

Die Chemie der Gallensäuren*).

Von HEINRICH WIELAND, München.

(Eingeg. 28. März 1929.)

Mit den Inhaltsstoffen der Galle hat sich die wissenschaftliche Chemie schon frühzeitig beschäftigt. L. Gmelin, Thénard und auch Berzelius haben bereits über die in der Galle enthaltenen Säuren gearbeitet, und aus dem Liebig'schen Laboratorium in Gießen sind mehrere Abhandlungen über den gleichen Gegenstand hervorgegangen. Aber erst im Jahre 1848 gelang es A. Strecker, die zwei verbreitetsten Säuren aus Rindergalle zu isolieren, die Taurocholsäure und die Glycocholsäure, zwei Paarlinge der Cholsäure $C_{24}H_{40}O_5$, die mit Taurin bzw. Glycocol an der Carboxylgruppe amidartig kondensiert sind.

1886 fand Mylius als weiteren Bestandteil der hydrolysierten Galle die Desoxycholsäure $C_{24}H_{40}O_4$; in ihrer mit Taurin und Glycocol gepaarten natürlichen Form wurde diese zweite Säure im Laboratorium von Hammarsten aus nicht verseifter Galle isoliert. Diesem hervorragenden schwedischen Forscher verdankt man auch den biologisch wichtigen Nachweis, daß in den untersuchten Gallen zahlreicher Wirbeltiere vorherrschend die Cholsäure vorkommt, deren allgemeine physiologische Bedeutung dadurch gekennzeichnet ist.

Eine dritte sauerstoffärmere Monocarbonsäure $C_{24}H_{40}O_3$, die Lithocholsäure, wurde 1911 von Hans Fischer in Rindergallensteinen aufgefunden und danach auch als integrierender Bestandteil der Rinder- und der Menschengalle festgestellt.

Ein Jahr vor Mylius, 1885, hatte Latschinoff eine nach ihrer Zusammensetzung der Desoxycholsäure sehr nahestehende Säure isoliert, die er Choleinsäure nannte. Spätere Bearbeiter haben sie für eine mit Desoxycholsäure isomere Säure gehalten, bis im Jahre 1916 gezeigt werden konnte, daß in ihr ein merkwürdiges Additionsprodukt von Desoxycholsäure mit höheren Fettsäuren (Stearinsäure, Palmitinsäure und Oleinsäure) vorliegt. Diese Choleinsäure enthält auf 8 Moleküle Desoxycholsäure 1 Mol Fettsäure gebunden, und zwar so fest, daß weder bei der Salzbildung noch in der Lösung eine Dissoziation in die Bestandteile erfolgt.

Diese Beobachtung bildete den Anlaß, das Additionsvermögen der Desoxycholsäure auch anderen Substanzen gegenüber zu untersuchen, und wenn hier die Verhältnisse in der Reihe der Fettsäuren kurz beleuchtet werden, so ergab sich, daß diese bis herab zur Essigsäure zu solchen Nebenvalenzverbindungen zusammentreten können. Die Ameisensäure vermag keine „Choleinsäure“ zu bilden, ein Beweis dafür, daß die chemischen Kräfte, die den Zusammenhalt vermitteln, nicht in den CO_2H -Gruppen, sondern im gesättigten Teil des Fettsäuremoleküls zu suchen sind. H. Rheinboldt hat in neuerer Zeit wahrscheinlich gemacht, daß die Choleinsäuren der vorliegenden Reihe als komplexe Einlagerungsverbindungen von Desoxycholsäure in das Bindungsfeld des Fettsäuremoleküls aufzufassen sind. Das mit der Kohlenstoffatomzahl abnehmende Bindungs-

vermögen der Fettsäure deutet an, daß von der Einheit je einer Gruppe $-CH_2 \cdot CH_2-$ oder $-CH_2 \cdot CH_3$ je ein Mol Desoxycholsäure festgehalten wird.

