

Untersuchungen über die in den Pflanzen vorkommenden Betaine.

I. Mitteilung.

Von

E. Schulze und U. Pfenninger.

(Aus dem agrikulturchemischen Laboratorium des Polytechnikums in Zürich.)

(Der Redaktion zugegangen am 11. Februar 1911.)

In einer vor kurzem in dieser Zeitschrift¹⁾ von E. Schulze und G. Trier publizierten Abhandlung sind einige Aufgaben besprochen worden, die durch die Untersuchungen über die pflanzlichen Betaine noch zu erledigen sind. Wie dort dargelegt wurde, ist es wünschenswert, nicht nur unsere Kenntnisse über das Vorkommen der Betaine in den Pflanzen zu erweitern, sondern auch den Betaingehalt von Pflanzen und Pflanzenteilen in verschiedenen Entwicklungsstadien so genau wie möglich zu bestimmen. Ferner war zu prüfen, ob die von uns aus Pflanzen dargestellten Phosphatide bei der Spaltung neben Cholin auch Betaine liefern.

Die letztere Frage ist der Gegenstand der Versuche, deren Resultate wir im folgenden mitteilen. Die in unserem Laboratorium über die pflanzlichen Phosphatide bisher ausgeführten Untersuchungen genügen zur sicheren Entscheidung dieser Frage nicht, denn bei Darstellung von Cholin aus diesen Phosphatiden verfahren wir stets in der Weise, daß die beim Kochen der Phosphatide mit Barytwasser erhaltenen Lösungen nach dem Abfiltrieren der Baryumseifen und nach Entfernung des überschüssigen Baryts eingedunstet, die Verdampfungsrückstände sodann zum Extrahieren des Cholins mit absolutem Alkohol behandelt wurden. Daß dabei ein Betainsalz ungelöst blieb,

¹⁾ Bd. LXVII, S. 46.

muß für möglich erklärt werden. Ferner konnte beim Umkrystallisieren des Platindoppelsalzes, in welches das Cholin stets übergeführt wurde, eine kleine Menge etwa vorhandenen Betain-Chlorplatinats in die Mutterlauge übergehen. Zur Entscheidung der obigen Frage bedurfte es also neuer, unter Anwendung größerer Materialmengen ausgeführter Versuche.

Ehe wir die Ergebnisse dieser Versuche mitteilen, wollen wir erwähnen, daß über die Entstehung von Betain bei der Spaltung eines Phosphatids bereits zwei Angaben vorliegen.

E. O. v. Lippmann¹⁾ fand, daß von zwei aus Zuckerrüben von ihm dargestellten Lecithinpräparaten das eine bei der Spaltung Cholin, das andere dagegen Betain ($C_5H_{11}NO_2$) lieferte. (Hinsichtlich des zur Darstellung des Lecithins benutzten Verfahrens verweisen wir auf die zitierte Abhandlung.) Ferner hat E. C. Shorey²⁾ angegeben, daß bei der Spaltung von Lecithin, welches aus Zuckerrohr dargestellt worden war, neben Cholin auch Betain, $C_5H_{11}NO_2$, entstand. Der genannte Autor erwähnt dabei, daß fertig gebildetes Betain im Saft des Zuckerrohrs nicht nachgewiesen werden konnte. Ließe sich nachweisen, daß bei einer größeren Anzahl von Pflanzen Betaine als Bestandteile von Phosphatiden vorkommen, so würde die physiologische Rolle dieser Stickstoffverbindung in ein ganz neues Licht gesetzt sein.

Für unsere Versuche stellten wir uns Phosphatide aus Samenarten dar, in denen man Betain oder Trigonellin gefunden hat. Denn es war nicht unwahrscheinlich, daß gerade in solchen Samen Betaine neben Cholin oder statt des letzteren als Bestandteile von Phosphatiden vorkommen. Wir wählten für jenen Zweck die betainhaltigen Samen von *Vicia sativa* und die trigonellinhaltigen Samen von *Pisum sativum*, *Phaseolus vulgaris* und *Avena sativa*.

Die Darstellung der Phosphatide aus den fein zerriebenen, aber nicht entfetteten Samen geschah nach dem von E. Schulze³⁾

¹⁾ Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch., 1887, Bd. XX, S. 3201.

