

# Die Verwertung von synthetischen Fettsäureestern als Kunstspeisefette

in wirtschaftlicher, physiologischer und  
technischer Beziehung

Von

Dr. H. Heinrich Franck

Privatdozent an der Technischen Hochschule Karlsruhe

Mit 3 Abbildungen



---

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig

1921

---

**Herausgeber dieses Heftes:  
Professor Dr. B. Neumann, Breslau**

---

ISBN 978-3-663-06143-4      ISBN 978-3-663-07056-6 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-663-07056-6

**Alle Rechte vorbehalten.**

---

Copyright, 1921, by Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, Germany.  
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1921

# Vorwort.

---

Die nachfolgende Arbeit <sup>1)</sup>, entstanden aus der Idee, die Spaltungs- und Abfallfettsäuren animalischer und pflanzlicher Öle und Fette durch Reesterifizierung der Ernährungsbilanz wieder zuzuführen, erschließt erstmalig ein wenn auch nur geringes Teilgebiet der kriegswirtschaftlichen Ergebnisse der Chemie. Die Arbeit ist also nicht nur chemisch-wissenschaftlich, sondern, da ihre Begründung ausschließlich in der Wirtschaftsstruktur unseres Volkes während des Krieges liegt, wirtschaftlich und schließlich technisch, da sie auf wirtschaftlichen Überlegungen beruhende Versuche des Laboratoriums in die technische Praxis überführte. Sie mußte daher, nachdem einmal alle wissenschaftlichen Fragen in langwieriger Laboratoriumsarbeit geklärt waren, bei ihrer praktischen Durchführung den Wirkungskreis eines einzelnen übersteigen.

Die Organisation der Kriegswirtschaft führte dazu, daß viele Hände und Köpfe zusammen arbeiten mußten, ehe ein praktisch greifbares Resultat erschien. In diesem Sinne ist es mir eine angenehme Pflicht, den nachfolgenden Herren für die liebenswürdige Förderung, die sie der Idee der Verwendung von synthetischen Fettsäureestern als Speisefett gewährt haben, meinen Dank auszusprechen: Herrn Direktor Dr. Weigelt und E. Röhrich vom Kriegsausschuß für Öle und Fette, Berlin, Exzellenz Emil Fischer-Berlin †, Geheimrat von Weinberg-Frankfurt, damals Kriegsamt, Berlin, Direktor K. Wimmer und Direktor F. Benz-Bremen, sowie Direktor F. Schraud-Berlin.

Ganz besonders aber verpflichtet bin ich meinem verehrten früheren Chef und Lehrer, Herrn Professor Dr. M. Cremer, Direktor des Physiologischen Instituts der Tierärztlichen Hochschule Berlin, in dessen Laboratorium alle wissenschaftlichen Versuche ausgeführt sind und der mich bei ihnen durch Rat und Tat, Hilfsmittel und Kritik in der hochherzigsten Weise unterstützt hat.

**Dr. H. Heinrich Franck**

---

<sup>1)</sup> Gekürzte Fassung meiner August 1919 der Technischen Hochschule Karlsruhe eingereichten Habilitationsschrift.

# Inhaltsangabe.

---

	Seite
Vorwort . . . . .	III
Einleitung . . . . .	1
I. Wirtschaftlicher Teil . . . . .	6
1. Der Friedensbedarf Deutschlands an Ölen und Fetten . . . . .	6
2. Die Absenkung des Bedarfs in der Kriegszeit . . . . .	11
3. Die Steigerung der Eigenproduktion in der Kriegszeit . . . . .	21
4. Die wirtschaftliche Bedeutung der „Speiseester“ . . . . .	31
II. Physiologischer Teil . . . . .	46
1. Theoretisches aus der Lehre von der Fettresorption . . . . .	46
2. Eigene Ausnutzungsversuche mit Äthyl- und Glykolestern . . . . .	51
A. Äthylester . . . . .	51
B. Glykolester . . . . .	57
C. Estermargarine . . . . .	63
3. Vergleichende Verseifungsgeschwindigkeit . . . . .	68
4. Massenversuche mit „Estermargarine“ . . . . .	73
III. Technischer Teil . . . . .	77
1. Die Veresterung von Fettsäuren mit Äthylalkohol . . . . .	77
a) Veresterungsbedingungen . . . . .	77
b) Apparatur . . . . .	82
c) Alkoholregeneration . . . . .	82
2. Veresterung von Neutralfetten mit Äthylalkohol . . . . .	84
3. Raffination . . . . .	87
a) Entfernung von Schmutz und Eiweißstoffen . . . . .	88
b) Laugenraffination . . . . .	88
c) Bleichen mit Erden . . . . .	89
d) Dämpfen . . . . .	90
4. Härtung . . . . .	91
5. Margarineherstellung . . . . .	92
6. Veresterung von Fettsäuren mit Glykol . . . . .	93
Schluß: Aussichten der technischen Fettsynthese für die Zukunft . . . . .	95

---

## Einleitung.

---

Die neuere westeuropäische und amerikanische Volkswirtschaft kennzeichnet sich in ihrer technischen Seite durch eine fortschreitende Rationalisierung aller Wirtschaftsprozesse. Dieselbe stützt sich auf die theoretische Naturerkenntnis und führt zur Anwendung „immer vollendeterer, komplizierterer und doch in ihrem Erfolg billigerer Methoden und Arbeitsprozesse überhaupt, welche bei gleicher oder geringerer Kraftaufwendung doch Größeres und Besseres leisten“ (Schmoller).

Betrachten wir im Sinne dieser Entwicklungstendenz die chemische Industrie, so können wir feststellen, wie sie nach und nach aus allen Erkenntnissen der wissenschaftlichen organischen, anorganischen und physikalischen Chemie Arbeitsmethoden und Verfahren gezogen hat, um einesteils bekannte Naturprodukte durch künstliche Analoga bzw. Homologa zu ersetzen, und wie sie andererseits überhaupt neue Produkte aus der Erfindung des Laboratoriums in die Praxis der fabrikmäßigen Herstellung übergeführt hat. Das Gebiet dieser Arbeitsproduktivität ist weit: Erzeugnisse der anorganischen mineralischen Welt gehören hierher ebenso wie gewisse pflanzliche, ja dann und wann auch tierische Produkte. Immer aber führt menschlicher Geist, menschliche Arbeit zu einer schnelleren, billigeren, leichteren, umfassenderen, kurz irgendwie rationelleren Erfassung derjenigen Befriedigungen unserer Unterhaltsbedürfnisse, die eine Generation davor noch primitiver, aber auch unproduktiver, arbeitsloser, aber auch heuristischer gesättigt, gelegentlich auch noch gar nicht empfunden hatte.

Aber merkwürdig, ein Gebiet menschlicher Bedürfnisbefriedigung bleibt fast ausnahmslos der Natur vorbehalten, keine Rationalisierung der Gewinnungsmethoden geht hier über die Natur hinaus, keine Verbindung aus Arbeit und unwertigem, ungarem

Rohstoff vermag hier Sonne und Naturgewalten zu ersetzen: es ist das große Gebiet menschlicher und tierischer Nahrung. Man verstehe wohl, was ich meine: Ich leugne nicht die Rationalisierung der landwirtschaftlichen Methoden, die Mechanisierung der Aufbereitungsprozesse, die Anspannung aller natürlichen, aber an sich unbeeinflußbaren Wachstums- und Reifungsprozesse für die Zwecke einer gesteigerten Unterhaltsfürsorge; aber der große entscheidende Schritt von der natürlichen Produktion, in der das Energiequantum vielleicht klein, aber der Zeitfaktor groß ist, in jene andere Produktionsform, in der die Zeit klein und die pro rata angewandte Energie groß ist, kurz der Weg der Synthese wird hier nicht begangen.

