

Capitel I.

Oxydationsgifte.

Wenn die Lebensbewegung von gewissen labilen Atomgruppierungen im Eiweiss des lebenden Protoplasmas ausgeht, so begreift es sich, dass der geringste Einfluss auf jene labilen Gruppen, sei er oxydirend, reducirend oder substituierend auch die Lebensfunctionen selbst beeinträchtigt. Eine noch so kleine Veränderung dieser Art kann den Tod des Gesamtplasmas einleiten.

Nun finden zwar bei allen lebenden, functionirenden Zellen (nur die in Gärthätigkeit begriffenen Zellen von Spross- und Spaltpilzen sind ausgenommen) continuirlich Oxydationen (Athmung) statt; allein die durch den molecularen Sauerstoff bedingten Oxydationsprozesse sind wesentlich verschiedener Art von der Wirkung energischer Oxydationsmittel. Wenn eine Zelle den gewöhnlichen Sauerstoff $O=O$ zu Oxydationen verwendet, so wirft das lebende Plasma denselben auf die eingebetteten Stoffe (Zucker, Lecithin) und gewinnt dadurch Kräfte, oxydirt sich selbst aber höchstens nur in Spuren; sonst müsste der Tod erfolgen, was ja auch der Fall ist, wenn die eingebetteten Thermogene verbraucht sind (beim Hungertod) und das Plasma dann anfängt sich selbst zu oxydiren, — oder bei der Einwirkung von energischerem Sauerstoff, Ozon $\left(\begin{array}{c} O \\ \diagdown \quad \diagup \\ O \end{array}\right)$.

Der Athmungsvorgang in einer Zelle ist am einfachsten so zu erklären, dass die heftigen Schwingungen im lebenden Plasma sowohl auf den gelösten molecularen Sauerstoff als auch auf das

Respirationsmaterial übertragen werden, dadurch den Zusammenhang in den Moleculen lockern, was unter Aufnahme von Sauerstoff zu einer Neugruppirung und bei öfterer Wiederholung bis zur Bildung von Kohlensäure und Wasser führt. Das ist die Anschauung, wie sie Nägeli sich gebildet hat für die Oxydationsgärungen,¹⁾ die aber allgemein auf die Athmung übertragbar ist.

Die Theorie Liebig's vom stetigen Zerfall der organisirten Gebilde in einem Thiere und stetigem Wiederaufbau ist von den Physiologen wohl allgemein verlassen, und ich erinnere mich, dass schon in den sechziger Jahren ein hervorragender Physiologe, mein hochverehrter Lehrer C. Ludwig, gegen diese Anschauung Front machte. Es kann in der Zeiteinheit nur ein wahrhaft minimaler Verbrauch von eigentlichem Protoplasma stattfinden; der bei höheren Thieren beobachtete Eiweisszerfall nach der täglichen Nahrungsaufnahme kann nach C. Voit's Untersuchungen nur auf das circulirende Eiweiss bezogen werden, während der Verbrauch von Eiweiss in Thieren bei Hungerperioden nur das in den Zellen in halborganisirtem Zustande gespeicherte Eiweiss, nicht aber das eigentliche lebende Protoplasma der Muskeln und Drüsen betreffen wird.

Dass die verschiedenen oxydirenden Gifte sehr grosse Unterschiede in ihren Wirkungen zeigen, kann nicht Wunder nehmen, beobachten wir ja auch die grössten Unterschiede in der Intensität und der Art des oxydativen Eingriffs, wenn organische Stoffe mit verschiedenen Oxydationsmitteln behandelt werden. Wir können die oxydirenden Gifte in mehrere Gruppen bringen:

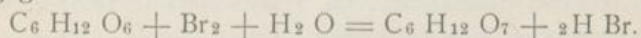
- I. Ozon, Wasserstoffsperoxyd.
- II. Chromsaure, mangansaure, übermangansaure Salze; unterchlorigsaure Salze.
- III. Chlor, Brom, Jod.
- IV. Jodsaure, bromsaure, chlorsaure Salze.
- V. Der Phosphor und im Anschluss hieran die arsenige Säure.

