

Zur Theorie und Behandlung der acuten Phosphorvergiftung.

Von

H. v. BAMBERGER.

(Vorgetragen in der Sitzung des Vereins praktischer Aerzte in Prag am 18. April 1866).



Mit der zunehmenden Anzahl der Fälle von Phosphorvergiftung hat die Frage nach der Wirkungsweise dieses Körpers auf den Organismus sowohl vom forensischen als vom klinischen Standpunkt ein hohes Interesse erhalten. Es war deshalb gewiss eine sehr verdienstliche Arbeit der sich die Herren Prof. *Leyden* und *Munk* unterzogen, indem sie in ihrem im verfloßenen Jahre erschienenen Werke über acute Phosphorvergiftung nicht nur das bisher in verschiedenen Zeitschriften zerstreute Beobachtungsmateriale sammelten und verwertheten, sondern durch zahlreiche eigene Versuche eine genauere Einsicht in die vielfach so dunklen und räthselhaften Erscheinungen der Phosphorwirkung zu gewinnen sich bestrebten. Die Schlussfolgerungen zu denen die Verfasser gelangten sind indess mehrfach angefochten worden und ich selbst muss gestehen, dass sich mir beim aufmerksamen Lesen dieser interessanten Arbeit manche Bedenken aufdrängten, die in mir den naturgemässen Wunsch erregten — zwar nicht die Frage in ihrer ganzen Ausdehnung — aber doch einige Seiten derselben, deren Feststellung mir von besonderer Wichtigkeit schien, durch eigene Beobachtungen so weit als möglich zu erforschen.

Ich habe mich demnach — manche Punkte von grossem Interesse, wie den Icterus und die nervösen Erscheinungen vor der Hand gänzlich

bei Seite lassend — nur auf 3 Fragen beschränkt, ohne indess das Verdienst in Anspruch nehmen zu können auch nur diese in erschöpfender Weise beantwortet zu haben. Ich würde vielmehr meine Aufgabe für gelöst erachten, wenn nur einige zweifelhafte Punkte festgestellt und Ausgangspunkte für weitere Forschungen gewonnen sind.

Diese Fragen sind folgende:

- 1) Ist die Wirkung des Phosphors in ihm selbst oder in einer seiner Oxydationsstufen zu suchen?
- 2) Lässt sich über die Ursache der acuten Fettdegeneration der Organe irgend ein Anhaltspunkt gewinnen?
- 3) Ist es möglich, ein verlässlicheres Antidot gegen Phosphorvergiftung zu ermitteln als diejenigen die bisher im Gebrauche sind?

Die Frage nach dem chemischen Verhalten des Phosphors im Organismus muss offenbar den Ausgangspunkt für alle weiteren Untersuchungen bilden. Es ist eben so unmöglich zu einer rationellen Erklärung der Symptome der Phosphorvergiftung als zu einer entsprechenden Behandlung zu gelangen, so lange dieser Cardinalpunkt nicht feststeht. Dass er aber in der That noch nicht feststeht, beweist die grosse Verschiedenheit der Ansichten die gerade so weit auseinandergehen als dies im Bereiche der chemischen Möglichkeit liegt. Denn während Einige in dem Phosphor als solchem den wirksamen Körper sehen, haben Andere die niederen Oxydationsstufen desselben, besonders die phosphorige Säure in Verdacht, während noch Andere die Phosphorsäure, ja manche sogar den Phosphorwasserstoff als die Ursache der Erscheinungen betrachten.

Die Annahme *Schuchart's*, dass der Phosphor durch Zersetzung des Wassers im Magen oder in den Gewebstheilen theils in phosphorige Säure theils in Phosphorwasserstoff übergehe und dass der letztere der eigentlich schädlich wirkende Körper sei, ist wohl diejenige welche am wenigsten Anhänger gefunden hat und die auch wohl die geringste chemische Wahrscheinlichkeit für sich hat. Wenn der Phosphor im Magen, bei Gegenwart von Wasser, Luft und gewissen Säuren Phosphorwasserstoff bilden soll, so ist nicht wohl abzusehen, warum dies nicht auch ausserhalb des Körpers geschehen sollte. Dass aber Phosphorwasserstoff in dieser Weise nicht erzeugt werden kann, ist bekannt und dürften sich die Bedingungen zur Entstehung dieses Körpers im Organismus kaum finden.

Dagegen hat die Ansicht, dass der Phosphor wegen seiner grossen Verwandtschaft zum Sauerstoff den er im Magen und oberen Theil des Darmkanals immer in grosser Menge findet, in einer oder der anderen Oxydationsstufe zur Resorption gelangt, a priori durchaus nichts Unwahrscheinliches. Etwas Anderes aber ist es ob sich daraus die Erscheinungen der Phosphorvergiftung erklären lassen, da die unterphosphorige, phosphorige und Phosphorsäure nur in concentrirtem Zustande oder in grösserer Menge nachtheilige Wirkungen zu äussern vermögen.

Die HH. *Leyden* und *Munk* haben über die Wirkung des Phosphors folgende Theorie aufgestellt: Die erste Wirkung des Phosphors im Magen oder Darmkanal ist eine anätzende. Sie beruht wahrscheinlich darauf, dass der Phosphor sich dort oxydirt und das sich bildende Oxydationsprodukt: die Phosphorsäure in statu nascenti mit den Geweben in Berührung, diesen Wasser entzieht und auf solche Weise ihre Zerstörung herbeiführt und so der directe Uebergang der Oxydationsprodukte in das Blut vermittelt wird. Und zwar ist es ausschliesslich die Phosphorsäure deren Uebergang in's Blut die allgemeinen Wirkungen der Phosphorvergiftung bedingt, indem sie eben an den corrodirtten Stellen in statu nascenti und in concentrirtem Zustande sich dem Blute beimischt und hier vorzugsweise durch Auflösung der Blutkörperchen schädlich wird. Die Veränderung des Blutes bedingt die Abnahme der Herzkraft und die nervösen Erscheinungen. Was die fettige Degeneration der Organe betrifft, so glauben die Verfasser, dass alle Substanzen welche die Blutkörperchen auflösen eine solche unter Umständen (?) bewirken. Durch eine grosse Reihe von Versuchen haben sich die HH. *Leyden* und *Munk* bemüht, den Beweis der Richtigkeit ihrer Ansicht vom positiven und negativen Standpunkt zu führen. Den Phosphor als solchen halten sie für ganz unwirksam, weil er sich in den Körpersäften nicht löst, Eiweiss- und Zuckerlösungen nicht verändert, die Blutkörperchen nicht alterirt und weil sie denselben niemals im Blute oder in den Organen nachzuweisen vermochten. Ebenso wenig ist nach ihrer Ansicht die phosphorige oder unterphosphorige Säure oder der Phosphorwasserstoff im Stande die charakteristischen Erscheinungen der Phosphorvergiftung hervorzurufen, indem Versuche mit diesen Körpern ganz andere Verhältnisse ergaben. Dagegen konnten sie durch Injection von Phosphorsäure in die Gefässe Erscheinungen hervorrufen die denen der Phosphorvergiftung ganz analog waren: Auflösung der Blutkörperchen, dunkles, dünnflüssiges Blut, Schwäche der Herzthätigkeit, Eechymosenbildung, Temperaturabnahme, Eiweisharn, nervöse Symptome u. s. f.