Dieses Einlagerungsvermögen der Desoxycholsäure beschränkt sich nicht auf die Fettsäuren. Es äußert sich allen möglichen Stoffen gegenüber. Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Ester, Äther, Phenole treten mit Desoxycholsäure zu gut charakterisierten Verbindungen zusammen, an denen in der Regel nur 2 Mol Desoxycholsäure beteiligt sind. Diese Allgemeinheit der Anlagerungsfähigkeit von Desoxycholsäure hat dazu geführt, den Begriff „Choleinsäure“ als Kollektivbezeichnung zu gebrauchen.

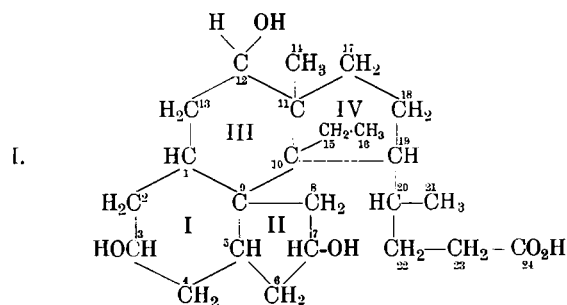
Die Choleinsäuren mit neutraler, in Wasser unlöslicher Komponente werden von Alkalien aufgenommen, ohne daß es zu einer Zerlegung kommt. Umgekehrt vermögen die Alkalisalze der Desoxycholsäure — und auch die der Cholsäure, sowie die der gepaarten Cholsäure — neutrale Stoffe, die in Wasser unlöslich sind, in mehr oder weniger hohem Maß aufzunehmen. Dies gilt z. B. für Fette, Cholesterin, Naphthalin, Campher, Alkaloide wie Strychnin, Chinin usw. Es wurde aus dieser Beobachtung eine Folgerung gezogen, die für die physiologische Funktion der Galle von Bedeutung ist. Man kann annehmen, daß Stoffen, die an sich in Wasser unlöslich sind, durch den Übergang in lösliche Choleinate die Diffusion durch die Zellen der Darmwand ermöglicht wird. Dies würde im Gang des normalen Stoffwechsels vor allem für die Fette und für das Cholesterin gelten, aber auch in anderen Fällen ist dieses „Choleinsäureprinzip“ von medizinischer Seite bestätigt worden. Seine therapeutische Anwendung hat zur technischen Darstellung der Camphercholeinsäure, des „Cadechols“, geführt, die ich hier deshalb besonders hervorhebe, weil ohne diesen praktischen Wert der erörterten Entdeckung die Versuche zur Konstitutionsermittlung der Gallensäuren in den ersten Anfängen steckengeblieben wären. Denn die dafür erforderlichen Mengen an Ausgangsmaterial hätten sich mit den technischen Hilfsmitteln eines wissenschaftlichen Laboratoriums unmöglich bestreiten lassen.

Wenn ich jetzt dazu übergehe, über die Frage des chemischen Aufbaus der Gallensäuren zu berichten, so möchte ich vorausschicken, daß sich eine exakte Beweisführung der einzelnen Stadien des Abbaus, der in erster Linie als Mittel der Konstitutionsermittlung diente, mit Rücksicht auf die verfügbare Zeit verbietet. Ich werde versuchen, in großen Zügen die chemischen Wege zu zeichnen, deren Begehung uns einen gewissen Einblick in die Bindungsverhältnisse des großen und in manchem Sinne eintönigen Moleküls verschafft hat. Das Problem erscheint in experimenteller Hinsicht wenig reizvoll. Kein Stickstoff, der der Bearbeitung der Alkaloide Anregung und Mannigfaltigkeit verleiht. Nur Kohlenstoff, Wasserstoff und wenig Sauerstoff, alles in der traditionellen Bindung, die keine überraschenden Bilder erwarten läßt. Als ein langer, unsäglich ermüdender Marsch durch eine dürre Strukturwüste stellt sich die Aufgabe dar. Demjenigen freilich, der sich auf diese scheinbar so wenig anziehende Wanderung begeben hat,

