

Untersuchungen  
über  
das Verhalten der Fette zu Zuckersolutionen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades eines

**Doctors der Medicin**

verfasst und mit Bewilligung

Einer Hochverordneten medicinischen Facultät der Kaiserl.  
Universität zu Dorpat

zur öffentlichen Vertheidigung bestimmt

von

**Theodor Pacht**  
Livoaus.



Ordentliche Opponenten:

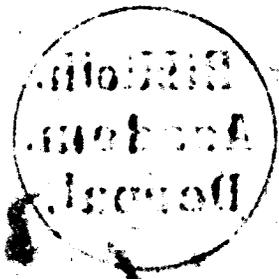
Prof. Dr. K. Dehio. — Prof. Dr. B. Körber. — Prof. Dr. G. Dragendorff.

Dorpat.

Druck von H. Laakmann's Buch- und Steindruckerei.

1888.

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät.  
Dorpat den 1. December 1888. Referent: Professor Dr. G. Dragendorff.  
Nr. 527. Decan: Dragendorff.



9 91 116

Meiner Mutter.

Es ist mir eine angenehme Pflicht an dieser Stelle allen meinen Lehrern an hiesiger Hochschule für die mir zu Theil gewordene wissenschaftliche Ausbildung meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Insbesondere gilt derselbe Herrn Prof. Dr. G. Dragendorff, welcher mich bei vorliegenden Untersuchungen, die in seinem Laboratorium ausgeführt wurden, in freundlichster Weise unterstützt hat.

---

Einzelne Beobachtungen, welche Herr Prof. Dragendorff bei Pflanzenanalysen gemacht, dergleichen Erscheinungen, die an der condensirten Milch und dem officinellen Mandelsyrup wahrgenommen wurden, brachten denselben zu der Vermuthung, dass gewisse Zuckerarten ein Gelöstwerden von Fetten in wässrigen Flüssigkeiten vermitteln können. Da bisher über diesen Gegenstand Untersuchungen nicht angestellt zu sein scheinen, und in der Litteratur keine Angaben über Löslichkeit von Fetten in Zuckersolutionen vorliegen, forderte mich Herr Prof. Dragendorff auf, diese für die Physiologie so wichtige Frage einer Prüfung zu unterwerfen. A priori war es mir klar, dass die Wechselbeziehungen der Kohlehydrate und Fette im Verdauungscanal und in der Blutbahn nicht untersucht werden konnten, bevor die Löslichkeit der Fette in Zuckersolutionen in möglichst elementarer Weise studirt war. Vor den physiologischen Untersuchungen musste der chemische Theil der Arbeit erledigt

werden, und da sind es namentlich folgende Fragen, die gelöst werden mussten:

- I. Unter welchen Bedingungen löst sich Fett in wässrigen Zuckersolutionen?
- II. In wie hohem Grade besitzen die einzelnen Zuckerarten die Fähigkeit ein Gelöstwerden von Fetten zu vermitteln?
- III. Welche Fette lösen sich eventuell am leichtesten?

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Beantwortung dieser Fragen. Es ist mir nicht gelungen, dieselben überall endgültig zu entscheiden, doch hoffe ich ein Material geliefert zu haben, welches zu weiteren Arbeiten auffordert, die mehr Licht in die noch so dunkle Physiologie der Fette bringen werden.

### **Vorversuche mit Syrupus emulsivus und condensirter Schweizermilch.**

Der Syrupus emulsivus <sup>1)</sup> ist ein trüber, durchscheinender Syrup, welcher bei einem Zusatz von Wasser milchweiss und völlig undurchsichtig wird. Er ist ein in seiner Zusammensetzung wechselndes Präparat, und schon aus diesem Grunde für genaue chemische Untersuchungen nicht geeignet. Dasselbe

<sup>1)</sup> Im wesentlichen eine bei mässiger Wärme hergestellte Lösung von 18 Th. Zuckerpulver und 10 Th. einer concentrirten Mandel-emulsion (1 : 2).

gilt auch von der condensirten Schweizermilch. <sup>1)</sup> Bei ihr beobachtet man, dass sich bisweilen eine syrupdicke, relativ klare Masse auf der Oberfläche absondert, welche bei Wasserzusatz zu Milch wird. Hier, wie bei dem Mandelsyrup ist die Trübung, welche nach dem Wasserzusatz entsteht, durch zahlreiche kleine Fetttröpfchen bedingt. Dass die Fetttröpfchen erst nach dem Wasserzusatz eine derartige Trübung hervorrufen, zwingt uns zur Annahme, dass nach dem Wasserzusatz entweder durch eine Aenderung der Brechkraft des Syrup's die Fetttröpfchen deutlicher sichtbar werden, oder dass ihre Zahl sich vermehrt, dass mithin Fett in Lösung war. Uebereinstimmende oder gar beweisende Resultate konnte ich bei der Analyse dieser Präparate nicht erwarten. Trotzdem untersuchte ich zunächst dieselben, weil gerade auf sie die Beobachtungen des Herrn Prof. Dragendorff sich beziehen, und ich mit denselben Erfahrungen in Bezug auf das zu benutzende Untersuchungs-Verfahren sammeln konnte.

Unter dem Mikroskop sieht man im Mandelsyrup eine bedeutende Menge kleiner Fetttröpfchen, die auf Zusatz von Wasser besonders deutlich hervortreten. Gleichzeitig scheint sich die Zahl der kleinen Fetttröpfchen zu vermehren, doch lässt sich

<sup>1)</sup> Kuhmilch, im Vacuum unter Zusatz von c. 30% Rohrzucker zur Honigconsistenz eingedampft.

dieses wegen der grossen Anzahl derselben nicht mit Sicherheit feststellen. Aehnliche Verhältnisse mit kleineren oder grösseren Abweichungen zeigen, wie wir später sehen werden, alle Lösungen von Fetten im Zucker; daher will ich die Verhältnisse gleich hier genauer beschreiben.

Die in Emulsion befindlichen Fetttropfchen sind meist sehr klein. In ihrer Grösse variiren sie von den kleinsten, nur bei starker Vergrösserung sichtbaren Tröpfchen, bis etwa zur Grösse der rothen Blutkörperchen. Sie erscheinen unter dem Mikroskop blass, mit nicht scharf hervortretenden Conturen. Nach Zusatz von Wasser sind die Conturen der Fetttropfchen weit deutlicher zu sehen. Dieses tritt besonders scharf hervor, wenn man einen Tropfen des Syrup unter ein Deckgläschen legt, und von der Seite her einen Tropfen Wasser hinzutreten lässt. Es entsteht an der Berührungsfläche des Wassertropfens mit dem Syrup eine schon mit blossem Auge als trüber weisser Streifen sichtbare Zone. Unter dem Mikroskop sieht man im Bereich dieser Zone, in der sich bereits Wasser und Syrup gemischt haben, die Fetttropfchen besonders deutlich. Ihre Zahl erscheint wohl zum Theil auch dadurch bei flüchtiger Beobachtung stark vermehrt. Es ist mir trotz zahlreicher Versuche nicht möglich gewesen durch Zählung der Fetttropfchen die Zu-

nahme des in Emulsion befindlichen Fettes auch nur annähernd zu bestimmen. Ganz abgesehen von der Zahl der Fetttropfchen, ist vor allen Dingen der Grössenunterschied derselben ein zu gewaltiger, als dass man durch Zählung der Tröpfchen auch nur annähernd die Quantität des Fettes bestimmen könnte. Die Versuche, die ich mit den verschiedenen Fetten angestellt habe, scheinen nur den einen Schluss zu rechtfertigen, dass die Zahl der grösseren Fetttropfchen durch Wasserzusatz nicht wesentlich vermehrt wird, wohl aber die Menge der kleineren und kleinsten Tröpfchen bedeutend steigt. Quantitativ konnte ich in zwei Proben des Syrup. emuls. auf 100 Ccm. Syrup emuls. 0,9 und 1,2 Fett nachweisen, von dem aber jedenfalls ein Theil schon im Syrup selbst nur suspendirt, nicht gelöst gewesen.