Man sieht leicht ein, dass der Ausgangspunkt dieser Argumentation nicht richtig ist. Es wird vor Allem eine Anätzung der Gastrointestinalschleimhaut vorausgesetzt um die Resorption der gebildeten Phosphorsäure in concentrirtem Zustande und deren weitere Wirkung auf das Blut zu erklären. Allein es ist eine nicht dem mindesten Zweifel unterliegende und durch zahlreiche Beobachtungen an Menschen und Thieren bestätigte Thatsache, dass die allgemeine toxische Wirkung des Phosphors ohne jede Spur von Corrosion erfolgen kann. In meinen eigenen Beobachtungen an Kaninchen fand sich bei mehr als einem Dutzend von Fällen niemals eine Ulceration — am häufigsten gar nichts, einige Male Hyperaemie besonders am Duodenum und 2 Mal haemorrhagische Flecke mit blutigem Inhalt — gleichwohl waren die charakteristischen Symptome, besonders die Fettdegeneration der Organe in allen Fällen in hohem Grade ausgeprägt. Fehlt aber die Corrosion, so kann die aus dem Phosphor gebildete Phosphorsäure auch nur in sehr verdünntem Zustande in das Blut gelangen und dann von einer schädlichen Wirkung derselben keine Rede sein. In meinen Versuchen fand sich der Magen der Kaninchen stets ganz prall mit consistenten Nahrungsstoffen angefüllt. In der Mitte derselben liessen sich in der Regel die gereichten Phosphorkügelchen noch auffinden und waren in den meisten Fällen mit der Magenwand gar nicht in unmittelbare Berührung gekommen. In dem mir eben zugekommenen „Offenen Sendschreiben an Dr. Husemann“, der in seiner Kritik gleichfalls diesen Punkt hervorhob, wiederholt Prof. *Munk*, der ja gleichfalls in mehreren seiner Versuche die Abwesenheit von Ulcerationen beobachtete, den Hinweis auf die Möglichkeit des Vorhandenseins punktförmiger Schorfe oder Ulcerationen ohne indess zu behaupten, dass er solche gefunden habe. Ich kann mit gutem Gewissen behaupten, dass in meinen Fällen auch solche nicht vorhanden waren, da ich stets danach mit grosser Aufmerksamkeit gesucht habe. Meiner individuellen Ueberzeugung nach würden übrigens auch ein paar punktförmige Schorfe für die Ansicht der HH. *Leyden* und *Munk* kaum etwas beweisen, denn ohne Zweifel könnte man eine bei weitem grössere Quantität Phosphorsäure als durch jene möglicherweise in das Gefässsystem gelangen kann, direct in das letztere ohne nachtheilige Folgen einbringen. Indess will ich hierauf kein weiteres Gewicht legen, sondern halte mich an die unbestreitbare Thatsache der Abwesenheit anatomischer Laesionen im Intestinaltractus.

Es ist demnach ganz unmöglich die Wirkung des Phosphors in dieser Weise zu erklären. Aber auch ganz abgesehen davon, in welcher Weise der Phosphor oder seine Verbindungen in die Blutmasse gelangen, halte ich die Annahme der HH. *Leyden* und *Munk*, dass die wesentliche

pathologische Function in einer Auflösung der Blutkörperchen beruhe, durchaus nicht für richtig. Ich habe in allen Fällen das Blut mit grosser Aufmerksamkeit untersucht, allein nicht nur fand ich an der Farbe desselben und der Beschaffenheit der Blutkörperchen, welches letztere übrigens die Genannten selbst hervorheben, durchaus nichts Abnormes, sondern die Gerinnung des den lebenden Thieren entnommenen Blutes erfolgte rasch und vollständig, und das ausgeschiedene Blutserum war von vollkommen klarer Beschaffenheit und hellgelber Farbe wie normales Blutserum. Deshalb will ich die Möglichkeit, dass man bei Phosphorvergiftung dunkles, schlecht gerinnendes Blut finden könne, keineswegs in Abrede stellen. — Warum sollten auch nicht, wenn das Leben lange genug besteht, derartige auffallende physicalische Veränderungen auftreten, wenn Organe die für die Zusammensetzung und Vertheilung des Blutes so wichtig sind wie Herz, Leber, Nieren und schliesslich die ganzen Ernährungsvorgänge in so tief greifender Weise verändert sind? Das dunkle, theerartige, nicht gerinnende Blut das in der Geschichte der Dyscrasieen eine so grosse Rolle spielt, das in derselben Weise bei Zuständen gefunden wird die mit einander nicht die entfernteste Aehnlichkeit haben, wird heutzutage wohl kaum mehr Jemand für die Ursache der dyscrasischen Processe halten, sondern vielmehr für die Folge einer Menge auf die Blutzusammensetzung influirender Krankheits-Factoren. In diesen Dingen liegt offenbar das Wesen der dyscrasischen Processe eben so wenig als die Ursache der Pneumonie oder Pleuritis in der Faserstoffvermehrung des Blutes. Die Häufigkeit der Ecchymosen, auf welche die Hrn. *Leyden* und *Munk* als Beweise für die Dissolution des Blutes und Auflösung der Blutkörperchen besonderen Werth legen, beweisen weder das eine noch das andere, weil sie durch die verschiedensten örtlichen*) und allgemeinen Vorgänge bedingt sein können; in letzterer Beziehung scheint für ihre Entstehung besonders die durch hochgradige Fettdegeneration bedingte Herabsetzung der Triebkraft des Herzens von Wichtigkeit; überdies vermisste ich sie in einer ziemlichen Anzahl von Fällen vollständig. Auch den Haematin- und Eiweisgehalt des Harns betrachten die Verfasser als Beweis für die Richtigkeit ihrer Ansicht. Ich selbst sah diese Erscheinung bei Kaninchen nie, sie könnte nur dann etwas für specifische Vorgänge im Blute beweisen, wenn

*) Aeusserst zahlreiche Ecchymosen in der Lunge und Pleura sah ich z. B. bei einem Kaninchen dem Phosphor in Oel gelöst durch einen Trichter eingegossen worden war, wobei wahrscheinlich etwas von der Lösung in die Lungen gelangte und der Tod schon nach ein paar Minuten erfolgte. Offenbar hatte der Phosphor hier als örtlicher Reiz heftige Hyperaemie und Gefässruptur bewirkt.

sie constant und schon in der ersten Periode der Krankheit vorhanden wäre, was aber nicht der Fall ist. Sonst beweist die Thatsache nur dasselbe wie die Gegenwart des dunklen schlecht gerinnenden Blutes; sie ist Folge der durch die Phosphorvergiftung gesetzten Krankheit des Organismus.

