

Temperatur	Actives Salz	Racemat	<i>l</i> - u. <i>r</i> -Mischung
76°	16.26	>28.64	28.64
70°	14.51	(23.93) ²⁾	
15.7°	3.8 ¹⁾	(3.67) ²⁾	
8°	3.02 ²⁾	1.95 ²⁾	7.03.

Wie zu erwarten, hat die *l*- und *r*-Mischung immer eine grössere Löslichkeit als einer der beiden activen Körper, im Maximum etwa die doppelte. Beim Vergleich des letzteren mit dem Racemat ist es jedoch verschieden. Ist das Racemat die instabile Form (bei 76° z. B.), so ist es löslicher als die *l*- und *r*-Mischung, also ohnehin löslicher als der active Körper. Ist das Racemat stabil, so bleibt dies Verhalten bestehen, falls man sich nicht zu sehr von der Umwandlungstemperatur entfernt. Im andern Fall, bei 8° z. B., hat sich jedoch die Sachlage umgekehrt und allgemein lässt sich behaupten, dass, wo das Racemat weniger löslich ist als der active Körper, auch ersteres dem stabilen Zustand entsprechen wird, beim Vergleich mit der *l*- und *r*-Mischung.

100. Franz Feist: Strophantin und Strophantidin.

[Vorläufige Mittheilung.]

(Vorgetragen in der Sitzung vom Verfasser.)

Unter der Bezeichnung Strophantin finden sich in der Literatur, wie im Handel, Producte sehr verschiedener Zusammensetzung, Eigenschaften und toxischer Wirkung, je nach ihrer Herkunft von den verschiedenen Strophanthus-Arten, deren mehr als zwanzig bekannt sind¹⁾. Herrschte schon in der Unterscheidung und Bezeichnung der Arten lange Zeit beträchtliche Verwirrung, so war dies bei der Bestimmung der auf den europäischen Markt kommenden Samen noch viel mehr der Fall. Der Handel unterscheidet schlechtweg grünen und braunen Samen und führt ersteren auf *Str. Kombé*, letzteren auf *Str. hispidus* zurück. Aechter Kombésamen und das daraus dargestellte Strophantin geben mit concentrirter Schwefelsäure fast momentan eine smaragd-

¹⁾ V. Meyer und Jacobson I, 796.

²⁾ Mittel aus drei Bestimmungen von Dawson (3, 3.02, 3.03 Mol. C₄H₅O₅NH₄ auf 100 Mol. H₂O.)

³⁾ Interpolirt.

⁴⁾ Eine vollständige Zusammenstellung derselben nebst ihren Heimathländern giebt Holmes (Pharm. Journ. 23, 868) sowie die Farbreaction ihrer Säuren mit concentrirter Schwefelsäure.

grüne Färbung. Es ist das dasselbe Material, mit dem Fraser¹⁾ u. A. ihre Untersuchungen anstellten, und auch ich benutzte lediglich aus Kombé-Samen technisch bereitetes, reinstes, krystallisirtes Strophantin gleicher Eigenschaft.

Als sogenannter Hispidus-Samen aber cursiren sehr verschiedene Sorten im Handel, sowohl echter, der sich ebenfalls mit Schwefelsäure grün färbt, fast überwiegend aber falscher — von andern Arten stammender — der eine Rothfärbung giebt, also auch kein wahres Strophantin enthält²⁾. Die daraus bereiteten »Strophantine« sind daher sehr verschiedenwerthig als Medicamente, sicher aber auch chemisch verschieden, wenn auch wohl nahe verwandt. Das von Arnaud³⁾ bearbeitete Strophantin z. B., für welches er die Formel $C_{31}H_{48}O_{12}$ ermittelte, halte ich — trotz vielfacher Aehnlichkeit — für verschieden von dem von Fraser und von mir benutzten. — Ganz neuerdings kündigt nun Thoms⁴⁾ die Absicht an, Strophantin — speciell solches aus »hispidus« — chemisch zu untersuchen. Selbst wenn es auch möglich ist, dass sein und mein Material verschiedene chemische Individuen darstellen, so liegt die Wahrscheinlichkeit doch sehr nahe, dass die Spaltungsproducte beider — auf die es zur Ergründung der Constitution in erster Linie ankommt — sämmtlich oder theilweise die gleichen sind. Ich sehe mich deshalb dazu gedrängt, die bisherigen Resultate meiner fast zweijährigen Untersuchungen über Strophantin aus Kombésamen wenigstens in dem Umfange darzulegen, als nöthig ist, um die Wege zur endgültigen Erforschung der Constitution anzudeuten und mir die ungestörte Weiterarbeit auf diesem schwierigen Gebiete zu erbitten. Weit lieber wäre es mir gewesen, erst später mit einer abgerundeten Arbeit an die Oeffentlichkeit treten zu können.