Durchschnittlicher täglicher Verbrauch an Nahrungsmitteln  
1912/13.

Nahrungsmittel	Verbrauch				Davon Zuschuß vom Ausland			
	Ausnutzbare Nährstoffe							
	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Kalorien	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Kalorien
	in Gramm				in Gramm			

I. Pflanzliche Nahrungsmittel.

Nährfrüchte . . .	46,2	5,0	411,0	1916	6,6	0,4	40,4	196
Gemüse . . . . .	3,1	0,5	15,5	80	0,1	0,0	0,6	3
Obst und Südfrüchte . . . .	0,9	1,4	16,9	87	0,2	0,4	5,4	26
Zucker u. Honig	0,0	—	48,8	195	0,0	—	-24,0	-96
Pflanzliche Fette	—	7,6	—	71	—	6,5	—	61
Kakao . . . . .	0,1	1,0	0,4	11	0,1	1,0	0,4	11
Alkoholische Getränke . . . . .	1,1	—	14,1	173 <sup>1)</sup>	0,2	—	1,9	20 <sup>2)</sup>
Zusammen	51,4	15,5	506,7	2533	7,2	8,3	24,7	221

II. Tierische Nahrungsmittel.

Fleisch u. Fette	17,7	55,0	0,1	585	3,5	19,0	0,0	191
Fische . . . . .	2,2	1,2	0,1	20	1,4	0,9	0,1	14
Milchwirtschaftliche Erzeugnisse . . . . .	19,7	32,5	23,5	478	12,8	16,1	18,8	278
Eier . . . . .	1,9	1,8	0,1	26	0,8	0,7	0,0	11
Zusammen	41,5	90,5	23,8	1109	18,5	36,7	18,9	494

III. Nahrungsmittel überhaupt.

	92,9	106,0	530,5	3642 <sup>1)</sup>	25,7	45,0	43,6	715 <sup>2)</sup>
--	------	-------	-------	--------------------	------	------	------	-------------------

<sup>1)</sup> Davon 112 aus Alkohol. — <sup>2)</sup> Davon 11 aus Alkohol.

Kein Weg hat von den Synthesen eines Emil Fischer auf dem Gebiet der Eiweiß- und Zuckerkörper, ausgeführt im Laboratoriumskolben, hinübergeleitet in die Kessel und Autoklaven der Fabriken — kein Fett, kein Fleisch, kein Brot entstand in der Retorte des Chemikers, wengleich Laien- und Dichterphantasien aller Zeiten gerade hierin das Meisterstück unseres Berufes sahen, wengleich die hier für eine Volkswirtschaft maßgebenden Mengen an Material, Werten und Energien ins Unermeßliche gingen. Aus den untenstehenden Tabellen ist der Verbrauch in Deutschland pro Kopf der Bevölkerung im Jahre 1912/13 an Nährstoffen ersichtlich, sowie die Gesamtmengen für das deutsche Volk (66,6 Millionen Köpfe).

Gesamtverbrauch an Nahrungsmitteln.  
Durchschnitt 1912/13.

Nahrungsmittel	Verbrauch				Davon Zuschuß vom Ausland			
	Ausnutzbare Nährstoffe							
	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Kalorien	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Kalorien
	in 1000 Tonnen			Milliarden	in 1000 Tonnen			Milliarden
<b>I. Pflanzliche Nahrungsmittel.</b>								
Nährfrüchte. . .	1123,7	121,0	10005,5	46 653	160,7	10,1	982,7	4 778
Gemüse . . . . .	75,3	12,5	376,3	1 944	3,3	0,5	16,3	84
Obst und Südfrüchte . . . .	23,2	36,0	411,5	2 117	6,2	8,5	131,2	642
Zucker u. Honig	0,1	—	1187,5	4 745	0,0	—	—585,4	-2 338
Pflanzliche Fette	—	184,4	—	1 715	—	158,9	—	1 478
Kakao . . . . .	3,0	23,7	10,3	273	3,0	23,7	10,3	273
Alkoholische Getränke . . . . .	27,0	—	344,1	4 219 <sup>1)</sup>	3,4	—	46,3	474 <sup>2)</sup>
Zusammen	1252,3	377,6	12335,2	61 666	176,6	201,7	601,4	5 391
<b>II. Tierische Nahrungsmittel.</b>								
Fleisch u. Fette	431,9	1339,6	1,4	14 242	85,0	462,7	0,2	4 655
Fische . . . . .	52,4	28,7	2,0	490	33,7	21,5	1,5	346
Milchwirtschaftliche Erzeugnisse . . . . .	478,5	790,6	571,7	11 633	311,2	392,1	457,3	6 764
Eier . . . . .	46,8	44,5	2,7	618	19,1	18,6	1,2	256
Zusammen	1009,6	2203,4	577,8	26 983	449,0	894,9	460,2	12 021
<b>III. Nahrungsmittel überhaupt.</b>								
	2261,9	2581,0	12913,0	88 649 <sup>1)</sup>	625,6	1096,6	1061,6	17 412 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Davon 2716 Milliard. aus Alkohol. — <sup>2)</sup> Davon 273 Milliard. aus Alkohol.

Das bedeutet einen Gesamtverbrauch von

2 261 900 Tonnen	Eiweiß	} 88 649 Milliarden Kalorien
2 581 000	„ Fett	
12 913 000	„ Kohlehydrate	

im Werte von rund 20 Milliarden Mark.

Der Grund für diese *reservatio industrialis* gegenüber einem wirtschaftlich so wertereichen wie in seiner Problematik anziehenden Gebiete war sehr einfach. Zwar hatte die fortschreitende Industrialisierung Europas einen Rückgang der agrarwirtschaftlichen Eigenversorgung der europäischen Staaten hervorgerufen, aber die Ausweitung der kapitalistischen Volkswirtschaft als einer Verkehrswirtschaft zur imperialistischen Weltwirtschaft hatte zu einer Ausdehnung der Rohstoffquellen für die Ernährung des Menschen und der Tiere geführt, daß von einer rentablen Konkurrenz synthetischer, in der Industrie erzeugter Nährstoffe nicht die Rede sein konnte, abgesehen davon, daß nicht einmal eine genügende wissenschaftliche Vorarbeit dazu vorhanden war. Jede technische Verarbeitung eines Produkts involviert eine Minimumquote von Arbeitslohn, Dampf, Kraft, kurz Generalunkosten in sich. Waren Gewinnungs- und Transportkosten derselben Produkte von Übersee her niedriger, so war jede Synthese wirtschaftlich unmöglich.