Die condensirte Schweizermilch ist in ihrer Consistenz und Farbe dem Honig ähnlich. Die Masse ist in geringem Grade durchscheinend. Mit dem fünffachen Volumen Wasser versetzt, bildet sie Milch. Unter dem Mikroskop zeigen sich dem Beobachter eine grosse Zahl von Zuckerkrystallen (Milch- und Rohr-Zucker) und zwischen denselben eine klare Masse, welche zwar nicht ganz homogen ist, doch nirgends deutliche Fetttropfchen wahrnehmen lässt. Bei Zusatz von Wasser tritt eine sehr grosse Menge von Fetttropfchen auf, welche sich aus der klaren

Masse zwischen den Zuckerkrystallen abscheiden. Diese Fetttröpfchen sind zum Theil ziemlich gross, obgleich auch hier die grössere Menge derselben so klein ist, dass sie bei schwacher Vergrösserung nicht sichtbar werden. Die quantitative Analyse der von mir benutzten condensirten Milch ergab 10,5—11,0% Fett.

Die Untersuchungen des Syrup. emuls. und der condensirten Schweizermilch erlauben keine sicheren Schlüsse auf die Löslichkeit des in ihnen enthaltenen Fettes in Zucker.

Beim Syrup. emuls ändert sich, wie die Untersuchung mit dem Mikroskop zeigte, nach Wasserzusatz die Brechkraft in der Weise, dass die Fetttröpfchen deutlicher sichtbar werden. Da nun auch vor dem Wasserzusatz schon eine gewisse Menge von Fett in Emulsion und eine Zählung der Fetttröpfchen nicht möglich ist, so kann man zwar mit grosser Wahrscheinlichkeit eine Vermehrung der Fetttröpfchen annehmen, aber es lässt sich nicht mit Sicherheit entscheiden, ob die nach Wasserzusatz eintretende Trübung zum Theil oder einzig und allein durch Veränderung der Brechkraft bedingt ist. Es kommt daher darauf an zu den Untersuchungen möglichst klare Lösungen von Zucker und Fett in Wasser darzustellen, bei welchen gleichzeitig eine möglichst grosse Quantität von Fett in Lösung ist.

## Vorversuche mit Rohrzucker, Mandeloel und Wasser.

Um ein günstiges Verhältniss für die Mischung von Zucker, Wasser und Fett zu finden, machte ich folgende Versuche, bei welchen ich indessen, wie ich gleich bemerken will, quantitative Analysen nicht ausgeführt habe. Bei den Vorversuchen bediente ich mich des Rohrzuckers und Ol. Amygdal., welche ich stets zunächst mit einander verrieb, worauf ich das Gemenge in Wasser löste.

I. Es wird eine Versuchsreihe gemacht, in welcher Zucker und Wasser im constanten Verhältniss von 10,0 : 5,0 genommen wird — es ist dies das Verhältniss, in welchem sich Rohrzucker schon in der Kälte in Wasser löst — Oel in wechselnder Menge und zwar zu 10,0 Zucker 1,0—1,5—2,0—3,0 Oel. Das Gemenge bildet zunächst eine trübe Emulsion, aus welcher sich nur wenige Fetttröpfchen abscheiden. Nach 24 Stunden hatte sich der grösste Theil des Fettes abgetrennt; dabei zeigte es sich, dass aus den Mischungen, bei welchen ich 2,0 und 3,0 Oel zu 10,0 Zucker genommen hatte, relativ am wenigsten Oel abgeschieden war.

II. Eine 2. Versuchsreihe, in welcher ich Zucker und Oel in einem constanten Verhältniss, Wasser in verschiedenen Mengen nahm, und zwar auf 10,0 Zucker 4,0—5,0—6,0 Wasser, ergab, dass sich nach

24 Stunden aus der Mischung mit einem Zusatz von 4,0 Wasser am wenigsten Oel abgeschieden hatte, bei einem Zusatz von 5,0 die Quantität des abgeschiedenen Oeles um ein geringes, bei einem Zusatz von 6,0 bedeutend grösser war, als bei 4,0 Wasser. Der Zucker hatte sich indessen bei einem Zusatz von 4,0 Wasser nur zum Theil gelöst. Es scheint mithin das Verhältniss von Zucker zu Wasser zu Oel wie  $10 : 5 : (2-3)$  d. h. annähernd  $4 : 2 : 1$  das geeignetste zu sein, und ich habe es bei allen meinen späteren Versuchen eingehalten. Bei denselben konnte ich mich oft davon überzeugen, dass auch starke Schwankungen in der Menge des zugesetzten Fettes ziemlich irrelevant sind, da beim Stehen oder Erwärmen der Ueberschuss an Fett abgeschieden wird, dass aber schon geringe Schwankungen in der Menge des zugesetzten Wassers den grössten Einfluss auf die Löslichkeit der Fette haben. Dass bei höherer Temperatur das Fett leichter und in reichlicherer Menge von der Zuckerlösung aufgenommen wird, werde ich später zeigen.

Bei der Darstellung und Analyse von Lösungen der Fette in Zuckersyrup verfuhr ich folgendermassen:

Das zu untersuchende Fett wurde mit Zucker in einem Mörser verrieben, die Mischung etwa eine halbe Stunde stehen gelassen und darauf im Wasserbade von etwa  $40^{\circ}$  grammweise Wasser unter

starkem Agitiren zugesetzt, bis die Zuckerlösung eine Syrupconsistenz hatte.

Diesen Syrup goss ich in Büretten mit Glas-  
hähnen, in denen ich ihn 3 Tage stehen liess, wobei sich über dem Zuckersyrup eine Fettschicht abschied, während der Syrup selbst mehr oder weniger klar wurde. Zu meinen Untersuchungen benutzte ich nur die unteren  $\frac{2}{3}$  des Zuckersyrup, welche stets klarer waren, als das obere Drittel. Den Zuckersyrup aus den 2 unteren Dritteln der Bürette erwärmte ich in Reagensgläsern, wobei sich die Emulsion klärte. In fast allen Fällen gelang es mir durch Erwärmen des Syrup, eventuell bis zur Siedehitze, eine völlig klare Lösung zu erhalten. In einigen Fällen klärte sich die Lösung schon bei niedrigerer Temperatur. Dabei wurden bisweilen noch einige Fetttropfchen abgeschieden. Diesen Zuckersyrup, welcher, wenn auch nur bei einer höheren Temperatur eine völlig klare Lösung dargestellt hatte, benutzte ich zu meinen quantitativen Analysen. Bei letzteren verfuhr ich in der Weise, dass ich erst den Zuckersyrup mit dem gleichen Vol. Wasser versetzte, wodurch das in Lösung befindliche Fett abgeschieden wurde, dann die Lösung zwei bis drei Mal mit Schwefeläther ausschüttelte, den Aether in einer Scheidebürette vom Syrup trennte, die verschiedenen Portionen des Aethers vereinigte, filtrirte

und in parallelwandigen Gläsern verdunsten liess. Sodann trocknete ich den Rückstand 20 Min. bei  $100^{\circ}$  im Trockenofen, liess über Chlorcalcium und  $H_2SO_4$  erkalten und machte darauf die Wägungen.

Zahlreiche Versuche lassen die eben von mir beschriebene Methode als die zweckmässigste erscheinen. Es ist empfehlenswerth Zucker mit Fett vor dem Zusatz von Wasser längere Zeit zu verreiben; das Fett wird auf diese Weise am besten mit seinem Lösungsmittel in innige Berührung gebracht. Mischt man das Fett zu einer fertigen Zuckerlösung, so geht es zwar auch beim Durchschütteln in Emulsion, scheidet sich aber schneller und in grösseren Mengen ab, als wenn man nach der von mir befolgten Methode vorgeht. Ferner ist es nothwendig, Wasser allmählich und in kleinen Quantitäten zuzusetzen. Beim Zusatz von Wasser zur Mischung von Zucker mit Fett werden jedes Mal an der Berührungsfläche von Wasser mit der Mischung kleine Fetttröpfchen abgeschieden. Durch verschiedene Versuche konnte ich feststellen, dass nur in einer concentrirten Zuckerlösung Fette in Lösung vorkommen können — in Emulsion sind sie auch in verdünnten Lösungen — wenn die Verdünnung einen gewissen Grad überschreitet, (bei Rohrzucker  $\frac{1}{2}$ —1 Vol. Wasser) wird alles Fett abgeschieden. Vortheilhaft ist es ferner das Wasser bei einer Tempe-

ratur von  $30$ — $50^{\circ}$  zuzusetzen. Es löst sich nicht nur der Zucker viel leichter, sondern ich konnte auch beobachten, dass die in der Wärme dargestellten Lösungen klarer waren und unter dem Mikroskop weit weniger Fetttröpfchen zeigten, als die in der Kälte dargestellten. Da nun bei den in der Wärme bereiteten Lösungen die Menge des über dem Zuckersyrup ausgeschiedenen Fettes nur um ein geringes grösser ist, als bei den in der Kälte bereiteten, so glaube ich schliessen zu dürfen, dass in ihnen mehr Fett gelöst ist. Durchaus nothwendig ist es, die Lösung in der Wärme zu bereiten bei allen Fetten, die bei gewöhnlicher Temperatur nicht flüssig sind, wie z. B. beim Butterfett.

