magnesiumsalze. Die Resorption derselben folgt nicht dem Gesetze der Diffusion, sondern wird durch besondere, noch unbekannte Einrichtungen des Darmkanals bedingt. So vermag der menschliche Darmkanal nur sehr geringe Mengen selbst leicht diffusibler Calcium- und Magnesiumsalze zu resorbiren, ungleich mehr der Darmkanal der Pflanzenfresser und noch mehr der der Vögel. Eine Henne vermag im Laufe eines Tages ungleich mehr Calcium in ihr Blut aufzunehmen, als ein erwachsener Mensch.

\*\*) Wenn Forel (Hermann, Lehrb. d. experiment. Toxikologie. Berlin 1874 S. 179) bei seinen an Kaninchen angestellten Versuchen zu anderen Resultaten gekommen ist, so hat dies vielleicht in der Wahl der Versuchsthiere seinen Grund.

Die Beobachtung, dass im Blute grössere Mengen von Kochsalz enthalten sind, als im Harn und dass wir selbst durch sehr reichliches Wassertrinken dieses Kochsalz nicht aus dem Blute ausspülen können, hat die Physiologen zu der Annahme veranlasst, dass sich das Kochsalz des Blutes zum grossen Theile in einer moleculären Verbindung mit den eiweissartigen Stoffen befinde. Nach dieser Ansicht geht nur so viel Kochsalz in den Harn über, als nicht von den eiweissartigen Bestandtheilen des Blutes zurückgehalten wird. Nach den Untersuchungen von C. Schmidt finden sich in der Asche des Blutserums fast nur Natriumsalze, in der der Blutkörperchen fast nur Kaliumsalze. Wir dürfen daher wohl annehmen, dass die Kaliumsalze zu den organisirten Eiweissstoffen des Blutes in einer gleichen Beziehung stehen, wie die Natriumsalze zu den nicht organisirten. Kemmerich\*) fand im Blutserum eines Hundes, welchem Natriumverbindungen so viel als möglich entzogen, Kaliumsalze dagegen in reichlicher Menge gegeben worden waren, auf 96,39 Th. Kochsalz nur 3,61 Th. Chlorkalium, während der gleichzeitig gesammelte Harn auf 94,94 Th. Chlorkalium nur 5,06 Th. Kochsalz enthielt. Trotz der Entziehung des Kochsalzes und der reichlichen Zufuhr von Kaliumsalzen war das Blutserum nicht ärmer an jenem und nicht reicher an diesen geworden, als es im normalen Zustande ist. Die Eigenschaft, Kaliumsalze zu binden, scheint aber nicht blos den Blutkörperchen, sondern allen aus Eiweissstoffen aufgebauten Organen zuzukommen. Soweit die bisher angestellten Aschenanalysen erkennen lassen, enthält die Asche aller jener Organe Kaliumsalze in überwiegender Menge, also in einem anderen Verhältnisse als im Blute, von dem sie doch ernährt werden. Wir dürften kaum erheblich irren, wenn wir die geringen Mengen von Natriumsalzen, welche sich in der Asche verschiedener Organe vorfinden, nicht als Bestandtheile dieser ansehen, sondern von dem in ihnen zurückgebliebenen Blutplasma ableiten. Trotz des grossen Kaligehaltes des Gesamtkörpers ist die Menge der im Blutplasma circulirenden Kaliumsalze sehr gering, weil dieselben, so weit sie nicht von den festen Körpertheilen zurückgehalten werden, sehr rasch in den Harn übergehen. Es ist daher nicht so auffallend, wie es bei oberflächlicher Betrachtung erscheint, dass eine vorübergehende Vermehrung der Kaliumsalze des Blutplasma's, sei es durch Injection geringer Mengen in die Gefässe oder die Einführung grosser

\*) Untersuchungen über die physiologische Wirkung der Fleischbrühe, des Fleischextractes und der Kalisalze des Fleisches in Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. II. S. 85. 1869.

Mengen in den Magen sehr erhebliche Folgen nach sich ziehen kann.

Die wichtigsten durch die Kaliumsalze hervorgerufenen Erscheinungen sind bekanntlich: Verlangsamung des Herzschlags und endlicher Stillstand des Herzens in der Diastole. In Folge davon treten bei warmblütigen Thieren Erstickungserscheinungen ein. Bei Fröschen fehlen diese, doch zeigt sich bei ihnen Lähmung der willkürlichen Muskeln. Charakteristisch ist es, dass ein ausgeschnittener Froschmuskel, nur kurze Zeit in eine verdünnte Kaliumsalzlösung gelegt, seine Contractilität verliert, während er in einer Kochsalzlösung von gleicher Concentration dieselbe noch lange behält. Ranke u. A. nannten daher die Kaliumsalze Muskelgifte. Podcopaew\*) gelangte durch seine Versuche zu der Ueberzeugung, dass die Kaliumsalze keine specifische Wirkung auf das Herz ausüben, sondern dass sie bei Venenjectionen das Herz zuerst nur deshalb afficiren, weil es der erste, und überdies ein thätiger Muskel ist, den das mit Kalisalzen, welche eine Muskelparalyse bewirken, geschwängerte Blut auf seiner Bahn antrifft. Guttmann\*\*) hebt diesem Satze gegenüber hervor, dass durch die Kaliumsalze nicht blos die Muskeln, sondern auch gewisse Nervencentra gelähmt werden. Bei der grossen Aehnlichkeit, welche Muskeln und Nerven in Bezug auf ihre chemischen Bestandtheile zeigen, ist es von vornherein unwahrscheinlich, dass irgend ein Stoff auf die Muskeln wirken sollte, ohne gleichzeitig auf die Nerven verändernd einzuwirken. Andererseits ist schon vielfach der Nachweis geliefert worden, dass Stoffe, die man bis dahin für reine Nervengifte gehalten hatte, auch die Muskelsubstanz verändern. Wenn wir daher von einem Muskelgifte sprechen, so werden wir durch diese Bezeichnung nicht eine mögliche Einwirkung auch auf weitere Körpertheile ausschliessen dürfen. Wie gross aber bei der Vergiftung durch Kaliumsalze der Antheil ist, den die Nerven am Zustandekommen des Herzstillstandes haben, und welcher Antheil dabei der Veränderung der Muskeln zuzuschreiben ist, das lässt sich bei dem gegenwärtigen Standpunkte unserer Kenntnisse nicht entscheiden.