Bei Menschen die an Phosphorvergiftung zu Grunde gingen und bei Thieren wenn man den spontan erfolgenden Tod abwartet, wird man ohne allen Zweifel häufig oder vielleicht auch immer den oben erwähnten, übrigens an sich etwas zweideutigen Zeichen der Blutdissolution begegnen. Will man aber über die Verhältnisse des Blutes zu einigermaßen brauchbaren Resultaten gelangen, so muss die Untersuchung desselben zu einer Zeit vorgenommen werden wo zwar die krankmachende Wirkung des Phosphors bereits vorhanden ist, aber die Rückwirkung der erkrankten Organe auf das Blut sich auszubilden noch nicht hinreichend Zeit hatte. Sonst erfährt man nicht wie der Phosphor — sondern wie ein kranker Organismus, eine kranke Leber, kranke Nieren u. s. f. auf das Blut wirken. — Nachdem ich durch Versuche ermittelt hatte, dass Kaninchen, wenn man ihnen täglich ungefähr 10 Milligramme Phosphor in kleinen Kügelehen in den Magen bringt, gewöhnlich am 4. oder 5. Tag ohne andere besondere Erscheinungen als Mangel an Fresslust zu Grunde gehen, würde ihnen gewöhnlich am 3. Tage, nachdem sie gegen 50 Milligramme Phosphor erhalten hatten (der aber noch lange nicht alle resorbirt war) Blut aus einem grösseren Gefässe (Carotis, Vena cava, Pfortader) zu den später zu erwähnenden Zwecken entnommen. Farbe, Gerinnung, Serumausscheidung, microscopisches Verhalten zeigten, wie oben erwähnt, nicht das geringste Abnorme und verhielten sich ganz so wie das mehrfach zum Vergleiche benützte Blut gesunder Kaninchen. Allein Leber, Herz, Nieren zeigten die charakteristischen Veränderungen nicht nur deutlich, sondern mitunter schon in ganz eminentem Grade, besonders zeigte die Leber stets auch schon für das blosse Auge die exquisitesten Grade der Fettleber.

Auch aus dem Körper entleertes frisches Blut wird durch Phosphor in keiner wesentlichen Weise verändert. Bestreicht man die innere Fläche eines Uhrglases mit einer dünnen Lage Blut von verschiedenen Thieren und legt es auf ein anderes Uhrglas, welches Phosphorstückchen und etwas Wasser (um das Eintrocknen des Blutes zu verhindern) enthält, so zeigen auch nach stundenlanger Einwirkung die Blutkörperchen keine erkennbare Veränderung. — In dem Will-Fresenius'schen Kohlensäurebestimmungsapparat wurde das eine Fläschchen mit frischem defibrinirtem Rindsblut gefüllt, während das andere, Phosphorstückchen enthaltende in

einer Schale mit warmem Wasser stand, so dass reichliche Phosphordämpfe gebildet wurden welche mittelst eines Aspirators stundenlang durch das erste Fläschchen geleitet wurden. Allein es zeigte sich keine andere Veränderung als eine etwas hellere Färbung des Blutes, entweder bloss durch den Sauerstoff der Luft oder vielleicht auch durch das gebildete Ozon. Die Blutkörperchen verhielten sich ganz normal.

Dissolution des Blutes, Zerstörung der Blutkörperchen ist also bestimmt nicht als directe und unmittelbare Wirkung des Phosphors zu betrachten und ich halte die Feststellung dieser Thatsache für um so wichtiger als sie nach vor- und rückwärts zu bestimmten Schlüssen berechtigt. Und zwar zunächst zu dem Schlusse, dass die Wirkung des Phosphors nicht äquivalent ist der Wirkung der concentrirten Mineralsäuren die nach Corrosion der Gastrointestinalschleimhaut durch unmittelbaren Uebergang in das Blut allerdings eine Auflösung der Blutkörperchen bedingen können, noch auch analog dem Kohlenoxydgase das durch Verdrängung des Sauerstoffs der Blutkörperchen so auffallende macroscopische und spectroscopische Veränderungen hervorruft.

Da somit die giftige Wirkung des Phosphors mit der Aetzung der Digestionsschleimhaut in keinem nothwendigen Zusammenhange steht, da weder die Phosphorsäure noch PO_3 oder PO in diluirtem Zustande als giftige Körper zu bezeichnen sind, da überdies auch die Wirkungen des Phosphors andere sind als die der concentrirten Säuren, so lag schon von vornherein die grösste Wahrscheinlichkeit in der Richtung, dass der Phosphor selbst der schädlich wirkende Körper sei, denn wie auch *Husemann* ganz richtig bemerkt, haben die *HH. Leyden* und *Munk* ganz übersehen, dass der Phosphor sehr leicht in Dampfform resorbirt werden kann. In der That verdampft ja der Phosphor nicht nur in atmosphärischer Luft, sondern auch in andern Gasen und unter Wasser und die Temperatur des Körpers befördert natürlich die Verdampfung in beträchtlichem Grade. Indess war es den vielfachen und speciell auch von den *HH. Leyden* und *Munk* wiederholten Behauptungen gegenüber, dass sich Phosphor als solcher im Blute und den Geweben nicht nachweisen lasse, nothwendig dies durch directe Beobachtung zu ermitteln.

Da der Phosphor bei seiner ausserordentlichen Verwandtschaft zum Sauerstoff im Organismus gewiss nicht lange in unverbundenem Zustande bleibt, so wird es sich in der Mehrzahl der Fälle immer nur um ausserordentlich minime Mengen handeln können und es ist nothwendig sich einer Prüfungsmethode zu bedienen die es möglich macht, auch solche Spuren von Phosphor mit Sicherheit nachzuweisen. Ich glaube dass die von *Scherer* (*Lehrb. d. Chemie Wien 1861 p. 198*) angegebene Methode,

von deren ausserordentlicher Empfindlichkeit man sich leicht überzeugen kann, in dieser Beziehung und wegen ihrer leichten Ausführbarkeit wohl am meisten zu empfehlen ist und habe mich ihrer ausschliesslich bedient. Man bringt die auf Phosphor zu prüfende Flüssigkeit (Blut, Mageninhalt u. s. f.) in einen Kolben und überzeugt sich zunächst, dass sie frei von Schwefelwasserstoff ist (durch alcalische Nitroprussidnatriumlösung oder essigsäures Bleioxyd). Man hängt nun mittelst eines Korkstöpsels im Halse des Kolbens einen mit salpetersaurem Silberoxyd befeuchteten Papierstreifen frei in dem Bauche des Kolbens auf. Man stellt den Kolben (am besten bei Lichtabschluss) auf ein mässig (30—40°) erwärmtes Sand- oder Wasserbad. Sind auch nur die geringsten Spuren unoxydirten Phosphors in der Mischung, so werden die sich allmählig entwickelnden Phosphordämpfe auf dem weissen Papierstreifen eine deutliche Schwärzung durch Reduction des Silbersalzes bewirken. Kocht man dann nach eingetretener vollständiger Reaction den Papierstreifen, soweit er mit der Silberlösung bestrichen war, mit Wasser aus und fällt den etwa nicht zersetzten Theil des Silbersalzes mit Salzsäure, so kann nach abgeschiedenem Chlorsilber die Flüssigkeit im Wasserbade zur Trockne verdunstet werden und der hiebei verbleibende sauer reagirende Rückstand noch auf die gebildete Phosphorsäure geprüft werden.