Vor den Analysen liess ich, wie gesagt, den Syrup drei Tage in den Büretten stehen, um das in Emulsion befindliche Fett abzuscheiden. Es gelang mir in keinem Fall, dadurch eine klare Lösung herzustellen, stets blieb die Lösung mehr oder weniger trübe und zeigte unter dem Mikroskop mehr oder weniger suspendirte Fetttröpfchen. Ich habe einen Termin von drei Tagen zur Klärung der Emulsion genommen, weil nur in den ersten  $24$ — $3 \times 24$  Stunden grössere Quantitäten von Fett abgeschieden wurden; dann hörte die Abscheidung des emulgirten Fettes fast ganz auf und die Lösung wurde durch längeres Stehen nicht merklich klarer. Sehr

beschleunigt wird die Abscheidung des Ueberschusses an emulgirtem Fett durch Erwärmen: erwärmt man eine Zuckerlösung, in der 25 % Fett — es ist dieses das Verhältniss, in dem ich Fett mit Zucker mischte — theils in Emulsion, theils in Lösung ist, bis zum Sieden, so scheidet sich meist bald eine dicke Fettschicht oben ab, während der darunter befindliche Syrup klar wird. Beim Erkalten trübt sich der Syrup, um beim Erwärmen jedes Mal wieder klar zu werden. In diesem Syrup konnte ich etwa dieselbe Menge von Fett nachweisen, wie in einem Syrup, der drei Tage gestanden hatte. Ich konnte indessen dieses Verfahren bei der Herstellung meiner Fettlösungen nicht verwenden, weil man einzelne Lösungen längere Zeit erwärmen musste, bevor der Ueberschuss des emulgirten Fettes abgeschieden wurde, wobei ein Eindampfen der Lösung nicht vermieden werden konnte; es kam mir aber darauf an, Zuckerlösungen von gleicher Concentration zu haben. Es scheint, dass sich in der Wärme mehr Fett in Zuckersyrup löst, als in der Kälte, dass beim Erkalten der Ueberschuss des gelösten Fettes in Form von kleinsten Tröpfchen abgeschieden und von der Zuckerlösung stets in Emulsion gehalten wird. Auch in Zuckerlösungen, welche drei Wochen gestanden hatten, war die Menge des im Syrup enthaltenen Fettes nur wenig ge-

ringer, als in Lösungen, welche drei Tage gestanden hatten.

Da die Versuche mit der Centrifuge, eine vollständige Trennung von Zuckerlösung und suspendirtem Fett zu erreichen, mich im Stich liessen — die Fetttropfchen sind zu klein, und das Medium, in welchem sie suspendirt sind, zu dickflüssig, als dass man sie durch die Centrifuge entfernen könnte — blieb mir nichts übrig, als einen bestimmten Termin zum Abstehen des Fettes zu wählen und denselben in allen Fällen einzuhalten, um für die verschiedenen Lösungen gleiche Bedingungen zu schaffen.

Uebrigens habe ich in einzelnen Fällen den Eindruck empfangen, als wenn bei länger fortgesetztem Aufbewahren ein Theil des ursprünglich gelöst gewesenen Fettes sich wieder in Form kleinster Tröpfchen ausscheidet. Dafür spricht der Umstand, dass bei Benützung des mit Alkana roth gefärbten Fettes, der dunkelroth gefärbte Zuckersyrup bei längerem Stehen (3—4 Wochen) blasser wurde, ohne dabei klarer zu werden. Es scheint sich die Menge des im Syrup enthaltenen Fettes zu verringern, ohne dass die Menge des emulgirten Fettes abnahm. Allerdings könnte diese Erscheinung auch auf Veränderungen im Farbstoffe zurückgeführt werden. Für eine allmähliche Ausscheidung des im Syrup

enthaltenen Fettes spricht ferner der Umstand, dass ich in Lösungen von Ol. Amygd. in Rohrzucker, die 4 1/2 Monate gestanden hatten, nur sehr geringe Mengen von Fett fand, während in frischen Lösungen, die ich durch Kochen völlig geklärt hatte, eine recht beträchtliche Menge von Oel enthalten war.

Die Untersuchung des Syrup. emuls. hatte gezeigt, dass sich auf Wasserzusatz die Refraction desselben in der Art ändert, dass die Fetttröpfchen deutlicher sichtbar werden. Die nach dem Wasserzusatz auftretende Trübung beruht mithin zum Theil auf Aenderungen der Refraction. Um ein Urtheil über dieselben zu gewinnen, habe ich Refraktionsbestimmungen mit verschiedenen Fetten und Zuckerlösungen ausgeführt. Ich machte dieselben, während ich die einzelnen Fette untersuchte, zur besseren Uebersicht will ich indessen gleich hier das Resultat derselben anführen,

Der A b b é'sche Refractometer bei Zimmertemperatur zeigte für:

Ol. Olivarum . . . . .	1,469.
Ol. Ovorum . . . . .	1,469.
Ol. Amygd . . . . .	1,472.
Ol. Papaveris . . . . .	1,475.
Ol. Lauri . . . . .	1,475.
Ol. Ricini . . . . .	1,478.
Ol. Jecor. Aselli . . . . .	1,478.
Ol. Lini . . . . .	1,485.

Die concentrirten Zuckerlösungen, deren ich mich bei meinen Untersuchungen bediente, 1 Zucker zu 0,5 Wasser, hatten eine Brechkraft von 1,452. Nach Zusatz des gleichen Vol. Wassers : 1,397.

Beim Verdünnen der Zuckerlösungen sinkt die Brechkraft proportional dem Wasserzusatz. Die Trübung, die schon nach einem ganz geringen Wasserzusatz zu den mit Fett verriebenen Zuckerlösungen auftritt, ist so deutlich, dass man sie nicht nur auf Aenderungen im Lichtbrechungsvermögen zurückführen kann, es muss auch die Zahl der Fetttröpfchen vermehrt sein. Andererseits ist aber der Unterschied in der Refraction verschiedener Fette einerseits (1,469—1,485), und der von mir benutzten Zuckerlösung andererseits (1,452) so gross, dass in den Fällen, in welchen die Lösung durch Erwärmen völlig klar wurde, offenbar alles Fett gelöst war.

Man könnte hiergegen den Einwand erheben, dass sich das Lichtbrechungsvermögen der Fette und der Zuckerlösungen beim Erwärmen derartig ändern, dass schliesslich beide dieselbe Refraction besitzen, wodurch auch eine Emulsion klar erscheinen musste. In der That konnte ich unter dem Mikroskop beobachten, dass die Conturen der Fetttröpfchen beim Erwärmen des Präparat's undeutlicher wurden, um beim Erkalten wieder deutlicher hervorzutreten. Durch die mikroskopische Untersuchung konnte diese

Frage nicht entschieden werden. Ich machte deshalb Untersuchungen mit einer Schweinefett enthaltenden Zuckerlösung, welche ergaben, dass bei einer Temperatur von  $30^{\circ}$  eine Trübung der Lösung noch wahrgenommen werden konnte. Beim Erkalten der Lösung wurde die Trübung deutlicher, beim Erwärmen auf  $31^{\circ}$  schwand sie vollständig. Wäre das Klarwerden der Lösung nur durch Aenderungen im Lichtbrechungsvermögen bedingt gewesen, so musste, da die Aenderung der Refraction beim Erwärmen gleichmässig fortschreitet, die Lösung bei einer höheren Temperatur wieder trübe werden; dies ist aber nicht der Fall. Die schon bei  $31^{\circ}$  klare Lösung konnte bis zum Sieden erwärmt werden, ohne dass die geringste Trübung eintrat. Allerdings könnte man hier einwenden, dass die angegebene Temperatur ziemlich mit dem Schmelzpunkt des Schweinefettes zusammenfällt. Ich habe deshalb noch mit einem flüssigen Fett, dem *Ol. Amygd.* den Versuch wiederholt und gefunden, dass die Lösung bei einer Temperatur von mehr als  $90^{\circ}$  wasserhell ist; beim Abkühlen unter  $90^{\circ}$  wird sie opalescirend, eine deutliche Trübung tritt jedoch erst bei  $50^{\circ}$  auf. Dieselbe nimmt bis zu einer Temperatur von  $40^{\circ}$  schnell zu, bei noch stärkerem Abkühlen wird sie indessen kaum deutlicher. Auch in diesem Fall beweist der Umstand, dass die Trübung bei zunehmender Tem-

peratur nicht gleichmässig abnimmt, dass wir es nicht lediglich mit Refrationsvorgängen zu thun haben. Die Temperatur hat mithin einen grossen Einfluss auf das Vermögen der Zuckerlösungen Fette zu lösen, für die Refraction hat sie dagegen nur wenig Bedeutung.