Ozon und Wasserstoffsperoxyd liefern atomistischen, »activirt« Sauerstoff bei ihrer Spaltung im Plasma; die Phosphorwirkung beruht zum Theil auf der Ozonbildung im Thierkörper, wie Binz mit Recht annimmt.

¹⁾ Theorie der Gärung, S. 43.

Chromsaure, mangansaure und übermangansaure Salze wirken intensiv giftig durch directe Abtretung von Sauerstoffatomen an die Plasma-Proteine; ebenso wirken unterchlorigsaurer Salze.

Chlor, Brom, Jod wirken bei so labilen Substanzen, wie sie das lebende Protoplasma bilden, in erster Linie oxydirend, indem sie Wasser spalten, Halogenwasserstoff bilden und den Sauerstoff auf die organische Substanz werfen; — so verhält sich ja auch z. B. Brom gegen Glucose.



Nach Binz bilden die Halogene, wenn sie in das alkalische Blut gelangen, auch Sauerstoffsalze (Hypochlorit, Jodat), indess dürfte das gebildete Hypochlorit wohl nur sehr kurze Zeit im Blute existenzfähig bleiben, da es ausserordentlich oxydirend wirkt. An eine substituierende Wirkung der Halogene kann wohl beim Protoplasma erst gedacht werden, wenn es tot ist.

Jodsaure, bromsaure, chlorsaure Salze wirken am schwächsten, ja die chlorsauren Alkalien müssen für manche niedere Pilze als ungiftig bezeichnet werden, sie gehören eigentlich zu den Specialgiften.

Nach Ohlmüller wirkt Ozon auf in Wasser aufgeschwemmte Bacterien rasch tödtlich, wenn nicht zu viel organische Materie im Wasser gelöst ist. Im trockenen Zustande werden die Bacterien nur langsam (Milzbrandsporen nicht) angegriffen.¹⁾ Die Wirkung auf Menschen und Thiere wurde von Binz und H. Schulz studirt. Binz beobachtete beim Einathmen ozonisirter Luft Abstumpfung und Schläfrigkeit, sowie schwachen Hustenreiz.

Schulz führte chronische Ozonvergiftung an Thieren herbei; es ergaben sich Veränderungen der Lunge, Beeinträchtigung der Athmungsthätigkeit, Ueberreizung und Arbeitsunfähigkeit (Ch. C. 1892). Luft mit 0,12 mg. Ozon pro Liter kann nach Labbé und Oudin längere Zeit ohne Schaden eingeathmet werden (C. r. 113, 141).

Nach P. Bert versetzt Wasserstoffsperoxyd ($\text{H}_2 \text{O}_2$) lebende Zellen in einen Zustand der Asphyxie. 1 cc. käufliches Wasserstoffsperoxyd (ca. 10%) auf 1000 cc. Wasser tötet nach 24 Stunden die gewöhnlichen Wassermicroben.²⁾

¹⁾ Chem. C. 1892. I. Nach Sonntag (Z. Hyg. 8) wirkt Ozon erst bei 5,8 mg pro Liter Luft bacterientödtend.

²⁾ Althöfer, Ch. C. 1890.

Paneth fand¹⁾, dass $\frac{1}{10\,000}$ H₂O₂ sämtliche ciliaten Infusorien eines Heuaufgusses binnen 15 bis 30 Minuten tötete. Selbst bei 1:20 000 überlebte nur ein Theil der Thiere. Algen, welche in 1⁰/₁₀₀ völlig neutraler H₂O₂-Lösung 10 bis 12 Stunden verweilen, sterben ab. Eine 10proc. Lösung wirkt schon nach einigen Minuten tödtlich (Bokorny). Wurzeln von Vicia und Trianea dagegen können einige Zeit in 0,1proc. H₂O₂-Lösung ohne Schaden verweilen, ebenso Staubfäden von Tradescantia (Pfeffer). Frösche zeigen narkotische Erscheinungen, wenn sie in 1proc. Lösung gesetzt werden²⁾, und 25 ccm einer 4proc. H₂O₂-Lösung reichen hin, einen 3 Kg schweren Hund zu tödten, unter Symptomen ähnlich denen, welche Bert bei Anwendung comprimirten Sauerstoffs beobachtete³⁾. Bei intravenöser Injection wird der Tod durch Stillstand der Respiration bedingt (Laborde 1886).