Strophantin.

Von technischer Seite wurde mir das Strophantin theils als feines Krystallmehl theils als spröde, direct durch Eindampfen wässriger Lösungen erzielte Masse geliefert. Es besass die von Fraser (loc.

¹⁾ Pharm. Journ. Trans. 16, 109, 18, 6, 69, 20, 328 Str. Kombé wurde damals nur als Varietät von Str. hispidus angesehen.

²⁾ Holmes (ibid. 23, 927) macht ausdrücklich auf das verschiedene Verhalten brauner Samensorten gegen Schwefelsäure aufmerksam, ebenso Hartwich (Arch. Pharm. 1893, 231.)

³⁾ Comptes rendus 107, 181, 1162.

⁴⁾ Diese Berichte 31, 271. Nach persönlicher Verständigung mit Hrn. Prof. Thoms ist vorläufig eine Abgrenzung unserer Arbeitsgebiete in der Weise erfolgt, dass bei sich herausstellender Identität der Spaltproducte beider Strophantine — speciell des Strophantidins — dessen Abban mir bis zum Abschluss meiner Versuche überlassen bleibt.

cit.) angegebenen Eigenschaften, war absolut stickstofffrei und reducirte Fehling'sche Lösung selbst nicht in der Wärme. Die 1-procentige wässrige Lösung einer Probe war optisch inactiv (Unterschied von Arnaud's Strophantin). Strophantin absorbiert Luftfeuchtigkeit (sintert bei 100°) und vermag mehrere Hydrate zu bilden¹⁾. Es giebt das Wasser grösstentheils leicht über Schwefelsäure oder bei gelinder Wärme, den letzten Rest aber schwierig, wenn man beginnende Zersetzung vermeiden will, ab. Schwefelsäuretrocknes Strophantin schmilzt bei 170° unter Zersetzung und ist hygroskopisch, ohne zu zerfliessen. Alle erwähnten Umstände erschweren die Analyse sehr. Die von Fraser angegebenen Formeln $C_{16}H_{26}O_8$ ²⁾ später $C_{20}H_{34}O_{10}$ ³⁾ beruhen auf ausgesuchten Analysen verschiedener Perioden.

$C_{16}H_{26}O_8$. Ber. C 55.49, H 7.51.
Gef. » 55.45, 55.41, 55.45, » 7.55, 7.58, 7.56.

$C_{20}H_{34}O_{10}$. Ber. C 55.29, H 7.83.
Gef. » 55.97, » 7.75.

Diese Resultate differiren nicht sehr von den Werthen der Formel $(C_2H_3O)_x$. In der That glaube ich — unter allem Vorbehalt — für das über Schwefelsäure oder bei 105° (höchstens 110°) getrocknete Strophantin die Formel $C_{32}H_{48}O_{16}$ annehmen zu sollen, während das durch Verweilen über ausgeglühtem Sand von Luftfeuchtigkeit befreite, noch 1 Molekül Wasser enthielt.

$C_{32}H_{48}O_{16}$. Ber. C 55.81, H 6.97.
Gef. » 55.98, 55.34, 56.16, 56.07, » 6.97, 7.27, 7.58, 7.71.

$(C_{32}H_{48}O_{16} + H_2O)$
Ber. C 54.39, H 7.08.
Gef. » 54.10, 54.25, 54.30, 54.29, 54.71, » 7.60, 7.49, 7.34, 7.70.

Die Grössenordnung der gewählten Formel $(C_2H_3O)_{16}$ wird auch durch die kryoskopische Molekulargewichtsbestimmung (in Wasser) gestützt: Ber. 688, gef. im Mittel 678 und 680⁴⁾. Ganz sicher wird sich die Formel erst ermitteln lassen, wenn sämtliche hydrolytischen Spaltproducte dieses »Glucosids« genau untersucht sind.