²⁾ Journ. Americ. Chem. Soc., Bd. XX, S. 113. — Chem. Zentralblatt, 1898, Bd. I, S. 726.

³⁾ Diese Zeitschrift, Bd. LV, S. 338.

in dieser Zeitschrift beschriebenen Verfahren. Die Rohprodukte wurden zur Entfernung der Glyceride und des Phytosterins mit Aceton behandelt; um zu verhüten, daß dabei eine beträchtliche Quantität von Phosphatid gelöst wurde, setzten wir den Lösungen nach der vor kurzem von Nerking¹⁾ gegebenen Vorschrift etwas alkoholische Chlormagnesiumsolution zu.

Wir erhitzen das Phosphatid 6 Stunden lang mit der zehnfachen Menge 6%iger Schwefelsäure am Rückflußkühler.²⁾ Die dabei entstandene Lösung wurde nach dem Erkalten durch Filtration vom Rückstande getrennt, hierauf im Wasserbade etwas eingeengt und nun mit Phosphorwolframsäure versetzt. Den durch dieses Reagens hervorgebrachten Niederschlag zerlegten wir, nachdem er abfiltriert und mit 5%iger Schwefelsäure ausgewaschen worden war, durch Verreiben mit Baryumhydroxyd und Wasser. Die von den unlöslichen Baryumverbindungen abfiltrierte Lösung wurde durch Einleiten von Kohlensäure vom Baryumhydroxyd befreit,³⁾ dann mit Salzsäure bis zum Eintreten saurer Reaktion versetzt und sodann im Wasserbade eingedunstet. Der Verdampfungsrückstand verwandelte sich im Exsikkator in allen Fällen in eine krystallinische Masse. Es war nun zu untersuchen, ob diese Krystalle nur aus dem salzsauren Salz des Cholins bestanden, oder ob sie noch eine andere Base einschlossen. Die bei dieser Untersuchung erhaltenen Resultate teilen wir im folgenden mit.

1. Phosphatid aus den Samen der Wicke (*Vicia sativa* L.)

Zur Verwendung kamen 80 g dieses Phosphatids (dargestellt aus zwei verschiedenen Mustern von Wickensamen).⁴⁾

¹⁾ Biochem. Zentralblatt, Bd. IX, S. 615.

²⁾ Um eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Phosphatids in der Flüssigkeit zu erzielen, lösten wir dasselbe in heißem Alkohol und gossen die Lösung sodann in die 6%ige Schwefelsäure; dann wurde die Flüssigkeit am Rückflußkühler gekocht.

³⁾ Um die Bildung von Baryumbicarbonat möglichst zu verhüten, setzten wir das Einleiten von Kohlensäure nur so lange fort, bis eine Probe des Filtrats mit Kohlensäure keine Fällung mehr gab.

⁴⁾ Sowohl hier wie in den Versuchen 2 und 4 wurde das Phosphatid nach kurzem Trocknen im Exsikkator gewogen: sein Gehalt an

Das in oben beschriebener Weise erhaltene krystallinische Produkt löste sich in kaltem, wasserfreiem Alkohol¹⁾ unter Hinterlassung eines sehr geringen Rückstandes. Dieser Rückstand war im wesentlichen anorganisch. Es war ihm zwar eine Spur organischer Substanz beigemischt; doch gab seine wässrige Lösung mit Goldchlorid keine Fällung, wodurch die Abwesenheit eines Betains bewiesen wird. Die von diesem Rückstande durch Filtration getrennte Lösung gab mit alkoholischer Platinchloridsolution eine starke Fällung. Letztere wurde abfiltriert, mit wasserfreiem Alkohol ausgewaschen, dann in Wasser gelöst. Die wässrige Lösung lieferte beim langsamen Verdunsten orangerote Tafeln, die im Aussehen mit den unter gleichen Bedingungen erhaltenen Cholinplatinchloridkrystallen vollkommen übereinstimmten. Die von diesen Krystallen abgegossene Mutterlauge lieferte beim Verdunsten Krystalle von gleichem Aussehen. Zur Platinbestimmung dienten neben den zuerst erhaltenen Krystallen auch Krystalle, die aus der Mutterlauge erhalten worden waren. Dabei wurden folgende Resultate erhalten:

- | | | | | | |
|----|---------------------------------|-------|-----------------|---|-------------|
| 1. | 0,2214 g Substanz ²⁾ | gaben | 0,0700 g Platin | = | 31,61 % Pt. |
| 2. | 0,2266 » | » | 0,0710 » | = | 31,33 % |
| 3. | 0,2123 » | » | 0,0670 » | = | 31,56 % |
| 4. | 0,2056 » | » | 0,0652 » | = | 31,71 % |

Bei Analyse des Platindoppelsalzes wurden also im Mittel 31,55 % Pt gefunden, während die Theorie für Cholinplatinchlorid 31,61 % Pt verlangt. Das bei Zerlegung dieses Doppelsalzes mittels Schwefelwasserstoff entstandene Chlorid krystallisierte gleich dem Cholinchlorid in langen, zerfließlichen Prismen, die in kaltem absolutem Alkohol löslich waren. Das daraus dargestellte Chloraurat schmolz gleichzeitig mit einem Cholin-goldchloridpräparat unserer Sammlung.

Das aus den Wickensamen dargestellte Phosphatid lieferte also bei der Zerlegung mittels verdünnter Schwefelsäure nur Trockensubstanz blieb daher ohne Zweifel hinter der oben angegebenen Zahl zurück.

¹⁾ Dieser Alkohol war durch Behandlung mit Ätzkalk von dem im käuflichen Produkt noch enthaltenen Wasser befreit worden.

²⁾ Hier wie bei Ausführung aller übrigen Bestimmungen war das Chlorplatinat vor dem Abwägen bei 100° getrocknet worden.

Cholin. Neben dieser Base war weder Betain noch Trigonellin entstanden.¹⁾

Die alkoholische Flüssigkeit, welche von dem aus alkoholischer Lösung durch Platinchlorid gefällten Cholinplatinchlorid abfiltriert worden war (man vgl. die obigen Angaben), wurde nach Zusatz von etwas Wasser in gelinder Wärme eingedunstet, dann mit Schwefelwasserstoff behandelt. Die vom Schwefelplatin abfiltrierte Flüssigkeit hinterließ beim Verdunsten einen sehr geringen Rückstand. Seine wässrige Lösung gab mit Goldchlorid eine schwache Fällung. Das Gewicht des in dieser Weise erhaltenen Chloraurats betrug nur ca. 0,05 g. Man darf annehmen, daß hier ein kleiner, der Ausfällung entgangener, Rest des Cholins vorhanden war.

Die aus dem Phosphatid erhaltene Cholinchloridquantität betrug ca. 6 g.

2. Phosphatid aus den Samen der Erbse (*Pisum sativum* L.)

Zur Verwendung kamen 45 g dieses Phosphatids, dargestellt aus zwei verschiedenen Mustern der genannten Samen. Das in oben beschriebener Weise bei Verarbeitung dieses Phosphatids erhaltene krystallinische Produkt löste sich in kaltem, wasserfreiem Alkohol, ohne einen Rückstand zu hinterlassen. Das durch Versetzen der Lösung mit alkoholischer Platinchlorid-Lösung erhaltene Chlorplatinat krystallisierte beim langsamen Verdunsten seiner wässrigen Lösung in orangeroten Tafeln, die im Aussehen mit anderen in gleicher Weise erhaltenen Cholinplatinchloridkrystallen vollkommen übereinstimmten. Die von den Krystallen abgegossene Mutterlauge gab beim Verdunsten eine Krystallisation, die das gleiche Aussehen besaß. Die Platinbestimmungen lieferten folgende Resultate:

¹⁾ Daß auch kein Stachydrin vorhanden war, geht aus dem bei Analyse des Platindoppelsalzes erhaltenen Resultate hervor. Das Stachydrinplatinchlorid enthält nur 27,94% Pt: wäre dieses Chlorplatinat dem Cholinplatinchlorid beigemischt gewesen, so hätte bei Analyse des letzteren ein gegenüber der Theorie zu niedriger Platiningehalt gefunden werden müssen. Auch würde in diesem Falle das Chloraurat des Cholins nicht den richtigen Schmelzpunkt gezeigt haben.