Neutrales chromsaures Natron Cr O₄ Na₂ wirkt auf Algen bald sehr stark ein und manche anaërobe Spaltpilze werden schon durch 0,05procentige Lösungen getötet. Milzbrandbacillen kommen in Bouillon mit 0,05%, nicht zur Entwicklung, wohl aber wachsen sie auf Agar noch bei 0,5%, bilden jedoch schon bei 0,05% keine Sporen mehr.

Kaliumdichromat, Cr₂ O₇ K₂, tötet in 0,1 % Lösung Algen (Spirogyren) in wenigen Stunden. Sehr energisch wirkt auch Kaliumpermanganat, Mn O₄ K, auf Algen und Infusorien; eine 0,2proc. Lösung tötet Infusorien (Paramecium) in einer Minute (Binz).

Chlor, Brom, Jod wirken noch in sehr bedeutender Verdünnung tödtlich auf alles Lebende, ebenso unterchlorigsaure Salze. Feuchte Luft mit 0,3 Vol. % Cl. tötet selbst Bacteriensporen binnen drei Stunden. Binz constatirte an Infusorien, dass die Giftwirkung jener drei Halogene abnimmt mit der Zunahme des Atomgewichts. Jod wirkt schwächer wie Brom, dieses schwächer als Chlor, was ja in Uebereinstimmung mit dem sonstigen chemischen Verhalten jener drei Halogene ist.⁴⁾ Jodsaures Kali oder Natron tötet Anaëroben schon bei 0,1 %, Aëroben erst bei über 0,4 % in der Nährlösung.⁵⁾

¹⁾ Biolog. C. 10, 96.

²⁾ Bodländer, C. kl. Wiss. 1884.

³⁾ Capranica u. Colasanti, J. Th. 12, 57.

⁴⁾ Vgl. Binz, Arch. exp. Path. 13, 129.

⁵⁾ Kitasato u. Weyl, Z. Hyg. 9, 97.

Die Oxydationswirkung des chlorsauren Kalis (ClO_3K) (und des jodsauren und bromsauren) ist wesentlich verschieden von der des übermangansauren Salzes. Viele organische Stoffe werden bekanntlich durch letzteres leicht schon bei gewöhnlicher Temperatur oxydirt, während durch chlorsaures Kali selbst beim Kochen der wässerigen Lösungen nicht. Glucose wird z. B. durch ersteres momentan oxydirt, durch chlorsaures Kali aber auch dann nicht, wenn man mit Essigsäure ansäuert. Es gehört also noch ein Anstoss dazu, um die Oxydation zu bewirken, ein Anstoss, welcher durch die energischen Schwingungen im lebenden Plasma gegeben wird. Man kann diesen Vorgang nachahmen, wenn man zu einer wässerigen Lösung von Glucose mit chlorsaurem Kali etwas Platinmohr gibt; sofort beginnt eine Uebertragung von Sauerstoff aus dem Salze auf den Zucker, es wird Chlorkalium gebildet, was mit Silbernitrat bald constatirt werden kann. Die Mischung nimmt eine stark saure Reaction (weit stärker als mit Platinmohr allein) an und gibt beim Erwärmen Kohlensäure aus. Wir können das chlorsaure Kali als passiv oxydirend, gegenüber dem übermangansauren, einem activ oxydirenden Salze, bezeichnen und weiter folgern, dass solches Plasma, welches nicht genügend starke Schwingungen auf das chlorsaure Kali überträgt, auch von diesem Stoffe nicht vergiftet wird. Nach Manassein werden Schimmelvegetationen sogar bei Zusatz von 7 % ClO_3K zur Nährlösung (Rohrzucker, weinsaures Ammoniak und Hefeasche) nicht geschädigt, selbst nicht bei saurer Reaction!¹⁾

