

Die Entwicklung der Alkaloïdchemie im 19. Jahrhundert und ihre Bedeutung für die Medizin.

Von

Professor Dr. **Albert Edinger.**

Mit 1 Tafel.

Die grossen Fortschritte, welche die moderne Chemie in den letzten Dezennien sowohl auf anorganischem wie auf organischem Gebiete gemacht hat, dürften wohl ziemlich allgemein bekannt sein.

Man weiss, welch gewaltigen Aufschwung unsere Technik durch Nutzbarmachung physikalischer Methoden auf chemischem Gebiet genommen hat, wie die Zahl der mannigfaltigen Produkte, die aus dem Steinkohlentheer direkt und indirekt gewonnen werden können, fast ins Unzählbare gewachsen ist, dass schliesslich auf dem Grenzgebiete der Physiologie und Chemie eine Reihe von Thatsachen festgestellt worden sind, die ein Gebiet weiter fruchtbarer Arbeit erschlossen haben.

Wenn nun hier der Versuch gemacht wird, in möglichster Kürze die wichtigsten Thatsachen aus einem Teilgebiete der Pflanzenchemie vor Augen zu führen, so geschieht dies deswegen, um in grossen Zügen ein Bild zu entwerfen, wie tief eingreifend die zahlreichen neu gefundenen Methoden, besonders die des Auf- und Abbaues von Substanzen mit selbst hochkomplizierter Konstitution auch auf die Erkenntnis der Pflanzenstoffe gewesen sind, und welch grosse Vorteile die Menschheit in wissenschaftlicher und praktischer Hinsicht daraus hat schöpfen können.

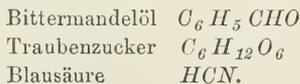
Diejenigen Pflanzenarten, welche sich durch besondere Wirkung auf den tierischen Organismus auszeichnen, sind von alters her Gegenstand eingehender Betrachtung und Forschung gewesen. Die

Wirkung der Chinarinde war den Peruanern bereits bekannt, als die Spanier (1526) ihr Land eroberten, die Kenntnis der Wirkung des Opiums und des Schierlings lässt sich bis in das graue Altertum hinein verfolgen. Aber der weitaus grösste Teil jener Medizinalpflanzen, welche physiologisch wirksame Stoffe enthalten, kam Jahrhunderte hindurch ausschliesslich in Form von Extrakten und Mixturen zur Anwendung. Diesen Präparaten haftete naturgemäss der Uebelstand an, dass eine grosse Masse wirkungsloser oder die Wirkung selbst beeinträchtigender Substanzen gleichzeitig dem Organismus zweckloserweise einverleibt wurde, und vor allem war eine wirklich genaue Dosierung für medizinische Zwecke unmöglich.

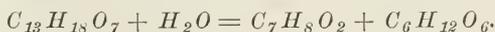
Wenn man sich nun heutzutage mit den wichtigsten, arzneilich verwendeten Pflanzenstoffen vertraut machen will, so muss man seine Aufmerksamkeit in erster Linie auf zwei Arten derselben richten, nämlich auf die sogenannten Glykoside und auf die Alkaloïde. Diese zwei Körperklassen, welche mit hervorragenden physiologischen Wirkungen begabt sind und aus dem Pflanzenreiche gewonnen werden können, sind nun, wie die Untersuchungen der letzten Zeit gelehrt haben, chemisch grundverschieden und können folgendermassen definiert und von einander gesondert werden:

Als Glykoside bezeichnet man diejenigen im Pflanzenreiche vorkommenden Verbindungen, welche unter mannigfachen besonderen Einflüssen, wie beim Erwärmen mit verdünnten Säuren oder Alkalien, seltener durch Kochen oder Ueberhitzen mit Wasser, oder auch durch Einwirkung von Fermentkörpern (Gährungserregern) bei bestimmter Temperatur unter Aufnahme von Wasser in einen Zucker oder mehrere Zuckerreste und irgend welche andere, nicht zu den Zuckerarten gehörende Körper gespalten werden.

So wird z. B. das in den bitteren Mandeln vorkommende Glykosid Amygdalin $C_{20}H_{27}NO_{11}$ durch Spaltung mit verdünnter Schwefelsäure oder durch Einwirkung des Fermentes Emulsin zerlegt in



Das in Weidenarten vorkommende Salicin giebt mit verdünnten Säuren oder einem Fermente, z. B. Emulsin: Salicylalkohol und Traubenzucker



Es ist bei diesen Spaltungen keineswegs notwendig, dass immer die gleiche Zuckerart abgespalten wird, vielmehr hat u. a. z. B. KILIANI bei dem aus der Digitalis-pflanze gewonnenen ungiftigen Glykosid Digitonin gefunden, dass beim Behandeln desselben mit Salzsäure Digitogenin, Galaktose und Dextrose entstehen.

Diese Körperklasse, so interessant sie aber an sich sein mag, ist selbst heutzutage noch zu wenig untersucht, als dass man es wagen könnte, hier bereits jetzt einen Gesamtüberblick über die bisherigen Forschungen zu geben. Keineswegs hat es an vielen und nutzbringenden Untersuchungen gefehlt, aber die Natur dieser Substanzen selbst, welche schon von vornherein aus mehreren ganz heterogenen Resten, überdies verschiedener Körperklassen zusammengesetzt sind, stellt hier und da der chemischen Untersuchung noch grössere Schwierigkeiten entgegen, als die Alkaloïdforschung, bei der man es meistens mit Stoffen einheitlicher Herkunft zu thun hat. Darum soll hier ein, wenn auch nur in grossen Zügen zu erlangender Ueberblick über die Alkaloïdchemie gegeben werden.

Alkaloïde.

Was man eigentlich unter dem Begriff der Alkaloïde zu verstehen hat, war mit absoluter Genauigkeit lange nicht festzustellen, und es herrschen auch noch heute über ihre Einteilung zum Teil verschiedene Ansichten.

Im allgemeinen unterscheidet man heute zwischen:

1. Alkaloïden im weiteren Sinne,
2. solchen im engeren Sinne und
3. schliesslich den sogenannten tierischen Alkaloïden, d. h. Stoffen, die teilweise im pflanzlichen wie im tierischen Organismus gleichzeitig, teilweise in letzterem allein vorkommen.

Sämtliche Alkaloïde können von den Glykosiden ganz allgemein dadurch unterschieden werden, dass in ihrer eigentlichen Konstitution als solcher, durch Salzsäure, Fermente etc. nichts Besonderes geändert wird. Eine Spaltung, wie sie dort als Regel auftritt, findet hier nicht statt; ebenso wenig existieren ein oder mehrere Zuckerreste im Molekül. Allen Alkaloïden ist zweierlei gemeinsam, nämlich

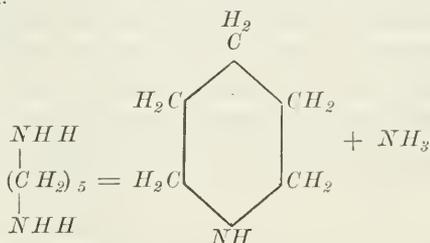
1. ihr Gehalt an Stickstoff und
2. eine Folge davon, ihre allgemeinen Eigenschaften, die sie stets als Derivate des Ammoniaks erscheinen lassen,

d. h. in erster Linie ihr basischer Charakter. Wir sind somit in der Lage, als Alkaloïde im weiteren Sinne alle jene stickstoffhaltigen, zum Teil auch im Pflanzenreiche vorkommenden Basen zu betrachten, die sich ähnlich wie Ammoniak oder die fixen Alkalien (Kalilauge, Natronlauge) verhalten.

Alkaloïde im engeren Sinne.

Durch neuere Versuche hat man sich veranlasst gesehen, den Namen der Alkaloïde im engeren Sinne nur auf einen beschränkten Kreis von mit hervorragenden, physiologischen Eigenschaften begabten stickstoffhaltigen Pflanzenstoffen zu beziehen, welche Abkömmlinge ganz bestimmter Substanzen von ringförmiger Struktur sind, welche sich unter Umständen aus offenen, kettenförmigen Verbindungen bilden können.