1. 0,2110 g Substanz gaben 0,0661 g Platin = 31,33% Pt.
 2. 0,1967 » » » 0,0621 » » = 31,57% »

Im Mittel fanden wir also 31,45% Pt, während die Theorie für Cholinplatinchlorid 31,61% Pt verlangt.

Das bei Zerlegung des Chlorplatinats mittels Schwefelwasserstoff erhaltene Chlorid krystallisierte in langen, zerfließlichen, auch in kaltem Alkohol löslichen Prismen. Das daraus dargestellte Chloraurat schmolz gleichzeitig mit einem Cholin-goldchloridpräparat unserer Sammlung.

Auch aus dem Phosphatid der Erbsensamen konnte also auf dem angegebenen Wege keine andere Base als Cholin erhalten werden.

Die weingeistige Flüssigkeit, welche von dem durch Fällung in alkoholischer Lösung mit Platinchlorid dargestellten Cholinplatinchlorid abfiltriert worden war, lieferte auch in diesem Falle nur eine äußerst geringe Menge einer Base, die wahrscheinlich Cholin war.¹⁾

Die Ausbeute an Cholinchlorid war pro 100 Teile des Ausgangsmaterials in diesem Falle ungefähr ebenso groß, wie beim Phosphatid aus Wickensamen.

3. Phosphatid aus den Samen der gemeinen Schminkbohne (*Phaseolus vulgaris* L.).

Verwendet wurden 47 g dieses Phosphatids;²⁾ das in oben beschriebener Weise daraus erhaltene krystallinische Produkt löste sich in kaltem, wasserfreiem Alkohol unter Hinterlassung eines sehr geringen Rückstandes. Die konzentrierte wässerige Lösung dieses Rückstandes gab mit Goldchlorid keine Fällung: es fand sich also hier weder Betain noch Trigonnellin vor. Das durch Versetzen der alkoholischen Lösung mit Platinchlorid erhaltene Chlorplatinat krystallisierte beim langsamen Verdunsten seiner wässerigen Lösung in orange-

¹⁾ Diese weingeistige Flüssigkeit wurde ganz ebenso behandelt, wie es oben bei Beschreibung der mit dem Wickenphosphatid ausgeführten Versuche angegeben worden ist.

²⁾ Dieser Versuch wurde von G. Trier ausgeführt. Das Phosphatid aus Phaseolussamen ist hier wasserfrei in Rechnung gestellt worden.

roten Tafeln die im Aussehen mit anderen, in gleicher Weise dargestellten Cholinplatinchloridkrystallen vollkommen übereinstimmten. Die Ausführung von Platinbestimmungen ist in diesem Falle unterlassen worden: dagegen wurde der Platingehalt des Chlorplatinats der aus dem gleichen Phosphatid bei der Spaltung mit Baryumhydroxyd entstandenen Base bestimmt. Dieses Chlorplatinat krystallisierte ebenfalls in orangeroten Tafeln. Für die Platinbestimmung wurden zwei nacheinander erhaltene Krystallisationen verwendet. Dabei ergaben sich folgende Resultate:

1. 0,2399 g Substanz gaben 0,0760 g Pt = 31,69% Pt.
2. 0,1469 „ „ „ 0,0467 „ „ = 31,80% „

Auch das aus den Phaseolussamen dargestellte Phosphatid lieferte also bei der Spaltung weder Betain noch Trigonellin. Auch schloß das in oben beschriebener Weise dargestellte Cholinplatinchlorid kein Stachydrin ein: anderenfalls würde der Platingehalt dieses Doppelsalzes hinter dem von der Formel verlangten Wert (31,61%) zurückgeblieben sein.