*) Nobel-Vortrag, gehalten in Stockholm, 13. Dezember 1928.

enthüllen sich auf jeder Strecke Wegs, die er zurücklegt, freundliche Landschaften, die zahlreichen Stoffe, die ihn dem Endziel näher bringen, sammelt er als ihm lieb gewordene Begleiter um sich, obwohl sie, im schlichten Gewand der Farblosigkeit einherziehend, weder in ihrem Äußeren noch in ihren Eigenschaften irgendwie hervortreten. Aber die treibende Kraft, von der die Ausdauer gestählt wird, liegt doch im Problem. Wenn wir die biologischen Zusammenhänge auf dem großen Gebiet chemisch verwandter Naturstoffe übersehen wollen, zu dem außer den Gallensäuren die Sterine, mit großer Wahrscheinlichkeit auch die pflanzlichen Herzgifte aus der Gruppe der Saponine, die Giftstoffe aus dem Hautsekret der Kröte und voraussichtlich auch noch andere wichtige Substanzen, wie einige Vitamine, gehören, dann müssen wir vor allem anderen Klarheit über die Grundlagen ihrer chemischen Struktur gewonnen haben.

Meine Absicht, in Kürze darüber zu berichten, wie weit bis jetzt die chemische Natur des Gallensäuremoleküls erschlossen ist, kann ich am besten verwirklichen, wenn ich die Methode der Aufklärung von der Formel aus ableite, die sich uns bis jetzt als die wahrscheinlichste darstellt. Sie sehen in Formel I ein ge-

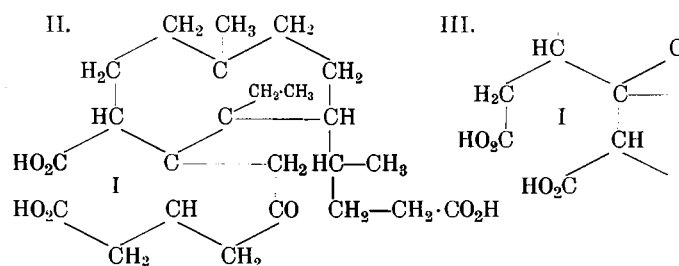


sättigtes, aus vier kondensierten Kohlenstoffringen aufgebautes Gefüge, das mit drei Verzweigungen versehen ist. An einer Seitenkette befindet sich die Carboxylgruppe, die den sauren Charakter der Gruppe bedingt. Die drei übrigen Sauerstoffatome der Cholsäure befinden sich als alkoholische Hydroxylgruppen im Molekül verteilt, in der Cholsäure stehen sie an den C-Atomen 3, 7, 12. Der Desoxycholsäure $C_{24}H_{40}O_4$ fehlt die OH-Gruppe an C_{12} , und die eine OH-Gruppe der Lithocholsäure ist an C_3 gebunden. Eine mit der Desoxycholsäure isomere Gallensäure $C_{24}H_{40}O_4$ haben Windaus und ich gleichzeitig aus der Galle verschiedener Lebewesen isoliert, nämlich aus der der Gans und aus der des Menschen wie auch des Rindes. Diese Gallensäure wird als Cheno-desoxycholsäure und als Anthro-po-desoxycholsäure bezeichnet. Obwohl die beiden Entdecker sich im übrigen ausgezeichnet vertragen, ist in dem Punkt einer einheitlichen Nomenklatur bisher keine Einigung erreicht. In dieser Säure befinden sich die beiden alkoholischen Hydroxylgruppen an C_7 und C_{12} . Wie man sieht, stehen also die vier wichtigsten Gallensäuren in sehr naher Beziehung zueinander, nicht nur hinsichtlich des Grundgerüsts, sondern auch hinsichtlich der Verteilung ihrer OH-Gruppen.