Als in erster Linie hierher gehöriges Beispiel sei das sogenannte Piperidin erwähnt, welches leicht aus dem Pentamethyldiamin durch Abspaltung von Ammoniak entsteht.



Diese Ringe sind gewissermassen Grundlage der aus ihnen resultierenden Körper. Sie geben dem Chemiker, ähnlich wie das Skelett dem Anthropologen, einen gewissen Anhalt, auf die Eigenschaften des aus ihm entstehenden höher konstruierten Körpers ungefähre Schlüsse zu ziehen. Die moderne Chemie hat sich nun eingehend mit diesen sogenannten Skeletten befasst, hat die physiologische Wirkung derselben selbst bestimmt und dann, soweit dies nach dem heutigen Stande unserer Wissenschaft möglich, durch Einführung neuer Substituenten in diese Gerippe versucht, auf sogenanntem synthetischen Wege den künstlichen Aufbau dieser höchst interessanten Stoffe zu erzielen oder doch wenigstens demselben möglichst nahe zu kommen. Parallel mit diesen Versuchen gingen naturgemäss die Untersuchungen, die dahin zielten:

1. aus einem Pflanzensaft die wirksamen Bestandteile in einer womöglich krystallisierten Form darzustellen;
2. diese reinen Bestandteile auf Grund derjenigen Reaktionen, deren Gesetzmässigkeit bekannt war, gradatim abzubauen. Zu diesen Reaktionen gehören in erster Linie die der Oxydation und Reduktion, Alkylierung u. a.

Man ist vermittelst mancher Oxydationsmittel in der Lage, eine quantitative Sauerstoffmenge zur Oxydationswirkung gelangen zu

lassen und damit im stande, den Abbau eines unbekanntes Körpers oft bis zu einer Grenze zu vollziehen, welche es geeignet erscheinen lässt, das bei diesem exakten Verfahren erhaltene Produkt mit vielleicht bereits bekannten zu vergleichen.

Mit Zuhilfenahme solcher und weiterer Operationen ist es nun gelungen, die Konstitution mehrerer Pflanzenstoffe gänzlich aufzuklären, bei anderen ist man auf dem besten Wege, solches zu erreichen oder hat Atomkomplexe eliminieren können, welche auf ihre chemischen und physiologischen Eigenschaften untersucht wurden und dem ganzen Alkaloide gewissermassen das Gepräge gegeben haben.

Verfolgt man diese Thatsachen nun zunächst vom rein historischen Standpunkte, so sieht man, dass am Ende des 18. Jahrhunderts die Ansicht vorherrscht, die Pflanze könne lediglich Produkte neutralen oder sauren Charakters erzeugen. Die Entstehung resp. Bildung von Körpern, welche dem Ammoniak nahestanden, die elementare Konstitution der Pflanzenbasen war gänzlich unbekannt.

Der erste, welcher die damals epochemachende Entdeckung eines solchen Körpers machte, war Dr. FRIEDR. SERTÜRNER, Apotheker in Einbeck in Hannover, welcher 1805 das Morphin als spezifischen Bestandteil des Opiums erkannte und nachwies. (Unter Opium verstehen wir bekanntlich den eingetrockneten Milchsaft der grünen Samenkapseln des Mohns, *Papaver somniferum*, aus dem später noch die folgenden Alkaloide isoliert wurden: Codein, Thebain, Papaverin, Narkotin, Narcein u. a.)

Zwar hatten sich zahlreiche Forscher wie BAUMÉ, DEROSNE, SÉGUIN schon vor ihm mit der Chemie dieses Pflanzenstoffs befasst, allen aber entging die basische Natur desselben, die man, wenn sie je beobachtet worden war, auf die Gegenwart von Ammoniak, welches das Präparat verunreinigen sollte, geschoben hatte.

SERTÜRNER hob nun zunächst die alkalische Reaktion der von ihm isolierten neuen Base hervor und betont ausdrücklich, dass es kein Ammoniak sei, welches die basische Reaktion bedinge. SERTÜRNER stellte ferner neutrale Salze des Morphins dar und ebenso hebt er hervor, dass diese Base Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff enthalte. Der direkte Nachweis des Stickstoffs und die erste Elementaranalyse des neuen Körpers wurde jedoch erst von BÜSSY geführt.

Diese Entdeckung SERTÜRNER's schien anfangs trotz ihrer enormen Tragweite unbeachtet zu bleiben, erst vom Jahre 1817 an

beschäftigte man sich allgemein mit diesen Untersuchungsergebnissen, die inzwischen im genannten Jahre durch weitere Mitteilungen SERTÜRNER's über die stark giftigen Eigenschaften, die sonstigen physiologischen Wirkungen und die Krystallisationsfähigkeit des Morphins bereichert wurden; er erkannte bereits damals richtig, dass das Morphin im Opiumsaft an eine Säure, die Mekonsäure, gebunden sei und nicht in freiem Zustande existiere, vielmehr erst aus seiner Verbindung freigemacht werden müsse.

Die bedeutendsten Forscher wie GAY-LUSSAC, CUVIER, MAGENDIE unterstützten fortan die Untersuchungsergebnisse SERTÜRNER's und die ganze wissenschaftliche Richtung, welche diese Untersuchungsergebnisse zu Tage gefördert hatte. Weiterhin wurde von MAGENDIE auch auf den therapeutischen Wert der neu entdeckten Basen hingewiesen. Von nun an brachte denn auch jedes Jahr fast neue Entdeckungen auf dem Gebiete der Pflanzenchemie, und innerhalb der nächsten 18 Jahre wurden fast alle wichtigeren Alkaloïde auf Grund der SERTÜRNER'schen Erfahrung isoliert. Es wurden der Reihe nach gefunden und beschrieben:

Narkotin	1817 (ROBIQUET),
Veratrin	1818 (MEISSNER),
Strychnin	1818 (PELLETIER und CAVENTOU),
Piperin	1819 (OERSTED),
Brucein	1819 (PELLETIER und CAVENTOU)
Chinin } Cinchonin }	1820 (PELLETIER und CAVENTOU),
Coffein	1820 (RUNGE),
Coniin	1827 (GIESECKE),
Nikotin	1828 (POSSELT und REIMANN),
Curarin	1828 (ROULIN [1828] und PREYER [1860]),
Codein	1832 (ROBIQUET),
Narcein	1832 (PELLETIER),
Atropin	1833 (MEIN, GEIGER und HESSE).

Es sind dies freilich nur die wesentlichsten der hier zu erwähnenden Pflanzenbasen, eine grosse Reihe anderer wurde in diesen und den darauffolgenden 50 Jahren entdeckt, aber es würde zu weit führen, wollte man auf alle diese Substanzen auch nur oberflächlich eingehen. Darum soll lediglich in Kürze zunächst über das natürliche Vorkommen derselben berichtet und sodann eine allgemeine chemische Einteilung auf Grund der Konstitution der Alkaloïde aufgestellt werden.

Die Pflanzenalkaloïde finden sich fast nur in Dikotyledonen vor; das noch wenig untersuchte Colchicin ist ein Bestandteil einer monokotylen Pflanze, nämlich der Herbstzeitlose, *Colchicum autumnale*. Zu erwähnen sind noch Veratrin, Cevadin und Sabadin, welche sich in der Niesswurz, *Veratrum album*, bezw. dem Läusekraut, *Veratrum Sabadilla*, vorfinden. Auch diese Pflanzen gehören, wie die Herbstzeitlose, in die Familie der Colchicaceae.