Diese wirtschaftliche Situation veränderte sich mit einem Schlage durch den Weltkrieg. Er schuf aus der offenen Weltwirtschaft Deutschland zum geschlossenen Handelsstaat. Das Fehlen jeder wirtschaftlichen Mobilmachung, ja nur der bescheidensten Vorratswirtschaft stellte bei der Länge des Krieges der Eigenproduktion Aufgaben, wie man sie sich nie vordem hatte träumen lassen. Es begann die Produktion des „Ersatzes“ auf jeglichem Gebiet. Nachdem einmal alle natürliche Produktion bis zum Maximum gesteigert und andererseits der Bedarf zum Minimum abgesenkt war, mußte die zwischen beiden noch bestehende Diskrepanz durch den „Ersatz“ ausgefüllt werden. Diesem Begriff des Surrogats, des Ersatzes, der auf die Dauer einen so üblen Beiklang bekommen hat, wohnt ökonomisch eine hervorragende Bedeutung inne. Es ist die Materialisation der Loslösung des Menschengenies von der Bedingtheit natürlicher Urstoffe, er bedeutet eine geistige Sprengung jahrhundertlanger Fesseln, und das Streben nach ihm ist der Vater tausendfältiger Erfindungen.



In diesen wirtschaftstheoretischen Rahmen fällt auch das Thema der vorliegenden Arbeit. Sie stellt den Versuch dar, die Nährstoffbilanz des deutschen Volkes, soweit es sich um Speisefette handelt, zu erweitern durch die Heranziehung minderwertigen, an sich zur Nahrung nicht geeigneten Rohmaterials, das durch Veredelung und Aufbereitung in einen genußfähigen Zustand übergeführt wird. Abgesehen von der allgemeinen wirtschaftlichen Bedingtheit eines solchen Versuches, die vorstehend gekennzeichnet ist, steht er in innigem Zusammenhang mit der Fettversorgung des deutschen Volkes im Frieden und im Kriege. Da über diese Frage bisher wenig Material bekannt ist, soll es im nachfolgenden in großen Zügen gekennzeichnet werden. Dies ist mir um so notwendiger erschienen, als gerade alle Produktion von Ersatzstoffen in ihrer Berechtigung nur von der wirtschaftlichen Seite her begründet werden kann, die theoretisch-volkswirtschaftliche Verknüpfung dieser Frage nun gerade aber von seiten des technisch-wissenschaftlichen Chemikers bisher nicht genügend erkannt zu sein scheint. Er hat sich bisher immer mehr auf den privatwirtschaftlichen Standpunkt des Kaufmanns als auf den des Volkswirtschaftlers gestellt.

Ferner aber hat ein solcher Versuch eines Fettersatzes zwei weitere Voraussetzungen: er muß verdaulich und bekömmlich, und er muß, nachdem dies einmal möglichst weitgehend festgestellt ist, technisch leicht und in guter Ausbeute herstellbar sein und billigen Anforderungen genügen. Der Schilderung dieses Nachweises ist der zweite und dritte Abschnitt der Arbeit gewidmet.

# I. Wirtschaftlicher Teil<sup>1)</sup>.

---

## 1. Der Friedensbedarf Deutschlands an Ölen und Fetten.

Neben dem Eiweiß und den Kohlehydraten bilden die Fette eine der drei Kategorien menschlicher und tierischer Nahrungsmittel. Während das Eiweiß auf Grund seiner besonderen chemischen Struktur, nämlich seines Gehalts an Stickstoff, der zum Aufbau der Zellen im lebenden Organismus gebraucht wird, unterhalb eines gewissen Minimums unersetzlich ist, können die beiden anderen Hauptgruppen, die Fette und Kohlehydrate, die sich ja aus den gleichen Elementen zusammensetzen, in der Ernährungsbilanz sehr weit nach Maßgabe ihres Kalorienwertes oder, wie Rubner das bezeichnet hat, „isodynam“ einander ersetzen. Ob diese Ersetzbarkeit, die man früher als unbegrenzt annahm, allerdings wirklich total ist, dürfte nach den Erfahrungen der Kriegszeit doch Zweifeln begegnen, während wohl sicher ist, daß die Ansprüche, die wir an Geschmack und Zubereitung der Speisen unabhängig von ihrem Nährwert stellen, dieser Vertauschbarkeit eine je nach der Individualität frühe Grenze setzen.

Der Unterschied zwischen Fetten und Kohlehydraten liegt in ihrem verschiedenen Prozentualgehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, von welchem letzterem die Fette weniger als die Kohlehydrate enthalten. Die Fette besitzen daher eine höhere Verbrennungswärme, die etwas über das Doppelte (genau 2,4:1) gegen die der Kohlehydrate beträgt. Sie sind also hochwertige Nahrungsstoffe, die bei gleicher Gewichtsmenge größere Energiemengen dem Körper zuführen.

Der Fettverbrauch in Deutschland hat erst in den letzten Jahren, namentlich auch bei der geringer bemittelten Bevölkerung, ständig zugenommen. Leider fehlen statistische Daten auf diesem Gebiete vollkommen, aber man hat einen guten Hinweis in der Tatsache, daß alle hochwertigen Fette wie Feintalg, Cocosfett, Palmöl usw. aus der Seifenindustrie in die Margarineindustrie

---

<sup>1)</sup> Herrn Geh.-Rat Sering bin ich für Überlassung von Material zu Dank verpflichtet.

abgewandert sind und weiter, soweit es die soziale Erscheinung betrifft, wohl in einer Parallele zum Fleischkonsum, der von 13,6 kg pro Kopf der Bevölkerung im Jahre 1816 auf 46,2 kg pro Kopf im Jahre 1907 gestiegen ist.

Wohl auf keinem Gebiete, nicht nur unserer Nahrungsmittelversorgung, sondern unseres Wirtschaftslebens überhaupt, war bei Beginn des Krieges die Abhängigkeit Deutschlands vom Auslande größer als auf dem Gebiete der Öle und Fette. Diese Tatsache war bei Kriegsausbruch in unseren Einfuhrstatistiken verborgen, und es ist kennzeichnend für die hoffnungslose wirtschaftliche Unvorbereitung, mit der wir in den Krieg gegangen sind, daß es erst längerer und ziemlich mühseliger statistischer Arbeiten bedurft hat, deren sich einesteils die Mitarbeiter des Eltzbacherschen Buches: „Die deutsche Volksernährung und der englische Aus-hungerungsplan“, andererseits das wissenschaftliche Referat des Kriegsausschusses für Öle und Fette gewidmet haben, um überhaupt erst einmal ein anschauliches Bild unseres Friedensbedarfes an Ölen und Fetten zu schaffen. Die so gewonnene Statistik umfaßt

- I. Alle pflanzlichen Öle und Fette, und zwar
  - A. gewonnen aus Ölsaaten:
    1. aus dem Auslande (hier mußte für jede Ölfrucht der Ölgehalt bestimmt und danach die Gesamtmenge berechnet werden),
    2. aus dem Inlande (diese Menge konnte nur schätzungsweise berechnet werden, da jede Unterlage fehlte).
  - B. Fertige Öle (Einfuhrüberschuß).
- II. Tierische Fette einschließlich Butter:
  1. aus dem Auslande (Einfuhrüberschuß),
  2. aus dem Inlande:
    - a) aus Schlachtungen, wobei auch hier nur Einzelschlachtausbeuten an losgelöstem Fett pro Tier auf die Gesamtzahl aller Schlachtungen umgerechnet wurde,
    - b) aus anderer Herkunft: Knochenfett, -öl und Butter (für Knochenfett wurde eine Extraktionsausbeute von 8 Proz. zugrunde gelegt).