Bisher galt es als ausgemacht, dass Strophantin bei der Hydrolyse in Strophantidin und Glucose zerfällt. Das Strophantidin scheidet sich beim Erwärmen des Strophantins mit Säuren in Nadelchen ab und krystallisirt aus Methyl- oder Aethyl-Alkohol in prächtigen, glänzenden, monosymmetrischen Krystallen, deren krystallographische

¹⁾ Dasselbe hat Arnaud bei Quiabaïn beobachtet (Comptes rendus 1898, 24. Januar).

²⁾ Monography Edinburgh 1887 und Pharm. Journ. Trans. 20, 328.

³⁾ Pharm. Journ. Trans. 18, 69 (1888.)

⁴⁾ Mit steigender Concentration tritt ziemlich erhebliche Molekularassociation ein.

Untersuchung Hr. Prof. Grubenmann freundlichst übernommen hat. Bisher war dies Strophantidin nie analysirt noch sonstwie untersucht worden, sodass für den Zerfall des Strophantins keine Gleichung aufgestellt werden konnte. Ich komme nachher auf das Strophantidin zurück. — Das Filtrat des ausgeschiedenen Strophantidins nun sollte, da es Fehling'sche Lösung reducirt und gährfähig war, nach Fraser, Hardy und Gallois, Elborne u. A., einfach Glucose enthalten, deren Gehalt man durch Titration mit Fehlinglösung ermittelte. Die Beobachtungen waren richtig, der Schluss aber falsch. *d*-Glucose ist — wenn überhaupt — nur in sehr geringer Menge in der Lösung enthalten. Befreit man die Lösung mittels Silberoxyd von der zur Spaltung benutzten Salzsäure, so bleibt beim Eindampfen ein Syrup, der durch geeignete Behandlung fest und pulverisirbar wird. Zieht man nun dies Gemenge der

wasserlöslichen Spaltproducte

mit Methylalkohol aus, so bleibt eine weisse mikrokristallinische Substanz vom Schmp. 207° ungelöst, welche die Zusammensetzung $C_{13}H_{21}O_{10}$ hat¹⁾.

Ber. C 45.85. Gef. C 45.06, 45.35, 45.27, 45.75, 45.25, 46.04.

Ber. H 7.06. Gef. H 6.15, 6.97, 7.19, 6.93, 7.02, 6.76.

Das Molekulargewicht beträgt 352 (ber. 340). Der Körper ist in Wasser spielend löslich, ebenso ziemlich in heissem Aethylalkohol und Aceton, sehr schwer löslich in Methylalkohol, fast unlöslich in Aether, Ligroin etc. Er reducirt Fehling'sche Lösung nur nach längerem Kochen, vereint sich nicht mit Phenylhydrazin, gährt nicht direct mit Hefe und besitzt schwache Rechtsdrehung; $[\alpha]_D = + 8^{\circ}24'$ (in 5.76-procentiger Lösung). Oxydation mit Salpetersäure erzeugt reichlich Oxalsäure, aber weder Zuckersäure noch Schleimsäure; es sind also weder Glucose- noch Galactose-Reste vorhanden. Bei der Destillation mit Salzsäure oder beim Erhitzen mit Schwefelsäure auf 120° werden weder Furfurol noch flüchtige reducirende Substanzen (Formaldehyd) gebildet, der Destillationsrückstand reducirt nun aber, nach Versetzen mit Alkali, leicht Fehling'sche Lösung. Benzoësäure war nicht als Spaltproduct entstanden.

Durch Benzoyliren nach Schotten-Baumann entsteht ein Gemisch von Benzoylderivaten, aus welchem ein Dibenzooat vom Schmp. 136° und eine Verbindung $C_{20}H_{22}O_8$ (vielleicht Tribenzooat — $3H_2O$) vom Schmp. 68° isolirt werden konnten.

Nach alledem ist $C_{13}H_{24}O_{10}$ zu reducirendem Zucker spaltbar, ist aber weder eine Benzoylhexose (oder -hexit) noch etwa eine Verbindung $CH_2(C_6H_{11}O_5)_2$ aus zwei rhamnoseartigen Resten, die durch

¹⁾ Analysen von verschiedenen Darstellungen.

einen Formaldehydrest zusammengehalten wären (nach Art der Tollens'schen Methylenzucker) — zwei Auffassungen, zu welchen die Bruttoformel hinlenken könnte. Es bleibt nur übrig, an einen methylirten (homologen) Zucker zu denken, der aber weniger Sauerstoff, als einer Saccharose zukommt, enthält¹⁾. Weiteres Studium muss erst Licht über den Bau dieses Kohlenhydrates bringen.