Anders verhält es sich mit dem Concentrationsgrade der Zuckerlösungen. Durch starkes Eindampfen derselben konnte ich Zuckerlösungen mit einer Brechkraft von 1,469 erhalten. Mischte ich eine derartige Lösung mit *Ol. Olivarum*, welches dieselbe Brechkraft hat, so erhielt ich eine hellgelbe, völlig klare Flüssigkeit, aus welcher sich indessen schon nach 24 Stunden das meiste Fett abgeschieden hatte, ein Beweis dafür, dass es nicht gelöst war.

Ich führe diesen Versuch an, um zu zeigen, dass man bei Anwendung zu concentrirter Lösungen leicht zu falschen Schlüssen gelangen kann. Aus diesem Versuch erklärt es sich auch, dass in dem Zuckersyrup der condensirten Schweizermilch 10,5 — 11,0 % Fett enthalten sind, ohne dass unter dem Mikroskop Fetttröpfchen sichtbar sind, während, wie wir später sehen werden die Versuche mit Butterfett zeigen, dass sich das Butterfett, wenigstens unter den von mir eingehaltenen Bedingungen, nur in geringem Grade in Zuckersyrup löst. Es ist bei

der condensirten Schweizermilch wol auch nur wenig Fett in Lösung, die freien Fetttröpfchen sind aber nicht wahrnehmbar, weil sie sich durch ihr Lichtbrechungsvermögen nicht vom Medium, in dem sie suspendirt sind, unterscheiden.

Aus dem Grade der nach einem Wasserzusatz auftretenden Trübung kann man keine sicheren Schlüsse auf die Menge des vor dem Zusatz von Wasser gelösten und durch dasselbe ausgeschiedenen Fettes ziehen, denn die Aenderung der Refraction spielt dabei eine zu grosse Rolle.

Am ehesten kann man durch die mikroskopische Untersuchung zu einem Urtheil über die Menge des gelösten und des emulgirten Fettes gelangen, obgleich, wie gesagt, die Menge und verschiedene Grösse der Fetttröpfchen eine Schätzung unmöglich machen.

Die Löslichkeit der Fette in Zucker ist durch die eben angeführten Versuche bewiesen. Von grossem praktischen Interesse ist noch die Frage, ob das durch Zucker gelöste Fett in dieser Lösung durch eine Membran diffundiren kann, oder nicht. Um diese Frage zu entscheiden, machte ich zwei Versuche mit dem Dialysator.

I. 30,0 Rohrzucker wurden mit 7,5 Ol. Amygdal. verrieben, und in 15,0 Wasser im Wasserbade von 40° gelöst. Dies Gemenge wurde in den Dialysator gegeben, welcher in eine fettfreie Zuckerlösung

von gleicher Concentration tauchte. Darauf wurde der Apparat auf ein Wasserbad von C. 35° gestellt. Nach 24 Stunden wurde der Syrup aus dem äusseren Gefäss in grösserer Entfernung von der Pergamentmembran untersucht. Auf Zusatz von Wasser zeigten sich keine Fetttröpfchen. Nahm ich den Zuckersyrup nahe der unteren Fläche des Pergamentpapiers, so konnte ich unter dem Mikroskop recht viele Zuckerkristalle, aber keine Fetttröpfchen wahrnehmen. Nach Zusatz von Wasser traten im Wasser einzelne Fetttröpfchen auf, deren Zahl sich allmählich vergrösserte. Ich habe alle Instrumente, die ich bei diesem Versuche benutzte, vor dem Versuch mit Aether gewaschen; die Möglichkeit, dass das Fett von aussen in das unter dem Deckgläschen befindliche Wasser eingedrungen sein könnte, ist somit ausgeschlossen; die Fetttröpfchen konnten nur aus der Zuckerlösung stammen, mussten mithin durch die Membran gegangen sein. Dies konnte nur von gelöstem Fett erwartet werden. Dass nicht eine viel grössere Menge von Fett durch die Membran gegangen war, erklärt sich aus dem Umstande, dass im äusseren Gefäss eine Zuckerlösung von gleicher Concentration war, wie im Dialysator, und wohl auch dadurch, dass, ebenso wie Lösungen des Zuckers, solche von Zucker und Fett langsam diffundiren.

Da ferner nur krystallinische Körper den Dialysator passiren können, glaube ich zur Annahme berechtigt zu sein, dass das Fett mit Zucker eine krystallinische Combination bildet, welche sich in wenig Wasser löst, durch viel Wasser aber in ihre Bestandtheile zerlegt wird.

II. Den zweiten Versuch mit dem Dialysator machte ich in der Weise, dass ich in den Dialysator eine nach der oben beschriebenen Methode bereitete Fett-Zuckerlösung that, in das äussere Gefäss dagegen Aq. dest. — Nach 24 Stunden hatte sich das destillirte Wasser getrübt, und zeigte unter dem Mikroskop Fetttröpfchen. Gleichzeitig war aber auch durch das in den Dialysator eingedrungene Wasser das im Zuckersyrup gelöste Fett ausgeschieden.

Die Versuche mit dem Dialysator liefern den sichersten Beweis für die Löslichkeit der Fette in Zuckerlösungen, zeigen aber auch zugleich, dass der Dialysator nicht verwandt werden kann, um das gelöste Fett vom emulgirten zu trennen.

Zur Ausschüttelung des Fettes aus der Zuckerlösung habe ich mich des Schwefeläthers bedient. Petroläther hat zwar den Vortheil, dass er in Wasser ganz unlöslich ist und sich daher besser von der Zuckerlösung trennt; aber er löst die Fette schwerer, und es gelang mir fast aus allen Zuckerlösungen, welche ich mit Petroläther ausgeschüttelt hatte, mit

Schwefeläther noch Fett zu isoliren. Da sich nun ein Theil des Schwefeläthers in Wasser löst, ist es durchaus nothwendig, den Syrup mehrere Mal mit Schwefeläther zu behandeln. Versucht wurde ferner, ob aus den unverdünnten Lösungen des Fettes in Zuckersyrup nicht vielleicht nur der mechanisch suspendirte Antheil des ersteren zu entfernen sei, so dass man später nach Zusatz von Wasser das gelöst gewesene Fett gewinnen könne; aber die ausgeführten Experimente belehrten mich, dass auch aus concentrirten Zuckerlösungen alles vorhandene Fett isolirt werde. Aus diesem Versuche folgt, dass bei allen meinen quantitativen Fettbestimmungen ein bis jetzt unvermeidlicher Fehler vorkommt.

### **Versuche mit verschiedenen Zuckerarten und Mandeloel.**

Genau untersucht habe ich namentlich den Rohrzucker, Maltose, Fruchtzucker, Invertzucker und Traubenzucker. Die anderen mir zugänglichen Zuckerarten sind in Wasser so schwer löslich, dass voraussichtlich schon durch das zum Lösen des Zuckers verwandte Wasser alles Fett ausgeschieden werden

musste. Es liess sich daher nicht erwarten, in ihren Lösungen wägbare Mengen von Fett zu finden, deshalb habe ich bei ihnen von einer quantitativen Analyse ganz abgesehen, qualitativ habe ich jedoch noch folgende Kohlehydrate geprüft: Lactose, Milchzucker, Dextrin, Levulin, Triticin, Sinistrin und Trehalose. Zu den Untersuchungen hatte mir Herr Prof. Dragendorff die möglichst reinen, zum Theil sehr werthvollen Präparate des pharm. Instituts zur Verfügung gestellt. Als das zu lösende Fett benutzte ich hier das Ol. Amygd. dulcium expressum.