Fresenius und *Neubauer* (Zeitschr. f. analyt. Chemie I. p. 341) fanden, dass bei der Einwirkung von Phosphordampf auf Silberlösung fast $\frac{2}{3}$ des Phosphors Phosphorsilber bilden, und nur $\frac{1}{3}$ sich zu Phosphorsäure oxydirt. Sie empfehlen daher, wie es auch von *Scherer* ursprünglich (Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 112. pag. 216) geschah, statt des blossen Auskochens des Papierstreifens das Behandeln desselben mit Königswasser. Ferner machen sie aber auch darauf aufmerksam, dass das Filtrirpapier fast immer Phosphorsäurespuren enthält, wodurch leicht eine Täuschung entstehen kann. Ich habe deshalb statt des Papiers mich eines Büschels von Asbestfäden bedient, der dann mit Salpetersäure ausgekocht wurde. Man hat dabei noch den Vortheil einer grösseren Berührungsfläche für die Phosphordämpfe. Die benützten Filterchen von schwedischem Papier wurden vorher mit Salzsäure vollständig ausgezogen. Zum Nachweis der Phosphorsäure bediente ich mich fast immer des molybdänsauren Ammoniak. Es war von *Scherer* selbst dargestellt und von absoluter Reinheit, denn das käufliche enthält bekanntlich fast immer Phosphorsäure.

Fresenius und *Neubauer* empfehlen zum Nachweise der minimsten Phosphormengen ein etwas complicirteres Verfahren das aus den Methoden von *Mitscherlich*, *Scherer* und *Dusard* zusammengesetzt ist. Die

Empfindlichkeit desselben ist so gross, dass 1 Milligramme Phosphor in 200000facher Verdünnung sich noch durch die intensiv grüne Farbe der Phosphorwasserstofflamme erkennen lässt. Ich hätte mich dieser vortrefflichen Methode jedenfalls bedient, wenn ich nicht schon durch die *Scherer'sche* die sich durch ihre grosse Einfachheit empfiehlt, positive Resultate erlangt hätte.

Ehe ich indess zu Versuchen an Thieren übergang, schien es mir nothwendig die Diffusionsverhältnisse des Phosphors durch thierische Membranen zu studiren. Die Versuche wurden in der gewöhnlichen Weise vorgenommen. Als trennende Membran wurde Rinds- oder Schweinsblase, oder Pericardium oder auch vegetabilisches Pergamentpapier benützt. Die innere Flüssigkeit enthielt Phosphor in kleinen Kügelchen. Dabei wurden die Versuche in der verschiedensten Weise abgeändert. Der innere den P. enthaltende Cylinder wurde halb mit Wasser, halb mit Luft, oder ganz mit Wasser gefüllt, oder das Wasser vollständig ausgekocht um die Luft auszutreiben. Die Reaction der äusseren und inneren Flüssigkeit wurde verändert, so dass die äussere schwach alcalisch, die innere schwach sauer gemacht wurde oder umgekehrt. Unter allen diesen Verhältnissen blieb das Resultat immer dasselbe: Die äussere Flüssigkeit begann nach einigen Stunden sich leicht milchig zu trüben, nahm einen leichten Phosphorgeruch an und gab nach etwa 24 Stunden mittelst der *Scherer'schen* Probe ganz unzweideutige Phosphorreaction. Es unterliegt demnach gar keinem Zweifel, dass Phosphor in Form von Phosphordampf durch thierische Membranen mit grosser Leichtigkeit hindurchgeht.*) Wurde nun die äussere Flüssigkeit — das Diffusat — auf Phosphorsäure geprüft, so gab sie direct nur in schwacher Weise, weit deutlicher wenn sie zuvor auf dem Wasserbade durch Eindampfen concentrirt wurde, stets ein positives Resultat. Somit hatte sich entweder ein Theil des durch die Membran gegangenen Phosphordampfs in der äusseren Flüssigkeit zu PO_5 oxydirt oder die letztere war schon in der inneren Flüssigkeit aus dem Phosphor entstanden und durch die Membran gegangen oder es konnte auch beides der Fall sein. Es schien mir von keinem besonderen Interesse dies weiter zu untersuchen. Thatsache ist es, dass Phosphor unter Wasser ausserordentlich schnell partiell zu PO_5 oxydirt wird, denn Wasser das über Phosphorkügelchen nur ein paar Stunden steht gibt stets Phosphorsäurereaction.

*) Erst nach Beendigung dieser Arbeit sah ich aus *Husemann's* Entgegnung an *Munk* (Deutsche Klinik 1866 Nr. 14. 15), dass diese Versuche kürzlich von *Vohl* mit demselben Erfolge gemacht worden waren.

Was dagegen die niederen Oxydationsstufen: phosphorige und unterphosphorige Säure betrifft, so gelang es mir nicht sie mit Sicherheit nachzuweisen, doch wohl nur darum weil dies bei Gegenwart von Phosphor als solchem überhaupt schwer möglich ist, indem die schärfsten Reactionen jener Säuren auch zugleich die des Phosphors sind (Reduction der Oxyde edler Metalle, Bildung von Phosphorwasserstoff bei Gegenwart von Zink und Schwefelsäure). Die Reaction mit Kalk- und Barytsalzen wird dagegen wieder durch die gleichzeitige Gegenwart der Phosphorsäure unsicher gemacht. Indess dürfte es kaum einem Zweifel unterliegen, dass auf dem Wege zur PO_5 auch diese Mittelstufen durchlaufen werden.

Wurde als äussere Flüssigkeit frisches defibrirtes Thierblut genommen, während die innere Wasser und Phosphorkügelchen enthielt, so war das Resultat dasselbe, indem auch hier das Blut in kurzer Zeit phosphorhaltig wurde und die Reduction des Silberoxyds eben so erfolgte wie bei Anwendung von Wasser. Auf Phosphorsäure wurde in diesem Falle, da sie im Blute ohnedies vorhanden ist, nicht untersucht.