4. Phosphatid aus den Samen des Hafers (*Avena sativa* L.)

Zur Verwendung kamen ca. 200 g dieses Phosphatids.¹⁾ Das in oben beschriebener Weise bei Verarbeitung des Phosphatids erhaltene krystallinische Produkt hinterließ bei der Behandlung mit kaltem, wasserfreiem Alkohol einen kleinen Rückstand: wie die weiter unten beschriebenen Versuche zeigten, bestand dieser Rückstand aus salzsaurem Betain mit einer sehr geringen Beimengung von anorganischer Substanz. Da man annehmen konnte, daß bei der Behandlung mit kaltem, wasserfreiem Alkohol ein wenig Betainchlorid mit in Lösung gegangen sei — da ferner das in Lösung gegangene Cholinchlorid in diesem Falle weniger rein zu sein schien, als in den vorher beschriebenen Versuchen, so führten wir die Basen nach bekanntem Verfahren zunächst in Quecksilberdoppelsalze über. Letztere wurden aus Wasser umkrystallisiert. Wir zerlegten

¹⁾ Zur Darstellung dieses Phosphatids diente Hafermehl, das wir aus einer hiesigen Handlung bezogen hatten.

dabei das Produkt in einen in Wasser sehr schwer löslichen und einen darin leichter löslichen Teil; es war von vornherein anzunehmen, daß der letztere, an Quantität weit geringere Teil vorzugsweise das Betain einschloß. Die umkrystallisierten Quecksilberdoppelsalze wurden mit Schwefelwasserstoff zerlegt, die vom Schwefelquecksilber durch Filtration getrennten Lösungen sodann im Wasserbade eingedunstet. Die Verdampfungsrückstände wurden bald krystallinisch. Nachdem sie im Vakuumexsikkator genügend getrocknet worden waren, behandelten wir sie in geeigneter Weise mit wasserfreiem Alkohol. Dabei ging Cholinchlorid in Lösung, während eine kleine Quantität von Betainchlorid zurückblieb. Die weingeistige Cholinchloridlösung wurde zur Darstellung des Platindoppelsalzes mit Platinchlorid versetzt, die dabei entstandene Fällung sodann aus Wasser umkrystallisiert. Die beim langsamen Verdunsten der wässerigen Lösung erhaltenen orangeroten Tafeln stimmten im Aussehen mit Cholinplatinchlorid überein. Die unter Verwendung verschiedener, nacheinander erhaltener Krystallisationen ausgeführten Platinbestimmungen gaben folgende Resultate:

- | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|-------|----------|--------|---|--------|-----|
| 1. | 0,2390 g | Substanz | gaben | 0,0750 g | Platin | = | 31,38% | Pt. |
| 2. | 0,2086 | » | » | 0,0662 | » | = | 31,73% | » |
| 3. | 0,2085 | » | » | 0,0661 | » | = | 31,70% | » |
| 4. | 0,2154 | » | » | 0,0686 | » | = | 31,84% | » |
| 5. | 0,2214 | » | » | 0,0701 | » | = | 31,66% | » |

Im Mittel fanden wir also 31,66% Pt, während die Theorie für Cholinplatinchlorid 31,61% Pt verlangt.

Das bei Zerlegung des Chlorplatinats mittels Schwefelwasserstoff erhaltene salzsaure Salz krystallisierte in langen, zerfließlichen, auch in kaltem Alkohol löslichen Prismen. Das daraus dargestellte Chloraurat schmolz gleichzeitig mit einem Cholingoldchloridpräparat unserer Sammlung.

Der in kaltem, wasserfreiem Alkohol unlösliche Teil der Chloride erwies sich, wie oben schon erwähnt worden ist, als Betainchlorid. Wir führten dieses Produkt in das Chloraurat über, indem wir seine wässerige Lösung mit Goldchlorid in schwachem Überschuß versetzten, die dabei entstandene krystallinische Fällung mit Hilfe einer Nutsche abfiltrierten,

mit wenig kaltem Wasser wuschen, zwischen Fließpapier abpreßten und sodann im Exsikkator trockneten. Dieses Chloraurat schmolz gleichzeitig mit einem in der gleichen Weise aus Betain anderer Herkunft dargestellten Chloraurat.¹⁾ Die Goldbestimmung gab folgendes Resultat:

0,2248 g Substanz (bei 100° getrocknet) gaben 0,0973 g Gold = 43,28% Au. (Die Theorie verlangt 43,2% Au.)

