

Darstellung und Analyse einiger Nucleinsäuren.

Von
P. A. Levene.

(Aus der physiologisch-chemischen Abtheilung des pathologischen Instituts der
New-Yorker Staatskrankenhäuser.)

(Der Redaction zugegangen am 14. Mai 1901.)

Vor ungefähr einem Jahre habe ich eine Mittheilung über die Darstellung der Nucleinsäuren und später gemeinschaftlich mit C. Alsberg eine Analyse der Vitellinsäure und ich selber eine Analyse der Ichthulinsäure veröffentlicht. Wenn nun auch meine Arbeiten über die Analyse der Nucleinsäure noch nicht ganz zum Abschluss gebracht sind, so glaube ich doch, dass eine Veröffentlichung der gewonnenen Resultate in Rücksicht auf einige jüngst erschienene Publicationen nicht ohne Interesse sein wird.

I. Pankreasnucleinsäure.

Die Säure wurde direkt aus frischen Drüsen erhalten. Sie wurden zerhackt, mit einer 8%igen Lösung von Ammoniak behandelt und unter Zugabe von etwas essigsaurem Ammoniak zwei Stunden lang stehen gelassen. Dann wurde mit Eisessig langsam und unter Kühlung mit Eis neutralisirt. Wenn die Reaction fast neutral war, wurde ein Ueberschuss von Pikrinsäure hinzugefügt und dann wiederum Eissigsäure bis zur deutlich sauren Reaction. Nun wurde filtrirt und das Filtrat mit einem Ueberschuss von 95%igem Alkohol gefällt. Der Niederschlag wurde wieder in Wasser unter Hinzufügen von etwas Alkali gelöst, die Lösung mit essigsaurem Natron versetzt und dann mit Essigsäure angesäuert. Ein hierbei entstehender,

nur wenig Nucleinverbindungen enthaltender Niederschlag wurde durch Filtration entfernt, das Filtrat mit Kochsalz gesättigt und mit Salzsäure versetzt, bis es auf Congopapier sauer reagierte, dann wurde das gleiche Volumen Alkohol hinzugefügt und der entstandene Niederschlag sich absetzen gelassen. Die darüber stehende Flüssigkeit wurde abgehebert, der Niederschlag durch Decantation mit 50%igem Alkohol gewaschen und dann auf ein Filter gebracht. Die Nucleinsäure wird schon theilweise durch Salzsäure ohne Alkohol gefällt, aber der letztere erleichtert das Waschen und die Filtration und erhöht die Ausbeute.

In den meisten Fällen ist der so gebildete Niederschlag biuretfrei; sollte er es nicht sein, so muss er noch einmal in Wasser wieder unter Zusatz von Alkali und essigsaurem Natron gelöst werden, die Lösung dann mit Kochsalz gesättigt und wie oben angegeben, mit Salzsäure und Alkohol gefällt werden. Auch der biuretfreie Niederschlag enthielt indessen Spuren von Glycogen und, um das letztere zu entfernen, wurde die Nucleinsäure mit Kupferchlorid niedergeschlagen, während die Kupferverbindung des Glycogens in Lösung blieb. Diese Methode zur Entfernung der Kohlehydrate aus Hefenucleinsäure ist zuerst von Herlant veröffentlicht, war aber vor der Veröffentlichung dieser interessanten Arbeit schon von mir angewandt. Die Kupfersalze der Nucleinsäure werden zunächst mit Wasser gewaschen, bis das Waschwasser kupferfrei ist, dann mit Alkohol, bis sie chlorfrei wurden, und endlich mit Aether; getrocknet wurden sie im Vacuum über Schwefelsäure und zum Schluss im Luftbade.

Die freie Säure ist unlöslich in Wasser, löst sich aber beim Zusatz von etwas Alkali; essigsaure Alkalien befördern die Löslichkeit. Aus solchen Lösungen kann die Säure nicht durch Essigsäure, aber theilweise durch Salzsäure niedergeschlagen werden. In dieser Hinsicht besitzt sie also dieselben Löslichkeitsverhältnisse wie andere Nucleinsäuren: aus concentrirten Lösungen jedoch kann die Säure oder wahrscheinlich ein saures Natronsalz derselben durch Kochsalz und Essigsäure theilweise niedergeschlagen werden, durch

einen Ueberschuss von Wasser wird aber der Niederschlag wieder gelöst. Für die Analyse wurde allgemein das Kupfersalz verwendet. Vor der Behandlung mit Kupfer wurde die Nucleinsäure auf freie Purinbasen mit ammoniakalischer Silbernitratlösung geprüft, ohne Erfolg.