Nach Feststellung dieser Thatsachen wurde zu Versuchen an Kaninchen geschritten. Mein verehrter College Prof. v. *Bezold* hatte die Güte mir nicht nur die Versuchsthiere zu liefern, sondern auch die nöthigen Vivisectionen vorzunehmen. Es war nicht mein Zweck die durch Phosphor bedingten Krankheitserscheinungen zu studiren, wozu auch wenig Gelegenheit gewesen wäre, denn ausser Abnahme der Fresslust konnte an den Thieren nichts besonderes bemerkt werden — auch Icterus fand sich niemals — ebenso wenig war es meine Aufgabe die schon vielfach beschriebenen anatomischen Veränderungen weiter zu verfolgen, ich könnte in dieser Beziehung nur bestätigen was schon so oft beobachtet wurde. Ueber den Zustand des Magens und Darmkanals habe ich schon früher das Nöthige erwähnt. Auf die von *Virchow* jüngst beschriebene Veränderung der Magendrüsen wurde von Prof. v. *Recklinghausen* in 2 Fällen untersucht, jedoch mit negativem Erfolge. Viel beträchtlicher als im Magen waren gewöhnlich die Veränderungen im Duodenum: Hyperaemie, Schwellung und Erweichung, öfters auch Ecchymosenbildung. Die fettige Degeneration der Leber, meist in enormem Grade, der Muskelfasern des Herzens, die Anfüllung der Harnkanälchen mit Fettmoleculen in sehr hohem Grade fand sich in allen Fällen. Die Malpighischen Körperchen verhielten sich normal. Auch an dem interstitiellen Bindegewebe der Nieren konnte ich keine wesentliche Veränderung erkennen und scheint mir der ganze Process durchaus nichts an sich zu haben was auf einen activen, entzündlichen Charakter hinweist.

Die eigentliche Aufgabe war die Gegenwart oder Abwesenheit des Phosphors im Blute nachzuweisen. Nach den oben gegebenen Diffusionsversuchen hatte ich nicht den mindesten Zweifel über dessen Gegenwart, trotzdem fielen die ersten Versuche negativ aus, bis ich auf gewisse Caustelen aufmerksam wurde, deren Beachtung unerlässlich ist. Denn da der Phosphor der sich ohne Zweifel sehr rasch oxydirt, sich als solcher im Blute nur in sehr geringen Quantitäten findet und bei der Berührung mit atmosphärischer Luft theils entweicht theils ebenfalls oxydirt wird, so kömmt alles darauf an dies zu verhindern. Dies geschah, indem das Blut unmittelbar aus dem vorher präparirten und unterbundenen Gefässe durch eine rechtwinklich gebogene dünne Glasröhre unter das Niveau einer concentrirten Lösung von $Mg\ SO_3$ oder $Na\ SO_3$ gebracht wurde, welche sich in dem zum Versuche bestimmten Kölbchen befand und zugleich den Zweck hatte, die Gerinnung des Blutes zu verhindern. Nachdem das in Silberlösung getauchte Asbestbüschel mit dem Korke aufgesetzt war, wurde der Kolben sogleich an einem dunklen Orte in ein Gefäss mit warmem Wasser gestellt und einige Stunden bei der Temperatur von $35-40^0$ erhalten. Nach einiger Zeit zeigte sich eine deutliche, wenn auch nur leichte Schwärzung an dem Asbest, der dann in der oben angegebenen Weise zum Nachweise der Phosphorsäure verwendet wurde. Die Reaction fiel immer nur so aus, dass eben noch mit Sicherheit die gelbliche Farbe des phosphormolybdänsauren Ammoniaks erkannt werden konnte. Vergleichende Versuche mit sehr kleinen Quantitäten Phosphor die wässrigen Flüssigkeiten zugesetzt und in derselben Weise behandelt wurden, gaben ebenfalls keine stärkere Reaction.

Auf diese Weise konnte mit Sicherheit die Gegenwart des Phosphors im Blute der Pfortader und in dem der Cava inferior jenseits der Einmündung der Lebervenen (in der Brusthöhle) nachgewiesen werden, dagegen gab das Blut der Carotis bei wiederholten Versuchen keine unzweifelhafte Reaction. Es scheint also, dass die Phosphordämpfe, wenn sie auch zum Theil das Capillargebiet der Leber passiren, doch schliesslich in jenem der Lunge vollends oxydirt werden. Indess zweifle ich nicht, dass wenn Phosphordämpfe in grösseren Massen in's Blut gelangen, dieselben selbst jenseits der Lunge noch werden nachgewiesen werden können. Denn dass Phosphor wenigstens zum Theile in unoxydirtem Zustande die Lungen passiren kann, zeigte mit Sicherheit ein anderer Versuch, wo 10 Milligramme Phosphor in Oel gelöst in das subcutane Zellgewebe des Unterleibs und der Brust injicirt wurden, wobei sich starke Beschleunigung der Respiration und der Herzthätigkeit zeigte. Hier liess sich im Carotidenblute Phosphor mit grosser Deutlichkeit nachweisen.

Zwei Kaninchen erhielten jedes 12 Milligramme Phosphor in Oel gelöst mittelst eines Trichters in den Schlund eingegossen. Während die andern Thiere selbst Dosen bis zu 20 Milligramme in fester Form mehrere Tage ertragen hatten, trat hier bei beiden Thieren der Tod fast augenblicklich unter Convulsionen ein. Möglicherweise war etwas von der Flüssigkeit in die Luftwege gerathen. Bei der sogleich vorgenommenen Eröffnung der Brusthöhle entwickelte sich Phosphordampf von der ganzen Oberfläche der Lunge (ohne dass sie eingeschnitten war) und Phosphordampf strömte aus den Herzkammern nach Eröffnung derselben. Es beweist dies deutlich genug, dass der Phosphor alle Organe und Gewebe zu durchdringen vermag. Wird der Phosphor in Lösung innerlich oder subcutan gegeben, so wird dies natürlich sehr rasch und in sehr intensiver Weise erfolgen. Wenn dagegen, wie es auch gewöhnlich bei Vergiftungen geschieht, der Phosphor in Substanz innerlich genommen wird, so werden gleichzeitig immer nur verhältnissmässig geringe Verdampfungsmengen desselben aufgenommen, die bald höher oxydirt werden.

Phosphordämpfe die im Dunklen leuchteten, besonders in der Expirationsluft, hat man vielfach beobachtet, nicht bloss wenn Phosphor innerlich genommen ward, wo das Zurückbleiben von Phosphorpartikelchen im Rachen Schuld sein könnte, sondern auch, wenn Phosphorlösungen in's Rectum, subcutan oder in die Gefässe injicirt wurden. Die Herren *Leyden* und *Munk* geben selbst an, dass sie das Leuchten der Expirationsluft sehr deutlich sahen, wenn sie Thieren Phosphoröl in die Jugularis injicirten. Gleichwohl bauen sie auf diese Thatsache einen irrigen Schluss in Folge eines chemischen Missverständnisses, das sich durch das ganze Buch hindurchzieht und das meiste zu den eigenthümlichen Resultaten beigetragen hat, zu denen die Verfasser kamen. Sie sagen nämlich (pag. 92): „Wohl aber sehen wir überall sofort eine Oxydation des Phosphors eintreten, der sich bei der Circulation durch die Lungen hier zu phosphoriger Säure umwandelt und als solche in Form von Dämpfen durch die Nase exspirirt wird.“ Nun sind aber Phosphordämpfe keineswegs Dämpfe von phosphoriger Säure, sondern sie sind Phosphor, der sich nur partiell zu PO_3 oxydirt. (In wie weit sich die Bildung von Antozonnebeln an der Erscheinung des Dampfens beteiligt, kommt hier nicht in Betracht.) Denn Phosphordämpfe können nach einer auch von den Verfassern citirten Methode von *Scherer* in Wasser aufgefangen und durch Erwärmen wieder zu Phosphorkügelchen vereinigt werden. (Dass dies in einer Kohlensäure-Atmosphäre geschieht, hat nur den Zweck, Verluste an Phosphor durch Oxydation zu vermeiden.) In einer wässerigen Flüssigkeit wie das Blut könnte überdies immer nur das Hydrat der phosphorigen Säure entstehen,

welches gar nicht flüchtig ist. — Wenn also die Genannten nach Phosphorinjection in die Gefäße Phosphordämpfe ausathmen sahen, so ist dies ein Beweis, dass Phosphor durch die Lunge hindurchging und wenn sie trotzdem bei denselben Thieren in der Lunge und im Blute keinen Phosphor fanden und daraus den Schluss ziehen, dass der Phosphor als solcher im Organismus keine Rolle spiele, so kann man schon a priori sagen, dass dieser Schluss nicht gerechtfertigt ist und die Untersuchungsmethode Fehlerquellen enthalten haben muss.