#### **Rohrzucker und Oleum Amygdalarum.**

20,0 Rohrzucker, 5,0 Ol. Amygd. und 10,0 Wasser werden auf die früher beschriebene Weise behandelt. Nach drei Tagen hat sich eine dicke Fettschicht unter dem Zuckersyrup abgesetzt. Der Zuckersyrup ist etwas trübe, durchscheinend. Unter dem Mikroskop sieht man zahlreiche grössere und kleinere Fetttröpfchen. Der Zuckersyrup wird von der darüber befindlichen Fettschicht getrennt und bis zum Kochen erhitzt. Hierdurch wird der Syrup völlig klar. Gleichzeitig scheiden sich noch einige Fetttröpfchen auf der Oberfläche ab. Beim Erkalten wird der Syrup weniger trübe als er vor dem Erwärmen war.

I. Eine Probe dieses fast klaren Syrups wird mit dem gleichen Vol. Wasser durchgeschüttelt: der klare Syrup verwandelt sich in eine milchweisse Flüssigkeit.

II. Unter dem Mikroskop sieht man im Zuckersyrup kleine Fetttröpfchen von verschiedener Grösse mit blassen undeutlichen Conturen.

Auf Zusatz von Wasser vermehrte sich die Zahl der Fetttröpfchen sehr bedeutend, wobei gleichzeitig die Conturen deutlicher wurden.

III. Ein Versuch mit Ol. Amygd., welches mit Alkanin roth gefärbt war, ergab, dass der Zuckersyrup unter der dunkelrothen Oelschicht gleichfalls eine schöne rothe Farbe hatte, und dabei beim Erwärmen völlig klar wurde. Da Alkanin sich nur in Fetten löst, scheint mir diese Methode recht brauchbar zu sein, wo es sich um den Nachweis geringer Mengen gelösten Fettes handelt. Bemerken will ich noch, dass die mit gefärbtem Oel dargestellte Lösung bei längerem Stehen (3 Wochen) allmählich blasser, nicht aber klarer wurde (Zersetzung des Farbstoffes). Die quantitativen Analysen ergaben bei verschiedenen in gleicher Weise dargestellten Lösungen nicht ganz übereinstimmende Resultate. Es liess sich dies auch erwarten, da es mir ja in keinem Fall gelungen war, ganz reine Lösungen darzustellen, und vor allen Dingen die Verbindung des Fettes mit dem Zucker jedenfalls eine äusserst

labile ist, so dass schon geringe äussere Einflüsse Schwankungen in der Zusammensetzung der Lösung hervorrufen könnten.

Die Aetherausschüttelung ergab auf 100 Ccm. 2,56—2,68 Oel <sup>1)</sup>.

### Maltose und Oleum Amygdalarum.

10,0 Maltose und 2,5 Oleum Amygdalarum stehen einige Stunden, nachdem sie im Mörser verrieben, dann wird allmählich Wasser zugesetzt.

Bei einem Zusatz von 5,0 Wasser hat die Masse das Aussehen und die Consistenz eines dicken Rahmes: Es scheidet sich kein Fett ab; unter dem Mikroskop sind noch sehr viele Zuckerkrystalle und nur äusserst wenige aber grosse Fetttröpfchen sichtbar. Bringt man von der Seite her einen Tropfen Wasser unter das Deckgläschen, so sieht man an der Berührungsstelle von Wasser und Zucker, die Zuckerkrystalle schmelzen und gleichzeitig eine bedeutende Menge von Fetttröpfchen auftreten. Wie die Fetttröpfchen entstanden, konnte ich bei der grossen Geschwindigkeit, mit der sie auftraten und

1) Ich konnte meine Untersuchungen mit Solutionen verschiedener Zuckerarten nicht unter gleichen Bedingungen ausführen — ihre Löslichkeit in Wasser ist zu mannigfach —; deshalb habe ich Procentzahlen, die zu einem Vergleich auffordern würden, nicht berechnet.

sich bewegten, nicht genau beobachten. In einigen Fällen konnte ich bei Anwendung einer starken Vergrösserung beobachten, dass nach dem Schmelzen eines grösseren Zuckerkrystalles sich aus demselben ein äusserst kleines Fetttröpfchen bildete. Es ist mithin Fett sowohl an oder in den Zuckerkrystallen, als auch in der Zuckerlösung enthalten; dasselbe wird beim Verdünnen der Lösung ausgeschieden, wobei die Fetttröpfchen in gleicher Weise zu entstehen und sich durch moleculären Zuwachs zu vergrössern scheinen wie Krystalle, die beim Eindampfen einer concentrirten Lösung auftreten. Niemals habe ich ein Zusammenfliessen einzelner Fetttröpfchen beobachten können.

Bei Zusatz von 8,0 Zucker und Erwärmen der Mischung schmilzt aller Zucker, und es scheidet sich eine dicke Oelschicht über dem Syrup ab; letztere ist bräunlich und trübe. — Auf Zusatz von noch mehr Wasser bildet sich eine gelblich weisse Emulsion.

Unter dem Mikroskop sieht man im Zuckersyrup sehr viele kleine Fetttröpfchen, deren Zahl auch nach dreitägigem Stehen nicht merklich abnimmt. Nach Zusatz von Wasser aber scheint sich die Menge der Fetttröpfchen bedeutend zu vermehren.

Die Aetherausschüttelung ergibt auf 100,0 Ccm. einer Lösung von 10,0 Zucker : 8,0 Wasser — 1,64 Oel.

### **Invertzucker.**

10,0 Invertzucker werden mit 2,5 Oleum Amygdalarum verrieben und 4,0 Wasser zugesetzt. Nach 3 Tagen ist der Zuckersyrup unter dem Oel ziemlich klar, auf Zusatz von Wasser wird er milchig trübe. — Unter dem Mikroskop sind wenig Fetttröpfchen sichtbar, nach Zusatz von Wasser treten viele, aber nur äusserst kleine Fetttröpfchen auf. Es scheint, dass vor dem Wasserzusatz der bei Weitem grössere Theil des Fettes in Lösung und verhältnissmässig nur wenig in Emulsion ist.

Eine Aetherausschüttelung ergibt auf 100 Ccm. — 0,15 — 0,2 Oel.

### **Fruchtzucker.**

Der Fruchtzucker wird in gleicher Weise wie der Invertzucker behandelt. Nach 3 Tagen hat sich eine dicke Oelschicht abgesetzt, über welcher ein dunkelbrauner, fast völlig klarer Syrup ist. Letzterer ist dünnflüssiger als beim Invertzucker. Auf Zusatz von Wasser bildet sich eine bräunliche, trübe Emulsion. Unter dem Mikroskop sind mehr Fetttröpfchen als beim Invertzucker sichtbar, und ihre Zahl vermehrt sich beim Zusatz von Wasser.

Eine Aetherausschüttelung ergab in 100 Ccm. — 0,22 Oel.

Bei einer Mischung des Ol. Amygdal. mit Fruchtzucker — derselbe lag als eine terpenartige Masse vor — ohne Wasserzusatz dargestellt, fand ich auf 100 Ccm. 0,85 Oel.

### **Traubenzucker und Oleum Amygdalarum.**

Traubenzucker löst sich bei gewöhnlicher Temperatur im Verhältniss von 1 : 1,2 im Wasser, ist also in diesem bedeutend schwerer löslich als Rohrzucker. In kochendem Wasser löst er sich indessen auch im Verhältniss von 1 : 0,5.

Ich habe meine Versuche sowohl bei gewöhnlicher Temperatur angestellt, wobei ich Traubenzucker und Wasser im Verhältniss von 1 : 1,2 nahm, als auch in der Siedehitze, wobei ich Traubenzucker und Wasser im Verhältniss von 1 : 0,5 mischte. Stets erhielt ich unter der Oelschicht einen klaren Zuckersyrup, welcher sich auf Wasserzusatz nicht trübte und in welchem man durch Aetherausschüttelungen kein Fett nachweisen konnte. — Nahm ich zu meinen Versuchen mit Traubenzucker Oel, welches durch Alkanin roth gefärbt war, so erhielt ich unter der dunkelrothen Oelschicht einen klaren Syrup, der sich in der Färbung von Zuckersyrup ohne Oelzusatz nicht unterschied. Es wurde hier mithin durch Traubenzucker Fett nicht gelöst.