Spaltpilzvegetationen werden geschädigt durch 2procentige Lösungen; sind die Lösungen verdünnter, so findet eine Reduktion zu KCl durch die fortlebenden Pilze statt (Binz), wenn gute Nährstoffe vorhanden sind. Die Anaëroben werden in schwach alkalischen Nährböden schon durch 0,5 % beeinflusst, die Aëroben vertragen bis zu 3%²⁾.

Algen (Spirogyren) sterben erst nach einer Reihe von Tagen in 0,1 pro mille Lösungen des Salzes. Bei Buchweizenkeimlingen beobachtete ich, dass sie in Nährlösungen mit 0,1 p. m. ClO_3K -Zusatz nach drei Wochen unter Erbleichen der Blätter abstarben.

¹⁾ Wiesner's Untersuchungen 1872.

²⁾ Kitasato u. Weyl, l. c.

Ueber die Wirkung auf Säugethiere sind zahlreiche Mittheilungen erschienen, so vor Allem von Binz¹⁾, von Marchand²⁾ Kimmyser³⁾, Mering⁴⁾ Limbeck u. A. Die wesentlichste Erscheinung hiebei ist Uebergang von Hämoglobin in Methämoglobin, beim Hunde auch Diabetes⁵⁾. Nach Mering erscheint ein sehr grosser Theil des eingeführten Chlorats im Harne unverändert wieder (von 1 g wurden 0,91 g wiedergefunden). Nur ein kleiner Theil erfährt also Reduktion. Das chlorsaure Natron soll nach Stokvis weit weniger schaden als das chlorsaure Kali⁶⁾.

Die Giftwirkung des Phosphors.

Ob der Phosphor ein allgemeines Gift ist, ist noch nicht untersucht. Man kennt nur die Wirkung auf Wirbelthiere. Um die Wirkung auf niedere Thiere und Pflanzen aller Art zu prüfen, müsste man Phosphor in Fett gelöst injiciren, in welcher Form er vom Thier resorbirt wird, wie Husemann zeigte. Man kann wohl als sicher annehmen, dass dann der Phosphor sich als allgemeines Gift erweisen wird⁷⁾; denn er ozonisirt den Sauerstoff einerseits und wirkt dadurch giftig⁸⁾, andererseits nimmt er einen Theil des im Organismus gelösten Sauerstoffes in Beschlag und bildet Säuren, worauf aber die von Jaksch beobachtete enorm verminderte Alkaleszenz des Blutes nur zu sehr kleinem Theile beruhen kann.

¹⁾ Arch. exp. Path. **10**, 153.

²⁾ Virchow's Arch. **77**, 455.

³⁾ J. Th. **14**, 243.

⁴⁾ Das chlorsaure Kali. Berlin 1885.

⁵⁾ Cahn, Arch. exp. Path. **24**, 180.

⁶⁾ Arch. exp. Path. **21**, 169.

⁷⁾ Spaltpilze werden selbst durch unmittelbare Berührung mit einem Phosphorstück nicht alterirt, wenn letzteres bei Luftabschluss in faulenden Flüssigkeiten sich befindet; man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man in eine Glasröhre faulende Flüssigkeit bringt und dann ein cylindrisches Stück weissen Phosphors einführt, so dass zwischen Glaswand und Phosphor nur ein schmaler Raum bleibt. Ein ganz anderes Resultat würde aber bei grünen Pflanzen und athmenden Pilzen durch Injectionen herbeigeführt werden.

⁸⁾ Diese Ansicht wird von C. Binz vertreten; vergl. dessen Vorlesungen über Pharmakologie, 1886, S. 539.