Die Alkaloïde sind in den Pflanzen meist nicht als freie Basen enthalten, sondern in Form von Salzen, verbunden mit den im Pflanzenreiche weit verbreiteten sogenannten Pflanzensäuren, besonders mit Aepfelsäure, Citronensäure und vielfach mit Gerbsäuren. Verschiedene Alkaloïde sind aber im Pflanzenorganismus mit ganz bestimmten Säuren verbunden, welche sich in anderen Pflanzen nicht vorfinden, wie die Opiumalkaloïde mit Mekonsäure, die Chinaalkaloïde mit Chinasäure. Bemerkenswert ist ferner, dass manche grosse Pflanzenfamilien keine Alkaloïde produzieren, wie die Labiaten. Auch die wohl viele hundert Spezies umfassende Familie der Kompositen hat nur sehr wenige Vertreter, welche Alkaloïde liefern.

Alkaloïde produzierende Familien sind besonders: die Rubiaceae (*Cinchona*, *Coffea*, *Ipecacuanha* [Emetin]), Papaveraceae (*Papaver*, *Chelidonium*), Solanaceae (*Belladonna*, *Stramonium*, *Nicotiana*, *Capiscum*, *Hyoscyamus*, *Solanum*), Ranunculaceae (*Aconitum*, *Delphinium*, *Hydrastis*).

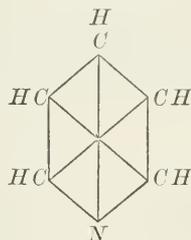
Was nun die chemische Einteilung der Alkaloïde betrifft, so kann man mit einem gewissen Stolz auf die bis zum Schluss des 19. Jahrhunderts erzielten Resultate zurückblicken. Durch die unermüdlichen Arbeiten A. W. VON HOFFMANN's, LADENBURG's, GOLDSCHMIDT's, SKRAUP's, GRAEBE's, KNORR's und vieler anderen sind wir in die Lage versetzt, gestützt auf durch das Experiment festgestellte Thatsachen, wenigstens für fast alle Alkaloïde im engeren Sinne eine gewisse Fundamenteileilung auf Grund ihrer chemischen Konstitution festzusetzen.

Durch mannigfache Operationen, besonders durch Destillation mit Kali, ist es bei vielen dieser Stoffe gelungen, wie schon oben angedeutet wurde, diese Pflanzenstoffe bis auf ihre sehr widerstandsfähigen Skelette zu zerstören resp. abzubauen. Dadurch aber gerade ist uns eine bequeme Handhabe gegeben, die Alkaloïde von ihren Grundsubstanzen aus, ohne die sie nicht gedacht werden können, auch wieder aufzubauen. Diese Grundsubstanzen aber sind zum Teil nun sämtlich nicht nur durch chemische, teilweise

komplizierte Reaktionen aus dem Pflanzenreiche gewonnen worden, sondern sie sind auf Grund der fortschreitenden Erfahrung, die wir über den Auf- und Abbau chemischer, stickstoffhaltiger Verbindungen überhaupt gewonnen haben, man kann sagen, geradezu aus den sie zusammensetzenden Elementen aufgebaut worden.

Hierher gehören nun der Reihe nach die folgenden Substanzen, die, abgesehen von der künstlichen Synthese, auch grösstenteils aus den höheren Fraktionen des Steinkohlentheers isoliert werden konnten und deren genaues Studium das meiste Licht auf dem Gebiete der Alkaloidchemie verbreitete.

I. Pyridin.



1846 gelang es ANDERSON, aus dem Produkte der trockenen Destillation der Knochen — dem sogenannten Dippel'schen Oele — das Pyridin zu isolieren. Von den oben erwähnten Alkaloiden gaben nun Nikotin, Coniin, (Brucin, Strychnin) u. a. mehr beim Glühen mit Zinkstaub Pyridin. Das Pyridin selbst aber lässt sich synthetisch leicht darstellen.

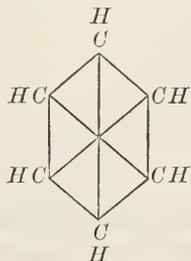
1. Pentametylendiamin + Hitze = NH_3 + Piperidin.

Piperidin + H_2SO_4 = Pyridin (Königs).

2. $2CH_2 = CH - C \begin{matrix} \diagup O \\ \diagdown H \end{matrix} + NH_3 = C_5H_4N(CH_2)_2$.

Das Pyridin ist ein übelriechendes Oel, das in allen Verhältnissen mit Wasser mischbar ist. Das Gemenge seiner Homologen wird zum Denaturieren des Spiritus benutzt. Es besitzt einen ausgesprochen basischen Charakter und vereinigt sich leicht mit Mineralsäuren, wie Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, zu Salzen. Das Pyridin bildet in ähnlicher Weise wie die Alkalien Doppelsalze. Ebenso vereinigt es sich meist unter heftiger Reaktion mit Jodmethyl und weniger leicht mit höheren Alkylen.

Das Pyridin ist nun theoretisch vom Benzol so herzuleiten, dass eine

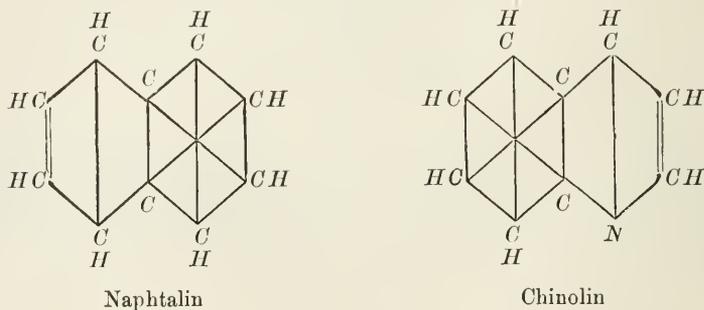


*CH*Gruppe durch *N* ersetzt gedacht wird, und die von demselben herstammenden Alkaloide stehen zum Pyridin in demselben Verhältnis wie die Homologen oder sonstigen Derivate des Benzols, z. B. Propylbenzol, zu ihrer Muttersubstanz, dem Benzol selbst. Das Pyridin ist ferner als echtes tertiäres Amin leicht mit Wasserdämpfen flüchtig. Diese Flüchtigkeit steht bei derartigen Substanzen im allgemeinen im Verhältnis zur Stärke ihrer basischen Eigenschaften. Werden diese Körper mit stark sauren Resten im Kern belastet, so nimmt allmählich auch die Flüchtigkeit ab. Dies gilt namentlich auch für den weiter hier zu behandelnden Körper, das Chinolin.

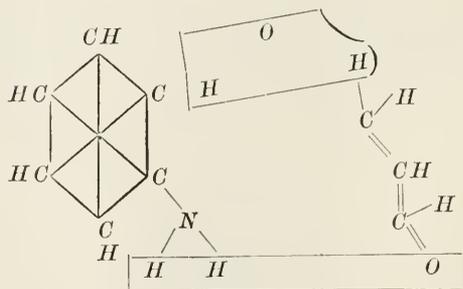
II. Chinolin.

Anfangs der vierziger Jahre hatte RUNGE ebenfalls aus dem Steinkohlentheer das Chinolin entdeckt und isoliert, und 1842 erhielt GERHARD beim Erhitzen des Cinchonins, Chinins und Strychnins mit Aetzkali Chinolin.

KÖRNER verglich zuerst das Chinolin mit dem Naphthalin. Bewiesen wurde

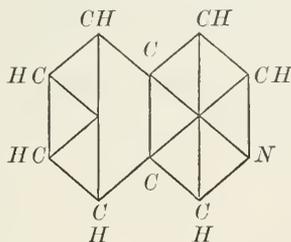


diese Vermutung durch die Arbeiten von KÖNIGS und SKRAUP, welchen beiden Forschern diejenige Synthese des Chinolins zu verdanken ist, nach welcher heute im grossen besagtes Produkt gewonnen wird, nämlich durch Erhitzen von Anilin, Glycerin und Schwefelsäure in Gegenwart von Nitrobenzol.



Inzwischen sind noch eine grosse Anzahl weiterer Chinolinsynthesen entdeckt worden, auf die hier nicht näher einzugehen ist.