Der methylalkoholische Auszug, der von dieser Verbindung $C_{13}H_{24}O_{10}$ abgetrennt wurde, hinterlässt einen stark reducirenden, sehr schwer erstarrenden Syrup. Eine Parthie (17 g) wurde — wie E. Fischer Rohacrose aus Acroleinbromid in Acrosazon übergeführt hat — auf Osazon verarbeitet. Es entstanden aber kaum 2 cg eines gelben schwerlöslichen Osazons. Schmp. 209—210°, sodass Dextrose — wenn überhaupt — nur in minimaler Menge vorhanden sein konnte. Späterhin gelang es, den Syrup durch häufiges Lösen in absolutem Alkohol und Einfiltriren in viel Aether schliesslich in weissen Flocken zu fällen, die abfiltrirt ein fast farbloses Pulver vom Schmp. 95° darstellen. Dieser Zucker — vielleicht noch ein Gemisch — löst sich spielend in Wasser, reducirt Fehling'sche Lösung sehr leicht, wobei starker Formaldehydgeruch auftritt, und liefert kein schwerlösliches Osazon. Seine Zusammensetzung ist noch nicht sicher festgestellt. Vielleicht liegt derselbe Zucker vor, den Arnaud aus Ouiabaïn erhielt und ohne jede nähere Angabe für Rhamnose erklärt. — Jedenfalls ist der Körper total verschieden von der vorerwähnten Verbindung $C_{13}H_{24}O_{10}$.

Das in Wasser unlösliche Spaltungsproduct des Strophantins ist das von Fraser bereits entdeckte

Strophantidin.

Es ist ein schön krystallisirender, in Wasser, Aether, Ligroïn unlöslicher, in Benzol und Chloroform schwer, in Alkohol, Aceton und Eisessig leicht löslicher, neutraler Körper. Er schmilzt bei 169—170°, zersetzt sich bei 176° unter Aufschäumen, erstarrt beim Erkalten und schmilzt dann erst bei 232°. Die Analyse stösst auf ähnliche Schwierigkeiten wie die des Strophantins, da das Krystallwasser schwer ganz zu vertreiben ist, ohne dass Zersetzung herbeigeführt wird. Das getrocknete Strophantidin absorbirt rasch wieder Luftfeuchtigkeit. Es hat die Zusammensetzung $C_{26}H_{38}O_7 + 1\frac{1}{2}H_2O$ und giebt beim Trocknen leicht 1 Mol. Wasser ab.

¹⁾ In den letzten Jahren sind vielfach derartige Kohlehydrate mit weniger Sauerstoff aus Glycosiden isolirt worden, z. B. Antiarose, $C_6H_{12}O_5$, aus Antiarin, Digitoxose, $C_9H_{18}O_6$, aus Digitoxin, und ganz neuerdings will Arnaud Rhamnose aus Ouiabaïn erhalten haben (?).

$C_{28}H_{38}O_7 + 1\frac{1}{2}H_2O$.	Ber. C 63.80,	H 8.38.
über Sand getrocknet:	Gef. » 63.19, 63.69,	» 8.19, 8.28.
über H_2SO_4 getrocknet:	» » 64.01, 64.27.	» 7.95, 8.13.
$C_{26}H_{36}O_7 + \frac{1}{2}H_2O$.	Ber. C 66.24,	H 8.28.
	Gef. » 65.89, 66.39,	» 7.86, 8.07.
	66.54, 66.95,	8.02, 8.09.

Molekulargewicht (Alkohol) 475.9, ber. 462.

Strophantidin löst sich in concentrirter Schwefelsäure mit blass ziegelrother Färbung, die lange Zeit bestehen bleibt. Beim Verdünnen fällt es weiss wieder aus. Es bildet kein in Alkohol schwerlösliches Pikrat, ist ohne Wirkung auf Fehling'sche Lösung, entfärbt Brom nur sehr langsam, ebenso Soda-Permanganat, dagegen alkalisches Permanganat sofort unter Grünfärbung (s. u.). So schön Strophantidin selbst krystallisirt, so wenig gleichgeartete Verbindungen finden sich unter seinen Derivaten, die vielmehr meist amorph sind, sehr hoch schmelzen, wodurch das Kriterium ihrer Reinheit sehr erschwert wird. Energische Reactionen — angestellt, um den Kerntypus des Moleküls zu ergründen — führen entweder zu totalem Zerfall (Zinkstaubdestillation) oder wie beim Kochen mit concentrirtem Jodwasserstoff, zu einem braunen amorphen (jodfreien) Product, das weit über 300° schmilzt. Mit Sicherheit lässt sich aussprechen, dass Strophantidin ein Benzolderivat ist, denn bei der Oxydation mit Chromsäure wurde Benzoësäure scharf nachgewiesen, während alkalisches Permanganat nur Oxalsäure und Essigsäure, neben einer geringen Menge einer amorphen Säure, liefert.