Alle Kupfer- und Phosphorbestimmungen wurden nach vorherigem Schmelzen mit Soda und Salpeter gemacht; der Stickstoff wurde nach Dumas bestimmt.

Präparat 1.

Der erste Alkoholsalzsäureniederschlag, den ich, wie oben beschrieben, erhielt, gab noch eine geringe Biuretreaction und wurde wiederholt umgefällt.

0,5820 g der Substanz gaben 0,151 g $Mg_2P_2O_7$ und 0,1130 CuO.
P = 7,26 % Cu = 15,99 %.

0,200 g gaben 26,3 ccm. N. bei p = 71,8 und t = 17°. N = 14,37 %.

0,200 g gaben 26,4 ccm. N. bei p = 71,6 und t = 15°. N = 14,54 %.

Präparat 2.

Das in bekannter Weise gewonnene Kupfersalz zeigte sich leicht löslich in alkalihaltigem Wasser. Aus dieser Lösung schlug Salzsäure nur einen Theil der Nucleinsäure nieder und es war möglich, dass der in der Salzsäure in Lösung gebliebene Antheil eine andere Zusammensetzung hatte, wie der Niederschlag. Der ungelöste Theil wurde in Wasser unter Zugabe von Alkali wieder aufgelöst, die Lösung mit Essigsäure angesäuert und das Kupfersalz wieder gewonnen, das im Vacuum und dann im Luftbade bei 90° bis zur Gewichtsconstanz getrocknet wurde.

0,1799 g gaben bei der Verbrennung 0,2118 g CO_2 und 0,0646 g H_2O .
C = 32,16 % und H = 4,00 %.

0,1255 g lieferten 0,1489 g CO_2 und 0,0487 g H_2O . C = 32,35 %
und H = 4,26 %.

0,1500 g gaben 19,6 ccm. N. bei p = 71,6 und t = 11°. N = 14,71 %.

0,2870 g gaben 0,0457 g CuO und 0,0815 g $Mg_2P_2O_7$. Cu = 12,77 %
P = 7,93 %.

Präparat 3.

In derselben Weise gewonnen wie vorher. Der erste Alkoholsalzsäureniederschlag war biuretfrei.

0,1315 g gaben 17.7 ccm. N bei $p = 71,2$ und $t = 12,5^{\circ}$. N = 14,91 %.

0,1245 g gaben 0,0180 g CuO und 0,0391 g $Mg_2P_2O_7$. Cu = 11,51 %.
P = 7,97 %.

Präparat 4.

Die Drüsen wurden, wie auch bei dem vorigen Präparate, eine längere Zeit unter Alkohol gehalten, dann mit 5%iger Natronlauge unter Zufügung von Natriumacetat behandelt. Nach einigem Stehen wurde mit Eisessig neutralisirt, dann Pikrinsäure und zuletzt Essigsäure zugesetzt, bis die Flüssigkeit sauer reagierte. Sie wurde filtrirt und das Filtrat mit Kupferchlorid gefällt. Der Niederschlag wurde dann ebenso wie bei der Darstellung des Präparates Nr. 1 weiter behandelt.

0,1089 g gaben 0,1305 CO_2 und 0,0448 g H_2O . C = 32,68 % und H = 4,57 %.

0,1285 g gaben 17.6 ccm. N bei $p = 71,3$ und $t = 10^{\circ}$. N = 15,36 %.

0,1250 g gaben 0,0346 g $Mg_2P_2O_7$. P = 7,73 %.

0,1421 g gaben 0,0189 g CuO. Cu = 10,61 %.

Abbau der Säure.

Erster Versuch: Ungefähr 2 g der Säure, die mit ammoniakalischer Silberlösung keinen Niederschlag von Purinbasen gaben, wurden mit 100 ccm. 5%iger Schwefelsäure $2\frac{1}{2}$ Stunden im Autoclaven bis 118° gekocht, dann das Guanin auf die gewöhnliche Weise entfernt. Die Analyse des erhaltenen Silbernitrats ergab:

0,283 g lieferten 0,0935 g Ag. Ag = 33,04 %.

Für $C_5H_5N_5O AgNO_3$

berechnet: Ag = 33,65 %.

Gefunden:

33,04 %.

