

Untersuchungen über Phosphatide, insbesondere über die im Eigelb vorhandenen¹⁾.

Von

Dr. Julius Eppler.

(Aus dem physiologisch-chemischen Institut der Universität Tübingen.)
(Der Redaktion zugegangen am 4. August 1913.)

A. Über die basischen Bestandteile.

Von MacLean²⁾ wurde in Thierfelders Laboratorium festgestellt, daß bei der Hydrolyse der Chlorcadmiumverbindung der Phosphatide prozentisch mehr Stickstoff in Form von Cholin isoliert werden kann, als bei der Hydrolyse der ursprünglichen Phosphatide. Besonders deutlich trat das bei dem Herzmuskellecithin hervor. Aus ihm hatte der erste Darsteller dieses Phosphatids, Erlandsen³⁾, 42% des Stickstoffs als Cholin erhalten. MacLean gewann ungefähr dieselbe Menge, aus der Chlorcadmiumverbindung aber 75%. Diese Beobachtungen sprachen für das Vorhandensein anderer, basischer Substanz in dem durch Cadmiumchlorid nicht fällbaren Teil der Phosphatide. Jene konnte eine in Alkohol leichter lösliche Chlorcadmiumverbindung geben und die Nichtfällbarkeit des sie enthaltenden Phosphatids bedingen, wie umgekehrt die Fällbarkeit des cholinhaltigen Phosphatids eine Funktion des Cholins, dessen verdünnte alkoholische Lösung schon durch Cadmiumchlorid gefällt wird, sein dürfte.

¹⁾ Diese Arbeit stellt einen Auszug aus der gleichbetitelten Dissertation (naturwissenschaftl. Fakultät Tübingen, 1913) des Verfassers dar. Sie wurde im Sommer 1912 beendet und im Frühjahr 1913 gedruckt.

²⁾ Diese Zeitschrift, Bd. 55, S. 360; Bd. 57, S. 296; Bd. 59, S. 223.

³⁾ Diese Zeitschrift, Bd. 51, S. 71.

Das Ziel meiner Untersuchungen, die ich im Herbst 1910 begann, war die Auffindung dieser hypothetischen Base in den Eigelbphosphatiden. Inzwischen erschien die schöne Arbeit von Trier¹⁾, in der er über das Vorkommen von Äthanolamin unter den Spaltungsprodukten eines pflanzlichen Phosphatids aus Bohnensamen berichtet. Meine damals schon vorliegenden Beobachtungen, die bei der Untersuchung der Spaltungsprodukte des durch Cadmiumchlorid nicht fällbaren Phosphatidanteils gemacht worden waren, standen in guter Übereinstimmung mit der Annahme, daß auch hier neben Cholin Äthanolamin vorhanden war. Der alkohollösliche Stickstoff dieses Hydrolysats wurde nur zum Teil durch Phosphorwolframsäure und durch Quecksilberchlorid gefällt, ebenso erwies sich auch synthetisch dargestelltes Äthanolamin durch Phosphorwolframsäure, Platinchlorid, Cadmiumchlorid, sehr viel weniger fällbar als Cholin. Durch absolutalkoholische Sublimatlösung wurde eine 2,5%ige Lösung des Chlorids in absolutem Alkohol auch nach längerem Stehen nicht gefällt. Das Chlorid erwies sich als reichlich löslich in einer gesättigten absolutalkoholischen Sublimatlösung²⁾. Die Isolierung dieser Base ist mir denn auch in mehreren Fällen gelungen und zwar nach dem Vorgang von Trier als Goldsalz. Die spätere Veröffentlichung von Trier³⁾, welche den Nachweis des Äthanolamins auch in den Eigelbphosphatiden erbringt, hat auf die Auffindung der Base durch mich keinen Einfluß gehabt.

Meine Untersuchungen erstrecken sich auf 4 Präparate: 1. Ein Handelspräparat, welches durch Extraktion von getrocknetem Hühnereigelb mit heißem 80%igen Alkohol gewonnen und durch geeignete Behandlung von Cholesterin und Fett befreit worden war. Es stellte eine Mischung sämtlicher Phosphatide des Eigelbs dar. 2. Das nach der Angabe von Stern und Thierfelder⁴⁾ aus dem primären Ätherextrakt des

¹⁾ Diese Zeitschrift, Bd. 73, S. 383.

²⁾ Nähere Angaben über das Verhalten des Äthanolamins zu diesen Fällungsmitteln siehe Seite 28 meiner Dissertation. Trier hat vor kurzem die gleichen Feststellungen gemacht (diese Zeitschrift, Bd. 85, S. 386).

³⁾ Diese Zeitschrift, Bd. 76, S. 496.

⁴⁾ Diese Zeitschrift, Bd. 53, S. 370.

Eigelbs gewonnene alkoholleichtlösliche Phosphatid. 3. Das nach denselben Autoren ebenfalls aus dem primären Ätherextrakt dargestellte alkoholschwerlösliche Phosphatid. 4. Das aus dem sekundären Alkoholextrakt des Eigelbs isolierte Phosphatid (siehe S. 240).

Die einzelnen Phosphatide wurden aus alkoholischer Lösung mit Cadmiumchlorid gefällt und Niederschläge und Filtrate gesondert gespalten und untersucht. Nur bei dem Präparat 3 mußte seiner Unlöslichkeit in Alkohol wegen diese Fällung unterbleiben. Die Spaltung erfolgte in der Regel durch Erhitzen mit Barytwasser. Betreffs Angaben über die einzelnen Phosphatide sowie aller Einzelheiten der Untersuchung sei auf die Dissertation verwiesen. Hier soll nur eine kurze Schilderung gegeben werden.

1. Handelspräparat.

Versuche 1 u. 2. Die verwendeten Mengen betragen 31,4 bzw. 100 g. Es wurden 67,1% (75,1%) des Stickstoffs durch Cadmiumchlorid gefällt.

Hydrolyse der Fällung. Im Hydrolysat fanden sich 96% (98,2%) des Stickstoffs, von diesem war über 90% alkohollöslich. Der alkohollösliche wurde fast vollständig durch Phosphorwolframsäure gefällt und der durch Phosphorwolframsäure fällbare wieder fast vollständig durch Sublimat. Der durch Sublimat fällbare war zum größten Teil Cholinstickstoff (siehe besonders Versuch 1). Ob daneben noch Äthanolamin vorhanden, muß dahingestellt bleiben. Fällungen mit Goldchlorid konnten an verschiedenen Stellen in den Filtraten der Phosphorwolframsäure- und Sublimatfällungen erhalten werden, jedoch war die Menge zur Feststellung nicht ausreichend.