Brunner rief Phosphorvergiftungen durch Injektionen von phosphorhaltigem Fett in die Venen hervor, Nasse und Neumann durch Injektionen von rothem Phosphor (welcher vom Darne aus bekanntlich weit weniger giftig wirkt als der weisse) in's Blut. Sie beobachteten dabei Verfettung der Leber. Kaltblüter scheinen unter diesen Bedingungen nicht angegriffen zu werden (Nasse, J. Th. 15, 118), ein Beweis, dass nicht der Phosphor als solcher das Zellenleben beeinträchtigt. Fester Phosphorwasserstoff soll bei Injektionen ungiftig sein. Phosphor in Substanz wirkt corrosiv und irritirend, in Lösung nur irritirend. Es erfolgen bei akuter Phosphorvergiftung heftige Magenschmerzen, Krämpfe, Athmungsbeschwerden, Lähmungen, Gastroenteritis und ein enorm gesteigerter Eiweisszerfall; nach Badt auch Herabsetzung der Athmungserscheinungen im Gewebe¹⁾.

Giftwirkung der Arsenigen- und Arsensäure.

Wenn man den Phosphor zu den oxydirenden Giften rechnet, weil er Ozon erzeugt, so muss man konsequenterweise die Arsensäure dazurechnen, weil sie im Thier in arsenige Säure übergeht, wie Binz und Schulz gezeigt haben²⁾. Diese beiden Forscher haben ferner dargethan, dass arsenige Säure wiederum leicht (besonders in den drüsigen Organen) in Arsensäure verwandelt wird, und dass daher die gleiche Menge arsenige Säure wiederholt ihre schädlichen Wirkungen entfalten kann. Der zur Athmung vom Blut den Zellen gelieferte Sauerstoff wird also in ganz falsche Bahnen geleitet, er oxydirt die arsenige Säure statt das Athemmaterial (Zucker,

¹⁾ Höchst interessant sind die von Wegener (Arch. path. Anat. 1872) beobachteten Wirkungen länger fortgesetzter kleiner Gaben von Phosphor auf die Ausbildung der Knochen bei Kaninchen, Hühnern, Hunden und Katzen; es findet eine Verdichtung der spongiösen Substanz statt und eine allmälige Verschlussung der Markhöhle durch solide Knochensubstanz. Aehnlich wirken länger fortgesetzte kleine Arsengaben und nach Maas soll auch Pyrogallol solche Veränderungen herbeiführen.

²⁾ Arch. exp. Path. u. Pharmakol. Bd. 11, 13, 14, 15. Die Giftwirkung des Arsenwasserstoffgases AsH_3 beruht offenbar auch auf dessen Oxydation zu arseniger Säure im Thierkörper, wenn es auch noch eine weitere Wirkung auf das Blut ausübt. Luft, welche 0,25 % AsH_3 enthält, tötet Katzen in dreissig Minuten, wobei zuerst Erbrechen, dann Athmungsbeschwerden, Ohnmacht und Krämpfe eintreten. Die Symptome ähneln also denen bei Vergiftung mit As_2O_3 vom Darne aus. Schon 5 cc. AsH_3 wirken tödtlich auf einen Menschen.

Fett resp. Lecithin), und die entstehende Arsensäure wirkt dann oxydierend auf das lebende Protoplasma selbst, statt auf die eingebetteten Thermogene! Es wird Anfangs eine Reizung zu intensiver Zellenthätigkeit (Steigerung der »intramolecularen Athmung«?) herbeigeführt¹⁾, das Glycogen schwindet in der Leber, es tritt Verfettung von Zellen und vermehrte Harnstoffausscheidung ein; weitere Wirkungen sind choleraartiger Brechdurchfall mit reiswasserähnlichen Stühlen und schliesslich Lähmung des Centralnervensystems.