Das mit Ammoniak versetzte Filtrat wurde eingedampft, ohne dass ein Niederschlag entstand, dann mit ammoniakalischer Silberlösung ein starker gelatinöser Niederschlag erzeugt. Aus diesem wurden in bekannter Weise die einzelnen Alloxurbasen zu erhalten versucht, aber die Xanthin- und Hypoxanthin-

fraction enthielten nur Spuren von Silbersalzen, dagegen konnte reichlich Adenin in Form seines Pikrates erhalten werden.

0,1256 des Pikrates gaben 34,4 ccm. N, bei $p = 72,4$ und $t = 13^{\circ}$.
 $N = 30,81\%$.

Zweiter Versuch: Ungefähr 3 g wurden wie beim ersten Versuch behandelt, das Adenin wieder als Pikrat gefällt.

0,206 g gaben 58,8 ccm. N bei $p = 72,13$ und $t = 22^{\circ}$. $N = 30,65\%$.

Berechnet für $C_5H_5N_5 \cdot C_6H_4(NO_2)_3OH$:

$N = 30,71\%$.

Gefunden:

I. $N = 30,81\%$

II. $N = 30,65\%$.

Dann wurde ferner ein Versuch gemacht, Thymin zu gewinnen. 3 g der Säure wurden mit 300 ccm. 30%iger Schwefelsäure 4 Stunden im Autoclaven bei 130° gekocht, dann nach der Methode von W. Jones weiter verfahren, aber keine krystallinischen Produkte gewonnen. Aber dieses negative Resultat mit einer verhältnissmässig geringen Quantität Säure beweist doch noch nicht unbedingt das Fehlen des Thymins unter den Spaltungsprodukten. Im Gegentheil scheint mir, gestützt auf ein anderes meiner Experimente, das Vorkommen von Thymin nicht unwahrscheinlich. Einige Pfund Pankreas wurden nämlich mit einer 0,5%igen Lösung von Natriumcarbonat und einem grossen Ueberschuss von Chloroform versetzt und über Nacht stehen gelassen. Die Flüssigkeit wurde dann colirt und das Filtrat in mehrere Kolben vertheilt, die unter Chloroformzugabe einige Wochen in den Brutschrank bei 40° gestellt wurden. Dann wurde der Inhalt der Kolben in grosse Flaschen übertragen, die etwa 7 Monate in einem sehr warmen Zimmer stehen blieben. (Vom September 1899 bis Mai 1900.)

Nach Verlauf dieser Zeit waren die Nucleinverbindungen des ursprünglichen Extractes zersetzt, wie sich aus der Bestimmung des Gesamtposphorgehaltes und des Phosphors in Form anorganischer Salze ergab. Das Histidin und Arginin wurden dann nach Kossel mittelst Silbernitrat und Baryt ausgefällt und beide Niederschläge auf Thymin untersucht; in der Histidinfraction nun wurde kein Thymin gefunden, dagegen

entstand in der concentrirten Argininlösung nach Entfernung des Silbers und des Baryts eine Krystallhaut, die aus büschelförmig angeordneten Nadeln bestand. Die Substanz war leicht löslich in heissem, unlöslich in kaltem Wasser, unlöslich in Alkohol, Aether und in Alkohol, der Ammoniak enthielt. Sie sublimirte, wenn auch nicht vollständig.

Der Körper wurde auf einer Saugpumpe filtrirt, mit etwas kaltem Wasser, dann mit Alkohol und Aether gewaschen und im Vacuum über Schwefelsäure getrocknet.

0,0819 g gaben 0,12535 g CO_2 und 0,02434 g H_2O . $\text{C} = 42,07\%$, $\text{H} = 3,33\%$.

Berechnet für $\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_2$:

$\text{C} = 42,85\%$

$\text{H} = 3,57\%$.

Gefunden:

$\text{C} = 42,07\%$

$\text{H} = 3,33\%$.

Die Substanz war dem Körper sehr ähnlich, den Ascoli neulich aus Hefenucleinsäure gewonnen und als Uracil betrachtet hat.