Hydrolyse des Filtrats. Im Hydrolysat fanden sich 88% (83%) des Stickstoffs, von diesem war 76% (81%) alkohollöslich. Von dem alkohollöslichen wurde weniger als die Hälfte durch Phosphorwolframsäure gefällt und von dem gefällten wieder nur ein Drittel durch Sublimat. Der durch Sublimat gefällte

ist zum größten Teil Cholinstickstoff (siehe besonders Versuch 1). Aus dem Filtrat der Quecksilberfällung (Versuch 2) ließ sich 0,1173 g Äthanolamingoldchlorid erhalten. Au gef. 49,02%, ber. 49,17%, Smp. 187°.

Das synthetisch dargestellte Äthanolamingoldchlorid von Knorr¹⁾ schmolz nach vorhergegangem Sintern bei etwa 190°, das von Trier aus Bohnen dargestellte ohne Zersetzung bei 186—187°, das von demselbem Autor aus Eigelblecithin gewonnene bei 188—190° unter vorhergehendem Erweichen.

Versuch 3. Nachdem die Anwesenheit von Äthanolamin im Filtrat festgestellt worden war, wiederholte ich den Versuch mit einer größeren Menge. Es wurde eine alkoholische Lösung des gleichen Präparates (384 g und 2000 ccm) mit Cadmiumchlorid gefällt, das Filtrat auf 600 ccm eingengt und von allen beim Eindampfen entstandenen Ausscheidungen befreit. Es entsprach 486 mg N, welche bei der Hydrolyse fast völlig in Lösung gingen, aber nur zu 66% alkohollöslich waren. Von dem alkohollöslichen Stickstoff wurden nur 51,5% durch Quecksilberchlorid gefällt und dieser war Cholinstickstoff. Aus dem Filtrat der Sublimatfällung ließ sich wieder Äthanolamingoldsalz gewinnen und zwar 0,2857 g.

Wenn gleich die Ausbeute an dieser Base etwas größer war, als bei Versuch 2, so entsprach die Zunahme doch nicht der 4 mal so großen Menge des Ausgangsmaterials. Die Ursache ist wohl darin zu suchen, daß in Versuch 3 auch alle diejenigen Bestandteile entfernt wurden, welche beim Eindampfen sich in fester Form ausschieden und vermutlich äthanolaminhaltig waren. Daß die letzte Mutterlauge des Filtrats der Chlorcadmiumfällung jedoch eine relativ größere Menge der Base enthält, geht daraus hervor, daß die 486 mg CdCl₂-Filtratstickstoff, welche in Versuch 3 0,28 g Goldsalz lieferten, 6,7% des Gesamtstickstoffs betragen, während die entsprechende Menge CdCl₂-Filtratstickstoff des Versuchs 2 (339 mg), aus der 0,117 g Goldsalz erhalten wurden, 25% des Gesamtstickstoffs ausmachte.

¹⁾ Chem. Ber., Bd. 30, S. 910.

2. Alkoholleichtlösliches Phosphatid aus dem primären Ätherextrakt.

Versuch 1. Die verwendete Menge betrug 39,5 g. Es wurden 86% des Stickstoffs durch Cadmiumchlorid gefällt (in Versuch 2 82,7%).

Hydrolyse der Fällung. Im Hydrolysat fanden sich 87% des Stickstoffs; von diesem waren 96–97% alkohollöslich, und von dem alkohollöslichen wurden 91% durch Sublimat gefällt. Aus dem Filtrat der Sublimatfällung ließ sich eine kleine Menge eines Goldsalzes gewinnen, welches auf Grund des Schmelzpunktes (188°) als Äthanolamingoldchlorid angesprochen wurde.

Hydrolyse des Filtrats. Im Hydrolysat fanden sich 90,7% des Stickstoffs, bei der Fällung der alkoholischen Lösung mit Quecksilberchlorid gingen nur 30% des wasserlöslichen Stickstoffs in den Niederschlag. Aus dem Filtrat wurden 0,1786 g Äthanolamingoldsalz erhalten (gef. Au 49,38, N 3,44, ber. Au 49,17, N 3,49).

Versuch 2. Da zunächst zu vermuten war, daß die geringe Menge Äthanolamin, welche aus der Cadmiumchloridfällung erhalten wurde, auf eine ungenügende Reinigung dieser Fällung zurückzuführen sei, so versuchte ich durch Umkrystallisieren und Umfällen eine völlige Entfernung der Beimengung zu erreichen. Der aus einer neuen Portion des Phosphatids (ca. 31,6 g) erhaltene Cadmiumchloridniederschlag wurde nach Willstätter und Lüdecke¹⁾ in einer Mischung von 2 Volumina Essigäther und 1 Volumen Alkohol heiß gelöst, der beim Erkalten ausfallende hellgelbe Niederschlag in kaltem Benzol gelöst und aus dieser klaren Lösung wieder mit absolutem Alkohol gefällt. Im Essigäther-Alkohol blieben 3,9%, im Benzol-Alkohol 4,2% des eingeführten Stickstoffs gelöst. Das Ergebnis der Spaltung war indessen das gleiche, indem auch hier aus dem Hydrolysat der Fällung eine kleine Menge Goldsalz vom Schmelzpunkt 188° erhalten wurde. Die aus dem Filtrat der Fällung isolierte Äthanolaminmenge war in diesem Versuch eine etwas größere als in dem Versuch 1. Dort wurden aus

¹⁾ Chem. Ber., Bd. 37, S. 3755.

766 mg eingeführten Stickstoffs 0,1786 g, hier aus 613 mg N 0,1922 g Goldsalz (49,27% Au) erhalten.

3. Alkoholschwerlösliches Phosphatid aus dem primären Ätherextrakt.

Die verwendete Menge betrug 10 g. Die Spaltung war eine sehr viel schwierigere als bei den anderen Präparaten. Sie ließ sich aber durch längeres Erhitzen mit Barytwasser und Salzsäure so weit führen, daß sich 94% des Stickstoffs im Hydrolysat befanden. Von diesen waren 67% alkoholöslich. Die Sublimatfällung enthielt Cholin, in dem Filtrat dieser Fällung ließ sich Äthanolamin nicht mit Sicherheit nachweisen. Auch bei einer Wiederholung des Versuchs mit 17,3 g gelang die Isolierung nicht. Dieses Resultat überraschte mich insofern, als das Phosphatid in seinen Eigenschaften große Ähnlichkeit mit dem Kephalin des Gehirns zeigt, unter dessen Spaltungsprodukten Thudichum¹⁾ schon vor vielen Jahren eine Base von der Zusammensetzung des Äthanolamins gefunden hat. Allerdings war die Menge des Ausgangsmaterials in beiden Versuchen eine geringe.