Ein weiterer Körper, welcher isomer mit dem Chinolin ist, so nämlich, dass das Stickstoffatom nicht die der gemeinschaftlichen Kernbindung benachbarte *CH* Gruppe ersetzt, ist das Isochinolin.



So irrelevant dieser Unterschied auf den ersten Blick erscheint, und so ähnlich sich Chinolin und Isochinolin äusserlich sind, so giebt doch das Isochinolin beim Aufspalten durch Oxydationsmittel ganz andere Produkte.

Diese Erkenntnis aber, ebenso wie die ganz andere Art, mit der das Stickstoffatom (= Pyridin) funktioniert, drückt dem Isochinolin das Gepräge auf. Das Stickstoffatom im Isochinolin ist nun, was die Addition an Säuren und Halogenalkyle betrifft, genau so beschaffen, wie beim Pyridin und Chinolin. Seine Halogenalkylate aber geben mit *Ag OH* ebenso wie das Pyridin wasserlösliche quaternäre Ammoniumbasen, diese giebt das Chinolin nicht.

Werden diese Ammoniumbasen mit Halogenwasserstoff behandelt, so geben sie Salze, die mit den Halogenalkyl-Additionsprodukten identisch sind. Andererseits kann man diese Halogenalkylate mit Aetzkali behandeln, und hierbei entstehen noch nicht mit Sicherheit aufgeklärte Basen tertiären Charakters. Die Kalilauge wird hier lediglich Halogenwasserstoff abspaltend. Die so entstehenden Pyridin- und Isochinolinderivate gleichen einander auch hier, da beim Behandeln mit Halogenwasserstoffsäure sich nicht mehr die ursprünglichen Additionsprodukte bilden. Beim Chinolinjodmethylat hingegen entsteht z. B. aus dem Verseifungsprodukt mit Kalilauge und nachheriges Behandeln mit Jodwasserstoffsäure wiederum das Ausgangsmaterial: Chinolinjodmethylat.

Man kann also ganz allgemein sagen: das Stickstoffatom im Isochinolin und Pyridin funktioniert gleichartig. Die Funktion des Stickstoffatoms im Chinolin ist eine andere. Dementsprechend aber muss auch für die Konstitution des stickstoffhaltigen Ringes im Pyridin und Isochinolin das gleiche Bindungsverhältnis, für das Chinolin ein anders geordnetes angenommen werden.

Aus allen diesen Beobachtungen geht hervor, dass die von KÖNIGS 1880 gegebene Definition für Alkaloïde (im engeren Sinne) heute nicht mehr haltbar ist. Dieselbe lautete nämlich:

Unter Alkaloïden versteht man diejenigen im Pflanzenreiche vorkommenden organischen Basen, welche Pyridinderivate sind.

Dazu kommen aber noch folgende Momente:

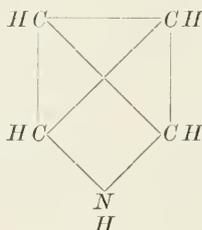
Nicht nur sechsgliedrige Ringe, wie die neuesten Erfahrungen uns gelehrt haben, sind als Grundsubstanzen von eigentlichen Alkaloïden erkannt worden, sondern auf der einen Seite sind Gebilde

mit weniger als fünf $C + N$ Atomen gefunden worden, so das Pyrrol und sein Hydroprodukt, das Pyrrolidin, wie auch solche Ringe, die wir als polycyclische auffassen können, vorkommen und nach den neuesten Untersuchungen von WILLSTÄDTER z. B. im Coecaïn angenommen werden.

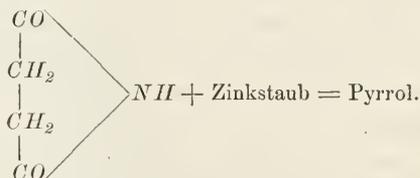
Diesem Alkaloid liegt nämlich folgender Ring zu Grunde:



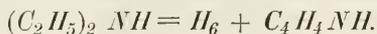
Das Pyrrol, welches mit dem Pyridinring verkettet im Nikotin, Atropin, Hyoscyamin und nunmehr auch, wie oben angegeben, im Coecaïn angenommen wird, besitzt die folgende Zusammensetzung:



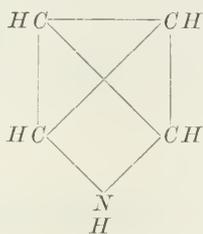
Dasselbe wird vornehmlich erhalten bei der trockenen Destillation der Steinkohle und der Knochen. Für seine Isolierung wird der von 98—150° siedende Anteil mit Kalilauge erhitzt, solange noch Ammoniak entweicht. Darauf wird die bei 130—160° übergegangene Fraktion mit festem Aetzkali erhitzt. Hiebei entsteht Pyrrolkalium, das mit Wasser zerlegt und sodann mit Wasserdämpfen zur Reinigung überdestilliert wird. Eine andere Darstellungsweise dieses Körpers besteht darin, dass man das Imid der Bernsteinsäure mit Zinkstaub erhitzt.



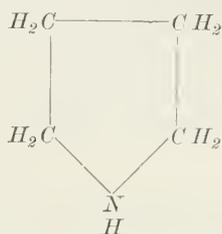
Ebenso entsteht dieser Körper leicht beim Durchleiten von Diäthylamin $(C_2H_5)_2NH$ durch schwach glühende Röhren.



Ebenso wie sich das Pyridin zum Piperidin reduzieren lässt, kann man vom Pyrrol zum Pyrrolidin gelangen.



Pyrrol.

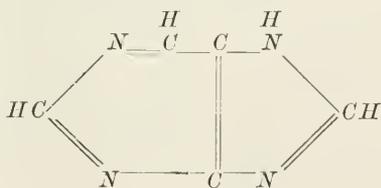


Pyrrolidin.

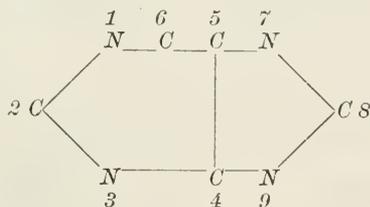
Auch aus Bernsteinsäureimid mit starken Reduktionsmitteln, wie Alkohol und metallischem Natrium, lässt sich das Pyrrolidin leicht gewinnen.

Eine grosse Erweiterung der Anschauung, dass ähnlichen Alkaloiden stets auch bestimmte sogenannte gleiche Skelette zu Grunde liegen und dadurch auch theoretisch zusammengehörige Körperklassen gebildet werden, wird aus folgender Beobachtung über einen kürzlich entdeckten, neuen ringförmigen Körper klar werden.

Durch die umfassenden Untersuchungen EMIL FISCHER's ist es gelungen, einen Körper herzustellen, welchem die folgende Konstitution zukommt:



Purin

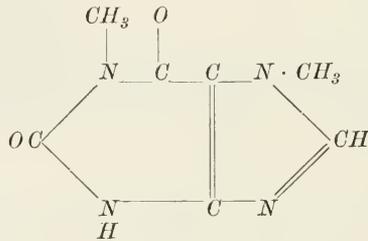


Purinkern

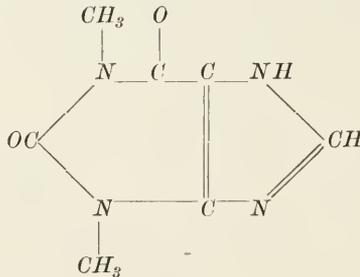
und dem der Entdecker den Namen Purin gegeben hat.