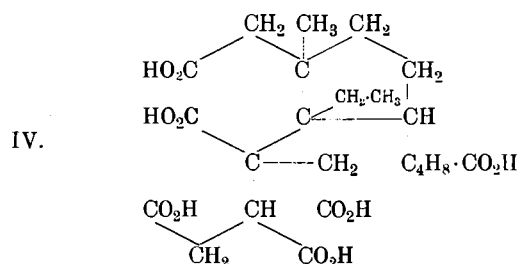
Hammarsten hat zuerst bewiesen, daß die drei OH-Gruppen der Cholsäure sekundär-alkoholischer Natur sind, indem es ihm schon im Jahre 1881 gelang, die Cholsäure durch Oxydation mit Chromtrioxyd in die um sechs H-Atome ärmere Dehydro-cholsäure überzuführen. Alle anderen Gallensäuren verhalten sich analog.

Der erste Einbruch in das Molekül hat sich von der Desoxycholsäure aus vollzogen, die mit Salpetersäure über die Stufe der Diketosäure am ersten Ring auf-

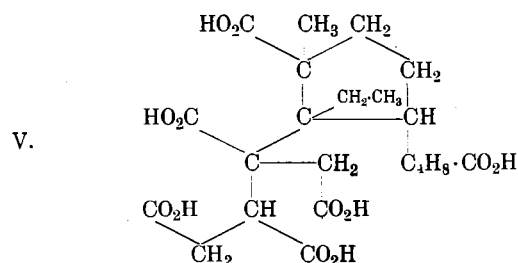
gesprengt wird. Dabei entstehen die beiden isomeren Desoxy-biliansäuren (Formel II und III). Der Er-



kenntnis der Ringgröße wurde stets das Blancsche Prinzip zugrunde gelegt, nach dem Dicarbonsäuren mit 1,5-Stellung der beiden CO_2H -Gruppen bei der thermischen Zersetzung in cyclische Anhydride, solche mit 1,6- oder 1,7-Stellung dagegen unter Verlust von CO_2 und H_2O in cyclische Ketone übergehen. Das cyclische Keton, das so aus Desoxy-biliansäure gewonnen wurde, konnte über verschiedene Zwischenprodukte zu einer Hexacarbonsäure, $C_{23}H_{34}O_{12}$, aufgesprengt werden, in der nur mehr ein Ring erhalten blieb, und die daher als Solanellsäure bezeichnet wurde (Formel IV). Durch thermische



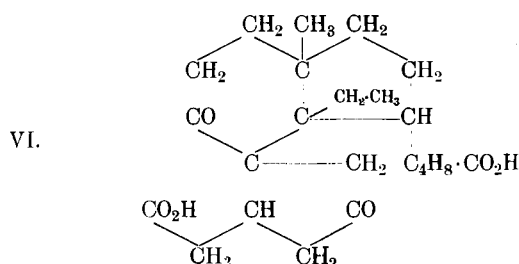
Zersetzung dieser Solanellsäure wurde aus dem aufgespaltenen dritten Ring ein neuer Pentanon-Ring erzeugt, dessen weitere Aufspaltung zur sogenannten Biloidansäure (V) $C_{22}H_{32}O_{12}$ führte.



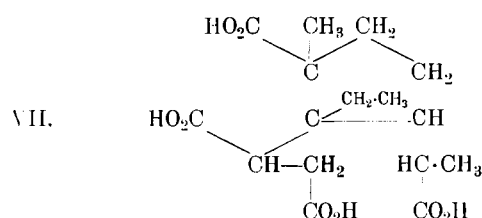
In der Biloidansäure führten die Wege des Abbaus von der Desoxycholsäure und von der Cholsäure her zusammen. Die Biliansäure, das der besprochenen Desoxy-biliansäure entsprechende Oxydationsprodukt der Cholsäure, kann über verschiedene Zwischenprodukte, wie Ciliansäure, Ciloidansäure, an deren Aufklärung M. Schenck und W. Borsche mitbeteiligt waren, ebenfalls zur Biloidansäure abgebaut werden. Alle Bemühungen aber, von der Biloidansäure aus in den letzten Ring des Moleküls einzudringen, blieben ohne Erfolg.