In einem anderen Theile desselben selbstverdauten Extractes wurde das Histidin und das Arginin zusammen entfernt, dann das Silber, die Schwefelsäure und der Ueberschuss von Baryt fortgeschafft und die Lösung concentrirt. Nach genügendem Einengen bildete sich auch hier eine Haut, die, mikroskopisch untersucht, aus Krystallen bestand, die den von Gulewitsch für Thymin beschriebenen gleich waren, allerdings vermischet mit sphäroidalen Massen. Die Substanz war wenig löslich in kaltem, löslich in heissem Wasser, unlöslich in Alkohol und Aether. Bei einer Umkrystallisation aus Wasser gelang es mir aber nicht, die Thyminkrystalle zu isoliren. So wie die Sache also steht, scheint es mir annehmbar, dass bei der Selbstverdauung des Pankreas Thymin und Uracil unter den Zersetzungsprodukten auftreten mögen, und wenn es der Fall ist, dann sind sie aus den Nucleinverbindungen des Pankreas entstanden. Ich hoffe in meinen nächsten Versuchen diese Frage entscheiden zu können. Zu bemerken bleibt noch, dass beim Erhitzen meiner Nucleinsäure zwischen zwei Uhrschildchen ein aus schönen mikroskopischen Krystallen bestehendes Sublimat auftritt.

Eine kupferreducirende Substanz konnte beim Erwärmen der Säure mit Mineralsäuren nicht erhalten werden und in dieser Hinsicht ist meine Pankreasnucleinsäure mehr der Säure ähnlich, die Kossel, Miescher, Schmiedeberg, Osborne und Andere gewonnen haben, dagegen von der Guanylsäure verschieden, die von Bang als die Nucleinsäure des Pankreas beschrieben worden ist.

Die Aufgabe meiner weiteren Untersuchungen wird sein, das Verhältniss der Guanylsäure zu der Pankreasnucleinsäure zu ergründen.

Nucleinsäure aus Milz.

Einige Pfund des Organes, längere Zeit unter Alkohol aufbewahrt, wurden mit einer 5%igen Natronlauge behandelt und nach Zufügen von Natriumacetat ungefähr 2 Stunden stehen gelassen, dann mit Essigsäure neutralisirt, Pikrinsäure hinzugefügt und die Flüssigkeit mit Essigsäure angesäuert. Das Filtrat wurde mit Kupferchlorid gefällt, der Niederschlag einige Male mit Wasser gewaschen und noch einmal umgefällt. Er war dann biuretfrei.

0.1127 g gaben 0.1337 g CO_2 und 0.0484 g H_2O . $\text{C} = 32.37\%$ und $\text{H} = 4.77\%$.

0.1130 g gaben 15.7 ccm. N bei $p = 71.9$ und $t = 16^\circ$. $\text{N} = 15.3\%$.

0.1356 g gaben 0.0190 g CuO und 0.0390 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$. $\text{Cu} = 11.17\%$ und $\text{P} = 8.02\%$.

Nucleinsäure aus den Spermatozoen des Kabeljau.

Die Spermatozoen wurden in derselben Weise gewonnen, wie Kossel es that, um das Protamin zu gewinnen. Das bekannter Weise dargestellte Kupfersalz gab folgende Werthe:

0.1783 g lieferten 0.2051 g CO_2 und 0.0745 g H_2O . $\text{C} = 31.37\%$ und $\text{H} = 4.66\%$.

0.1029 g lieferten 0.1182 g CO_2 und 0.0745 g H_2O . $\text{C} = 31.32\%$ und $\text{H} = 4.66\%$.

0.2038 g lieferten 27.8 ccm. N bei $p = 71.8$ und $t = 15^\circ$. $\text{N} = 15.12\%$.

0.1486 g lieferten 0.0182 g CuO und 0.043 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$. $\text{Cu} = 9.84\%$ und $\text{P} = 8.21\%$.

Nucleinsäure aus Hefe.

Für diesen Versuch wurde Bäckerhefe benutzt und aus ihr das Kupfersalz der Nucleinsäure nach der bekannten Methode dargestellt, das biuretfrei war und, mit Säuren erhitzt, Fehling'sche Lösung nicht reducirte.

0,1033 g gaben 0,1232 g CO_2 und 0,0376 g H_2O . $\text{C} = 32,42\%$ und $\text{H} = 4,04\%$.

0,1058 g gaben 15,4 ccm. N bei $p = 70,6$ und $t = 14^\circ$. $\text{N} = 15,83\%$.

0,1539 g gaben 0,0223 g CuO und 0,0439 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$. $\text{Cu} = 11,56\%$ und $\text{P} = 7,90\%$.