Solche Fehlerquellen sind insbesondere bei der Untersuchung fester Organe wie der Lungen, Leber u. s. f. wegen der dabei nothwendigen Manipulationen (Zerschneiden, Zerhacken) und der damit verbundenen intensiven Einwirkung der Luft gar nicht zu vermeiden. Ich habe es deshalb gar nicht einmal versucht diese Organe auf Phosphor zu prüfen, da ich von vornherein von der Resultatlosigkeit solcher Untersuchungen überzeugt war; v. *Scherer*, der zahlreiche gerichtliche Untersuchungen dieser Art vorzunehmen hatte, hat mich gleichfalls versichert, dass er nie in den Organen Phosphor nachzuweisen vermochte. Selbst im Blute, wenn man dasselbe erst aus der Leiche nimmt, wird man wahrscheinlich immer vergebens danach suchen.

Wenn es nach dem eben Angeführten ausser Zweifel ist, dass Phosphor als solcher in das Blut übergeht, so hat die Frage, ob er innerhalb desselben als solcher oder durch seine Oxydationsproducte schädlich wirkt, nicht mehr dieselbe Bedeutung wie jene, in welcher Weise der Phosphor in das Blut gelangt. Es dürfte auch sehr schwer sein, hierüber zu weiteren positiven Resultaten zu gelangen. Ich halte es allerdings für höchst wahrscheinlich, dass es auch hier der Phosphor als solcher ist, der auf das Blut schädlich einwirkt, denn die Oxydation erfolgt doch immer nur in sehr partieller Weise, die gebildeten Säuren werden sogleich durch das überschüssige Alkali neutralisirt und wie schon oben bemerkt: die Beschaffenheit des Blutes gleicht durchaus nicht jener, welche durch concentrirte Säuren bedingt wird. Welche Veränderung aber das Blut durch den Phosphor erleidet, dürfte vor der Hand nicht zu bestimmen sein. Jedenfalls ist es keine grob materielle Veränderung und namentlich nicht Sauerstoffentziehung, woran man wohl zunächst denken könnte, denn dem widerspricht die schön hellrothe Farbe des arteriellen Blutes, während auch das venöse nicht dunkler als gewöhnlich gefärbt ist, ebenso die ganz normale Art der Gerinnung. Wenn unsichtbare und unwägbare Spuren eines Miasma, die minimsten Mengen von Leichengift, Schlangengift so intensive und doch nicht definirbare Störungen in der Constitution des Blutes

hervorrufen, warum sollten nicht auch relativ geringe Mengen eines so energisch wirkenden Körpers wie der Phosphor dasselbe zu bewirken vermögen?

Von grossem Interesse und sehr wahrscheinlich in innigem Zusammenhange stehend mit der Einwirkung des Phosphors auf das Blut ist die so charakteristische und hochgradige fettige Degeneration der Organe. Es dürfte kaum einen zweiten Process geben, bei welchem diese Veränderung in so extensiver und intensiver Weise und zugleich mit solcher Rapidität zu Stande kommt, ausser vielleicht die sogenannte acute gelbe Leberatrophie, die überhaupt so vielfache Analogieen mit den Zuständen der Phosphorvergiftung darbietet. Allein das Zustandekommen der Erscheinung ist vor der Hand völlig räthselhaft. Die Herren *Leyden* und *Munk* geben zwar eine Erklärung, allein ich zweifle, dass man sie als befriedigend betrachten kann. Sie sagen nämlich, alle Körper welche die Blutkörperchen auflösen, bedingen Fettentartung der Organe, mithin auch der Phosphor, indem die aus ihm gebildete Phosphorsäure die Blutkörperchen auflöst. Allein um dieses Verhältniss handelt es sich bei der Phosphorvergiftung entschieden nicht, indem, wie bereits mehrfach erwähnt, durchaus nichts für eine Auflösung der Blutkörperchen in jener Periode der Erkrankung spricht, wo doch die Fettdegeneration bereits vollständig entwickelt ist. Zudem ist durch diese Erklärung die ganze Frage nur weiter hinausgeschoben, da der Zusammenhang zwischen Blutkörperchen-Auflösung und Fettmetamorphose eben eine neue, der weiteren Aufklärung bedürftige Frage ist.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass die ganze Angelegenheit noch nicht spruchreif und eine befriedigende Erklärung unmöglich ist. Allein es wäre immerhin schon ein Gewinn, wenn wenigstens im Allgemeinen die Richtung in der weitere Untersuchungen zu gehen haben, sich bestimmen liesse, wenn gewisse Möglichkeiten beseitigt und andere dafür in den Vordergrund gestellt würden.

Offenbar wird man zunächst die Frage in's Auge fassen müssen, ob die Fettentartung der Organe nicht als Folge einer bestimmten, mehr oder weniger specifischen Einwirkung des Phosphors auf das Blut zu betrachten sei und zwar bieten sich hier zwei Möglichkeiten. Zunächst wäre es denkbar, dass der Phosphor dem Blute das Fett entzieht, um sich in demselben zu lösen und das phosphorhaltige Fett als fremder Körper eliminirt und in die verschiedenen Organe abgelagert würde. Oder aber es könnte im Blute eine Vermehrung des Fettes bedingt werden entweder indem durch den Phosphor eine Neubildung von Fett auf Kosten der Eiweisskörper stattfindet (denn die Möglichkeit der Fettbildung aus Eiweiss-

körpern wird von Chemikern und Physiologen nicht bestritten, wenn auch die Sache noch keineswegs definitiv festgestellt ist) oder indem in irgend einer Weise die normale Oxydation und Umsetzung der Fette durch die Gegenwart des Phosphors verhindert wird. Ist das erstere der Fall, so wird offenbar das Blut in dem Masse an Fett verarmen müssen, als die Organe daran reicher werden; im zweiten Falle dagegen müsste jedenfalls ein beträchtlicher Ueberschuss von Fetten im Blute gefunden werden: Zur Lösung dieser Frage machte ich daher Bestimmungen des Fettgehalts des Blutes zonnächst bei zwei gesunden Kaninchen, dann bei einem Kaninchen das durch drei Tage kein Futter bekommen hatte (weil die mit Phosphor behandelten Kaninchen alle fast nichts frassen) und endlich bei zwei Kaninchen die mehrere Tage lang Phosphor in fester Substanz erhalten hatten. Das Blut wurde immer aus der Carotis genommen. Die Resultate waren folgende:

1. Gesundes Kaninchen. Menge des zur Fettbestimmung genommenen Blutes: Grm. 12,424. Fett erhalten: Grm. 0,033.
In 1000 Thl. Blut Fett: 2,656.
2. Gesundes Kaninchen. Menge des Blutes: Grm. 9,606. Fett erhalten 0,010.
In 1000 Thl. Blut Fett: 1,041.
3. Kaninchen das durch 3 Tage gehungert hatte. Im Magen fanden sich indess noch ziemliche Mengen von Speisen. Menge des Blutes: Grm. 11,2605. Fett erhalten 0,0235.
In 1000 Thl. Blut Fett: 2,087.
4. Kaninchen das durch 4 Tage je 10 Milligramme Phosphor erhalten hatte. Fettentartung der Organe sehr deutlich ausgesprochen. Menge des Blutes: Grm. 13,0857. Fett erhalten: 0,0173.
In 1000 Thl. Blut Fett: 1,322.
5. Kaninchen das durch 5 Tage täglich 10 Milligramme Phosphor erhalten hatte. Fettentartung der Organe sehr hochgradig. Menge des Blutes: Grm. 19,077. Fett erhalten: 0,017.
In 1000 Thl. Blut Fett: 0,891.

Mithin scheint der Fettgehalt des Kaninchenblutes ziemlichen Schwankungen unterworfen zu sein, wie dies auch beim Blute des Menschen und anderer Thiere der Fall ist. Nach *Becquerel* und *Rodier* z. B. schwankt der Fettgehalt des normalen Menschenblutes zwischen 1,0 — 3,3 p. Mille. So viel geht jedoch mit Sicherheit hervor, dass von einer Vermehrung des Fettes im Blute bei Phosphorvergiftung keine Rede ist, mithin ist auch nicht daran zu denken, dass eine Unwandlung der Eiweisskörper des

Blutes in Fett oder eine Hemmung der normalen Umsetzung und Verbrennung der Fette stattfinde. Andererseits ist aber auch wieder die Verminderung des Fettgehalts des Blutes nicht bedeutend genug, um zu der Annahme zu berechtigen, dass der Phosphor dem Blute das Fett entziehe und dasselbe in die verschiedenen Organe abgelagert werde. Schon die enorme Menge Fett das allein in der Leber sich vorfindet, liesse sich gewiss selbst aus der grössten gefundenen Differenz (2,656—0,891 p. Mille) nicht erklären.

Die Verringerung des Fettgehalts des Blutes ist demnach wohl nur als eine Folge der durch den Phosphor bedingten Erkrankung zu betrachten und es muss die Ursache der Fettentartung der Organe in anderen als den oben erwähnten Bedingungen zu suchen sein. Eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass es sich hier nicht um eine spezifische Wirkung des Phosphors handelt, dürfte wohl auch schon in dem Umstande liegen, dass ähnliche Veränderungen, wenn auch nicht in so ausgeprägtem Grade, in neuerer Zeit auch bei anderen Vergiftungen, z. B. mit Arsen und concentrirten Säuren gefunden wurden, worüber ich indess keine eigenen Erfahrungen besitze. Es bleiben demnach wohl nur zwei Möglichkeiten übrig: entweder wirkt der Phosphor in solcher Weise auf das Blut ein, dass dasselbe unfähig wird die Organe zu ernähren und diese einer acuten regressiven Metamorphose durch Fettbildung unterliegen — oder der mit dem Blute circulirende Phosphor wirkt als eigenthümlicher, die Neubildung von Fett begünstigender Reiz auf die Organe, wobei man entweder an Vorgänge entzündlicher oder einfach degenerativer Natur denken könnte, wiewohl ich nach allem was ich gesehen habe, die ersteren für höchst unwahrscheinlich halte.

Was die Behandlung der Phosphorvergiftung betrifft, so gehört eine rationelle Therapie leider noch zu den frommen Wünschen. Sind bereits beträchtliche Mengen von Phosphordampf in das Blut übergegangen, so dürfte der tödtliche Ausgang wohl nicht mehr abzuwenden sein; da die Veränderung die das Blut dabei erleidet, uns unbekannt ist, so bieten sich auch für die Behandlung durchaus keine Anhaltspunkte, höchstens könnte man etwa an die Transfusion des Blutes denken, wie dies bei der Kohlenoxydgasvergiftung in jüngster Zeit nicht ohne Erfolg versucht wurde. Sonst ist nur eine symptomatische, besonders gegen die Erscheinungen des Collapsus gerichtete Therapie möglich. Mithin hängt wohl im concreten Fall das Meiste davon ab ob es möglich ist, durch Erbrechen den Phosphor zu entfernen, ehe grössere Mengen in das Blut diffundiren. Indessen dürfte selbst das wiederholte Erbrechen den Zweck selten ganz vollständig erreichen, indem die Phosphorpartikelchen den Magenwandun-

gen, besonders wenn sie mit Schleim bedeckt sind, mit grosser Tenacität anhängen. Solche kleine Theilchen werden demnach fast stets zurückbleiben und da sie vollständig genügen, die heftigsten Erscheinungen und selbst den Tod herbeizuführen, so muss es die Aufgabe der Therapie sein, nach Mitteln zu suchen, die ihre Wirkung aufheben oder wenigstens so weit als möglich verringern.

Die bisher gebrauchten Gegenmittel scheinen keineswegs so verlässlich, dass es nicht gerechtfertigt wäre, nach anderen zu suchen. Das gebräuchlichste derselben, die Magnesia, kann gegen den Phosphor selbst gar keine Wirkung haben, sondern höchstens gegen die Oxydationsproducte desselben, von denen indess kaum irgend ein Nachtheil zu fürchten ist. Weit rationeller ist jedenfalls das von *Duflos* vorgeschlagene Chlor (Liquor Chlori mit Magnesia usta) um den Phosphor zu Phosphorsäure zu oxydiren, die sich dann mit der Magnesia verbindet, ebenso Chlorkalk, welchen *Köhnke* und *Schuchardt* versuchten. (Siehe *Leyden* und *Munk* p. 184.) Mit dem letzteren hat auch *Scherer* vor einigen Jahren Versuche angestellt. — Was die Resultate dieser Methode betrifft, so stehen die Angaben sich so sehr gegenüber, indem Einige günstige, Andere gar keine Erfolge beobachteten, dass man, ohne eine grössere Reihe neuer Beobachtungen anzustellen, sich jedenfalls vorläufig des Urtheils enthalten muss.