4. Phosphatid aus dem sekundären Alkoholextrakt.

Die verwendete Menge betrug 100 g. Es wurden 77,8% des Stickstoffs durch Cadmiumchlorid gefällt.

Hydrolyse der Fällung. Der Stickstoff ging zu 90%²⁾ in das Hydrolysat und erwies sich als fast völlig (98%) alkohollöslich. Er wurde zu 96% durch Phosphorwolframsäure gefällt und der durch Phosphorwolframsäure gefällte zu über 99% durch Sublimat. Es lag Cholin vor. Äthanolamin konnte auch nicht in Spuren gefunden werden.

Hydrolyse des Filtrats. Der Stickstoff ging zu 85%³⁾ in das Hydrolysat und weiter in den Alkohol. Er wurde zu 87,5% durch Sublimat gefällt. Auch hier ließ sich nur Cholin, aber kein Äthanolamin isolieren.

¹⁾ Die chemische Konstitution des Gehirns usw. Tübingen 1901.

²⁾ 9—10% wurden in den abgeschiedenen Fettsäuren (es war mit Schwefelsäure gespalten worden) zurückgehalten.

³⁾ 15—16% wurden in den abgeschiedenen Fettsäuren zurückgehalten.

Die Ergebnisse dieser Spaltungsversuche sind kurz zusammengefaßt folgende:

Der bei der Spaltung der Chlorcadmiumfällungen des Gesamtphosphatidgemenges in das Hydrolysat übergehende, alkohollösliche N ist in der Hauptsache, wenn nicht ausschließlich, Cholinstickstoff. Wenn neben ihm noch Äthanolamin vorkommt, so kann es sich nur um kleine Mengen handeln.

Der bei der Spaltung der durch Cadmiumchlorid nicht fällbaren Anteile des Gesamtphosphatids in die Hydrolysate übergehende alkohollösliche N ist nur zum Teil Cholin-N. Neben ihm ist in sehr geringer Menge Äthanolamin erhalten worden. Vermutlich ist die tatsächlich vorhandene Quantität viel größer als die isolierte.

Ob daneben noch andere Basen vorkommen, muß unentschieden bleiben.

Für das alkohollösliche Phosphatid des primären Ätherextrakts wurden dieselben Feststellungen gemacht.

Das alkoholschwerlösliche Phosphatid des primären Ätherextrakts enthält Cholin; ob noch außerdem Äthanolamin, ist unentschieden.

Das Phosphatid des sekundären Alkoholextrakts verhält sich anders. Bei der Untersuchung der Spaltungsprodukte des durch Chlorcadmium fällbaren und des nicht fällbaren Anteils ergaben sich nicht die Unterschiede wie bei dem Lecithin des primären Ätherextrakts, in dem auch die basischen Bestandteile des durch Cadmiumchlorid nicht fällbaren Anteils jedenfalls zu einem großen Teil durch HgCl_2 fällbar waren und aus Cholin bestanden und Äthanolamin nicht nachgewiesen werden konnte.

Sein ganzes Verhalten läßt es als ein relativ einheitliches Phosphatid erscheinen, das für weitere Untersuchungen besonders geeignet sein dürfte.

Daß die äthanolaminhaltigen Phosphatide sich in dem Filtrat der Cadmiumchloridfällung finden, ist vor kurzem auch von Trier¹⁾ angegeben worden.

¹⁾ Diese Zeitschr., Bd. 86. S. 148.

B. Über das Phosphatid aus dem sekundären Alkoholextrakt.

Das Phosphatid des sekundären Alkoholextrakts des Eigelbs, d. h. dasjenige Phosphatid, welches nach vollständiger Erschöpfung des Eigelbs mit Äther durch Alkohol gewonnen wird, ist von Stern und Thierfelder nicht untersucht worden. Wohl aber war es schon einmal Gegenstand der Untersuchung. Das erste, überhaupt aus dem Eigelb in verhältnismäßig reinem Zustand isolierte und analysierte Phosphatid, das Lecithin von Diakonow und Hoppe-Seyler¹⁾, war aus diesem sekundären Alkoholauszug gewonnen worden.

Diakonow erschöpfte Eigelb mit Äther und extrahierte die zurückbleibende gelblich-weiße Masse mit Alkohol bei 40 bis 45°. Aus diesem alkoholischen Extrakt stellte er das Lecithin dar. Das von ihm benützte Verfahren galt allgemein als das zu reinem Lecithin führende, und findet sich auch noch in der 5. Auflage von Hoppe-Seylers Handbuch der physiol. und pathol. chem. Analyse vom Jahre 1885 als einziges Lecithindarstellungsverfahren beschrieben.

Erst seit Gilson²⁾ gezeigt hat, daß man auch das in Äther übergehende Lecithin mit Hilfe von Petroläther von Fett befreien kann, und besonders seit der Einführung des Acetons als eines zur Trennung von Fetten und Phosphatiden geeigneten Mittels durch Zuelzer³⁾, hat man auch das primäre Ätherextrakt des Eigelbs auf Lecithin verarbeitet und das seither in der Literatur erwähnte und im Handel käufliche Lecithin ist ein Gemenge sämtlicher Phosphatide des Eigelbs. Erst Erlandsen⁴⁾ hat sich wieder mit den Phosphatiden des sekundären Alkoholextrakts beschäftigt; auf seine Angaben soll noch an anderer Stelle eingegangen werden.

Zur Darstellung wurden die in der beschriebenen Weise getrockneten Eigelbmassen mit Äther völlig erschöpft und darauf mit absolutem Alkohol bei gewöhnlicher Temperatur geschüttelt.

¹⁾ Mediz.-chem. Untersuchungen, herausgeg. von Hoppe-Seyler, 2. Heft, S. 221.

²⁾ Diese Zeitschrift, Bd. 12, S. 585.

³⁾ Diese Zeitschrift, Bd. 27, S. 255.

⁴⁾ Diese Zeitschrift, Bd. 51, S. 71.