Wie man sieht, sind bei den bisher geschilderten Versuchen nur zwei Kohlenstoffatome in durchsichtiger Weise aus dem großen Molekül entfernt worden. Der bisher befolgte Grundsatz, Schritt für Schritt vorzugehen, mußte aufgegeben werden, wollte man in absehbarer Zeit dem Ziel näher kommen. Dazu berechnete die Tatsache, daß die Struktur des Moleküls diesseits des unbekannten vierten Rings in allen Einzelheiten bekannt war.

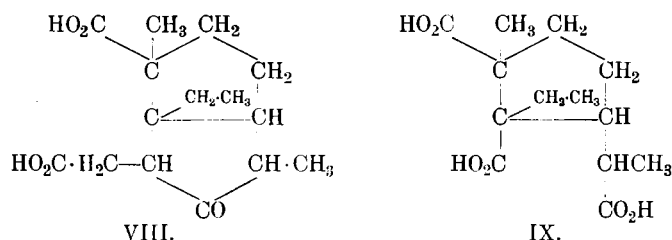
Bei der Oxydation der Brenzdesoxy-biliansäure mit Permanganat hatte man als Zwischenprodukt eine Diketodicarbonsäure, $C_{23}H_{34}O_8$, (VI) isoliert, die durch Einwirkung



von Salpeter-Schwefelsäure in glatter Reaktion in eine Tetracarbonsäure $C_{16}H_{24}O_8$ übergeführt werden konnte. Dabei werden sieben Kohlenstoffatome abgesprengt, davon aus Gründen, zu denen der erschlossene Teil des Moleküls führt, zwei aus der Seitenkette, die um zwei C-Atome verkürzt wird. Die Formel VII für diese Tetracarbonsäure wird dadurch bewiesen, daß sie bei der

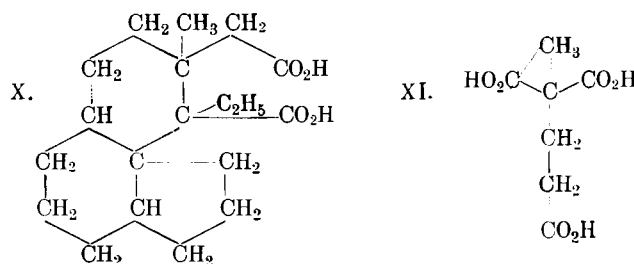


thermischen Zersetzung, leider mit sehr geringer Ausbeute, in eine Keto-dicarbonsäure $C_{15}H_{22}O_5$ (VIII) übergeht, die sich durch weitere Oxydation in eine Tricarbonsäure $C_{13}H_{20}O_6$ (IX) umwandeln läßt.



Da 1 kg Desoxycholsäure in wochenlangen Operationen nur 5 g dieser Säure liefert, wurde die Taktik der Konstitutionsermittlung auf einen anderen Punkt des Moleküls verlegt, auf die Seitenkette, über die man durch die Arbeiten von Windaus am Cholesterin bereits einige Kenntnisse hatte. Man konnte als wahrscheinlich annehmen, daß in γ -Stellung zur CO_2H -Gruppe ein methyliertes C-Atom stand. Die Erschließung dieser Seite des Moleküls mußte sich ebenfalls der Methodik des oxydativen Abbaus bedienen. Man ging aus vom Ester der Cholsäure, $C_{24}H_{40}O_2$, der Stammsäure der ganzen Gruppe, verwandelte diesen mit Hilfe der Grignardschen Reaktion in das diphenylierte Carbinol, das dann der Oxydation mit Chromsäure unterworfen wurde. Auf diese Weise wurde ein C-Atom nach dem andern abgetrennt. Mit dem dritten zugleich spaltete sich auch das vierte ab, ein Beweis dafür, daß es durch eine CH_3 -Gruppe substituiert war. Von der Säure $C_{20}H_{32}O_2$ aus erfuhr die Eintönigkeit dieses Verfahrens eine erwünschte Abwechslung. Bei der Oxydation des entsprechenden tertiären Carbinols stieß man auf eine Dicarbonsäure $C_{10}H_{16}O_4$, die Ätiobiliansäure (X). Damit war die Öffnung des vierten Ringes erreicht, über dessen Gliederzahl die thermische Zersetzung nach Blanc Aufschluß gab, die zu einem Anhydrid, nicht zu einem cyclischen Keton führte. Der vierte Ring wurde damit