Leyden und *Munk* verwerfen natürlich von ihrem Standpunkte, da sie gerade die Phosphorsäure als die Ursache der Erscheinungen betrachten, die Methode von *Duflos* und alle welche dasselbe Princip — den Phosphor zu oxydiren — verfolgen, als geradezu schädlich und empfehlen als neutralisirendes Mittel besonders das Ferrum hydricum in aqua nebst alkalischen Getränken. Dass ich mich dieser therapeutischen Anschauung nicht anschliessen kann, geht aus dem Früheren zur Genüge hervor.

Es scheint mir die Hauptaufgabe zu sein ein Mittel zu suchen, welches die Verdampfung des Phosphors so viel als möglich verhindert, da entschieden nur der Phosphordampf als das schädlich wirkende Agens zu betrachten ist. In dieser Beziehung habe ich eine Beobachtung gemacht, von der ich hoffe, dass sie bei der Therapie der Phosphorvergiftung eine zweckmässige Anwendung finden wird.

Bringt man in einen Glaskolben oder eine Eprouvette Phosphorstückchen und Wasser und setzt etwas schwefelsaure Kupferoxydlösung hinzu, so sieht man fast augenblicklich bei mässiger Erwärmung, nach ein paar Minuten bei gewöhnlicher Temperatur, dass die Phosphorstückchen eine schwarze Farbe annehmen (Bildung von Phosphorkupfer) und nach kurzer Zeit einen rothen Ueberzug von metallischem Kupfer erhalten, der sich beim Stehenlassen beträchtlich vermehrt, bis schliesslich alles Kupfer auf

den Phosphorkörnchen sich metallisch niedergeschlagen hat, die Flüssigkeit farblos geworden ist und kein Reagens mehr eine Spur von Kupfer in derselben zu erkennen gibt. In diesem Zustande der Verkupferung, wenn man so sagen darf, ist die Verdampfung des Phosphors eine sehr geringe. Ein solches Phosphorstückchen zeigt keinen Phosphorgeruch, ausser wenn es stärker erwärmt wird, und *leuchtet im Dunkeln gar nicht*.

Prüft man solche Phosphorstückchen mittelst der *Scherer'schen Methode*, so zeigt sich wenn die Erwärmung 30⁰ R. oder etwas darüber nicht übersteigt, selbst nach ein paar Stunden an dem hineingehängten Papierstreifen höchstens eine Spur von Färbung, während eine gleiche Menge unter denselben Verhältnissen befindlicher, nicht mit Kupferlösung behandelter Phosphorstückchen schon nach ganz kurzer Zeit eine intensive Schwärzung hervorrufen. Ebenso verhält es sich bei Vornahme eines Diffusionsversuchs durch thierische Membranen im Vergleiche zu Phosphor, der sich in natürlichem Zustande befindet. Macht man den Versuch mit Zündhölzchenmasse oder mit Phosphorpasta, denn diese, namentlich die erstere, werden ja gewöhnlich bei Vergiftungen benützt, so ist wegen der feineren Vertheilung des Phosphors die Wirkung des Kupfersalzes noch eine viel raschere, indem alsbald eine grauschwarze, überwiegend aus unlöslichem und demnach auch unschädlichem, nicht verdampfendem Phosphorkupfer bestehende Masse gebildet wird.

Dass dasselbe chemische Verhalten auch im Magen stattfindet, dürfte wohl nicht zu bezweifeln sein, nur tritt hier leider der Uebelstand ein, dass das schwefelsaure Kupferoxyd in der Regel alsbald Erbrechen hervorruft und dadurch grösstentheils wieder entfernt wird. Ich habe desshalb Versuche mit den meisten anderen Kupfersalzen gemacht, von denen mir indess bloss das kohlen saure Kupferoxyd dem Zwecke so viel als möglich zu entsprechen scheint. Da dasselbe in Wasser unlöslich ist, so erfolgt die Reduction allerdings nicht so rasch wie bei den löslichen Kupfersalzen, allein dafür ruft es kein Erbrechen hervor und man kann es ohne Gefahr in grösseren Gaben zu mehreren Granen wiederholt geben. Dagegen wirkt das kohlen saure Kupferoxyd fast ebenso rasch wie das schwefelsaure auf Phosphor, wenn man nur eine geringe Menge verdünnte Essigsäure zusetzt, indem das sich bildende essigsäure Kupferoxyd sogleich durch den Phosphor zerlegt wird. (Die löslichen Silbersalze zeigen chemisch ganz dasselbe Verhalten, therapeutisch können sie dagegen wegen ihrer intensiven Wirkung keine Verwendung finden.)

In einem Falle von Phosphorvergiftung würde ich demnach empfehlen, zuerst ein Brechmittel anzuwenden und zwar als solches nur schwefelsaures Kupferoxyd. Ist wiederholtes Erbrechen erfolgt, so fährt man dann

mit einer verdünnten Lösung desselben Mittels fort. Verträgt diese der Kranke ohne zu erbrechen oder wenigstens ohne gleich und oft zu erbrechen, so ist es um so besser; ist dies hingegen nicht der Fall, so gibt man kohlenaures Kupferoxyd, etwa zu 4—8 Gran, in etwas Wasser suspendirt und zwar anfangs rasch hintereinander, etwa $\frac{1}{2}$ stündlich einige solche Gaben, indem man jedesmal etwa $\frac{1}{2}$ —1 Esslöffel gewöhnlichen Hausessig mit etwas Wasser gemischt nachtrinken lässt. In der Zwischenzeit dürfte es gerathen sein, durch häufig gereichtes ganz kaltes Getränk, Eisstückchen oder Fruchteis, sowohl gegen die noch in geringerem Grade stattfindende Verdampfung des Phosphors, als gegen die sich etwa ausbildende entzündliche Affection der Magenschleimhaut zu wirken. Nach Ablauf einiger Stunden scheint es mir zweckmässig, noch einmal schwefelsaures Kupferoxyd in brechenenerregender Dosis zu reichen, um nun die Phosphorpartikelchen, die wegen ihres metallischen Ueberzugs der Schleimhaut bei weitem nicht mehr so innig adhaeriren, schliesslich vollständig zu entfernen.

Man wird fragen warum ich die Richtigkeit dieser Theorie nicht wenigstens an Thieren erprobt habe. Der Grund ist ein einfacher. Kaninchen schienen mir a priori zu solchen Versuchen absolut untauglich, weil ihr Magen immer mit einer enormen Masse von Nahrungsstoffen angefüllt ist, wodurch die Einwirkung des Antidots fast ganz aufgehoben werden muss. Hunde hingegen brechen in der Regel fast alles was ihnen in den Magen gebracht wird, alsbald wieder aus und schienen demnach ebenso ungeeignet. Andere Thiere aber standen mir nicht zu Gebote und so muss ich die Erprobung dieser Methode — vorläufig im Vertrauen auf die Richtigkeit ihrer chemischen Basis Anderen überlassen, insbesondere aber bei etwaigen Vergiftungsfällen bei Menschen dieselbe allen Collegen um so mehr dringend empfehlen als mit der Umgehung der bisher gangbaren Behandlung gewiss nichts versäumt und andererseits ein wesentlicher Nachtheil von derselben nicht zu fürchten ist.