1. 0,3079 g Substanz geben 0,7290 g CO₂ und 0,2824 g H₂O
= 64,57% C und 10,26% H.
2. 0,6848 g Substanz verbr. 9,47 ccm n_{10} -H₂SO₄ = 1,94% N.
3. 0,5740 „ „ „ 8,18 „ „ = 2,00% N.
4. 0,4058 „ „ „ 29,6 „ $n_{1/2}$ -NaOH = 3,95% P.
5. 0,4015 „ „ „ 28,56 „ „ = 3,94% P.
6. 0,1848 „ „ geben 0,4401 g CO₂ und 0,1741 g H₂O
= 64,95% C und 10,54% H.
7. 0,1748 g Substanz geben 0,4130 g CO₂ und 0,1673 g H₂O
= 64,44% C und 10,71% H.
8. 0,3559 g Substanz verbr. 5,31 ccm n_{10} -H₂SO₄ = 2,09% N.
9. 0,3230 „ „ „ 4,81 „ „ = 2,09% N.
10. 0,2705 „ „ „ 19,29 „ $n_{1/2}$ -NaOH = 3,95% P.
11. 0,3514 „ „ „ 25,60 „ „ = 4,04% P.

Diakonow fand: C 64,27%, H 11,4%, P 3,8%, N 1,8%, und berechnet daraus die Formel C₄₄H₉₀NPO₉ aqu.

Während hier das Verhältnis P : N gleich 1 : 1,05 ist, weicht in meinen Präparaten das Atomverhältnis noch mehr von 1 : 1 ab, indem sich in Präparat 1 P : N wie 1 : 1,1 verhält, in Präparat 2 wie 1 : 1,16.

Die Analysen zeigen eine auffallende Übereinstimmung mit denen des Eigelblecithins aus dem primären Ätherextrakt. Für dieses Präparat fanden Stern und Thierfelder: C 64,63%, H 10,96%, N 2,08%, P 3,97% und ein P : N-Verhältnis gleich 1 : 1,16; MacLean¹⁾: C 64,18%, H 10,60%, N 1,88%, P 3,95%; P : N gleich 1 : 1,05.

Trotz des von 1 : 1 abweichenden P : N-Verhältnisses kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, daß es sich hier im wesentlichen um ein Monoaminomonophosphatid handelt, daß also hier die Verhältnisse anders liegen als beim Herzmuskel, dessen sekundäres Alkoholextrakt (nach Erlandsen) in der Hauptsache aus einem Diaminophosphatid bestand.

Erlandsen ist offenbar zu anderen Resultaten gekommen, denn er schreibt²⁾: Es geht aus einigen von mir mit Hühnereidottern angestellten Versuchen hervor, daß diese wohl wesentlich Monoaminophosphatide enthalten, welche in das primäre Ätherextrakt aufgenommen werden, daß sich

¹⁾ Diese Zeitschrift, Bd. 59, S. 222.

²⁾ a. a. O., S. 150.

jedoch auch Phosphatide mit höherem N-Gehalt vorfinden, welche sich durch nachfolgende Extraktion mit Alkohol gewinnen lassen.

Diese abweichenden Resultate sprechen aufs neue dafür, daß die Zusammensetzung der Eigelbphosphatide eine wechselnde ist.

Daß in diesem Phosphatid eine verhältnismäßig einheitliche Verbindung vorliegt, dafür sprechen die oben mitgeteilten Ergebnisse der Spaltung.

C. Über die Chlorcadmiumverbindung der Phosphatide.

Verbindungen von Lecithin mit Chlorcadmium wurden zuerst von Strecker¹⁾ dargestellt.

Das von ihm benützte Phosphatid wurde aus Hühner-
eidottern ohne vorhergehende Trocknung durch Extraktion mit einer Mischung von Alkohol und Äther gewonnen. Vor der Fällung mit Chlorcadmium war ein Teil der Neutralfette, nach dem Abdestillieren der Hauptmenge des Äthers durch Zusatz von Alkohol, entfernt worden.

Die Analysen beziehen sich auf 2 Präparate, sind aber nicht vollständig.

| | 1. | | | | | 2. |
|--------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | a | b | c | d | e | |
| C | — | — | — | 50,75 | 50,85 | — |
| H | — | — | — | 8,38 | 8,44 | — |
| Cd | — | 13,07 | 13,14 | — | — | 15,20 |
| Cl | 9,03 | 9,11 | — | — | — | — |

Strecker sagt darüber folgendes: «Das Verhältnis zwischen Cd und Cl ist das ihrer Äquivalente, dagegen scheint die mit dem Lecithin verbundene Menge von Cadmiumchlorid wechselnd. Zieht man daher die dem gefundenen Cd-Gehalt (13,1%) entsprechende Menge von CdCl₂ (21,4%) ab, so erhält man für die Zusammensetzung des Lecithins im Mittel der Analysen nahe übereinstimmend mit der Formel C₄₂H₈₁NPO₉:

| | |
|-------------------------|-----------------|
| C berechnet: 64,8% | gefunden: 64,4% |
| H » 10,8% | » 10,7% |

¹⁾ Liebigs Ann. der Chem., Bd. 148, S. 77.

Bergell¹⁾ und Ulpiani²⁾ haben ebenfalls Chlorcadmiumverbindungen dargestellt und zwar hat ersterer einen mit heißem Alkohol gewonnenen Auszug von Eidotter gefällt, letzterer eine im wesentlichen nach der Methode von Strecker dargestellte ätheralkoholische (aus Eigelb gewonnene) Phosphatidlösung. Von Bergell ist nur P und Cd bestimmt worden ($\text{Cd}:\text{P} = 1:1,145$), dagegen gibt Ulpiani eine vollständige Analyse seines augenscheinlich in sorgfältigster Weise hergestellten Präparates.

| | | | | Mittel |
|--------------|-------|-------|-------|--------|
| C | 50,21 | 49,97 | 50,29 | 50,16 |
| H | 8,18 | 8,22 | 8,46 | 8,29 |
| N | 1,39 | 1,35 | — | 1,37 |
| P | 3,09 | — | — | 3,09 |
| Cl | 8,89 | — | — | 8,89 |
| Cd | 14,26 | 13,59 | — | 13,93 |

Cd und Cl stehen auch hier im Verhältnis ihrer Äquivalente, dagegen ist $\text{P}:\text{N}:\text{Cd}$ nicht, wie zu erwarten wäre, gleich $1:1:1$, sondern $1:1:1,21$ (1,27).