In der folgenden Tabelle sind die Resultate der Analysen, auf kupferfreie Substanz berechnet, zusammengestellt:

	C	H	N	P
Pankreas I	—	—	17,10 %	8,66 %
„ II	36,50 %	4,69 %	16,70 %	8,73 %
„ IV	—	—	16,85 %	9,00 %
„ V	36,67 %	5,10 %	17,18 %	8,65 %
Milz	36,40 %	5,24 %	17,30 %	9,03 %
Kabeljau	34,76 %	5,16 %	16,77 %	9,15 %
Hefe	36,65 %	4,57 %	17,89 %	8,93 %

Aus der Uebersicht ergibt sich, dass erstens aus der Pankreasdrüse eine Nucleinsäure gewonnen werden kann, die ihrem Charakter nach mehr der Säure gleicht, die von Kossel, Miescher, Schmiedeberg, Herlant, Osborne und Anderen aus verschiedenen Organen gewonnen wurde, als der von Ivar Bang als Guanylsäure bezeichneten. Zweitens ist die aus der Hefe erhaltene Säure von der Myconucleinsäure Herlant's verschieden.

Es wäre voreilig, irgend welche Schlussfolgerungen betreffs der Formel der Nucleinsäure zu machen, doch scheint es mir wahrscheinlich, dass eine Nucleinsäure von derselben Zusammensetzung aus allen Organen gewonnen werden kann, und obgleich die Präparate der Nucleinsäure, die von Miescher, Schmiedeberg, Herlant und mir untersucht wurden, keine gleiche Zusammensetzung hatten, so ist doch der Unterschied nicht sehr gross.

Dagegen habe ich vergeblich versucht, aus Bacillen eine ähnliche Säure zu gewinnen. Zwar hat Ruppel in den Tuberkelbacillen eine freie Nucleinsäure gefunden, die «Tuberkulinsäure», die er aber nicht näher untersucht hat, aber vorher hatte ich schon das Vorkommen eines Nucleoproteids festgestellt. Da es nun nicht unwahrscheinlich war, dass die freie Säure von der Säure des Nucleoproteids verschieden war, suchte ich sie für sich zu isoliren.

Trockene pulverisirte Bakterien werden wiederholt mit einer 5%igen Kochsalzlösung extrahirt, das Extract mit Pikrinsäure und Essigsäure gefällt und filtrirt. Der in dem Filtrat mit Alkohol erzeugte biuretfreie Niederschlag wurde mit Kupferchlorid behandelt, der Niederschlag gewaschen und in gewöhnlicher Weise getrocknet. Der Rückstand von dem Kochsalz-extract wurde mit einer 5%igen Sodalösung behandelt, Natron hinzugefügt und 2 Stunden stehen gelassen. Nachdem sodann mit Essigsäure neutralisirt, Pikrinsäure und Essigsäure bis zur sauren Reaction hinzugefügt und filtrirt war, wurde im Filtrat mit Alkohol ein Niederschlag erzeugt, der biuretfrei war. Dieser wurde wieder in Lösung gebracht und das Kupfersalz der Nucleinsäure in der gewöhnlichen Weise dargestellt.¹⁾

Präparat 1.

Freie Säure, gewonnen, wie oben angegeben.

0,1089 g gaben 0,1359 g CO_2 und 0,0490 g H_2O . $\text{C} = 34,83\%$ und $\text{H} = 4,99\%$.

0,1270 g gaben 0,1592 g CO_2 und 0,0553 g H_2O . $\text{C} = 34,28\%$ und $\text{H} = 4,87\%$.

0,1015 g gaben 11,5 cem. N bei $p = 71,4$ und $t = 10,5^\circ$. $\text{N} = 12,67\%$.

0,1557 g gaben 0,0210 g CuO und 0,045 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$. $\text{Cu} = 10,75\%$ und $\text{P} = 8,07\%$.

Präparat 2.

Gewonnen aus dem Rückstand, nachdem die Bacillen mit Kochsalz extrahirt waren.

0,10059 g gaben 0,1101 g CO_2 und 0,0441 g H_2O . $\text{C} = 29,88\%$ und $\text{H} = 4,87\%$.

¹⁾ Die Versuche mit den Bakterien wurden in Dr. E. L. Prudeau's Laboratorium (Saranac Lake, N.Y.) ausgeführt, und ich möchte auch an dieser Stelle ihm meinen besten Dank aussprechen.

0.1040 g gaben 0.1145 g CO_2 und 0.0469 g H_2O . $\text{C} = 30.02\%$ und $\text{H} = 5.01\%$.