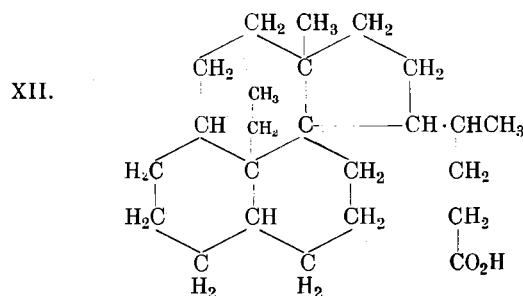
als Fünfring erkannt, und aus der Entstehung der Ätiobiliansäure konnte man folgern, daß neben dem C-Atom, das die Seitenkette trägt, sich eine Methylengruppe be-



findet. Die Beziehungen der Seitenkette zu Ring II (Lactonbildung mit der OH-Gruppe an C₇, Kondensation mit der CO-Gruppe der Dehydrosäuren) weisen der Seitenkette ihren Platz an der in den Formeln bezeichneten Stelle, an C₁₀, an.

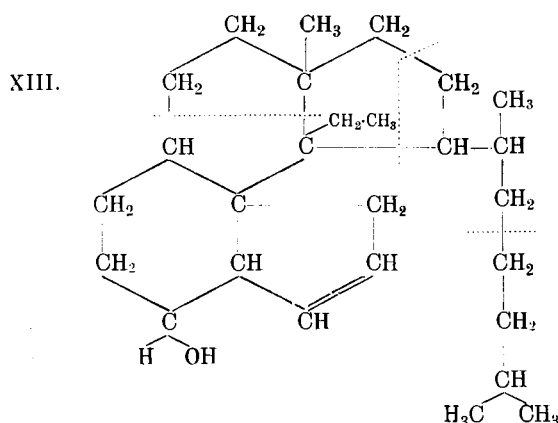
Wenn wir annehmen, daß an den beiden C-Atomen 10 und 11 von Ring IV der dritte Ring angeschlossen ist, so bleiben nur noch drei C-Atome vom Zugriff der Strukturforschung unberührt. Über eines von ihnen können wir eine positive Aussage machen. Bei der Oxydation der vorhin erwähnten Diketodicarbonsäure $C_{23}H_{34}O_8$ ließ sich neben der Tetracarbonsäure $C_{16}H_{24}O_8$ in geringer Menge eine Malonsäure isolieren, die der α -Methylglutarsäure nahesteht. Sie hat die Formel XI. Die hier nachgewiesene Methylgruppe kann nicht identisch sein mit derjenigen, der wir in der Seitenkette begegnet sind; sie muß an C₁₁ haften, weil nur so das Auftreten einer Malonsäure verständlich wird. Aber wir können nicht entscheiden, ob die drei übrigen C-Atome dieser Tricarbonsäure $C_7H_{12}O_6$ aus Ring III oder Ring IV stammen. Darum ist die den gegenwärtigen Stand unserer Erkenntnis darstellende Gallensäureformel noch hypothetisch insoweit, als der Standort der beiden letzten Kohlenstoffatome noch nicht mit aller Schärfe ermittelt ist. Wir besitzen bisher nur Anhaltspunkte dafür, daß die vorgenommene Eingruppierung als Äthylgruppe an C₁₀ gegenüber ihrer Verlegung an C₁₇ oder einer Aufteilung in zwei Methylgruppen an den bezeichneten Stellen den Vorzug verdient.