Während schon 0,1 g hinreicht, einen Menschen zu töten, kann bei allmäliger Angewöhnung die vierfache Dose ohne Schaden ertragen werden (Arsenikesser). Diese Gewöhnung an den Arsen genuss erklären Binz und Schulz durch »Anpassung des Organismus an die rasche und wechselnde Bewegung des Sauerstoffs«. Wie kommt aber diese Anpassung zu Stande?²⁾

Diese Forscher betonten ferner die toxikologische Uebereinstimmung der aus gleichzeitig drei- und fünfwerthigen Elementen bestehenden Gruppe: Stickstoff, Phosphor, Arsen, Antimon, Wismuth und Vanadin.³⁾

Die Theorie von Binz und Schulz basirt auf richtigen Beobachtungen⁴⁾ aber sie wird doch noch eine Modification erfahren müssen, wenn es sich um Organismen handelt, für welche nur arsenige Säure, AsO_3H_3 , nicht aber Arsensäure, AsO_4H_3 , giftig ist! Hieher gehören aber die Pflanzen und nieder stehenden Thiere. Während bei Warmblütern die Arsensäure fast ebenso giftig ist, als arsenige Säure, finden wir erhebliche Unterschiede bei Kaltblütern. So sterben Kaulquappen in einer 1⁰/₁₀₀ Lösung arsen-sauren Kalis erst nach 2—3 Tagen, in einer ebenso starken Lösung arsenigsäuren Kalis aber schon nach einem Tag, und junge Molche können wochenlang in einer 1⁰/₁₀₀ Lösung jenes Salzes lebend

¹⁾ H. Schulz fand, dass geringe Mengen arseniger Säure (und anderer Gifte) auch die Lebensthätigkeit der Hefezellen erhöhen (J. Th. 1888).

²⁾ Nach Husemann besteht die Angewöhnung darin, dass die arsenige Säure rasch zu Arsensäure oxydirt wird, welche ein etwas schwächeres Gift ist und ausgeschieden wird.

³⁾ Auch Araki hebt die Uebereinstimmung zwischen Phosphor- und Arsenwirkung hervor (Z. physiol. Chem. 17, 339).

⁴⁾ Die Kritik Filehne's bezieht sich mehr auf die chemisch nicht ganz präzise Ausdrucksweise.

bleiben, wogegen sie durch arsenigsaures Salz bald getötet werden.¹⁾ In einer 1⁰/₁₀₀ Lösung von arsensaurem Kali in Quellwasser leben ferner, wie ich fand, Infusorien und Insectenlarven wochenlang munter fort, jedoch sterben darin nach ein bis zwei Tagen Wasserschnecken, Wasserschnecken und Wasserkäfer, später die Würmer. In 1⁰/₁₀₀ Lösungen von arsenigsaurem Kali dagegen starben auch Infusorien und Insectenlarven bald ab.

Bei Phanerogamen constatirte Nobbe die grosse Schädlichkeit von arsenigsaurem Kali für Erbsen.²⁾ Bei 1:30000 As in Form des arsenigsauren Kalis starben Erbsenpflanzen nach 4 Tagen, bei 1:300000 nach 12 Tagen; die Epidermiszellen der Wurzeln werden nach Nobbe zuerst angegriffen, deren Absterben die osmotischen Actionen hindert. Auch bei Mais ist dieses Salz nach Knop sehr giftig, dagegen wird 0,05 g arsensaures Kali pro Liter Nährlösung von Mais so gut ertragen, dass die Pflanzen normalen Samen entwickeln.³⁾

Ich beobachtete (l. c.), dass verschiedene Algenarten in einer 1⁰/₁₀₀ Lösung von arsensaurem Kali lebend bleiben, dagegen in einer ebenso starken (neutralisirten) Lösung von arsenigsaurem Kali nach 6—10 Tagen zu Grunde gehen, wobei sich eine Granulation bemerken lässt, wenn die Algen gespeichertes actives Eiweiss enthielten. Der Chlorophyllkörper stirbt hier viel früher ab als das Cytoplasma.