Diese Thatsache ist zweifelsohne eine der weittragendsten, nicht allein für die hier zu behandelnden Pflanzenstoffe, sondern auch für deren Beziehungen zu Substanzen, die im tierischen Organismus eine überaus wichtige Rolle spielen. Von diesem Purin können durch ähnliche Substitutionen, wie wir sie beim Benzol, Pyridin, Chinolin, Isochinolin kennen gelernt haben, zunächst die folgenden Alkaloïde abgeleitet werden:

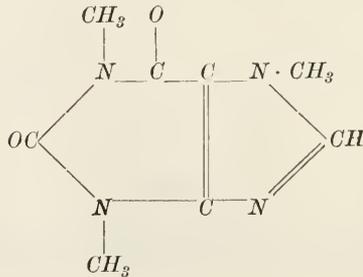
1. Theobromin = 2 · 6 · Dioxy 1 · 7 · Dimethylpurin

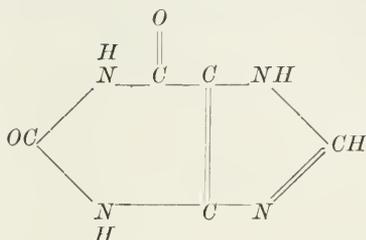
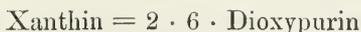


2. Theophyllin = 1 · 3 · Dimethyl 2 · 6 · Dioxypurin.



3. Koffein = 2 · 6 · Dioxy 1 · 3 · 7 Trimethylpurin.





Auf die im Organismus vorkommenden Stoffe:

Hypoxanthin,
Xanthin,
Adenin,
Harnsäure

wird später noch näher eingegangen werden.

Aus alledem kann man mit Klarheit ersehen, dass man die hauptsächlichsten Alkaloïde nach ihren Stammsubstanzen, aus denen sie sich aufbauen lassen, klassifizieren kann.

Zu den bekannten Alkaloïden der Pyridingruppe zählt man das Coniin, Piperin und Nikotin.

Zu denjenigen der Pyrrolidingruppe: Atropin (optisch inaktiv), Hyoscyamin (links drehend, geht durch Erhitzen auf seinen Schmelzpunkt in Atropin über), Cocaïn.

Derivate des Chinolins sind: die Chinaalkaloïde, Strychnin und Brucin.

Derivate des Isochinolins sind: Papaverin, Narkotin, Hydrastin, Narceïn, Berberin.

Alkaloïde der Puringruppe sind: Koffein, Theophyllin und Theobromin.

Zum Schlusse sind noch zu erwähnen die Alkaloïde der Morphingruppe (Morphin, Codeïn, Thebaïn), welche, trotzdem sie zuerst entdeckt worden waren, hinsichtlich ihrer Konstitution noch nicht gänzlich aufgeklärt worden sind.

Hiermit ist ein, wenn auch nur in breiten Zügen angelegter, doch einheitlicher Ueberblick über das Gesamtwesen der Alkaloïde im engeren Sinne gegeben.

Aus dieser Uebersicht ergab sich aber noch ein ganz neuer Gesichtspunkt für die Forschung auf diesem Gebiete. Da sich gezeigt hat, dass die Anzahl jener Skelette eine ausserordentlich geringe ist im Verhältnis zu den thatsächlich existierenden Alkaloïden, welchen

die verschiedenartigsten physiologischen Wirkungen anhaften, so war für das medizinisch-chemische Forschungsgebiet ein grosses Feld von Untersuchungen eröffnet, die darin gipfelten, festzustellen, wie durch Einführung mannigfacher Elemente und Seitenketten nicht nur der chemische Charakter, sondern auch die physiologische Wirkung bedingt wurde; kurz, durch diese Thatsachen wurde zum erstenmale die Bedeutung der Wechselbeziehung zwischen chemischer Konstitution und physiologischer Wirkung in den Vordergrund gestellt.

Alle diese Untersuchungen gaben schliesslich Veranlassung, auf dem Gebiete der Immunitätslehre grundlegende neue Anschauungen zu schaffen.

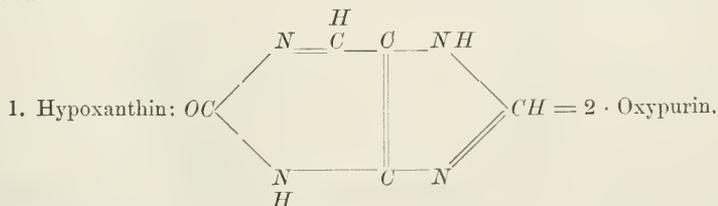
Wie wichtig die richtige Erkenntnis dieser Thatsachen auch für die Praxis werden kann, sei an einem künstlich von Professor EINHORN hergestellten Anaesthesierungsmittel nachgewiesen. EINHORN ist von der Ansicht geleitet gewesen, dass die Wirkung des Cocaïns wahrscheinlich die Eigentümlichkeit eines im Alkaloïd enthaltenen hydroaromatischen Ringes sein könne, welcher mit ganz bestimmten Seitenketten belastet ist. Diese Ansicht hat ihre Bestätigung gefunden, auch wenn man berücksichtigt, dass heute die Anschauung über die Konstitution des Cocaïns eine andere ist als vor vier Jahren. Es ist EINHORN mit seinen Schülern nicht nur gelungen, zunächst einen Stoff zu isolieren, der die Schmerzempfindlichkeit bedeutend herabsetzt, sondern er konnte auch feststellen, dass viele chemisch analoge Körper, die dazu einfacher konstituiert waren, besser zu anaesthesieren vermochten als die komplizierten Derivate des Cocaïns selbst. So entstanden die künstlich unschwer darstellbaren, als Orthoform resp. Orthoform „neu“ in den Arzneischatz eingeführten *p*-Amido-*m*-oxybenzoësaure-Methylester und *m*-Amido-*p*-oxybenzoësaure-Methylester. Es zeigte sich also, dass alle aromatischen Ringe, welche die *OH*-, *NH*₂-, *COO* *Cl*₃-Gruppe gleichzeitig enthielten, mehr oder weniger anaesthesierend wirken.

Die genannten Verbindungen waren durch ihre Wirkungsweise und sonstigen Eigenschaften eben die geeignetsten von allen. Hiemit dürfte auch der Beweis erbracht sein, wie die Natur zweckmässig durch den Chemismus der pflanzlichen Zelle Stoffe produziert, die kraft ihrer besonderen chemischen Konstitution ganz spezifische Wirkungen zu äussern vermögen; es ist nicht mehr die zufällige Art der Beschaffenheit des Pflanzensaftes, sondern die Konstitution der in ihm enthaltenen spezifischen Stoffe, welche jene teilweise wohl charakterisierten, starken Wirkungen hervorbringt.

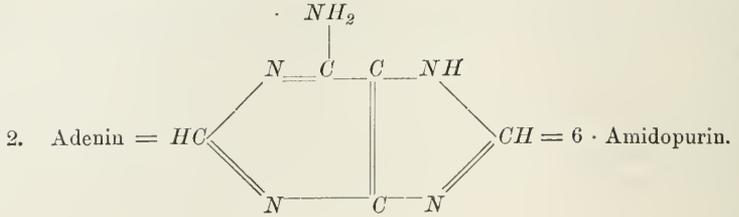
Weiter aber noch ist die moderne Wissenschaft vorangeschritten; sie hat ihr Ziel nicht bei der Erforschung von Produkten der pflanzlichen Zelle als erreicht angesehen, nein, auch Stoffe, welche die tierische Zelle bzw. der tierische Organismus produziert, sind schon seit geraumer Zeit in den Kreis dieser Untersuchungen gezogen worden. Es ist das grosse Verdienst des Italieners SELMI, hier zuerst die aufklärende Hand angelegt zu haben, welche ein ungeahnt fruchtbares, neues Arbeitsgebiet erschloss. Der tierische Organismus bringt selbst unter normalen Verhältnissen basische organische Stickstoffverbindungen hervor, sogenannte tierische Alkaloïde. Er schützt sich gegen deren Anhäufung im Organismus im allgemeinen durch Ausscheidung oder durch intracellulare Umwandlungsprozesse. Bei pathologischen Zuständen kann nun die Ausscheidung oder geeignete Umwandlung dieser Basen verhindert werden, und dann nimmt die Menge derselben um so schneller zu, als tierische Substanzen zersetzt werden. Die Entdeckung dieser stickstoffhaltigen, zum Teil sehr einfachen, zum Teil höchst komplizierten Verbindungen hat eine, man kann sagen, ganz neue Richtung der modernen physiologischen Chemie herbeigeführt. Eine genaue Klassifizierung hier festzustellen, ist bei dem heutigen Stande unserer Wissenschaft zwar noch nicht ganz durchführbar, immerhin aber ist auf Grund zahlreicher Untersuchungen, unter denen diejenigen von BRIEGER und EHRLICH die erste Stelle einnehmen, es möglich, ganz allgemein diese tierischen Alkaloïde folgendermassen einzuteilen:

Solchen Verbindungen, welche unter normalen Verhältnissen im tierischen Organismus gebildet werden, wurde der Name Leukomaïne ($\lambda\epsilon\upsilon\kappa\omega\mu\alpha\iota\eta$ = Eiweiss) beigelegt; dagegen bezeichnete man diejenigen Verbindungen, welche bei der Fäulnis der tierischen Substanzen, oder von Eiweisskörpern gebildet werden, als Ptomaïne ($\pi\tau\omega\mu\alpha\iota\eta$ = Leichnam).

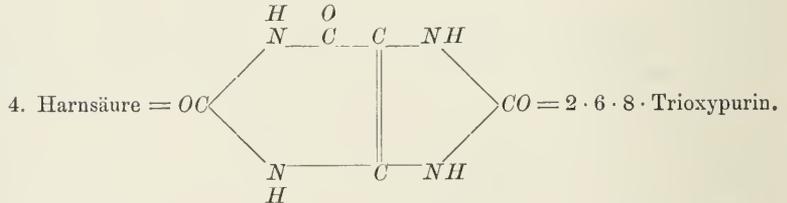
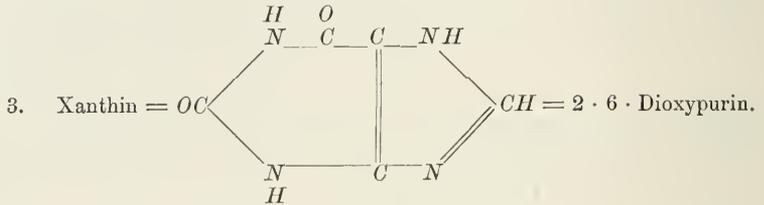
Um noch einige hierher gehörige Beispiele kurz anzudeuten, soll noch einmal auf die oben erwähnten Derivate des Purins verwiesen werden.



(In Muskeln, Milz, Leber, Hirn)

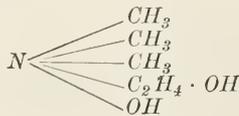


(In Drüsen)

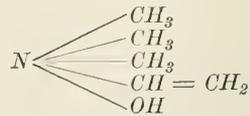


Alle diese Körper zählen wir zur Klasse der Leukomaine.

Von den sogenannten Ptomainen sind von BRIEGER, NAUMANN u. a. zahlreiche, teils wenig, teils stark giftige Stoffe abgesondert und analysiert worden. Ein grosser Teil derselben ist, wie das Cadaverin, sauerstofffrei. Sämtliche aber sind mehr oder weniger komplizierte Derivate des Ammoniaks. Namentlich diese Basen sind Produkte der sogenannten Bakterien und wirken oft weit unheilvoller als diese selbst. Noch auf einen Stoff, der sowohl im tierischen, als auch im pflanzlichen Organismus als Abbauprodukt höher konstituierter Stoffe vorkommt, soll hingewiesen werden, nämlich auf das Cholin, das in der Galle und im Fliegenpilz vorkommt. Ihm verwandt ist das Neurin,



Cholin.



Neurin.

welches lediglich um ein Molekül Wasser ärmer ist als das Cholin.

Letzteres ist wenig, ersteres dagegen stark giftig. Das Cholin kommt sowohl in freiem Zustande als auch als Bestandteil des Lecithins eines hoch komplizierten Glycerinderivates vor.

Schliesslich aber sind auch bereits von BRIEGER eine Reihe ähnlich beschaffener Pyridinderivate, welche in dieses Gebiet gehören, entdeckt worden, ja sogar bei der Spaltung des Eiweisses selbst sind in neuester Zeit Derivate des Pyridins isoliert worden. Man sieht somit, dass sowohl die pflanzliche wie tierische Zelle in wunderbarer Weise Körper aufbaut, welche mit ganz hervorragenden physiologischen Wirkungen begabt sind. Aufgabe der Wissenschaft ist es nun, nicht nur alle diese Körper rein zu gewinnen, sondern auch jeden einzelnen bis in die kleinste Einzelheit auf seine Wirkungsweise zu untersuchen. Dabei hat sich ergeben, dass Stoffe, die in grösseren Dosen ausserordentlich giftig sind, in minimalen Dosen die Therapie in hervorragender Weise unterstützen können. So wird ja z. B. das allgemein bekannte Krampfgift Strychnin in minimalen Dosen mit Erfolg als Stärkungsmittel verwendet.

Aber noch ein anderes Ergebnis haben die Untersuchungen der pflanzlichen und tierischen Stickstoffbasen gehabt. Durch eine grosse Anzahl über jeden Zweifel erhabener Untersuchungen ist festgestellt, dass der tierische Organismus über mannigfache Schutzkräfte verfügt, die ihn nicht nur vor der oben erwähnten Ansammlung giftiger basischer Produkte schützen, sondern es ist auch klar erwiesen, dass von aussen her eindringende Infektionsstoffe und deren giftige Produkte zunächst häufig ganz vernichtet, häufig wesentlich in ihren Wirkungen durch chemische Prozesse, die sich im Organismus vollziehen, abgeschwächt werden. Diese Prozesse beruhen nun, abgesehen von Vorgängen wie Oxydation, Reduktion, Paarung oder Spaltung, zum nicht geringen Teil auf der Wirkung mancher Sekrete, welche neben andern schützenden auch solche stickstoffhaltigen Substanzen enthalten. BEHRING's bekannte Untersuchungen beziehen sich hauptsächlich auf die Aktion unbelebter chemischer stickstoffhaltiger Agentien, und aus seinen Arbeiten heraus schliesst KOBERT schon 1893, dass das sogenannte Immensein des tierischen Organismus grossenteils eine Funktion lebloser Teile desselben, also nicht der Zelle direkt ist. KOBERT wirft auch die sehr berechtigte Frage auf, ob nicht durch angestrengtes pharmakologisches Forschen Mittel gefunden werden könnten, welche gegen unsere gewöhnlichen alkaloidischen wie glykosidischen Gifte immun machen. Dass man sich gegen Skorpion-

gift, Ricin und Abrin immunisieren kann, ist eine bekannte Tatsache.

Es wird im allgemeinen hierbei so verfahren, dass man systematisch gesteigerte Dosen allmählich in gewissen Zeitabschnitten in die Blutbahn der Versuchstiere einspritzt. Diese selbst werden dann gegen die betreffenden Gifte immun. Von dem Blute der immunisierten Tiere gewinnt man das Serum zu Immunitätszwecken.

Hervorragende Bedeutung haben die Arbeiten von CALMETTE und FRASER, welchen es gelang, Schlangenserum bezw. Heilserum aus dem Blute von Kaninchen, Meerschweinchen, Eseln und Pferden in der soeben angedeuteten Weise zu gewinnen; denn es vermochten 4 ccm, noch eine Stunde nach der Vergiftung injiziert, Tiere von der sonst in drei Stunden tödtlich wirkenden Dosis zu retten. CALMETTE spritzt zur Heilung von Menschen und Tieren ein oder mehrere Serumdosen von 10 ccm subkutan oder intravenös ein. Am besten hat sich das Zebraserum bewährt, das sich gegen die meisten Schlangen- und Skorpionsbisse wirksam erwies.