Auf diese Weise ergab sich das in den nachfolgenden Tabellen niedergelegte Bild.

## I. Pflanzliche Öle und Fette.

## A. Aus Saaten (Ausland).

	Einfuhr- überschuß Tonnen	Davon Proz. Öl in Tonnen		Gesamtöl in Tonnen	
		Eltz- bacher	K. A.	Eltz- bacher	K. A.
Raps, Rübsen . . . . .	133 516	39,7	35	53 006	46 731
Dotter, Ölrettich, Hede- rich . . . . .	2 569	22,3	27	573	693
Mohn, Sonnenblumen . .	18 495	31,5	37	5 826	6 843
Bucheckern usw. . . . .	383	22,5	22,5	86	86
Erdnüsse . . . . .	83 978	43,2	45	36 278	37 790
Sesam . . . . .	107 525	39,8	48	42 795	51 612
Leinsaat, Leinmehl . . .	440 444	31,5	31,5	138 740	138 740
Hanfsaat . . . . .	5 756	28,4	28,4	1 635	1 635
Kopra . . . . .	189 109	62,1	62,1	117 437	117 437
Baumwollsaat . . . . .	216 947	20,7	17	44 908	36 880
Sojabohnen, Ellipe, Shea- nuß, Mowrasaat usw. .	125 488	14,5	14,5	18 196	18 196
Palmkerne, sonstige Öl- früchte . . . . .	247 715	45,5	45,5	112 710	112 710
Zusammen	1 571 925			572 190	569 353

## B. Aus inländischen Saaten.

40 000	30 000
--------	--------

Wir haben also im Jahre 1912/13 1 571 925 Tonnen ausländische Ölsaaten und -sämereien mit rund 570 000 Tonnen Öl eingeführt, zu dem noch nach der Schätzung des Kriegsausschusses 30 000 Tonnen inländisches Öl hinzukommen (letztere Schätzung hat sich übrigens als zu hoch erwiesen).

Diese Öle sind allerdings nicht alle in Deutschland verbraucht worden, denn bekanntlich haben unsere Ölmühlen auch für Rechnung des Auslandes Saaten geschlagen. Der dafür anzusetzende Posten ergibt sich aus der Tabelle der

## Einfuhr und Ausfuhr von Ölen und pflanzlichen Fetten (1912/13).

Art	Einfuhr Tonnen	Ausfuhr Tonnen	Einfuhrüberschuß Tonnen
Fette, Öle . . . . .	59 702	19 448	+ 40 254
Pflanzliche Fette . . . . .	16 652	55 194	- 38 542
Ölsäure, Öldräß . . . . .	11 802	1 567	+ 10 235
Pflanzlicher Talg zum Genuß .	65	47 732	- 47 667
Margarine, Margarinekäse, Kunstspeisefett . . . . .	218	336	- 118
Zusammen	88 439	124 277	- 35 838

Der Gesamtverbrauch pflanzlicher Fette betrug also

$$569\,353 + 30\,000 - 35\,838 = 563\,515 \text{ Tonnen,}$$

d. h., wie wir später sehen werden, 29 Proz. unseres Gesamtfettverbrauchs. Die Bilanz für die tierischen Fette, in denen nun im Gegensatz zu den pflanzlichen Ölen unsere Eigenproduktion gegenüber der Einfuhr absolut und relativ überwog, ergibt sich aus den nachfolgenden Tabellen:

## II. Tierische Fette.

### 1. Aus dem Auslande.

(Einfuhrüberschuß bzw. Ausfuhrüberschuß  $\pm$  1912/13.)

	Tonnen
Schweineschmalz, Gänsechmalz, Oleomargarine . . . . .	132 204
Rohes Schweine- und Gänsefett, Schweine . . . . .	19 987
Talg von Rindern und Schafen, Preßtalg . . . . .	23 849
Knochenfette, Abfallfette, Stearin . . . . .	- 5 089
Tran, Speck, Fett von Fischen, Robben, Walfischen . . . . .	42 582
Butter . . . . .	54 650
Zusammen	268 183

### 2. Aus dem Inlande.

#### a) Fett aus Schlachtungen.

Gattung	Summen aller Schlachtungen, Haus- u. beschau- pflichtige Schlachtungen <sup>1)</sup>	Fett pro Tier Durchschnitt  kg	Tonnen
Jungrinder über drei Monate	902 920	25	22 573
Kühe . . . . .	1 766 565	25	44 164
Bullen . . . . .	601 339	15	9 020
Ochsen . . . . .	521 097	35	18 238
Schafe . . . . .	2 602 433	4	10 410
Schweine . . . . .	23 666 193	25	591 655
Ziegen . . . . .	1 201 653	2	2 403
Zusammen			698 463

#### b) Fett aus anderen Quellen.

Butter . . . . .	399 300
Knochenfett und Öl (aus 15 000 Tonnen Knochen) . . . . .	12 000
Zusammen	411 300
Die Gesamtsumme des tierischen Fettverbrauchs im Frieden betrug also . . . . .	1 377 946
Der Totalverbrauch insgesamt an tierischen und pflanzlichen Ölen und Fetten . . . . .	1 941 461

<sup>1)</sup> Hausschlachtungen sind vom Jahre 1911/12 eingesetzt.

Die Feststellung des Anteils, wieviel von dieser Gesamtmenge nun als Ernährungskonsum und wieviel als technischer Verbrauch einzusetzen sei, erfolgte durch das wissenschaftliche Referat des Kriegsausschusses mit Hilfe der beteiligten Industrien selbst, bzw. mit Hilfe der Handelskammern. Die Verbrauchsstatistik, die sich auf diese Weise ergab, kann natürlich auf bindende Gültigkeit keinen Anspruch machen. Immerhin gibt sie ungefähr folgendes Bild:

Seifenindustrie . . . . .	240 000 Tonnen
Schmiermittel-, Lackindustrie . . . .	125 000 „
Wachsender-, Linoleumindustrie . . . .	30 000 „
Lederindustrie . . . . .	18 000 „
Textilindustrie . . . . .	15 000 „
Stearinindustrie . . . . .	8 000 „
Apotheker-, Drogenwaren . . . . .	etwa 4 000 „
<hr/>	
Also insgesamt für technische Zwecke	440 000 Tonnen Öle u. Fette

Demnach verbleiben für die menschliche Ernährung als Verbrauch der Jahre 1912/13:

etwa 1 500 000 Tonnen Öle und Fette.

Das bedeutet bei einer Bevölkerung von 70 Millionen Menschen rund 60 g freies Fett pro Kopf und Tag <sup>1)</sup>. Das Rubner-Voitsche Kostmaß beträgt bekanntlich 50 g, während Verfasser 1915 bei einer empirischen Umfrage im Bekanntenkreise einen Tagesverbrauch von 70 g pro Kopf feststellen konnte.

Für die Konsumform, in der diese 1 500 000 Tonnen Fettsubstanz genossen wurden, ergibt sich unter Berücksichtigung der früher mitgeteilten Statistik und der Produktionsgröße der Margarinefabriken:

etwa 450 000 Tonnen Butter,  
 „ 250 000 „ Margarine (vielleicht etwas zu hoch),  
 der Rest von  
 etwa 800 000 Tonnen

ist als freies und gebundenes Öl und Fett, sowie Schmalz, Talg, Kunstspeise- oder Pflanzenfett verzehrt worden.