Ogleich die chemischen Untersuchungsmethoden bis zu einem früher nie geahnten Grade der Feinheit ausgebildet worden sind, so stehen wir doch der Chemie des Nervensystems fast ganz hoffnungslos gegenüber. Der Umstand, dass gerade die Stoffe, welche in den

---

\*) a. a. O. S 512.

\*\*) Arch. f. pathol. Anatomie. Bd. 35. S. 450.

Nerven in überwiegender Menge vorkommen, das Lecithin und Cerebrin, bei der Function derselben wahrscheinlich nur eine secundäre Rolle spielen, raubt uns fast jede Aussicht, die chemischen Vorgänge im Nervensystem auf experimentellem Wege kennen zu lernen. Eher schon dürfen wir hoffen, über den Chemismus der Muskeln klarere Vorstellungen zu erlangen. Und so scheinen auch die chemischen Veränderungen, welche die Muskeln durch gewisse Gifte erleiden, unserer Forschung eher zugänglich zu sein, als die gleichzeitig eintretenden Veränderungen in den Nerven. Vielleicht ohne Ausnahme werden wir annehmen dürfen, dass dieselbe wirk-same Eigenschaft, welche auf die Muskeln verändernd einwirkt, auch die Ursache für die Veränderung der Nerven abgebe. So werden uns die Muskelgifte den Weg zur Erforschung der Nervengifte bahnen.

Die Muskeln gehören zu den kaliumreichsten Körpertheilen. Die Asche der aus ihnen bereiteten Fleischbrühe enthält nach Keller 86 % Kaliumsalze. Kemmerich fand, dass bei mangelhafter Zufuhr dieser Salze mit der Nahrung die Muskelbildung ins Stocken kam. Wenn wir nun einerseits sehen, dass die Kaliumsalze für die Ernährung der Muskeln von grosser Bedeutung sind, andererseits aber durch ihre Einwirkung die Leistungsfähigkeit der Muskeln aufgehoben werden kann, so drängt sich uns die Vermuthung auf, dass diese beiden Functionen in Zusammenhang miteinander stehen mögen. Es würde demnach dieselbe Eigenschaft, welche die Kaliumsalze für die Muskeln unentbehrlich macht, im Uebermaasse denselben verderblich werden. Da nun aber durch die Kaliumsalze die Contractilität der Muskeln aufgehoben wird, ohne dass sich im Uebrigen eine Veränderung erkennen lässt, so werden wir dadurch zu der Annahme geführt, dass der Kaliumgehalt der Muskeln für die Contractilität derselben grosse Bedeutung habe. Wir können uns denken, die contractile Substanz der Muskeln sei eine moleculäre Verbindung gewisser eiweissartiger Stoffe mit Kaliumsalzen. Durch den Zutritt grösserer Mengen von Kaliumsalz würde dieselbe in ihrer Zusammensetzung geändert werden und in Folge davon ihre frühere Eigenschaft verlieren. Dieser Satz beansprucht zunächst nur den Werth einer Hypothese, doch steht er mit keiner der bis jetzt bekannten Thatsachen in Widerspruch. Derselbe scheint auch einer experimentellen Prüfung nicht unzugänglich zu sein. Durch eine solche würden wir einen erheblichen Schritt weiter gefördert werden. Haben wir erst von der Wirkung eines Muskelgiftes eine richtige Vorstellung, so werden wir auch durch vergleichende Untersuchungen mit anderen, ähnlichen Stoffen die Wirkung dieser genauer kennen

lernen. Auch dürfen wir hoffen, dass uns die Wirkung der Kaliumsalze auf die Muskeln ihr Verhalten gegen das Nervensystem erläutern werde.

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass schon eine geringe Störung in den Nerven- und Muskelapparaten des Herzens hinreicht, um die Thätigkeit desselben zu beeinträchtigen oder ganz unmöglich zu machen. Wir sehen daher, besonders bei warmblütigen Thieren, den Tod eintreten, ehe es noch zu einer tiefer gehenden Veränderung, zumal in den Muskeln kommt.

Giessen, den 24. October 1874.

---