Was nun das Verhalten der niederen Pilze zu diesen beiden Säuren betrifft, so ist auch hier Arsensäure als ungiftig zu bezeichnen, arsenige Säure aber als ein schwaches Gift. Es ist bekannt, dass Schimmelfäden in verdünnten Lösungen von arseniger Säure wachsen können, wenn Spuren von organischen Materien vorhanden sind (ausser Spuren von K- und Mg-Salzen, sowie Phosphaten). In concentrirteren Lösungen aber gedeihen sie nicht mehr; versetzt man z. B. eine verdünnte Lösung käuflichen Peptons mit 1% arsenigsauren Kali und so viel Phosphorsäure, dass die Lösung nur noch schwach alkalisch reagirt, und inficirt mit Schimmelsporen, so zeigt

¹⁾ Loew, Pflüg. Arch. 40, 445 und 32, 112. Das krystallisirte arsensaure Salz war das saure Salz des Handels. Das arsenigsaure Kali war das alkalisch reagirende, es wurde mit etwas HCl bis zur schwach sauren Reaction versetzt.

²⁾ Landw. Versuchs-Stat. 37, 381.

³⁾ Botan. Centralblatt 1885, S. 35.

sich keine Entwicklung, ebenso wenig nach Infection mit Fäulnisbakterien. Koch fand, dass eine 1⁰/₁₀₀ Lösung freier arseniger Säure nach 10 Tagen Milzbrandsporen tötet, während bei 1% Schwefelsäure nach 10 Tagen noch manche am Leben blieben.

Eine reichliche Bacterienvegetation lässt sich dagegen beobachten, wenn man eine verdünnte Peptonlösung mit 1% arsen-sauren Kalis versetzt und mit so viel Soda, dass die saure Reaction (des primären Arseniats) in eine schwach alkalische übergegangen ist und nun mit Fäulnisbakterien inficirt. Sprosspilze werden in (neutralisirter) 1% Arseniatlösung nach zwei Tagen nicht getötet, sie scheinen aber dann allmählig zu leiden, wenn Zucker anwesend ist, vielleicht weil dann eine Reduction zu arseniger Säure ermöglicht wird. In ebenso starker neutralisirter Lösung von arsenigsaurem Alkali aber ist die Sprosshefe nach zwei Tagen tot. Dass üppige Schimmelpilzentwicklung stattfinden kann in verdünnten Arseniatlösungen, hat auch Knop (l. c.) beobachtet.¹⁾ Stricte genommen, gehört also arsenige Säure zu den allgemeinen, Arsensäure aber zu den speciellen Giften.²⁾

¹⁾ Derselbe Forscher beobachtete in diesen Lösungen auch Algen-Entwicklung (Volvox).

²⁾ Ich halte es für nicht unwahrscheinlich, dass die arsenige Säure in labile Amidogruppen eingreifen kann, wenigstens deutet ein Versuch mit Phenylhydrazin und arsenigsaurem Kali in essigsaurer Lösung, den ich anstellte, darauf hin. Wenn dem so ist, so wäre die Analogie mit der Nitritwirkung leicht erklärt, sowie der Umstand, dass für viele Organismen nur arsenige, nicht aber auch Arsensäure giftig wirkt; wo letztere nicht leicht reducirt oder wo sie in eine andere Form als arsenige Säure übergeführt wird, bringt sie keinen Schaden. Es kann also eine zweifache Giftwirkung der arsenigen Säure vorliegen, ihr passendster Platz im System ist vielleicht neben der salpetrigen Säure. — Im Anschluss hieran sei noch erwähnt, dass von den bis jetzt geprüften organischen Arsenverbindungen die Dibenzylarsinsäure die giftigste ist, sie übertrifft die Diphenylarsinsäure, dann folgen in absteigender Linie Benzarsinsäure, Kakodylsäure und Monophenylarsinsäure (Bloedern). Die Arsoniumverbindungen (Tetramethylarsoniumjodid) besitzen nicht die spezifische Arsenwirkung, sondern eine dem Curare ähnliche (Rabuteau), während die Wirkung jener Säuren arsenartig ist; 0,05 gr Kakodylsäure $(\text{CH}_3)_2\text{AsO}_2\text{H}$ töten ein Meerschweinchen unter ähnlichen Symptomen wie Arsensäure.