Bei den Untersuchungen mit Milchzucker, Lactose, Sinistrin, Dextrin, Levulin, Triticin und Trehalose verfuhr ich in der Weise, dass ich 2,0 des zu untersuchenden Kohlehydrats mit 0,5 Oleum Amygdalarum verrieb, das Gemenge bei erhöhter Temperatur in möglichst wenig Wasser löste, die Lösung durch Kochen klärte und die klare Lösung unter dem Mikroskop vor und nach einem Zusatz von Wasser untersuchte.

Milchzucker löst sich in der Wärme in gleichen Theilen Wasser. Nach dem Erkalten scheiden sich viele Krystalle aus. Die Lösung ist klar und Fetttröpfchen sind unter dem Mikroskop nicht wahrnehmbar. Nach Zusatz von Wasser sind einige, vorher nicht wahrgenommene Fetttröpfchen zu sehen.

Lactose löst sich in 1,25 Theilen Wasser. Klare Lösung, die vor und nach dem Wasserzusatz keine Fetttröpfchen zeigt.

Sinistrin gelöst in 0,75 Theilen Wasser. Leicht getrübe Emulsion. Nach einem Wasserzusatz wird die Trübung stärker. Unter dem Mikroskop sind Fetttröpfchen sichtbar, deren Zahl bei Zusatz von Wasser zuzunehmen scheint.

Dextrin, Levulin, Triticin und Trehalose lassen sich in der Wärme in 0,75 Theilen Wasser lösen. Ihre Lösungen sind klar, zeigen aber

unter dem Mikroskop einige, doch nur sehr wenige Fetttröpfchen. Die Zahl derselben wird durch einen Zusatz von Wasser nicht wesentlich vermehrt.

Die Versuche mit verschiedenen Kohlehydraten zeigen uns, dass nur die in Wasser leicht löslichen Kohlehydrate im Stande sind ein Gelöstwerden der Fette zu vermitteln; bei den im Wasser schwer löslichen, wird schon durch das zum Lösen des Zuckers erforderliche Wasser das Fett ausgeschieden. Aber nicht nur das Quantum des hinzugesetzten Wassers ist maassgebend, die einzelnen Kohlehydrate unterscheiden sich wesentlich von einander. Wir sehen, dass die Saccharosen, namentlich Rohrzucker und Maltose ein weit grösseres Lösungsvermögen besitzen als die Glycosen, bei denen dasselbe nur äusserst gering ist. Gleichzeitig sehen wir, dass nur die Zuckerarten, die im Stande sind, Fette zu emulgieren, ein Gelöstwerden derselben vermitteln. — War die Lösung von Anfang an klar, so liess sich in derselben kein Fett nachweisen. Dextrin und seine Isomeren, Levulin und Triticin, scheinen kaum Spuren von Fett lösen zu können. Das ihnen im Ganzen sehr ähnliche, aber seiner Zusammensetzung nach den Saccharosen entsprechende Sinistrin löste und emulgirte geringe Mengen von Fett.

## Versuche mit Rohrzucker und verschiedenen Fettarten.

Bei meinen Versuchen mit verschiedenen Fetten habe ich mich des Rohrzuckers bedient, weil derselbe die klarsten und am leichtesten zu untersuchenden Lösungen giebt. Ich nahm stets das Verhältniss von Oel zu Wasser zu Zucker wie 1 : 2 : 4.

Bei allen Versuchen habe ich mich frischer Fette bedient, welche, soweit möglich, Herr Professor Dragendorff freundlichst, speciell für meine Untersuchungen, darstellen liess. Es war dies nothwendig; denn schon geringe Mengen freier Säuren, die sich stets in alten Fetten finden, beeinflussen, wie wir später sehen werden, die Löslichkeit bedeutend.

### I. Versuche mit vegetabilischen Fetten.

#### a) Nicht verharzende Oele.

Die Versuche mit Oleum Amygdalarum <sup>1)</sup> und Rohrzucker habe ich bereits beschrieben. Ich fand auf 100 Ccm. Zuckerlösung durchschnittlich 2,63

1) Oleum Amygdalarum enthält hauptsächlich ölsaures Glycerin, daneben palmitin- und stearinsaures Glycerin in geringen Mengen

Oel; die Zuckerlösung hat ein spec. Gewicht von 1,32. Wir finden daraus, dass sich 1,99 Gewichtsprocent Mandeloel in der Rohrzuckersolution lösen. Bei allen folgenden Versuchen habe ich in gleicher Weise den Procentsatz an Fett berechnet.

### Ol. Olivarum <sup>1)</sup> und Rohrzucker.

Die nach der oben beschriebenen Methode bereitete Lösung ist nach 3 Tagen nur wenig getrübt. Beim Erwärmen bis zur Siedehitze wird die Lösung völlig klar, beim Erkalten wird sie erst opalescierend und trübt sich dann wieder. Bei Zusatz von Wasser wird die Lösung milchweiss.

Unter dem Mikroskop sieht man in der gekochten Lösung wenig Fetttröpfchen, bei Zusatz von Wasser treten dieselben aber in grosser Menge auf.

Die Aetherausschüttelung ergab 0,61—0,67 %.

Ein Versuch mit Ol. Olivar., dem auf 2,5 ein Tropfen freier Oelsäure hinzugesetzt war, ergab, dass sich die Zuckerlösung nach Zusatz freier Oelsäure weniger klärte. Unter dem Mikroskop zeigte sich schon vor dem Wasserzusatz eine bedeutende Menge von Fetttröpfchen. Bei der quantitativen Analyse fand ich 1,66 % Fett, also mehr als die doppelte

1) Ol. Olivarum ist wie das Oleum Amygdal. zusammengesetzt, nur enthält es etwas mehr palmitin- und stearinsaures Glycerin.

Menge. Ob durch den Zusatz freier Oelsäure auch mehr Fett gelöst wird, oder ob der ganze Zuwachs auf das in Emulsion befindliche Fett zu beziehen ist, muss ich unentschieden lassen.

### **Oleum Rapae <sup>1)</sup> und Rohrzucker.**

Das Rüböl verhält sich in jeder Beziehung genau so, wie das Olivenöl. Die Lösungen waren in gleichem Maasse getrübt, und zeigten unter dem Mikroskop das gleiche Bild. Auch die Aetheraus-schüttelungen zweier Proben des mit Ol. Rapae verriebenen Zuckersyrup ergaben fast dasselbe Resultat wie die Lösungen des Ol. Olivar. in Zucker, nämlich 0,6—0,63 % Oel.

### **Oleum Ricini <sup>2)</sup> und Rohrzucker.**

Eine nach der beschriebenen Methode dargestellte Lösung ist nach 3 Tagen noch recht trübe. Die Emulsion wird auch beim Erwärmen nicht klar; bei Zusatz von Wasser wird die Trübung deutlicher.

Unter dem Mikroskop sieht man eine grosse Anzahl von Fetttropfchen, die verhältnissmässig gross sind. Bei Zusatz von Wasser treten die Fetttropfchen deutlicher hervor; ob sich gleichzeitig auch

1) Enthält erucasäures Glycerin.

2) Enthält ricinölsaures Glycerin.

die Zahl derselben vermehrte, vermochte ich nicht zu entscheiden, jedenfalls war der Zuwachs nicht bedeutend.

Die Aetheraus-schüttelung ergab in verschiedenen Mischungen 0,46—0,49 %.

Ein Versuch mit einer in gleicher Weise berei-teten Mischung von Zuckersyrup mit Ricinusöl, welchem auf 2,5 Ol. ein Tropfen freier Ricinölsäure hinzugefügt war, ergab 1,66 %.

Die Emulsion des Ricinusöls in Zuckersyrup war trüber und zeigte schon vor dem Wasserzusatz unter dem Mikroskop eine grössere Menge von Fetttropfchen als die Mischungen der beiden vorherge-nannten Oele. Trotzdem fand sich ein geringeres Quantum Oel im Zuckersyrup.