Bei der Zerlegung mittels Schwefelwasserstoff lieferte das Chloraurat ein salzsaures Salz, das luftbeständige, in kaltem Alkohol nicht oder nur sehr wenig lösliche Krystalle bildete. Dieses Salz stimmte in seinen Reaktionen vollständig mit Betainchlorid überein; es gab insbesondere die Briegersche Reaktion. (Auf Zusatz von Kaliumquecksilberjodid gibt die wässerige Lösung eine Fällung, die sich im Überschuß des Reagens löst. Aus der Lösung scheiden sich gelbe Krystalle aus, wenn man die Wände des Gefäßes mit einem Glasstabe reibt.)

Aus diesen Versuchsergebnissen ergibt sich, daß das aus Hafermehl dargestellte Phosphatid bei der Spaltung neben Cholin auch Betain lieferte. Die Quantität des letzteren war aber gering: sie betrug nur ca. 5% der aus dem gleichen Material erhaltenen Quantität von Cholinchlorid.²⁾

Wie oben angegeben worden ist, waren die für unsere Versuche benutzten Phosphatide zur Reinigung aus ätherischer Lösung mit Aceton gefällt worden. Da es fraglich ist, ob man auf diesem Wege ein Phosphatidpräparat völlig rein erhalten kann, da ferner die Phosphatide die Fähigkeit besitzen, andere Stoffe zu «adsorbieren», so muß man die Frage aufwerfen, ob das aus dem Haferphosphatid in geringer Menge erhaltene Betain in diesem Phosphatid als konstituierender Bestandteil oder nur als Beimengung sich vorfand. Im Hinblick auf diese

¹⁾ Bekanntlich erhält man beim Umkrystallisieren von Betaingoldchlorid aus Wasser Präparate, die einen niedrigeren Goldgehalt und auch einen anderen Schmelzpunkt besitzen.

²⁾ Es sei hier noch darauf aufmerksam gemacht, daß E. Winterstein und K. Smolenski in unserem Laboratorium bei der Spaltung eines aus Weizenmehl dargestellten Phosphatidpräparates neben Cholin eine kleine Quantität einer Base erhielten, die wahrscheinlich Trigonellin war (Diese Zeitschrift, Bd. LVIII, S. 516).

Frage war es von Interesse, die vom Haferphosphatid abgegossene acetonhaltige Lösung auf Betain zu untersuchen. Diese Lösung wurde daher der Destillation unterworfen, die dabei verbliebene fettreiche Masse 6 Stunden lang mit 6%iger Schwefelsäure gekocht. Nach dem Erkalten wurde die Lösung durch Filtration vom Rückstande getrennt und sodann mit Phosphorwolframsäure versetzt. Den durch dieses Reagens hervorgebrachten Niederschlag verarbeiteten wir in der oben angegebenen Weise. Dabei erhielten wir eine geringe Quantität eines salzsauren Salzes, das sich wie Cholinchlorid verhielt: das Vorhandensein von Betain konnte nicht nachgewiesen werden.

Es sei hier noch bemerkt, daß aus den Samen des Hafers früher zwar Trigonellin, aber nicht Betain dargestellt worden ist. Wir erinnern hier übrigens noch daran, daß wir alle für unsere Versuche verwendeten Phosphatide von allen wasserlöslichen Beimengungen zu befreien suchten, indem wir ihre ätherischen Lösungen wiederholt mit Wasser durchschüttelten.

Diskussion der Versuchsergebnisse.

Wie aus den im vorigen gemachten Angaben hervorgeht, erhielten wir bei der Spaltung der aus Leguminosensamen dargestellten Phosphatide keine andere Base als Cholin; weder Betain noch Trigonellin konnte unter den Spaltungsprodukten nachgewiesen werden, ebensowenig Stachydrin.¹⁾ Dieses Resultat entspricht den in unserem Laboratorium früher gemachten Beobachtungen; denn es wurde bei der Spaltung der aus den Samen mehrerer Leguminosen, nämlich *Lupinus luteus*, *Lupinus albus*, *Vicia sativa* und *Phaseolus multiflorus*, dargestellten Phosphatidpräparate damals keine andere Base als Cholin erhalten. Die an diesen Präparaten gemachten Beobachtungen konnten jedoch, wie schon in der Einleitung hervorgehoben ist, aus den dort angeführten Gründen nicht als ganz beweiskräftig

¹⁾ Ohne Zweifel war aber neben Cholin noch eine andere stickstoffhaltige organische Substanz vorhanden; über die Natur dieser Substanz können wir aber zurzeit keine Angaben machen.

angesehen werden. Immerhin aber können sie wohl doch zur Stütze der jetzt von uns abgeleiteten Schlußfolgerung dienen.