Immerhin aber besteht zwischen den Alkaloïden, sowohl im weiteren, wie im engeren Sinne aufgefasst, und den sogenannten Toxinen ein tiefgreifender Unterschied; einzelne wenige Alkaloïde besitzen wohl ein Gegengift (Strychnin und Morphin, Morphin und Atropin), aber niemals wird ein solches vom Organismus produziert.

Die Toxine dagegen erzeugen mit Hilfe des Organismus erfahrungsgemäss, falls die Intoxikation überwunden wird, die Antitoxine, welche aus ihnen und der affizierten Tierzelle entstehen und zwar durch Vorgänge, deren Verlauf aufzuklären heute eine der vornehmsten Fragen der Naturwissenschaften und Medizin bildet.

Auf diese Weise kommt man zum Begriff der passiven Immunität, welche durch künstliche Einverleibung schon fertig gebildeter Immunstoffe (Sera) in den Tierkörper erzielt wird. Im Gegensatz hierzu steht die aktive bezw. natürlich erworbene Immunität, die hervorgerufen wird durch in die Blutbahn eingeführte lebende Bakterien, welche durch den Reiz der von ihnen gebildeten Toxine gewisse Zellterritorien des Organismus zur Bildung von Antikörpern veranlassen.

Derartige schützende Eiweisskörper werden, soweit sie im normalen Organismus vorkommen, als Sozine, soweit sie durch Impfung künstlich erzeugt werden, als Phylaxine, die Gesamtheit als Alexine bezeichnet.

Hierher gehören vor allem die epochemachenden Untersuchungen von BUCHNER, der nachgewiesen hat, dass der Organismus Schutz- und Abwehrvorrichtungen zur Abtötung von Bakterien besitzt. An diese von BUCHNER vertretene und anerkannte Alexintheorie schliesst sich nun die auf rein chemischen Anschauungen beruhende Seitenkettentheorie von EHRLICH an.

EHRLICH hat, um diese hochkomplizierten Erscheinungen dem allgemeinen Verständnis zugänglich zu machen, sich bemüht, durch eine Vereinigung von morphologischen und chemischen Begriffen solches zu erreichen. Es ist natürlich unmöglich, mit absoluter Sicherheit festzustellen, dass im konkreten Falle dem wirklich so ist, auf der andern Seite aber lassen sich die mannigfaltigen Erscheinungen, über die man bisher ein klares Bild nicht hatte, am allergeeignetsten mit dieser Methode versinnbildlichen.

Diese sogenannte EHRLICH'sche Seitenkettentheorie, die im folgenden ganz kurz skizziert werden mag, weil sie alle aus der Alkaloïdchemie gewonnenen chemischen Resultate benutzt und gleichzeitig den morphologischen Begriff mit sich verknüpft, hat, man kann sagen, eine ganz neue Litteratur am Schlusse des abgelaufenen Jahrhunderts ins Leben gerufen.

Es ist hierbei zu unterscheiden:

1. zwischen der erworbenen Immunität gegenüber Giften, welche von Bakterien herrühren;
2. zwischen der erworbenen Immunität gegen Bakterien selbst.

Zum Verständnis dieser Vorgänge hat EHRLICH im 66. Band der Roy. Soc. Proc. acht Schemata aufgestellt, welche die Grundlagen dieser Theorie bilden.

In Figur 1 bis 6 findet die erworbene Giftimmunität ihre Erklärung.

Erklärung zu Figur 1:

Die Toxine sind Gifte, die sich organisch und chemisch mit der Zelle verbinden, „verankern“. Dies kommt dadurch zu stande, dass die Zellen in der Art der Seitenketten Substanzen bilden, die eine besondere Affinität zu den Toxinen haben, die Toxine ihrerseits bestehen aus zwei Gruppen, einer, die den Anschluss an die Zelle vermittelt und einer andern, die Trägerin der Giftwirkung ist, haptophorer und toxophorer Gruppe. Ein Toxin, in dem die toxophore Gruppe unwirksam gemacht wurde (durch Erwärmen auf bestimmte Temperaturen), heisst Toxoïd.

Erklärung zu Figur 2 und 3:

Die Zelle hat sehr verschiedene Arten von Seitenketten gebildet, die Toxine — einheitlich schwarz gezeichnet — haben sich mit den ihnen passenden Seitenketten verbunden.

Erklärung zu Figur 4, 5 und 6:

Die Seitenketten, mit denen sich Toxine verbunden haben, können die Verrichtung, zu der sie von der Zelle gebildet wurden — sie dienen bei den Ernährungsvorgängen —, nicht mehr ausüben, da sie verankert sind; es werden also neue Seitenketten derselben Art gebildet und zwar nach dem Gesetz der Regeneration im Ueberschuss (WEIGERT). Dieser kann so gross werden, dass die Zelle sich der allzu grossen Last entledigt und überschüssig gebildete Seitenketten abstösst. Diese zirkulieren dann im Blute und können Toxine binden, bevor diese an den Zellen ihre schädlichen Wirkungen entfalten können. Natürlich ist die Bedingung der überschüssigen Seitenkettenbildung die, dass die Zelle nicht vorher durch das Toxin in ihrer vitalen Thätigkeit zu schwer geschädigt wurde. Man nimmt daher, wenn man diese Wirkung erzielen will, Toxoïde, die denselben Erfolg haben wie Toxine. Antitoxine sind also im Ueberschuss gebildete und dann abgestossene Seitenketten. Solcher Antitoxine giebt es in jedem Blutsrum eine fast unendliche Zahl, da bei der Einfuhr ungemein vieler Körper ins Blut ein jeden derselben neutralisierender Antikörper gebildet wird.

In Figur 7 und 8 findet sodann die erworbene Bakterienimmunität ihre Erklärung.

Erklärung zu Figur 7 und 8:

Komplizierter sind die Verhältnisse, wenn lebende Bakterien im Blute aufgelöst werden. Es handelt sich hierbei darum, Bedingungen zu schaffen, unter denen die im Serum normalerweise vorhandenen Fermente auf die Bakterien einwirken können. Dies geschieht durch die Bildung eines stabilen Körpers, des Immun- oder Zwischenkörpers. Die erwähnten Fermente sind wenig stabil und heissen Komplemente. Der Zwischenkörper hat also zwei haptophore Gruppen, eine mit stärkerer Affinität zu dem Fremdkörper und eine andere mit schwächerer Affinität, die nur bei höherer Temperatur (37°) wirksam ist, zu dem Komplemente. Die Bildung des Zwischenkörpers, d. h. die Bildung spezifischer Antikörper gegen jeden Körper wird weniger auffallend, wenn man sich überlegt, dass auch bei den gewöhnlichen Ernährungsvorgängen die Zelle nur

durch einen solchen Zwischenkörper ein Riesenmolekül an sich fesseln und andererseits durch das Ferment in einen zur Resorption geeigneten Zustand überführen kann. In der Figur ist der Zwischenkörper karriert, das Ferment schwarz gezeichnet.

Die praktische Bedeutung dieser allgemein verständlichen Erklärung, die sich wohl mit der chemischen Symbolisierung vergleichen lässt, geht klar und deutlich aus den weiteren Untersuchungen WASSERMANN'S hervor, welche die EHRLICH'Schen Begriffe zur Grundlage haben. Zum Verständniss dieser noch sehr vielversprechenden Arbeiten hat man hinsichtlich der Beschaffenheit der Sera eine zweifache Scheidung zu beobachten. Es giebt nämlich:

1. Antitoxische Sera (Diphtherie, Tetanus).
2. Antibakterielle Sera (Typhus, Pest, Cholera).

WASSERMANN hat nun festgestellt, dass auf die Wirkung des Komplements (Alexins) bisher zu wenig Rücksicht genommen wurde, und dass dasselbe in vielen Fällen fehle. Darauf ist nun die bisherige Wirkungslosigkeit der antibakteriellen Sera zurückzuführen. Es hatte sich nämlich bei Typhus gezeigt, dass, wenn man einem Meerschweinchen eine an sich tödtlich wirkende Dosis einer Typhuskultur, vermischt mit 3 ccm eines normalen Kaninchenserums in die Bauchhöhle einspritzte, das Meerschweinchen am Leben blieb. Nimmt man aber statt des normalen Kaninchenserums dasjenige eines solchen Kaninchens, das vorher mit normalem Meerschweinchen Serum behandelt war und somit Antialexine gegenüber den Alexinen des normalen Meerschweinchen Serums enthielt, dann starb das Tier unfehlbar an Typhusinfektion. Es fehlt also bei den antibakteriellen Sera häufig das Ferment.