Fette, die bei gewöhnlicher Temperatur fest, oder doch zum Theil fest sind:

### **Oleum Lauri <sup>1)</sup> und Rohrzucker.**

Lorbeeröl und Rohrzucker werden im Wasser-bade bei einer Temperatur, bei welcher das Lor-beeröl flüssig ist, verrieben, dann wird allmählig das Wasser zugesetzt. Beim Zusatz von Wasser

1) Ol. Lauri enthält Glyceride die Laurostearinsäure, Myris-tin-, Palmitin- u. Oelsäure.

scheidet sich eine dunkle harzartige Masse <sup>1)</sup> ab, welche an den Wänden des Mörsers kleben bleibt, während ein anderer Theil des Oeles in klaren Tropfen über dem Syrup schwimmt, und ein dritter Theil mit dem Zuckersyrup eine trübe Mischung bildet.

Nach drei Tagen hat sich mehr Fett abgeschieden, die Emulsion ist indessen nur wenig klarer geworden. Beim Erhitzen klärt sich die Lösung nicht vollständig. Beim Zusatz von Wasser wird sie ganz trübe und bekommt eine schmutzig-weiße Farbe.

Unter dem Mikroskop sind sehr viele Fetttröpfchen sichtbar, deren Zahl sich auf Wasserzusatz bedeutend zu vermehren scheint.

Die Aetherausschüttelungen ergaben 1,36 — 1,74 ‰.

### **Oleum Moschatae <sup>2)</sup> und Rohrzucker.**

Das Muskatöl verhält sich zum Rohrzucker fast ebenso wie das Lorbeeröl. Auch aus dem mit Muskatöl verriebenen Zucker wird durch Wasser eine harzige Masse abgeschieden <sup>3)</sup>. Der Zuckersy-

1) Lorbeeröl enthält, so wie es durch Pressen gewonnen werden kann, neben ätherischen Oelen und Chlorophyll etwas Harz.

2) Enthält Glyceride der Myristinsäure im Maximum, ferner Glyceride der Laurostearin-, Palmitin-, Stearin- u. Oelsäure.

3) Auch ist hier zu bemerken, dass Ol. Moschatae expr. ätherische Oele und harzige Beimengungen enthält.

rup ist beim Muskatöl ebenso trübe und zeigt unter dem Mikroskop fast dasselbe Bild, nur schien mir etwas weniger Fett in Emulsion zu sein; doch kann ich dies, der Masse der Fetttröpfchen wegen, nicht mit Sicherheit behaupten.

Die Aetherausschüttelung ergab 0,91—1,11 ‰.

b) Von den verharzenden Oelen habe ich untersucht das **Ol. Lini** und **Ol. Papaveris**.

### **Oleum Lini <sup>1)</sup> und Rohrzucker.**

Das Leinöl bildet mit Zuckersyrup eine gelbe Emulsion, welche nach 3-tägigem Stehen noch völlig undurchsichtig ist, und unter dem Mikroskop eine enorme Menge von Fetttröpfchen zeigt; beim Kochen wurde die Lösung nicht völlig klar. Kochte man die Lösung unter gleichzeitigem Zusatz von Zucker, so wurde sie völlig klar.

Die ohne Zuckerzusatz gekochte Lösung trübt sich wieder beim Erkalten, wird jedoch nicht so trübe, wie sie vor dem Kochen war. Beim Zusatz von Wasser wird der Zuckersyrup gelblichweiss und bekommt ein rahmähnliches Aussehen.

Unter dem Mikroskop sieht man im gekochten Syrup eine beträchtliche Menge von Fetttröpfchen;

1) Leinölsaures Glycerin.

doch hat sich ihre Zahl im Vergleich zum ungekochten bedeutend vermindert. Beim Zusatz von Wasser tritt eine enorme Menge von Fetttröpfchen auf. Dem Anscheine nach vermehrt sich die Zahl derselben um das vierfache.

Eine Aetherausüttelung ergab 4,58 %.

### **Oleum Papaveris<sup>1)</sup> und Rohrzucker.**

Das Oleum Papaveris schliesst sich in seinem Verhalten zu einer Rohrzuckerlösung völlig dem Ol. Lini an. Die Emulsion scheint etwas klarer zu sein, was zum Theil auf der helleren Farbe des Ol. Papaveris beruhen mag, zum Theil wohl auch auf der geringeren Brechkraft desselben. Beim Kochen klärt sie sich erst beim Zusatz von Zucker.

Das Mikroskop zeigt dasselbe Bild wie Zuckerlösungen mit Leinöl.

Eine Aetherausüttelung ergab 4,16 %.

## **II. Versuche mit animalischen Fetten.**

Von diesen habe ich untersucht das Butterfett, Schweinefett, Lanolin, Walrath, Leberthran und Eieröl.

1) Enthält Leinöl- und gewöhnliches ölsaures Glycerin.

### **Untersuchungen mit Butterfett<sup>1)</sup>.**

Um reines Butterfett zu erhalten, löste ich frische Butter in Petroläther, trennte den Aether von allen Beimengungen und liess ihn dann abdampfen.

Die Untersuchungen die ich mit reinem Butterfett bei gewöhnlicher Temperatur anstellte, ergaben sämtliche ein negatives Resultat: es liess sich im Zuckersyrup kein Fett nachweisen. — Ich wiederholte die Untersuchungen in einem Wasserbade von circa 50°. Die erhaltene Lösung goss ich in eine Bürette und liess sie in einem Wasserbade von etwa 40° abstehen. Nach einer halben Stunde hatte sich das Fett abgetrennt und der Zuckersyrup war völlig klar und wasserhell. Beim Erkalten trübte er sich wieder, doch nicht bedeutend um beim Erwärmen bis zur Bluttemperatur wieder völlig klar zu werden. Beim Wasserzusatz tritt eine milchweisse Trübung auf.

Unter dem Mikroskop findet man nur bei sorgfältigem Suchen einige mittelgrosse Fetttröpfchen, die bei gelindem Erwärmen verschwinden.

Bei Zusatz von Wasser tritt eine ziemlich grosse Zahl äusserst kleiner Fetttröpfchen auf. Die Aetherausüttelung ergab 0,14—0,25 %.

1) Glyceride der Palmitin-, Stearin- und Oelsäure, Buttersäure, Capron-, Capryl- und Caprinsäure.

### Untersuchungen mit Schweinefett.<sup>1)</sup>

Schweinefett verhält sich ganz analog dem Butterfett: es vereinigt sich nur bei einer Temperatur bei der es flüssig ist mit Zuckerlösungen. Das in Emulsion befindliche Fett scheidet sich schnell von der Zuckerlösung, welche bei einer Temperatur von mehr als 30° völlig klar, bei niedrigeren Temperaturgraden etwas getrübt ist.

Unter dem Mikroskop sind keine Fetttröpfchen sichtbar, bei Zusatz von Wasser treten sie nur allmählig auf.

Die Aetherausschüttelung ergab 0,15 %.

### Untersuchungen mit Lanolin.<sup>2)</sup>

Die Lösung wurde nach der bekannten Methode bereitet, nur musste in diesem Fall, wie auch beim Walrath, die Mischung auf einem Wasserbade von 100° bereitet werden, da Lanolin einen höheren Schmelzpunkt hat, als die anderen von mir untersuchten Fette. Beim Zusatz von Wasser schied sich fast alles Lanolin aus noch bevor sich der Zucker löste. Nachdem der Zucker gelöst ist, haben wir eine

1) Glyceride der Stearin-Palmitin- und Oelsäure, die beiden ersteren im Maximum.

2) Fettsaures Cholesterin u. Isocholesterin neben Glyceriden.

trübe Emulsion, welche auch beim Kochen nicht ganz klar wird.

Unter dem Mikroskop sieht man wenig Fetttröpfchen, deren Zahl sich auf Wasserzusatz nicht merklich vermehrt.

Die Aetherausschüttelung ergab 0,1 % Fett.

### Untersuchungen mit Walrath<sup>1)</sup>.

Der Walrath hat wenig Neigung sich mit warmer Zuckersolutionen zu verbinden. Beim Lösen des Zuckers scheidet sich der grösste Theil aus, während der Rest mit dem Zuckersyrup eine trübe Emulsion bildet. Beim Kochen klärt sich dieselbe.

Unter dem Mikroskop sieht man Fetttröpfchen, deren Zahl sich auf Wasserzusatz zu vermehren scheint.

Die Aetherausschüttelung ergab 0,27 % Fett.