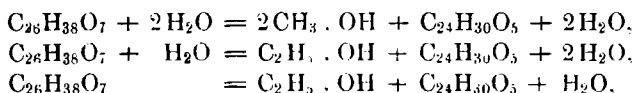
Die Natur der sieben Sauerstoffatome im Molekül ist schwer bestimmbar. Strophantidin enthält keine Methoxygruppen, vereinigt sich nicht mit Phenylhydrazin (Fraser), lässt sich zwar acylieren, doch wurden die Producte ihrer wenig einladenden Eigenschaften wegen noch nicht näher untersucht.

Weit mehr versprechend ist das Verhalten des Strophantidins gegen Alkali, wodurch es sich als Ester erweist. Es löst sich in kochender Lauge rasch mit braungelber Farbe auf und beim Ansäuern fällt ein dicker, gelber, gallertartiger Niederschlag, ein Gemisch zweier Producte von verschiedener Löslichkeit in Methylalkohol, aus. Das Hauptproduct ist eine hellgelbe mikrokrystallinische Verbindung ($C_{24}H_{30}O_5 + 1\frac{1}{2}H_2O$), die bei 294° unter Zersetzung schmilzt. Nach Entwässerung färbt sie sich bei $286-290^{\circ}$ nur dunkel und zersetzt sich erst bei $350-360^{\circ}$, ohne zu schmelzen.

$C_{24}H_{30}O_5$.	Ber. C 72.36,	H 7.53.
	Gef. » 71.99, 72.40,	» 7.22, 8.12.
$1\frac{1}{2}$ Mol. Wasser	ber. 6.32.	Gef. 6.12.

Frisch gefällt ist die gelbe Verbindung in Soda löslich, büsst diese Fähigkeit aber bald beim Stehen oder Trocknen ein und kann

dann nur durch Erwärmen mit Alkali (gelb) gelöst werden. Sie ist also nicht die Säure selbst, deren Ester Strophantidin ist, sondern ein Anhydrid, Lacton oder dergl. derselben. — Der Körper ist leicht löslich in Alkohol und Aceton, schwerer in Methylalkohol, unlöslich in Ligroin und in Aether. Concentrirte Schwefelsäure löst mit tiefvioletter Farbe. Durch Verestern mit 3-procentiger alkoholischer Salzsäure verwandelt er sich nicht in Strophantidin zurück, sondern in einen neuen, weissen, hochschmelzenden, amorphen Körper, dessen Untersuchung noch aussteht. Da sich die gelbe Verbindung um eine Differenz von $C_2H_5O_2$ von Strophantidin unterscheidet, so könnte ihre Bildung nach einer der folgenden Gleichungen erfolgen:



wovon die zweite durch obigen Veresterungsversuch ausgeschlossen wird.

Oxydation mit alkalischem Permanganat (Verbrauch entsprechend ca. 12 Atomen Sauerstoff pro Mol.) verwandelt die Verbindung in eine amorphe, in Soda, Alkohol und Chloroform lösliche, in kaltem Aceton, Aether, Ligroin und in Wasser fast unlösliche Säure. Sie schmilzt erst über 300° . Ihre Formel ist noch festzustellen. Oxalsäure und mit Dampf flüchtige Säuren entstanden nicht nebenbei.