---

<sup>1)</sup> Der Faktor, der Bevölkerungszahl mit Jahrestagen in Verbindung bringt, ist  $k = 2,5 \times 10^{10}$ .

## 2. Die Absenkung des Bedarfes in der Kriegszeit.

An diesen Verbrauchsverhältnissen der Öle und Fette in Technik und Ernährung änderte der Ausbruch des Weltkrieges zunächst nichts. Einzelne Hinweise zur Einschränkung des Verbrauches wurden nicht gehört, und es ist kennzeichnend für die Art, in der die wirtschaftlichen Bedingungen der Kriegsführung aufgefaßt wurden, daß ein Eingriff in die freie Versorgung erst einsetzte, als man zu der ungeru aufgenommenen Erkenntnis kam, daß der Krieg nicht nur längere Zeit, sondern gar jahrelang dauern könne. Auch ging dieser Eingriff nicht vom Standpunkt einer generellen Rohstoff- und Konsumbewirtschaftung aus: vielmehr aus zunächst militärischen Notwendigkeiten, den Bedarf an technischen Fetten für das Heer sicherzustellen, begann die Aufstellung der Abrechnungsstellen der Seifen- und Stearinfabriken, dann die der deutschen Ölmühlen, die der Lackfabriken Deutschlands, der Harzabrechnungsstelle und der Kriegsschmierölgesellschaft. Diese Wirtschaftsstellen, die im Kriegsausschuß für Öle und Fette zusammengefaßt wurden, sind Herbst 1914, Anfang 1915 aufgestellt worden, während die Ernährungsfrage erst im April 1915 durch die Gründung der Kriegsabrechnungsstelle der Margarine- und Speisefettfabriken der Bewirtschaftung zugeführt wurde.

Nachdem einmal mit Hilfe dieser Stellen und der Handelskammern die Friedensproduktion und -konsumtion, so wie sie in Abschnitt I kurz geschildert worden ist, erfaßt war, konnte das Problem der Kriegsbewirtschaftung in Angriff genommen werden. Unter Berücksichtigung der Vorräte, der ständig geringer werden Einfuhrmöglichkeiten und der relativen Wichtigkeit der einzelnen Verarbeitungszweige für die Kriegswirtschaft bestand das Problem darin, ob es gelang, die Spanne zwischen dem Höchstmaß der erreichbaren Eigenerzeugung einerseits und dem durch Absenkung und Einschränkung erreichbaren und noch erträglichen Mindestmaß des Verbrauchs andererseits möglichst gering zu gestalten oder gar ein Überwiegen des ersteren zu erreichen.

Der Weg, auf dem das Problem gelöst wurde — wie immer man auch zum Kriegsausgange und zu seinen wirtschaftlichen Gründen stehen mag, niemand wird leugnen können, daß bei allen Fehlern im einzelnen der Kriegsausschuß die ganzen Jahre hindurch eine Rohstoffverteilung und Fertigprodukterzeugung

erzielt hat, die angesichts der geringen vorhandenen Mengen bewundernswürdig ist —, war der folgende:

Die technische Bilanz wurde durch teilweise rigorose Eingriffe im Laufe der Kriegsjahre auf ein Minimum beschränkt (etwa  $\frac{1}{10}$  des Friedensverbrauches). Nach Sicherung des notwendigen Heeres- und Rüstungsbedarfes, sowie des unbedingt unerläßlichen Bedarfes der Zivilbevölkerung an technischen Fetten (Seife, Apothekerwaren usw.) wurde alles erdenkliche Öl und Fett auf die Ernährungsbilanz gebracht. „In dieser Ersparung liegt der wesentliche Erfolg unserer Arbeit. Es läßt sich nicht ausdenken, wie ohne diese Absenkungspolitik unsere Fettversorgung sich gestaltet haben sollte“ (Weigelt).

Die Absenkung des technischen Bedarfs wurde erzielt durch eine Reihe von Bundesratsverordnungen, von denen die für die Richtung, in der die Abdrosselung erfolgte, markantesten kurz erwähnt seien: die absoluten oder teilweisen Verbote der Verwendung von Ölen zur Herstellung von Fußbodenölen (März 1915), der Verwendung zu Schmierzwecken, Brennzwecken, sowie zum Einfetten oder sonstigen Behandeln von Metallen, Werkzeugen (Oktober 1915). Es folgte das Verbot der Verwendung von pflanzlichen und tierischen Ölen und Fetten zu Außenanstrichen von Häusern und Mauern und Zäunen (Oktober/November 1915), sowie zur Herstellung von Farben überhaupt. Einen weiteren starken Eingriff in alle nicht der Ernährung dienenden Verwendungszwecke brachte die Bundesratsverordnung vom 8. November 1915, durch die zugunsten der Bewirtschaftung durch den Kriegsausschuß die allgemeine Beschlagnahme aller Öle und Fette ausgesprochen wurde. Alle so zur Verfügung des Kriegsausschusses kommenden Öle und Fette wurden durch Probenahme auf ihre Brauchbarkeit für Ernährungszwecke geprüft und bejahendenfalls an die Margarineindustrie abgegeben. Mitbestimmend bei diesen ziemlich tiefgreifenden Eingriffen in den technischen Verwendungszweig der Öle und Fette war das Vertrauen auf die Möglichkeit, in der technischen Bilanz durch Heranziehung von Ersatzstoffen und fabrikatorischen sowie chemischen Erfindungen eher mit einem bedeutend verringerten Verbrauch — trotz des Anspruchs der Heeres- und Rüstungsindustrie — auszukommen, als in der Ernährungsbilanz.

Und wirklich war die durch das Freiwerden von technischen Fetten für Ernährungszwecke geschaffene Erleichterung zunächst



so groß, daß bis Ende 1915 eine fühlbare Knappheit an Ernährungsfetten nicht aufkam. Diese Einschränkung genügte aber auch nur, die erforderlichen Bedürfnisse der Landesverteidigung zu decken: Glycerin für die Munitionsbeschaffung, Olein und Ricinusöl für die Kriegstuchindustrie, Leinöl für die Kriegslack- und Farbenindustrie, sowie Ricinusöl für die Flieger standen in dem damaligen Wirtschaftsplan an erster Stelle. Jedoch zeigten Ende 1915 die laufenden statistischen Erfassungen einen heran nahenden Mangel an Ernährungsfetten — es standen nach der Berechnung des Kriegsausschusses für Ende 1915 950 000 Tonnen für die Ernährung zur Verfügung, das sind rund 38 g pro Kopf und Tag — und damit wurde nunmehr die Sicherstellung des Ernährungsbedarfes der leitende Gesichtspunkt.