Berechnet man die Zusammensetzung des organischen Teils der Chlorcadmiumverbindung, indem man CdCl_2 in Abzug bringt, so ergibt sich: C 66,4%, H 10,7%, N 1,7%, P 4,0%, O 17,2%.

Phosphatidchlorcadmiumverbindungen, in denen auf ein N ein Molekül CdCl_2 kommt, haben bis jetzt nur Thudichum³⁾ aus dem Gehirn und Erlandsen⁴⁾ aus dem sekundären Alkoholauszug des Herzmuskels gewonnen. Die von Thudichum gewonnenen Monoaminomonophosphatide (Lecithin und seine «Varietäten») scheinen hierin keinerlei Abweichungen gezeigt zu haben. Die von Erlandsen dargestellte Chlorcadmiumverbindung entsprach einem Diaminomonophosphatid und besaß die Zusammensetzung $\text{C}_{40}\text{H}_{75}\text{N}_2\text{PO}_{12} + 2 \text{CdCl}_2$.

¹⁾ Chem. Ber., Bd. 33, S. 2584.

²⁾ Gaz. chim. ital., T. 31, II., p. 47.

³⁾ A. a. O.

⁴⁾ A. a. O.

Ferner hat Erlandsen aus dem primären Ätherextrakt des Herzmuskels ein Monaminophosphatid dargestellt, genau analysiert und dann in die Chlorcadmiumverbindung übergeführt. In letzterer war das Verhältnis von P : N gleich 1 : 1,5. Ein Vergleich des organischen Teils der Chlorcadmiumverbindung mit dem ursprünglichen Phosphatid zeigte die bemerkenswerte Tatsache, daß in der ersteren eine Veränderung eingetreten war, welche in einer Verminderung der C-, H- und O-Atome ihren Ausdruck fand.

| | Zusammensetzung | | Atome | |
|------------|--------------------------------|--|--------------------------------|-----------------------------------|
| | des ursprünglichen Phosphatids | des organischen Moleküls der CdCl ₂ -Verbindung | des ursprünglichen Phosphatids | der CdCl ₂ -Verbindung |
| C | 66,29 | 63,89 | 43,36 | 37,00 |
| H | 10,17 | 9,91 | 79,64 | 68,55 |
| N | 1,87 | 2,04 | 1,05 | 1,01 |
| P | 3,95 | 4,47 | 1 | 1 |
| O | 17,71 | 17,6 | 8,69 | 8,50 |
| Cd | — | — | — | 1,52 |
| Cl | — | — | — | 3,04 |

Erlandsen schreibt dazu: «Der Unterschied zwischen dem Präparat und dem organischen Teil der daraus hergestellten Chlorcadmiumverbindung ließe sich vielleicht dadurch erklären, daß sich 2 Lecithinmoleküle mit 3 CdCl₂-Molekülen unter Abspaltung einer organischen Atomgruppe verbunden hätten. Indessen ist dies momentan nicht zu einer Erörterung geeignet».

Eine fortschreitende Zersetzung bemerkte Erlandsen ferner bei dem Versuch, die Chlorcadmiumverbindung seines Diaminophosphatids (durch Benzol und Äther) zu fraktionieren.

Ähnliche Beobachtungen (der Zerlegung der Chlorcadmiumverbindung beim Umkrystallisieren aus Essigäther-Alkoholmischung) hat in neuerer Zeit Heubner¹⁾ gemacht.

¹⁾ Arch. f. exper. Pathol., Bd. 59, S. 420.

Um einen Beitrag zur Beantwortung der durch den Befund von Erlandsen aufgeworfenen Frage zu liefern, habe ich verschiedene Chlorcadmiumverbindungen hergestellt und analysiert.

Als Ausgangsmaterial diente mir dasselbe Phosphatid, welches S. 8 beschrieben worden ist (Präparat 1) und gegen dessen einheitliche Natur die Resultate der Spaltungsversuche nicht sprechen.

Es wurden daraus, jeweils unter abgeänderten Versuchsbedingungen, 4 Chlorcadmiumverbindungen hergestellt.

Präparat 1. Eine Lösung, welche in 47 ccm absoluten Alkohols 13,6 g Lecithin enthielt, wurde in 300 ccm gesättigte absolutalkoholische Chlorcadmiumlösung eingetragen, die Fällung nach 2 Stunden abfiltriert und mit Alkohol ausgewaschen. Die Analyse ergab:

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|
| C | 46,27 | 46,55 | — | — | — | — | — |
| H | 7,61 | 7,45 | — | — | — | — | — |
| N | — | — | 1,45 | 1,47 | — | — | — |
| P | — | — | — | — | 2,95 | — | — |
| Cd | — | — | — | — | — | 17,42 | 17,49 |

1. 0,2125 g Substanz geben 0,3605 g CO_2 und 0,1447 g H_2O
 = 46,27% C und 7,61% H.

2. 0,1737 g Substanz geben 0,2965 g CO_2 und 0,1157 g H_2O
 = 46,55% C und 7,45% H.

3. 0,5460 g Substanz verbr. 5,67 ccm $n_{10}\text{-H}_2\text{SO}_4$ = 1,45% N.

4. 0,5580 » » 5,84 » » = 1,47% N.

5. 0,4206 » » 22,36 » $n_{1/2}\text{-NaOH}$ = 2,95% P.

6. 0,2395 » » geben 0,0774 g CdSO_4 = 17,42% Cd.

7. 0,7382 » » 0,1746 » » = 17,49% Cd.

Präparat 2. Eine Lösung, welche in 150 ccm absoluten Alkohols 10,7 g Lecithin enthielt, wurde mit 300 ccm absolutalkoholischer Cadmiumchloridlösung allmählich versetzt, der Niederschlag nach 3 Stunden abzentrifugiert und viermal mit absolutem Alkohol durch Dekantieren ausgewaschen. Ausbeute: 10,4 g. Die Analyse ergab:

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|
| C | 47,20 | 46,71 | — | — | — | — | — | — |
| H | 7,70 | 7,64 | — | — | — | — | — | — |
| N | — | — | 1,49 | 1,49 | — | — | — | — |
| P | — | — | — | — | 3,05 | 3,09 | — | — |
| Cd | — | — | — | — | — | — | 16,49 | 16,47 |

1. 0,2082 g Substanz geben 0,3603 g CO₂ und 0,1433 g H₂O
 = 47,20% C und 7,71% H.

2. 0,2630 g Substanz geben 0,4505 g CO₂ und 0,1796 g H₂O
 = 46,70% C und 7,64% H.