Das zweite, dem gelben $C_{24}H_{30}O_5$ beigemengte Verseifungsproduct des Strophantidins ist, wie gesagt, durch grössere Löslichkeit in Methylalkohol trennbar. Eine weitere Parthie erhält man, indem man das farblose klare Filtrat der gelben Fällung stehen lässt oder besser kocht. Es trübt sich milchig und scheidet weisse, sich absetzende Nadelchen aus¹⁾, die aus verdünntem Alkohol rein erhalten werden. Sie schmelzen dann bei 198.5° , sind unlöslich in Soda, löslich in Alkali; Alkohol und Aceton nehmen es leicht, Aether und Ligroin schwer auf. Von Strophantidin unterscheidet sich die Verbindung, ausser durch den hohen Schmelzpunkt, auch durch das sehr charakteristische Verhalten gegen concentrirte Schwefelsäure und gegenüber concentrirter Salpetersäure. Erstere löst es zunächst mit gleicher Farbe (ziegelroth) wie das Strophantidin, bald aber umgiebt sich die Lösung am Rande mit einem grünen Ring, und auf nachherigen Wasserzusatz werden blaugrüne Flocken gefällt (Strophantidin fällt unverändert weiss aus). Beim Erwärmen mit concentrirter Salpetersäure löst sich

¹⁾ Ich möchte darauf hinweisen, dass Kiliari's Digitsäure (diese Berichte 24, 345) ähnliches Verhalten, nicht nur in dieser Hinsicht, zeigt, und ich halte es gar nicht für unmöglich, dass sich nahe Relationen zwischen den Verseifungsproducten des Strophantidins und der Oxydigitogensäure $C_{14}H_{22}O_4$ und Digitsäure $C_{10}H_{16}O_4$ aus Digitogenin herausstellen werden.

die neue Substanz unter Gasentwicklung auf, und die Lösung bleibt bei Wasserzusatz klar, während beim Strophantidin unter gleichen Umständen wieder ein flockiger Niederschlag einer stickstoffhaltigen, sodalöslichen Säure entsteht, die erst weit über 200° schmilzt.

Die Analyse der weissen Verbindung führt zur Bruttoformel $(C_7H_{10}O_2)_x$.

Ber. C 66.66, H 7.93.
Gef. » 66.11, 66.75, » 8.06, 7.92.

Das Molekulargewicht ist noch nicht sicher bestimmt, und ich enthalte mich hier jeder Muthmaassung über ihre Constitution. Die Krystallisirbarkeit und der nicht zu hohe Schmelzpunkt der Verbindung deuten indess an, dass ein nicht zu hohes Multiplum von $C_7H_{10}O_2$ zu erwarten steht und auf dem Wege über diese Verbindung der weitere Abbau des Strophantidins sich am ehesten ermöglichen lassen wird, wozu ich mir nochmals Ungestörtheit im Arbeiten von den Fachgenossen freundlichst erbitte.

Schliesslich sei noch kurz der Einwirkungsproducte von Brom auf Strophantidin gedacht, das ohne Verdünnungsmittel sehr heftig reagirt; bei Anwendung von Aether als Lösungsmittel entstehen je nach Menge des Broms zwei, in Chloroform und Aceton, Alkohol und Aether leicht, in Ligroin und Wasser unlösliche Bromide, von welchen das eine weisse (Schmp. 126°) die Formel $C_{39}H_{51}Br_5O_{10}$ besitzt:

Ber. C 43.37, H 4.72, Br 37.07.
Gef. » 43.23, 43.37, » 5.37, 4.82, » 37.50, 37.33.

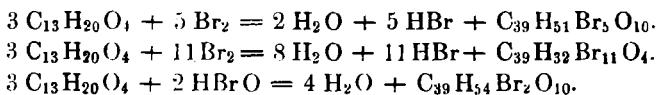
Das andere, lebhaft gelb gefärbt, schmilzt bei 160° und zersetzt sich bei 174° total unter Schäumen. Es hat die Formel $C_{39}H_{33}Br_{11}O_4$.

Ber. C 32.39, H 2.28, Br 60.89.
Gef. » 32.58, 32.59, » 2.46, 2.44, » 60.12, 60.85.

Auch durch Oxydation mittels Brom und Natronlauge entsteht aus Strophantidin eine Verbindung (zweibasische Säure) mit 39 Kohlenstoffatomen. Schmp. 163°, Zersetzungspunkt 170°.

$C_{39}H_{54}Br_2O_{10}$. Ber. C 55.58, H 6.41, Br 19.00.
Gef. » 55.48, 55.42, » 6.71, 6.48, » 19.54.

Betrachtet man Strophantidin $C_{26}H_{38}O_7$ — unter Vorbehalt — als Anhydrid von $C_{13}H_{20}O_4$, so entstehen daraus die 3 Bromverbindungen im Sinne folgender Gleichungen:



Zürich, Eidgenöss. Polytechnicum.