Die damit ständig sich geltend machende Präponderanz der Ernährungssicherstellung konnte, selbst nachdem man noch stärker in den technischen Verbrauch eingegriffen hatte<sup>1)</sup>, auf die Dauer nicht durchgeführt werden, ohne Eingriffe in den Ernährungsbedarf als solchen. Die Bedenken, die sich hiergegen geltend machten, waren weniger ernährungsphysiologischer als psychologischer Natur. Wir wissen von den Chinesen und Italienern, daß sie mit ganz erheblich geringeren Fettmengen auszukommen vermögen, als das bei uns der Fall ist. Aber bei diesen Völkern sind entweder die klimatologischen Bedingungen andere oder ihre Beanspruchung auf körperliche Leistung ist geringer oder vor allem, sie sind in der Lage, die geringe Fettquote durch isodynamie Kohlehydratzufuhr zu ersetzen. Ähnliche Erfahrungen lagen auch

---

<sup>1)</sup> Hierher gehört vor allem die Durchführung des „Seifenprogramms“ im Jahre 1916: Von 20000 Tonnen monatlichen Verbrauchs ging der Verbrauch auf 1500 Tonnen, d. h. also auf 7,5 Proz. des Friedensverbrauchs, herunter durch Einführung der K.-A.-Seife und des K.-A.-Seifenpulvers (Bundesratsverordnung vom 21. Juli 1916). Diese Maßnahme war von ungeheurer Bedeutung in wirtschaftlicher und technischer Beziehung, denn sie führte zur Stilllegung von rund 570 Fabriken, so daß nur noch etwa 100 arbeiteten, die aber 1917 bei Gründung der „Seifen-Herstellungs- und Vertriebsgesellschaft“ (Seifensyndikat) noch mehr verringert wurden. — Weiter wurde in der Lederindustrie der Verbrauch um ein Drittel, in der Tuchindustrie auf 50 Proz., in der Lack- und Firnisindustrie auf 25 Proz. herabgesetzt. Ebenso wurden Schmiermittelindustrie, Kerzenindustrie weiter herabgesenkt, bis man an die Grenze herangekommen war, die durch die Bedürfnisse und Anforderungen von Heer und Marine gegeben war. Der Gesamtverbrauch betrug 1915 etwa 80 000 bis 100 000 Tonnen technische Fette, 1916 etwa 40 000 Tonnen, 1918 etwa 30 000 Tonnen.

schon für die damalige Zeit (Ende 1915) aus unseren Gefangenenlagern vor, wo die Tagesquote an Fett bereits wesentlich unter 30 bis 40 g Fett war, dies aber nur, weil gleichzeitig eine erhöhte Zugabe an Kohlehydraten gegeben wurde, um so größer aber waren die Bedenken gegen eine allgemeine Einführung. Innerhalb der Ernährungskommission des Kriegsausschusses für Öle und Fette, die am 21. November 1915 gegründet wurde, kamen diese und alle weiteren Fragen bezüglich der Ernährungsfette ausführlich zur Erörterung<sup>1)</sup>. Hätte man die allgemeine Volksernährung aus gemeinsamen Küchen, ähnlich wie in den Gefangenenlagern unter ernährungsphysiologischer Kontrolle, die eine Garantie für die Zuteilung der notwendigen Kalorienzahl gab, durchführen können, so wäre gegen eine starke Absenkung kein Bedenken gewesen. Aber man kann den einzelnen Volksgenossen nicht plötzlich auf eine geringe Fettration setzen und ihm die Zuwahl der nötigen Kalorien in Ersatznahrungstoffen frei lassen, um so weniger, wenn letztere in ihrer Zuführung auch nicht garantiert sind. Auch die Einführung der von verschiedener Seite, so auch vom Verfasser vorgeschlagenen „Reichs-Kalorienkarte“, die zugleich einen Ausgleich zwischen dem hohen Fett- und niedrigen Kohlehydratbedürfnis Norddeutschlands und den umgekehrten Verhältnissen Süddeutschlands hätte schaffen können, ist aus dieser Scheu vor dem Eingriff und der Rationierung gescheitert.

Es wurden daher zunächst nur regiminelle Maßnahmen ergriffen, um eine Ersparung zu erzielen und die Vorräte für die kommende Notlage zu strecken. Die weitgehenden Vorschläge, die der Kriegsausschuß in einer geheimen Denkschrift Anfang Oktober 1915 eingereicht hatte, wurden nicht angenommen, dagegen wurde durch Bundesratsverordnung vom 28. Oktober 1915 die Einführung der zwei fettlosen Tage in der Woche angeordnet. Weiter wurden die Fettrationen bei der Kuchen- und Konfitürenherstellung geregelt, sowie ein Sahneverbot erlassen, sowie die

---

<sup>1)</sup> Die Kommission bestand aus: Exzellenz Emil Fischer als Vorsitzenden, sowie den Herren: Geheimrat Kerp und Geheimrat Rost, Reichsgesundheitsamt; Geheimrat Rubner, Physiolog. Inst. d. Univ. Berlin; Geheimrat Zuntz, Tierphysiolog. Inst. d. Landw. Hochschule Berlin; Professor Backhaus, Abtlg. Gefangenenernährung, Kriegsministerium; Professor Holde, Materialprüfungsamt; Professor Cremer und Dr. Franck, Physiolog. Inst. d. Tierärztl. Hochschule Berlin; Dr. Goldschmidt, Dr. Niederhäuser, Dr. Weigelt und E. Röhrich, Kriegsausschuß für Öle u. Fette, als Mitgliedern.

Marmeladeproduktion gefördert und deren Verzehr mit den allen erinnerlichen Mitteln propagiert. Dies alles bedeutete nur eine Vereinfachung der Lebensführung in dem immer noch hohen Fettverbrauch, aber doch noch keine wesentliche Einschränkung des gesunden, normalen Durchschnittsbedarfs. Ja, man konnte im freien Verkehr noch beliebige Mengen Margarine und Kunstspeisefett kaufen.

Es sei an dieser Stelle eine kurze Schilderung der wirtschaftlichen Gruppierung der deutschen Margarineindustrie gegeben. Im Anschluß an die Erfindung des Franzosen Mège-Mouriés und die Abhängigkeit von überseeischen Rohstoffen hatte sich die Margarineindustrie im wesentlichen in Frankreich, Holland, England und in Deutschland am Niederrhein und in den großen Hafenstädten (Hamburg, Bremen, Stettin und außerdem Berlin) entwickelt. In Deutschland standen sich in der Margarineindustrie zwei Gruppen gegenüber: Der Konzern der Firma Jürgens & Prinzen in Goch und van den Bergh in Cleve, der holländisches, englisches und deutsches Kapital vereinigt, in 19 Fabriken 57 Proz. der Produktion umfaßt und durch gemeinsame Interessen, wie gemeinsame Gründung von Härtungsanlagen, Raffinationsanstalten sowie Rohstoffbeschaffung zusammengeschlossen ist. Er verfügt nicht nur über ein sehr bedeutendes Kapital, sondern über eine ausgezeichnete Verteilungs- und Reklameorganisation. Diesem Konzern steht gegenüber der „Schutzverband gegen die Vertrustung der Margarine in Deutschland“, Sitz Hamburg, der aber durch Ankauf der Aktien der in ihm maßgebenden Firma H. Schlinck & Co. durch den Konzern seine oppositionelle Bedeutung verlor. Weiter bestand schon im Frieden die „Vereinigung deutscher Margarinefabrikanten zur Wahrung der gemeinsamen Interessen G. m. b. H.“ in Köln, der sowohl der Konzern Jürgens-van den Bergh sowie Schlinck als auch die meisten bedeutenderen Margarinefabriken angehörten. 1916 trat noch in Leipzig eine wirtschaftliche Vereinigung der dem Konzern und dem Schutzverband nicht angehörenden Firmen mit einer Tendenz gegen den Konzern zusammen.