### Leberthran<sup>2)</sup> und Rohrzucker.

Der Leberthran unterscheidet sich in seinem Verhalten zum Rohrzucker von den anderen Fetten dadurch, dass sich seine Mischungen mit Zuckerlösungen besonders schwer klärten, dass mithin der

1) Palmitinsaures Cetyl, etwas laurostearinsaures und myristinsaures, vielleicht auch etwas physetölsaures Glycerol.

2) Oelsaures Glycerin, Glyceride flüchtiger Fettsäuren und freie Fettsäure.

Leberthran in besonders hohem Grade das Vermögen hat, mit Zuckerlösungen Emulsionen zu bilden. Es mag dies damit zusammenhängen, dass sich im Leberthran stets freie Fettsäuren finden, durch welche, wie die Versuche mit Ol. Oliv. und Ol. Ricini zeigten, viel Fett emulgirt wird. Aus den im bekannten Verhältniss dargestellten Lösungen von Zucker mit Leberthran, sonderte sich im Laufe von 24 Stunden nur wenig Fett ab. Nach 3 Tagen hatte sich eine geringere Menge Fett abgeschieden, als bei den anderen Fetten und auch im Laufe von 5 Wochen wurde die Emulsion nur wenig klarer.

Beim Kochen scheidet sich das suspendirte Fett ab, doch wird die Lösung nicht ganz klar. Beim Erkalten trübt sie sich wieder, wird aber nicht so trübe, wie sie vor dem Erhitzen war. Beim Zusatz von Wasser entsteht eine gelblichweisse Emulsion.

Unter dem Mikroskop sieht man, dass sich nach dem Erwärmen die Zahl der Fetttröpfchen vermindert hat, beim Zusatz von Wasser vermehrt sie sich bedeutend.

Die Aetherausschüttelungen ergaben schwankende Resultate, im Durchschnitt fand ich 1 %.

Die Menge des gelösten Fettes ist beim Leberthran nicht sehr gross, doch scheidet sich das emulgirte Fett bei ihm schwerer aus Zuckerlösungen ab, als bei anderen Fetten.

### Eieröl<sup>1)</sup> und Rohrzucker.

Die nach der beschriebenen Methode dargestellte Lösung wird nach 3 Tagen nicht völlig klar. Beim Erwärmen wird sie ganz klar, trübt sich aber beim Erkalten wieder. Beim Wasserzusatz entsteht eine weisse Emulsion.

Unter dem Mikroskop sind viele Fetttröpfchen sichtbar, doch weniger als beim Leberthran. Auf Wasserzusatz vermehrt sich die Zahl derselben sehr bedeutend.

Die Aetherausschüttelungen ergaben 1,54 bis 1,65 %.

Ich will noch einmal hervorheben, dass ich bei keinem Versuch eine reine Lösung von Fett untersucht habe, stets waren kleine Fetttröpfchen in der Lösung suspendirt. Meine Versuche belehrten mich, dass das Verhältniss des gelösten Fettes zum suspendirten bei demselben Fett unter ungleichen Bedingungen, und bei verschiedenen Fetten auch unter gleichen Bedingungen durchaus variabel ist. Vom Butterfett z. B. scheint bei Körpertemperatur alles

1) Glyceride der Palmitin-, Stearin- u. Oelsäure, Cholesteride derselben Fettsäuren, Lecithine.

aus dem Zuckersyrup nicht ausgeschiedene Fett gelöst, von dem Ol. Ricini dagegen nur emulgirt zu sein. Die Menge des in der Zuckersolution enthaltenen Fettes ist bei verschiedenen Fetten ganz verschieden. Im Allgemeinen scheinen die vegetabilischen Fette, und unter diesen namentlich die verharzenden leichter gelöst zu werden, als die animalischen. Unter letzteren nimmt das Eieröl wegen seiner leichten Löslichkeit eine exceptionelle Stellung ein.

Die verschiedene Löslichkeit der Fette liesse sich vielleicht dadurch erklären, dass die Fette keine einheitlichen Körper sind, und der Zucker ein Gelöstwerden nur einzelner Bestandtheile derselben vermittelt. Es scheint, dass sich die Glyceride der Leinölsäure und demnächst der Oelsäure besonders leicht, die Cholesteride besonders schwer in Zuckersolutionen lösen. Es lassen sich indessen keine Schlüsse ziehen, bevor das durch Zucker gelöste Fett genau analysirt ist.

## S c h l u s s .

Von höchstem wissenschaftlichen und praktischen Interesse ist die Entscheidung der Frage, welchen Einfluss die Kohlehydrate auf die Resorption der Fette haben. Es wäre verfrüht, aus meinen Untersuchungen Schlüsse ziehen zu wollen: sie können nur als eine Vorarbeit zur Lösung dieser Frage betrachtet werden. Aus meiner Arbeit geht nur hervor, dass die Kohlehydrate wahrscheinlich eine bis jetzt nicht gekannte Rolle bei der Resorption der Fette spielen. Auch die Erfahrungen des täglichen Lebens stimmen mit den Resultaten dieser Arbeit überein: 1) Fette werden am liebsten in Verbindung mit Kohlehydraten genossen, und 2) Wasser wird nach fetten Speisen nicht vertragen. — Wie meine Arbeit beweist, hat Zucker das Vermögen, Fette zu lösen und zu emulgiren; durch Wasser wird das gelöste Fett wieder ausgeschieden.

Zwar lösten sich bei meinen Versuchen nur geringe Mengen von Fett und dieselben auch nur

in konzentrierten Zuckerlösungen, wie sie im animalischen Körper nicht vorkommen können; es wurde aber auch durch verdünnte Lösungen viel Fett in Emulsion gebracht. Zu meinen Lösungen nahm ich 25 % Fett, und fast die ganze Masse wurde mehrere Stunden in Emulsion gehalten; erst beim längeren Stehen schied sich eine grössere Quantität des Fettes ab.

Ausserdem steht zu erwarten, dass der animalische Körper unter möglichst günstigen Bedingungen arbeitet; und geringe Aenderungen der äusseren Bedingungen ändern die Löslichkeit der Fette bedeutend. Schon eine geringe Menge freier Fettsäure bewirkte, wie die Versuche mit Ol. Olivar. und Ol. Ricini zeigten, dass die 3—4-fache Menge des Oels im Zuckersyrup sich löste oder emulgierte.

Ferner ist in frischen Zuckerlösungen mehr Fett gelöst, als in Lösungen, welche längere Zeit gestanden haben. Ob aber der Zucker in statu nascendi nicht noch weit mehr lösend wirkt, können wir noch nicht beurtheilen.

Bei der Physiologie der Fette spielen die Zuckerlösungen im Pflanzenorganismus voraussichtlich eine mindestens ebenso grosse Rolle, als im thierischen Körper. Ich darf wohl daran erinnern, dass im Zellsaft der Pflanzen oft sehr konzentrierte Zuckerlösungen vorliegen, dass sehr häufig im Pflanzen-

organismus Kohlehydrate und Fette mit- und nebeneinander vorkommen.

Vor allen Dingen möchte ich darauf aufmerksam machen, dass schon mehrfach in fettreichen Saamen (Mandeln, Senf etc.) Rohrzucker oder (Baumwollensamen) Raffinose neben einander nachgewiesen worden sind. Leider war ich nicht im Stande, meine Versuche auch auf Raffinose auszudehnen.

# Thesen.

---

1. Bei der Verdauung der Kohlehydrate wird nicht Traubenzucker, sondern Maltose gebildet.
  2. Das bei der Annahme zum Militärdienst verlangte Brustmaass ist im Verhältniss zur Körperlänge zu gering.
  3. Es ist wünschenswerth, dass hier im Lande Heilanstalten für Lungenkranke errichtet werden.
  4. Die Bleipräparate müssten mit Ausnahme der Bleipflaster- und Salben aus dem Arzneischatz verbannt werden.
  5. Künstliche Beleuchtung sollte in den Morgenstunden in Schulen vermieden werden.
  6. Es ist ein Erforderniss der Zeit, dass dem Studium der Psychiatrie auf unseren Hochschulen mehr Aufmerksamkeit geschenkt werde.
  7. Nach einer abgelaufenen Pleuritis ist reichliche Bewegung in frischer Luft, sobald es der Kräftezustand des Patienten gestattet, das wichtigste therapeutische Erforderniss.
-