0.1171 g gaben 11.5 ccm. N bei $p = 71.5$ und $t = 13.5^\circ$. $\text{N} = 11.71\%$.

0.2070 g gaben 0.0378 g CuO und 0.0614 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$. $\text{Cu} = 14.45\%$ und $\text{P} = 8.82\%$.

Präparat 3.

Statt mit Kochsalz wurden die Bakterien mit 8%igem Ammoniumchlorid extrahiert, der Rückstand in gewöhnlicher Weise mit 5%iger Natronlauge, Essig- und Pikrinsäure behandelt. Der mit Alkohol im Filtrate erzeugte Niederschlag wurde wieder in Natronlauge gelöst, mit Essigsäure angesäuert und mit Alkohol gefällt, der 0,5% HCl enthält. Die ausgefallene Nucleinsäure wurde mit 50%igem, zuletzt mit 95%igem Alkohol chlorfrei gewaschen, nochmals gelöst und als Kupfersalz wieder gewonnen.

0.157 g gaben 10.8 ccm. N bei $p = 72.1$ und $t = 19^\circ$. $\text{N} = 7.49\%$.

0.2807 g gaben 0.074 g CuO und 0.105 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$. $\text{Cu} = 21.04\%$ und $\text{P} = 10.44\%$.

Präparat 4.

In derselben Weise gewonnen wie Nr. 3.

0.2502 g gaben 0.0725 g CuO und 0.0877 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$. $\text{Cu} = 23.13\%$.

Präparat 5.

Gewonnen wie Präparate 3 und 4.

0.1343 g gaben 0.1380 g CO_2 und 0.0625 g H_2O . $\text{C} = 28.07\%$ und $\text{H} = 5.12\%$.

0.1708 g gaben 12.3 ccm. N bei $p = 71.8$ und $t = 16^\circ$. $\text{N} = 7.90\%$.

0.175 g gaben 0.0355 g CuO und 0.0685 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$. $\text{Cu} = 16.77\%$ und $\text{P} = 10.94\%$.

Folgende Tabelle giebt die Resultate der Analysen, auf Cu-freie Substanz berechnet:

	C	H	N	P
Präparat I	38.94%	5.82%	14.19%	9.04%
II	35.00%	5.77%	12.51%	10.31%
III	—	—	9.49%	13.22%
IV	—	—	—	12.73%
V	33.36%	6.14%	9.42%	13.05%

Nur die letzten drei Präparate scheinen eine verhältnissmässig gleiche Zusammensetzung zu haben, doch möchte ich gleich hier bemerken, dass die Tuberkulinsäure weniger stabil ist wie die anderen Nucleinsäuren. Hierin ist wahrscheinlich der Grund zu suchen, dass man nur schwierig Präparate gleicher Zusammenstellung bekommt: es ist auch nicht unmöglich, dass die ersten beiden Präparate saure Salze einer Säure vom Charakter der letzten 3 Präparate mit einer nicht eiweissartigen Base sind.

Wie dem aber auch immer sei, alle Präparate sind von den anderen Nucleinsäuren sehr verschieden. Es soll zum Schluss noch bemerkt werden, dass sie Guanin und Adenin in ihrem Molekül enthalten und, mit einer Mineralsäure erhitzt, Fehling'sche Lösung nicht reduciren. Sie sind sämmtlich eisenhaltig.

Litteratur.

- Ascoli, Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. XXXI, S. 161.
Bang, Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. XXVI, S. 133.
» » » » » » » » XXXI, S. 411.
Gulewitsch, Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. XXVII, S. 292.
Herlant, Arch. f. exp. Path. u. Pharm., Bd. XLIV, S. 148.
Kossel, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1893.
— und Neumann, Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. XXII, S. 74.
Levene, Medical Record, Dec. 1898.
» Journal of the American Chemical Society, Bd. XXII, S. 329.
» v. Alsberg, Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. XXXI, S. 43.
» Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. XXXII, S. 281.
Miescher, Arch. f. exp. Path. u. Pharm., Bd. XXXVII, S. 100.
Neumann, Arch. f. Anatomie u. Physiol. 1899.
Osborne u. Campbell, Twenty third Report of the Conn. Agric. Exper. Station. New-Haven, Conn.
Ruppel, Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. XXVI, S. 218.
Schmiedeberg, Arch. f. exp. Path. u. Pharm., Bd. 43, S. 7.