Diese vorerwähnten feindlichen Gruppen, deren wirtschaftliche Kämpfe noch bei Beginn des Krieges durch nationale „Gesinnung“ verstärkt wurden, wurden vom Kriegsausschuß in der Kriegsabrechnungsstelle deutscher Margarine- und Speisefettfabriken zusammengefaßt, um im Verteilungsausschuß die Aufteilung und

die Preisfestsetzung zu übernehmen. Die Zuteilung erfolgte pro rata der Produktion der einzelnen Fabriken im Jahre 1913. Der Abrechnungsstelle gehörten Ende 1915 85 Fabriken mit einem Friedenskontingent von 262 042 Tonnen an, d. h. wohl alle in Betracht kommenden Firmen.

Neben den von den Fabriken auf dem freien Markt aufgekauften Rohstoffen setzte ab Juni 1915 die Zuteilung der von dem Kriegsausschuß aus Beschlagnahme und Kriegsbeute im besetzten Gebiet erworbenen Mengen ein. Diese betragen:

Verteilung 1915.

	Flüssige Öle Tonnen	Gehärtete Öle Tonnen	Talg Tonnen	Total Tonnen
Juni . . . . .	3180	3180	—	6 360
August . . . . .	1565	1245	50	2 860
September. . . . .	140	230	50	420
November. . . . .	1400	1600	—	3 000
Zusammen	6285	6255	100	12 640

Die Gesamtverteilung im Jahre 1915, soweit sie mit Beginn der Arbeit der Abrechnungsstelle statistisch erfaßt ist, verteilt sich folgendermaßen:

Juni . . . . .	20 909 Tonnen
Juli . . . . .	20 448 „
August . . . . .	16 491 „
September . . . . .	16 086 „
Oktober . . . . .	11 543 „
November . . . . .	10 647 „
Dezember . . . . .	11 179 „

Zusammen 107 303 Tonnen

Durch die generelle Beschlagnahme aller Öle und Fette zugunsten des Kriegsausschusses wurde dieser ab Dezember 1915 nunmehr die alleinige Versorgungsquelle der Margarineindustrie. Hatte er schon vorher bei der zuschußweisen Zuteilung durch das System der Verpflichtungsscheine eine Beeinflussung der Preisbildung ausüben können, so beginnt nunmehr vom 15. Dezember 1915 ab die eigentliche „Kriegsbewirtschaftung“ für die Margarineindustrie. Es wurde ein Wirtschaftsplan für die Zeit vom 15. Dezember bis 15. März aufgestellt, für welche Zeit eine Menge von 34 000 Tonnen

= 11 300 Monatstonnen verfügbar war. Damit verbunden wurde die Festsetzung von Höchstpreisen für die Fertigfabrikate, ohne gesetzliche Handhabung, einfach durch eine Verpflichtung, die an die Abgabe der Rohstoffe geknüpft wurde. In der nachfolgenden Tabelle sind Rohstoffpreise, Margarinepreise für 1915/16 zusammengestellt:

Datum	Rohstoffe 100 kg <i>M</i>	Margarine		Kunstspeisefett	
		Fabrikpreis pro Pfund <i>M</i>	Ladenpreis pro Pfund <i>M</i>	Fabrikpreis pro Pfund <i>M</i>	Ladenpreis pro Pfund <i>M</i>
1. Dez. 1915 . .	275,00	1,28	1,40	1,52	1,64
3. Jan. 1916 . .	275,00	1,45	1,60	1,69	1,84
15. März 1916 . .	372,25	1,83	2,00	2,15	2,32
1. Nov. 1916 . .	373,85	1,82	2,00	2,14	2,32
1. Dez. 1916 . .	372,50 <sup>1)</sup>	1,82	2,00	2,14	2,32

Es ist beachtenswert, daß die Steigerung der Fertigfabrikatpreise eine viel geringere ist als die der Rohstoffpreise. Das Hauptrohmaterial der Margarineindustrie im Kriege, das Leinöl, kostete Juni 1915 130 *M* die 100 kg, Dezember 1915 dagegen 250 *M*, während die entsprechenden Margarinepreise 1 *M* (Fabrik) bzw. 1,20 *M* (Laden), im Dezember dagegen 1,28 *M* (Fabrik) bzw. 1,40 *M* (Laden) waren. Einer Rohstoffpreissteigerung von fast 100 Proz. steht eine Fertigfabrikatpreissteigerung von nur 20 Proz. bzw. 28 Proz. gegenüber. Die durch Jahre durchgeführte niedrige Preisfesthaltung für die Margarine bedingte auch eine Festsetzung eines bestimmten Maximalpreises für die Rohstoffe, der (vgl. Tabelle) Ende 1915 bei 372,50 *M* lag. Die Einfuhr aber war oft nur zu weit höheren Preisen möglich<sup>2)</sup>. Da das Reich einen Zuschuß für Niedrighaltung der Margarinepreise nicht gab, schaffte der Kriegsausschuß den Ausgleich einmal durch die Verwertung der aus Kriegsbeute ihm billig zufließenden Rohstoffe, weiter aber durch Erhöhung der Preise der technischen Produkte. Dies machte sich teilweise für die Bevölkerung nicht fühlbar, da ja z. B. bei den Textil- und Lederölen Reichs- und Militärbehörden

<sup>1)</sup> Festgesetzter Durchschnittspreis.

<sup>2)</sup> Als der Kriegsausschuß noch nicht das Einfuhrmonopol hatte, war durch die gegenseitige Konkurrenz deutscher Einkäufer in Norwegen Tran der im Frieden 40 *M* gekostet hatte, auf 1000 *M* hinaufgetrieben. Durch das Monopol konnte er auf 600 *M* gedrückt werden.

Abnehmer waren. Aber es war dennoch volkswirtschaftlich ein verhängnisvoller Fehler. Das Netz der natürlich dynamischen Beziehungen der Preise war durchbrochen: Butter oder Margarine war als Wagenschmiermittel oder Seifengrundlage wertvoller als Speisefett. Zurückhaltung der notwendigen Ablieferungen und Schwarzsiederei war die Folge. Es war ein gewinnbringendes Geschäft, Margarine verderben und damit der technischen Verwertung zukommen zu lassen. Ein weiteres Moment kommt hinzu: Die Kriegsnotlage entwickelte Verfahren, aus technischen, d. h. für Speisezwecke zunächst minderwertigen Stoffen durch Veredelung genußfähige Fette zu erzeugen: in diesem Falle wurde das Fertigprodukt in seinem Marktwert oft um 50 Proz. niedriger angesetzt als das Ausgangsmaterial + Verarbeitungskosten. Eine Rentabilität im privatwirtschaftlichen Sinne war also nur mit staatlicher Unterstützung — meistens wurde die Form der Lohnverarbeitung gewählt — zu erzielen. Ich habe aus den Einblicken, die ich selbst tun konnte, die Überzeugung gewonnen, daß diese Preispolitik nicht belebend auf die technische Initiative gewirkt hat. Jegliche Aufstellung einer Kalkulation von seiten einer Fabrik war unmöglich, eine Marktfähigkeit war erst durch staatliche Unterstützung gegeben, was gleichbedeutend mit eingehender kommissioneller Prüfung, Auskunftforderung über Betrieb und Verfahren, d. h. lauter Hemmungen im privatwirtschaftlichen Sinne war. Die Förderung der gemeinwirtschaftlichen Gesinnung aber hatte sich der Staat selbst durch die Preisanreiz-Produktionspolitik verbaut.