3. 0,4260 g Substanz verbr. 4,52 ccm n/10-H₂SO₄ = 1,49% N.

4. 0,6313 » » » 6,71 » » = 1,49% N.

5. 0,3118 » » » 17,18 » n/2-NaOH = 3,05% P.

6. 0,2866 » » » 15,98 » » = 3,09% P.

7. 0,2704 » » geben 0,0827 g CdSO₄ = 16,49% Cd.

8. 0,4034 » » » 0,1232 » » = 16,47% Cd.

Präparat 3. Eine Lösung, welche in 100 ccm absoluten Alkohols 6,3 g Lecithin enthielt, wurde mit 300 ccm einer gesättigten absolutalkoholischen Cadmiumchloridlösung, welche längere Zeit gestanden hatte, also jedenfalls nicht übersättigt war, versetzt, der Niederschlag abzentrifugiert und ausgewaschen. Die Analyse ergab:

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------|-------|-------|------|------|------|------|
| C | 46,91 | 47,21 | — | — | — | — |
| H | 7,74 | 7,80 | — | — | — | — |
| N | — | — | 1,51 | 1,49 | — | — |
| P | — | — | — | — | 3,11 | — |
| Cd | — | — | — | — | — | 16,5 |

Analyse:

1. 0,1847 g Substanz geben 0,3177 g CO₂ und 0,1278 g H₂O
 = 46,91% C und 7,74% H.

2. 0,1502 g Substanz geben 0,2600 g CO₂ und 0,1047 g H₂O
 = 47,21% C und 7,80% H.

3. 0,4251 g Substanz verbr. 4,58 ccm n/10-H₂SO₄ = 1,51% N.

4. 0,4578 » » » 4,87 » » = 1,49% N.

5. 0,3984 » » » 22,38 » n/2-NaOH = 3,11% P.

6. 0,5487 » » geben 0,1680 g CdSO₂ = 16,5% Cd.

Präparat 4. Eine Lösung, welche in 200 ccm absoluten Alkohols 22,8 g Lecithin enthielt, wurde unter Umschütteln mit 400 ccm gesättigter absolutalkoholischer Cadmiumchloridlösung gefällt, der Niederschlag nach vierstündigem Stehen abzentrifugiert, mit Alkohol angerieben und wieder zentrifugiert und dasselbe nochmals wiederholt. Die Analyse ergab:

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|
| C | 47,50 | 47,34 | — | — | — | — | — | — |
| H | 7,71 | 7,60 | — | — | — | — | — | — |
| N | — | — | 1,49 | 1,51 | — | — | — | — |
| P | — | — | — | — | 3,02 | 3,01 | — | — |
| Cd | — | — | — | — | — | — | 16,28 | 16,29 |

1. 0,2116 g Substanz geben 0,3685 g CO₂ und 0,1458 g H₂O

= 47,50% C und 7,71% H.

2. 0,2221 g Substanz geben 0,3855 g CO₂ und 0,1508 g H₂O

= 47,34% C und 7,60% H.

3. 0,5460 g Substanz verbr. 5,81 ccm ⁿ/₁₀-H₂SO₄ = 1,49% N.

4. 0,7337 > > > 7,91 > > = 1,51% N.

5. 0,3634 > > > 19,81 > ⁿ/₂-NaOH = 3,02% P.

6. 0,5115 > > > 27,81 > > = 3,01% P.

7. 0,5115 > > > geben 0,1544 g CdSO₄ = 16,28% Cd.

8. 0,3218 > > > 0,0972 > > = 16,29% Cd.

Zusammenstellung der Mittelwerte der 4 Präparate.

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| C | 46,41 | 46,96 | 47,06 | 47,42 |
| H | 7,53 | 7,67 | 7,77 | 7,65 |
| N | 1,46 | 1,49 | 1,50 | 1,50 |
| P | 2,95 | 3,07 | 3,11 | 3,01 |
| Cd | 17,46 | 16,48 | 16,50 | 16,29 |
| Cl | 11,02 | 10,40 | 10,41 | 10,28 |
| O | 13,17 | 13,93 | 13,65 | 13,85 |

P:N:Cd verhalten sich bei Präparat 1 wie 1:1,09:1,63, bei Präparat 2 wie 1:1,07:1,48, bei Präparat 3 wie 1:1,07:1,47, bei Präparat 4 wie 1:1,10:1,52.

Abgesehen von Präparat 1 ist P:N annähernd gleich 1:1,5: wir sind also hier zu demselben Resultat gelangt wie

Erlandsen bei der Untersuchung des Herzmuskellecithins, die Beziehung P:N: Cd ist jedoch weniger einfach, insofern sich P:N nicht wie 1:1, sondern wie 1:1,1 verhält.

Die Unterschiede zwischen dem organischen Teil der Chlorcadmiumverbindung und dem Phosphatid, welches zu seiner Darstellung gedient hat, gehen aus folgender Zusammenstellung hervor:

| | Prozentische Zusammensetzung | | Atome | |
|------------|---|---|-----------------------------|-----------------------------------|
| | der ursprünglichen Substanz ¹⁾ | des organischen Teils der CdCl ₂ -Verbindung ²⁾ | der ursprünglichen Substanz | der CdCl ₂ -Verbindung |
| C | 64,57 | 64,38 | 42,23 | 39,75 |
| H | 10,26 | 10,51 | 79,88 | 77,29 |
| N | 1,97 | 2,04 | 1,10 | 1,08 |
| P | 3,945 | 4,18 | 1,00 | 1,00 |
| O | 19,15 | 18,86 | 9,44 | 8,73 |
| Cd | — | — | — | 1,47 |
| Cl | — | — | — | 2,95 |

Wir finden auch hier eine Verminderung von C, H und O, und für das an CdCl₂ gebundene Phosphatid bleibt (nach Abzug von CdCl₂) ein Molekül mit 40 C-Atomen.

Die Chlorcadmiumverbindung aus dem sekundären Alkohol-extrakt des Eidotters war, nach längerer Aufbewahrung im evakuierten Exsikkator, in Alkohol und Äther beinahe unlöslich, sie löste sich dagegen in Benzol schon bei gewöhnlicher Temperatur beträchtlich, sehr leicht und ohne Rückstand bei Siedetemperatur. Ebenso war sie in Essigäther-Alkohol löslich. Mit Wasser bildete sie eine trübe, sehr leicht durchs Filter gehende, gegen Lackmus saure, kolloidale Lösung.