Ruft man sich die in aller Kürze hier vorgetragenen That- sachen aus dem Gebiete der Alkaloïdchemie ins Gedächtnis, so sieht man, dass zunächst die exakte chemische Forschung eine Reihe von Ergebnissen mit unzweifelhafter Sicherheit enthüllt hat, auf Grund deren die Konstitution dieser Pflanzenstoffe teilweise gänzlich, teilweise bis zu einem gewissen Grade erkannt werden konnte.

Bei den hervorragend physiologischen Wirkungen dieser im reinen Zustande basischen Körper lag es natürlich nahe, diese Wirkung in der natürlichen Beschaffenheit der betreffenden Alkaloïde zu suchen, und so steht denn die moderne Alkaloïdforschung zu

Beginn des neuen Jahrhunderts auf dem Standpunkte, dass eine der wichtigsten Aufgaben des Grenzgebietes der Physiologie und Chemie die ist, durch schrittweises Vorgehen auf dem Wege des Induktionsbeweises die Beziehungen allmählich aufzuklären, welche bestehen zwischen der chemischen Konstitution einerseits und der physiologischen Wirkung andererseits, und womöglich auch die allgemeinen Gesetzmässigkeiten dieser Wechselbeziehungen her-zuleiten.

Im engen Zusammenhange hiermit aber stehen die bedeutendsten praktischen Erfolge auf dem Gebiete der Therapie. Nicht nur ist dem Kliniker durch die Möglichkeit genauer Dosierung infolge Reingewinnung der Alkaloïde eine viel vorteilhaftere Verwendungsweise derselben ermöglicht, sondern nachdem sich herausgestellt hat, dass zwischen den Produkten der pflanzlichen und tierischen Zelle eine gewisse Harmonie besteht, nachdem sich ferner gezeigt hat, dass eine ganze Reihe von im Pflanzenreiche vorkommenden Stoffen auch unter normalen Umständen im menschlichen Organismus erscheinen, und nachdem schliesslich erwiesen ist, dass zum Teil eben jene Stoffe eine ganz bedeutende Rolle zum Schutze des tierischen Organismus spielen, so dürfte der grosse Wert, welcher diesen Thatsachen zukommt, klar und deutlich vor Augen treten. Es ist mit dieser Erkenntnis ein weites und fruchtbares Feld, allerdings oft schwieriger Arbeit erschlossen, aber das neue Jahrhundert wird der Menschheit sicherlich noch manchen dauernden Erfolg bringen.

Litteratur: Die Originallitteratur anzugeben, würde zu weit führen, deshalb sei nur an dieser Stelle auf folgende Werke hingewiesen:

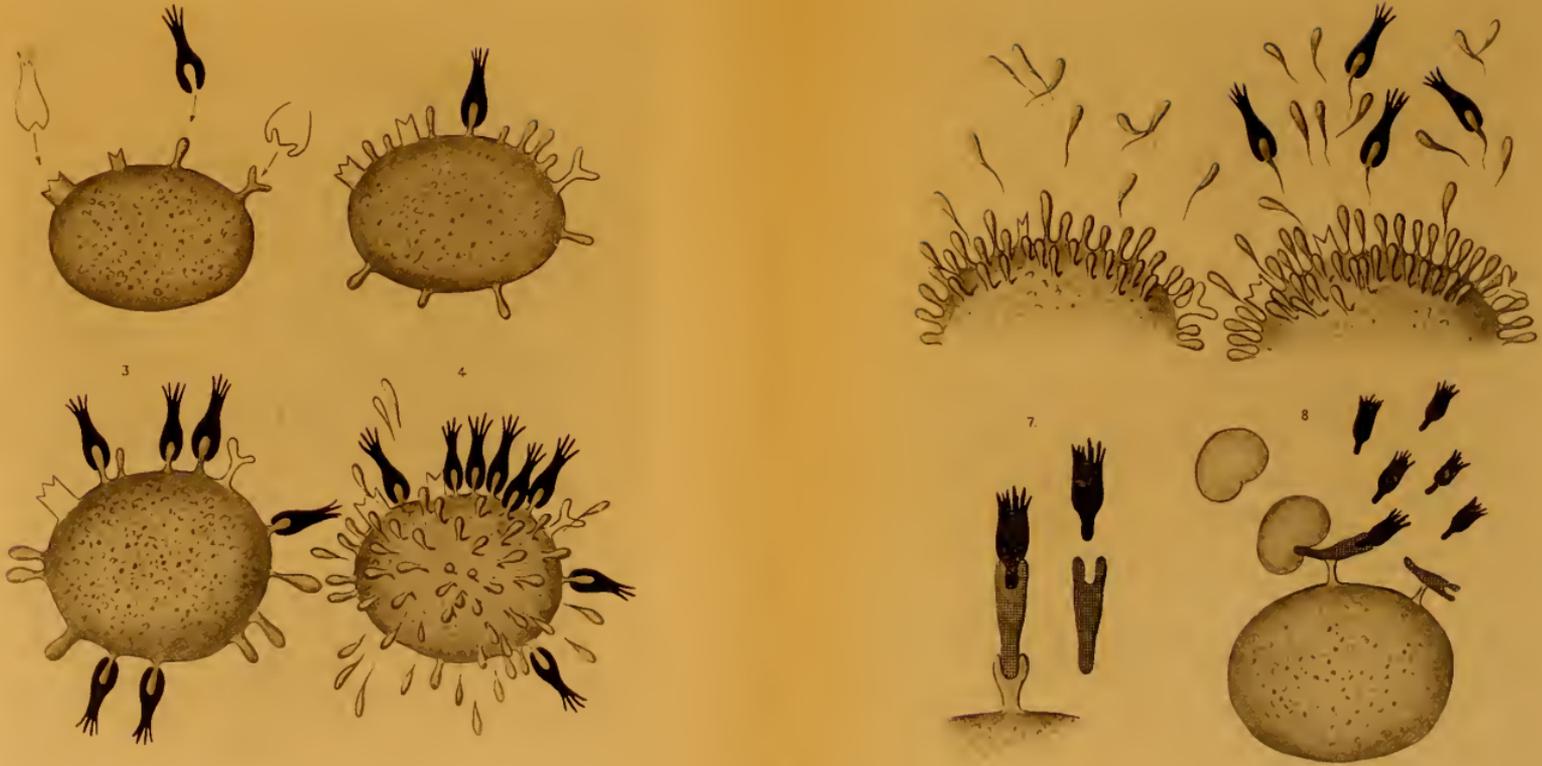
GUARESCHI, Einführung in das Studium der Alkaloïde.

J. SCHMIDT, Ueber die Erforschung der Constitution und die Versuche zur Synthese wichtiger Pflanzenalkaloïde.

PICTET-WOLFENSTEIN, Pflanzenalkaloïde.

KOBERT, Lehrbuch der Intoxikationen.

Abgebildet nach Roy. Soc. Proc., Vol. 66, Plate 7.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: [12](#)

Autor(en)/Author(s): Edinger Albert

Artikel/Article: [Die Entwicklung der Alkaloidchemie im 19. Jahrhundert und ihre Bedeutung für die Medizin. 96-118](#)