Die in unserem Laboratorium früher ausgeführten Untersuchungen haben aber noch eine andere Stütze für diese Schlußfolgerung geliefert. Es wurde nachgewiesen, daß in den unter Luftabschluß sich entwickelnden Keimpflanzen die Phosphatide an Quantität abnehmen, also einer Zersetzung unterliegen.¹⁾ Daß bei dieser Zersetzung Cholin entsteht, muß für sehr wahrscheinlich erklärt werden. Denn die Keimpflanzen erwiesen sich als relativ reich an Cholin; auch konnte konstatiert werden, daß bei *Soja hispida* und bei *Cucurbita Pepo* die etiolierten Keimpflanzen eine höhere Ausbeute an Cholin lieferten als die ungekeimten Samen. Hätten nun bei denjenigen Gewächsen, deren Keimpflanzen zur Untersuchung gelangten, die in den Samen enthaltenen Phosphatide neben Cholin auch Betain oder Trigonellin eingeschlossen, so würde man doch wohl die letzteren Basen in jenen Keimpflanzen neben Cholin vorgefunden haben, was aber nur dann der Fall war, wenn schon die ungekeimten Samen Betain oder Trigonellin enthielten.²⁾ Diese Schlußfolgerung würde nur dann unberechtigt sein, wenn in den unter Lichtabschluß sich entwickelnden Keimpflanzen das Betain und das Trigonellin verbraucht würden; für eine dahingehende Annahme liegen aber bis jetzt keine Anhaltspunkte vor.

Die in den Leguminosensamen enthaltenen Phosphatide schließen also nach den bis jetzt vorliegenden Untersuchungen keine Base aus der Gruppe der Betaine ein; man kann daher auch nicht annehmen, daß das Vorkommen von Betain ($C_5H_{11}NO_2$) und von Trigonellin in diesen Samen mit der Bildung der Phosphatide im Zusammenhang steht. Anders ist es bei dem aus Hafermehl von uns dargestellten Phosphatid. Denn letzteres lieferte bei der Spaltung neben Cholin auch eine geringe Quantität von Betain. Es liegt bis jetzt kein Grund für die Annahme vor, daß dieses Betain nur als Beimengung in dem

¹⁾ Diese Zeitschrift, Bd. XL, S. 116.

²⁾ Betain und Trigonellin fehlten in den etiolierten Keimpflanzen von *Lupinus luteus*, *Lupinus albus*, *Soja hispida* und *Cucurbita Pepo*.

aus Hafer von uns dargestellten Phosphatidpräparat enthalten war: bei dieser Sachlage ist bis auf weiteres anzunehmen, daß jenes Phosphatid Betain als konstituierenden Bestandteil enthielt.

In der Fachliteratur wird hin und wieder von einer Beteiligung des Betains am Aufbau der Phosphatide gesprochen; doch findet man auch gegenteilige Äußerungen.¹⁾ Daß manche Phosphatidpräparate Betain enthalten, ist nachgewiesen worden. Es ist bemerkenswert, daß E. O. v. Lippmann (loc. cit.) bei der Spaltung eines aus Rüben dargestellten Phosphatidpräparates nur Betain, kein Cholin, erhielt, da in diesem Falle das Betain nicht bloß als Beimengung im Präparat enthalten gewesen sein kann. Doch kann nicht behauptet werden, daß für die Bildung von Phosphatiden Betain vorhanden sein müsse; insbesondere ist bei den Leguminosen eine Beteiligung der Betaine am Aufbau jener Stoffe nicht nachgewiesen.

¹⁾ R. Engeland, Ber. d. Deutsch. chem. Ges., Bd. XLII, S. 2968 [1909].