Um das Verhalten weiterer Phosphatidpräparate gegen Cadmiumchlorid beurteilen zu können, habe ich noch 2 aus dem primären Ätherextrakt von Herzmuskel nach der Vorschrift von Erlandsen dargestellte Lecithinpräparate in die Chlorcadmiumverbindung übergeführt.

¹⁾ Siehe S. 9.

²⁾ Mittel aus den Präparaten 2, 3 und 4

Das Herzmuskellecithin besitzt nicht die Eigenschaften einer einheitlichen chemischen Verbindung. Schon Erlandsen hat darauf hingewiesen, daß sein Präparat einen durch Bleiacetat fällbaren (vielleicht dem Thudichumschen Myelin entsprechenden) Bestandteil enthalten habe. Gegen die Einheitlichkeit dieses Phosphatids sprechen auch die Versuche von Mac Lean, aus denen hervorgeht, daß aus dem Herzmuskellecithin selbst bei der Spaltung ca. 42% des N als Cholin gewonnen werden konnte, aus der Chlorcadmiumverbindung dagegen über 70%.

Die von mir untersuchten Präparate hatten folgende prozentische Zusammensetzung:

| Präparat 1. | | | | | | |
|-------------|-------|-------|------|------|------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Mittel |
| C. | 66,46 | 66,65 | — | — | — | 66,56 |
| H. | 10,69 | 10,44 | — | — | — | 10,57 |
| N. | — | — | 1,87 | — | — | 1,87 |
| P. | — | — | — | 4,03 | 4,10 | 4,07 |
| O. | — | — | — | — | — | 16,93 |

| Präparat 2. | | | | | | |
|-------------|-------|------|------|------|------|--------|
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Mittel |
| C. | 65,23 | — | — | — | — | 65,23 |
| H. | 10,08 | — | — | — | — | 10,08 |
| N. | — | 1,91 | 2,01 | — | — | 1,96 |
| P. | — | — | — | 4,13 | 4,20 | 4,17 |
| O. | — | — | — | — | — | 18,56 |

1. 0,1124 g Substanz geben 0,2739 g CO₂ und 0,1074 g H₂O
= 66,46% C und 10,69% H.
2. 0,1356 g Substanz geben 0,3314 g CO₂ und 0,1266 g H₂O
= 66,65% C und 10,44% H.
3. 0,2419 g Substanz verbr. 3,23 ccm n_{10} -H₂SO₄ = 1,87% N.
4. 0,1214 „ „ „ 8,83 „ n_{2} -NaOH = 4,03% P.
5. 0,1096 „ „ „ 8,10 „ „ = 4,10% P.
6. 0,1182 „ „ geben 0,2827 g CO₂ und 0,1065 g H₂O
= 65,23% C und 10,08% H.
7. 0,2602 g Substanz verbr. 3,55 ccm n_{10} -H₂SO₄ = 1,91% N.
8. 0,2355 „ „ „ 3,38 „ „ = 2,01% N.
9. 0,1856 „ „ „ 13,85 „ n_{2} -NaOH = 4,13% P.
10. 0,1706 „ „ „ 12,92 „ „ = 4,20% P.

Die für Präparat 1 erhaltenen Werte zeigen eine befriedigende Übereinstimmung mit denjenigen, welche Erlandsen (vergl. S. 235) und Mac Lean (C 66,27%, H 10,32%, N 1,85%, P 3,975%, O 17,58%) für das Herzmuskellecithin fanden. Die für das Präparat 2 erhaltenen weichen etwas ab; doch ist hier nur eine C-H-Bestimmung ausgeführt worden.

Beide Präparate wurden mit absolutem Alkohol behandelt. Dabei zeigte es sich, daß sie nicht mehr völlig löslich waren. Die klaren Filtrate gaben mit absolutalkoholischer Cadmiumchloridlösung Niederschläge, welche abfiltriert, durch dreimaliges Zentrifugieren mit absolutem Alkohol gereinigt und im Exsikkator getrocknet wurden.

Die Chlorcadmiumverbindung aus Präparat 1 nahm dabei eine zähe lederartige Beschaffenheit und gelbe Farbe an und ließ sich nicht pulverisieren. Beim Extrahieren mit warmem Äther ging ein Teil (etwa die Hälfte) in Lösung, der andere erwies sich als unlöslich (ätherunlösliche Chlorcadmiumverbindung) und war nunmehr pulverisierbar. Die ätherische Lösung wurde eingeeengt und der Rückstand im evacuierten Exsikkator getrocknet (ätherlösliche Chlorcadmiumverbindung).

Die Chlorcadmiumverbindung aus Präparat 2 war nach achttägigem Aufbewahren im Exsikkator ganz ätherunlöslich.

Die Präparate hatten folgende prozentische Zusammensetzung:

| Präparat 1. | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|------|------|-------|--------|---|------|------|------|-------|-------|--------|
| | ätherlösliche CdCl ₂ -Verbindung | | | | | ätherunlösliche CdCl ₂ -Verbindung | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | Mittel | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Mittel |
| C | 55,02 | — | — | — | 55,02 | 50,85 | — | — | — | — | — | 50,85 |
| H | 8,54 | — | — | — | 8,54 | 8,27 | — | — | — | — | — | 8,27 |
| N | — | 1,48 | — | — | 1,48 | — | 1,83 | — | — | — | — | 1,83 |
| P | — | — | 3,23 | — | 3,23 | — | — | 3,57 | 3,60 | — | — | 3,59 |
| O | — | — | — | — | 13,65 | — | — | — | — | — | — | 13,67 |
| Cd | — | — | — | 11,09 | 11,09 | — | — | — | — | 13,36 | 13,36 | 13,36 |
| Cl | — | — | — | — | 6,99 | — | — | — | — | — | — | 8,43 |

Präparat 2.

| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | Mittel |
|--------------|-------|-------|------|------|-------|-------|--------|
| C | 50,03 | 50,29 | — | — | — | — | 50,16 |
| H | 7,71 | 7,87 | — | — | — | — | 7,79 |
| N | — | — | 1,69 | — | — | — | 1,69 |
| P | — | — | — | 3,62 | — | — | 3,62 |
| O | — | — | — | — | — | — | 14,84 |
| Cd | — | — | — | — | 13,41 | 13,45 | 13,43 |
| Cl | — | — | — | — | — | — | 8,47 |