Unsere allerletzten Ergebnisse haben auch die früher besonders berücksichtigte Gruppierung der Ringe, wie sie für Cholsäure in Formel XII zum Ausdruck kommt, erneut in ernste Diskussion gestellt.



Damit ist der Stand unserer Kenntnisse über die chemische Beschaffenheit des Gallensäuremoleküls in großen Zügen gekennzeichnet. Trotz der erfolglosen Versuche der Physiologen, die Überführung von Cholesterin in Cholsäure im tierischen Organismus experimentell sicherzustellen, müssen wir doch annehmen, daß die in der Nahrung gelieferten pflanzlichen Sterine nach dem Schema der von Windaus am Pseudocholestan bewirkten Abbaureaktion von der Zelle umgeformt werden. Versuchen wir, uns ein Bild davon zu machen, in

welcher Weise die Pflanzenzelle die Sterine aufbaut, so zeigt ein Blick auf die Formel des Cholesterins (XIII),



daß sein Molekül aus drei Isoprengruppen und einem Rest von zwölf geradlinig verbundenen Kohlenstoffatomen zusammengesetzt ist. Da die Pflanze mit Leichtigkeit Kohlenhydrate in Fette überzuführen vermag, darf man vielleicht annehmen, daß eine Zwischenstufe dieser Umformung zur Kondensation mit dem terpenartigen Bestandteil herangezogen wird. Die Bildung der Ringe wird entweder durch intramolekulare Dehydrierungen oder Wasserabspaltungen bewerkstelligt.

Beziehungen zu den natürlichen Aminosäuren liegen in der Existenz der mit Glykokoll und Taurin gepaarten Gallensäuren vor. Sie finden sich noch ausgeprägter in dem mit den Gallensäuren zweifellos nahe

verwandten Giftstoff der einheimischen Kröte. In ihm, dem sogenannten Bufotoxin, finden wir ein Molekül Korksäure mit einer OH-Gruppe des Grundgerüsts $C_{24}H_{34}O_5$ verestert; das andere Carboxyl der Korksäure ist mit Arginin amidartig verbunden. Ein zweites Hydroxyl trägt die Acetylgruppe. Wird die Kette des Suberylarginins hydrolytisch abgespalten, so bleibt das starke Herzgift Bufotalin zurück, der Essigsäureester eines Trioxylactons $C_{24}H_{34}O_5$. Man kann vermuten, daß hier die typische Carboxylgruppe des Gallensäuremoleküls sich gegen die tertiäre γ -Stellung lactonisiert hat. Der scharfe Beweis der strukturellen Zusammengehörigkeit von Gallensäuren und Krötengift ist noch nicht erbracht. Hier sind die Schwierigkeiten der Materialbeschaffung besonders große.

Wenn die letzten Rätsel des hier behandelten Konstitutionsproblems gelöst sind, wird man nach der anerkannten Gepflogenheit den synthetischen Aufbau der erschlossenen Verbindungen erwarten. In der Cholsäure befinden sich nun sieben, in der Cholsäure zehn asymmetrische Kohlenstoffatome, die eigenartige Verkettung der zahlreichen Ringe entbehrt noch der ausgearbeiteten Methodik für ihre experimentelle Zusammenfügung. Wenn ich auch die Verpflichtung des organischen Analytikers zur Synthese, wie sie so ausgezeichnet bei der Erforschung der farbigen Komponente des Blutfarbstoffs erfüllt wird, anerkenne, so muß ich sie doch auf dem vorliegenden Gebiet mit Entschiedenheit ablehnen. Der Verpflichtung jedoch, den eingeschlagenen Weg vollends bis ans Ende zurückzulegen, bin ich mir voll bewußt. [A. 50.]

Zur Abwasserbeseitigung in der Textilindustrie.

Von Dr.-Ing. C. H. MÖLLERING, Delmenhorst.

(Eingeg. 22. März 1929.)

Unter den verschiedenen Abwässern häuslichen oder gewerblichen Ursprungs nimmt das Abwasser einiger Zweige der Textilindustrie eine besondere Stellung ein. Das Abwasser der Tuchfabriken, Appreturanstalten und der Wollwäschereien, in sich wieder mehr oder weniger verschieden, ist aber allgemein durch einen hohen Gehalt an Seifen und Fetten gekennzeichnet. In vielen Fällen ist es möglich — wenn auch im volkswirtschaftlichen Sinne nicht erwünscht — das Abwasser der zuerst genannten Betriebszweige ohne besondere Reinigung in den Vorfluter bzw. in angeschlossene Abwasserkanäle der Kommunen abzulassen. In diesem Falle wird das im Abwasser enthaltene Fett und verseifte Fett in langsamer oder künstlich beschleunigter Weise durch Oxydation und biologischen Angriff vernichtet. Bei der ausgedehnten deutschen Textilindustrie gehen so große Mengen — zu meist importierter — Fette und damit beträchtliche Werte der Volkswirtschaft verloren. Diese Tatsachen sind an sich bekannt, und es fehlt auch nicht an Bestrebungen, die eine Wiedergewinnung der Fette bezwecken. Auch sind Verfahren hierfür vorhanden, doch ist ihre Anwendung in der Praxis sehr gering. Es ist das in den niedrigen Preisen begründet, die für die gewonnenen Abfallfette erzielt werden und meist nicht in Einklang mit den Gesteungskosten zu bringen sind.

Soweit die Appreturanstalten und Tuchwebereien aus wirtschaftlichen Gründen oder unter behördlichem Zwang doch eine Reinigung und Entfettung ihrer Abwässer, Gerberlaugen usw. vornehmen, so geschieht das nach Verfahren¹⁾, die sich unter die im folgenden be-

sprochenen Arbeitsweisen einordnen lassen, die in den Wollwäschereien angewandt werden. Das jedoch von den Appreturanstalten und Webereien gewonnene Abfallfett gelangt unter der Bezeichnung Walkfett auf den Markt. Je nach Gewinnung und Herkunft besteht es aus wechselnden Mengen Natron- und Kaliseifen oder deren freien Fettsäuren und einem Teil meist leicht verseifbarer Fette; dazu kommen geringe Mengen organischer Lösemittel, wie sie die Waschhilfsmittel der textilen Hilfsproduktenindustrie enthalten. Infolge ihrer stark wechselnden Zusammensetzung und der daraus folgenden verschiedenen Verwertungsmöglichkeiten ist ein einheitlicher Markt nicht vorhanden. Die Vorbereitung der rohen Schafwolle zu einem verspinnbaren Material — von bestimmten Qualitäten als Kammzug bezeichnet — hat sich in einigen wenigen sehr leistungsfähigen Instituten, den Wollwäschereien und Kämereien, konzentriert. Vor dem eigentlichen Waschen wird die Wolle durch einen Einweichprozeß mit klarem Wasser von den leicht löslichen und locker anhaftenden Verunreinigungen befreit. Neben Mineralien, vor allem Sand und Ton u. a. m., wird hierbei der größte Teil des organisch gebundenen Kaliums entfernt. Der Einweichprozeß findet im Gegenstrom statt, die abfallende Lauge wird zumeist in Mehrkörperverdampfern eingeeengt und in Calcineröfen entwässert und verascht²⁾. Die gewonnene rohe Pottasche gelangt mit einem Kaligehalt von 65–70% K_2CO_3 in den Handel. Anschließend an diese Auslaugung geht erst der eigentliche Waschprozeß der Wolle vor sich, und zwar im allgemeinen in dem als

¹⁾ Siehe auch Ztschr. ges. Textilind. 26, 150.

²⁾ Siehe auch Chem. techn. Umschau 1925, 435; Rev. gén. Teinture, Impression, Blanchiment, Apprêt 1924, 1117.