1. 0,1192 g Substanz geben 0,2405 g CO₂ und 0,0910 g H₂O
= 55,02% C und 8,54% H.
2. 0,1860 g Substanz verbr. 1,96 ccm n_{10} -H₂SO₄ = 1,48% N.
3. 0,3457 „ „ „ 20,12 „ n_{10} -NaOH = 3,23% P.
4. 0,3457 „ „ „ geben 0,0711 g CdSO₄ = 11,09% Cd.
5. 0,1210 „ „ „ 0,2256 „ CO₂ und 0,0894 g H₂O
= 50,85% C und 8,27% H.
6. 0,1265 g Substanz verbr. 1,65 ccm n_{10} -H₂SO₄ = 1,83% N.
7. 0,2087 „ „ „ 13,44 „ n_{10} -NaOH = 3,57% P.
8. 0,1538 „ „ „ 10,0 „ „ = 3,60% P.
9. 0,2087 „ „ „ geben 0,0517 g CdSO₄ = 13,36% Cd.
10. 0,1538 „ „ „ 0,0381 „ „ = 13,36% Cd.
11. 0,1287 „ „ „ 0,2361 g CO₂ und 0,0887 g H₂O
= 50,03% C und 7,71% H.
12. 0,1083 g Substanz geben 0,1997 g CO₂ und 0,0762 g H₂O
= 50,29% C und 7,87% H.
13. 0,2056 g Substanz verbr. 2,48 ccm n_{10} -H₂SO₄ = 1,69% N.
14. 0,2056 „ „ „ geben 0,0267 g Mg₂P₂O₇ = 3,62% P.
15. 0,2730 „ „ „ 0,0679 „ CdSO₄ = 13,41% Cd.
16. 0,2056 „ „ „ 0,0513 „ „ = 13,45% Cd.

In den folgenden Tabellen finden sich die bei der Analyse erhaltenen Mittelwerte der Lecithine zusammengestellt mit denen, welche aus den analytischen Werten der Chlorcadmiumverbindungen für den organischen Komplex berechnet sind.

Die entsprechenden von Erlandsen erhaltenen Werte sind zum Vergleich hinzugefügt.

| | Erlandsens Präparat | | Präparat 1 | | Präparat 2 | |
|-----|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| | Lecithin | | Lecithin | | Lecithin | |
| | Durchschnitt in % | Atome | Durchschnitt in % | Atome | Durchschnitt in % | Atome |
| C . | 66,29 | 43,36 | 66,56 | 42,30 | 65,23 | 40,50 |
| H . | 10,17 | 79,64 | 10,57 | 79,97 | 10,08 | 74,74 |
| N . | 1,87 | 1,05 | 1,87 | 1,02 | 1,96 | 1,04 |
| P . | 3,95 | 1 | 4,07 | 1 | 4,17 | 1 |
| O . | 17,71 | 8,69 | 16,93 | 8,07 | 18,56 | 8,63 |

| | Organ. Molekül der CdCl ₂ - Verbindung | | Organisches Molekül der CdCl ₂ -Verbindung | | | | Organ. Molekül der CdCl ₂ - Verbindung | |
|---------------------------|---|-------|--|---------------------------|---------------------------------|---------------------------|---|-------|
| | Durch- schnitt in % | Atome | Ätherunlöslicher Teil | | Ätherlöslicher Teil | | Ätherunlöslicher Teil | |
| Durch- schnitt in % | | | Atome | Durch- schnitt in % | Atome | Durch- schnitt in % | Atome | |
| C . | 63,89 | 37,00 | 64,01 | 36,64 | 67,17 | 44,06 | 64,23 | 35,85 |
| H . | 9,91 | 68,55 | 10,57 | 70,62 | 10,43 | 81,42 | 9,97 | 66,27 |
| N . | 2,04 | 1,01 | 2,34 | 1,13 | 1,80 | 1,01 | 2,16 | 1,03 |
| P . | 4,47 | 1 | 4,58 | 1 | 3,94 | 1 | 4,64 | 1 |
| O . | 19,6 | 8,50 | 17,50 | 7,36 | 16,66 | 8,20 | 19,10 | 7,95 |
| Cd . | — | 1,52 | — | 1,04 | — | 0,95 | — | 1,03 |
| Cl . | — | 3,04 | — | 2,09 | — | 1,90 | — | 2,05 |
| | P : N : Cd = 1 : 1,01 : 1,52 | | P : N : Cd = 1 : 1,13 : 1,03 | | P : N : Cd = 1 : 1,01 : 0,95 | | P : N : Cd = 1 : 1,03 : 1,02 | |

Das organische Molekül der ätherunlöslichen Chlorecadmiumverbindungen ist in Übereinstimmung mit Erlandsens Befund C-, H- und O-ärmer als das ursprüngliche Phosphatid, das organische Molekül der ätherlöslichen dagegen reicher an ihnen. Da aber, wie erwähnt, die Einheitlichkeit des Phosphatids zweifelhaft ist, so erübrigt sich eine weitere Diskussion. Hervorzuheben wäre, daß bei allen von mir dargestellten Chlorecadmiumverbindungen des Herzmuskellecithins P : Cd annähernd = 1 : 1 gefunden worden ist.

Als ganz unwahrscheinlich möchte ich es bezeichnen, daß die beobachteten Veränderungen im organischen Teil der Chlorcadmiumverbindungen der Einwirkung des Chlorcadmiums zuzuschreiben seien, denn für eine derartige Eigenschaft des Chlorids lassen sich keinerlei Analogien anführen.

Dagegen muß erörtert werden, ob nicht erst durch die Chlorcadmiumbehandlung eine bereits eingetretene Zersetzung des Phosphatids, welche etwa in der Abspaltung von Fettsäuremolekülen bestehen kann, erkennbar wird. Man kann durch die Elementaranalyse nicht entscheiden, ob in einem Präparat ein unverändertes Phosphatid oder eine Mischung von Phosphatid und seinen Zersetzungsprodukten vorliegt, wohl aber kann durch die CdCl_2 -Behandlung eine Abtrennung der alkoholleichtlöslichen Teile, darunter auch der Zersetzungsprodukte des Lecithins, bewirkt werden.

Für die Richtigkeit meiner Auffassung dürfte noch sprechen, daß diejenigen CdCl_2 -Verbindungen, deren Analysen auf keine Abspaltung hindeuten (die von Strecker und Ulpiani), aus Phosphatiden erhalten wurden, welche ohne Erwärmung extrahiert und niemals in den trockenen Zustand übergeführt worden sind, also der geringsten Zersetzungsgefahr ausgesetzt gewesen sind.