Nachdem durch die Bundesratsverordnung vom 4. März, 16. März und 13. April 1916 über die Einfuhr von Öl- und Fettstoffen, über die Zentralisierung der Rohfettwirtschaft, sowie über den Verkehr mit Knochen der Kriegsausschuß das absolute Monopol für die Versorgung der Margarinefabriken mit Rohstoffen hatte, mußte die Margarineindustrie allmählich große Veränderungen durchmachen. Der schlechte Stand der Einfuhrverhältnisse ergab ein immer stärker werdendes Verschwinden der altgewohnten Grundstoffe für die Margarineherstellung wie: Sesamöl, Erdnußöl, Baumwollsaatöl, ferner Kokosfett und gehärtetes Pflanzenöl. Schon im November 1915 hatte ich gelegentlich der ersten Sitzung der Ernährungskommission darauf hingewiesen, daß man die Hartfette durch gehärteten Waltran, der ja aus Skandinavien noch hereinkam, strecken könne. Der Vorschlag wurde aber damals durch

Dr. Niederhäuser im Namen der Margarineindustrie, die um ihr schwer erworbenes Renommee fürchtete, zurückgewiesen. Wenige Zeit später zwang uns die Not, umzulernen, Waltran wurde gehärtet und so raffiniert, daß er ein speisefähiges Rohprodukt der Margarine wurde, und wir haben uns an die „Walfischmargarine“ gewöhnt.

Bedenklicher war der Mangel an flüssigen Ölen, da ja ein Teil derselben durch die Härtung entzogen wurde. Hier konnten dann die „Esteröle“ (vgl. weiter unten S. 93) einen Ersatz bieten. Eine weitere Streckung der Fettquote konnte dadurch erzielt werden, daß man die Herstellung von 100 proz. Kunstspeisefett (Palmin, Kunerol) fast ganz aufgab und nur noch mit gesäuerter Magermilch verkirnte Fette, d. h. Margarine, ausgab. Auch wurde die Höchstgrenze des Wassergehaltes auf 20 Proz., der Mindestfettgehalt auf 76 Proz. festgesetzt (Bundesratsverordnung vom 26. Juni 1916).

Die Veränderung der Rohstoffe führte auch zu einer Veränderung der Herstellungsverfahren, wobei die Gewähr der Güte nicht immer gegeben war. Hierauf ein wachsames Auge zu richten, war um so mehr die Aufgabe des Verteilungsausschusses der Margarineindustrie, als nachdem dem einzelnen der Verkauf im freien Handel nicht mehr offen stand, das Interesse, einwandfreie Ware herzustellen, namentlich in den kleineren Fabriken mit technisch unvollkommeneren Anlagen, schwand. Aber auch an und für sich war durch das Schwinden der ausländischen Qualitätsspeiseöle die Herstellung einer tadellosen Margarine schwierig geworden. Die Geschmackskorrektur inländischer Ölarten, wie Lein- oder Rüböl, durch Kokos- oder Palmkernöl war nicht mehr möglich. Oleo-Margarine<sup>1)</sup> wurde in den Talgschmelzen nicht mehr hergestellt, sondern nur noch Feintalg. Um den butterähnlichen Geschmack zu erhalten, mußte unbedingt gesäuerte Magermilch verwendet werden, die durch besondere Bakterienkulturen erzeugt wird. Dazu gehören Sorgfalt und Reinlichkeit, um durch „wilde“ Kulturen nicht schwere Geschmacksstörungen hervorzurufen, und damit ist auch hier die Überlegenheit des gut eingerichteten, modernen Großbetriebes gesichert. Die kleineren Fabriken übertrugen daher ihre Rohstoffquoten unter dem Zwange der Ver-

---

<sup>1)</sup> Von Stearin durch Abpressen befreiter Feintalg.

hältnisse an die großen Fabriken, so daß Ende 1916 nur noch 64 Fabriken arbeiteten.

Im selben Sinne eines Ausschlusses kleinerer Betriebe wirkte auch die zunehmende Rohstoffknappheit. Die Verteilung für 1916 ergab folgendes Bild:

15. Dez. bis 15. Jan. . . . .	13 527	Tonnen
15. Jan. „ 15. Febr. . . . .	9 837	„
15. Febr. „ 29. Febr. . . . .	4 914	„
1. März „ 31. Mai . . . . .	9 223	„
1. Juni „ 30. Juni . . . . .	2 606	„
Juli . . . . .	2 644	„
August . . . . .	2 453,2	„
September . . . . .	2 757,2	„
Oktober . . . . .	2 795,9	„
November . . . . .	3 096	„
Dezember . . . . .	3 069	„
<hr/>		
das sind insgesamt . . . . .	56 922,3	Tonnen,
von denen sich auf einzelne Fettarten verteilen :		
Flüssige Öle . . . . .	17 335,6	Tonnen
Harte Öle . . . . .	4 541,4	„
Gehärteter Tran . . . . .	9 694,3	„
Fein- und Speisetalg . . . . .	11 317,2	„
Speiseknochenfett . . . . .	588,8	„
<hr/>		
Zusammen	43 477,3	Tonnen
Dazu kamen aus beschlagnahmten Be-		
ständen bei Fabriken . . . . .	11 343	„
und aus Neuankäufen der Fabriken . . . . .	2 102	„
<hr/>		
Zusammen	56 922,3	Tonnen

Das sind rund 25 Proz. der Friedensproduktion. Der Abfall gegen Ende 1915, wo noch monatlich rund 15 000 Tonnen gegen nunmehr 3000 Tonnen verteilt wurden, ist also beträchtlich. Da nun die Zuteilungskontingente auf Grund der Friedensverarbeitungsquote berechnet wurden, wurden diese für kleinere Fabriken so gering, daß letztere aus volkswirtschaftlichen Gründen der Transport-, Kohlen-, Fracht- und Arbeiterfrage ausscheiden mußten.

Die verringerte Produktion führte aber auch zu Unregelmäßigkeiten in der Verteilung der Ware, das Verteilungsnetz der Margarineindustrie, das diese in sorgfältiger Friedensarbeit über die Bedarfsdistrikte ausgebreitet hatte, bekam durch den Ausfall der Fabriken zahlreiche Löcher. Auch konnten, da noch keine



Verbrauchsrationierung existierte, kapitalkräftige Käufer sich mit Vorräten eindecken, während andere Distrikte mit minderbemittelter, bedürftiger Bevölkerung gar nicht beliefert wurden. Da sich die Klagen über die ungleiche Fettverteilung mehrten, ging der Kriegsausschuß im Sommer 1916 dazu über, sich die gesamte Produktion der Margarine- und Kunstspeisefettfabriken anmelden zu lassen, um sie den Kommunalverbänden zur Verteilung an die einzelnen Verkaufsstellen zu überweisen. Im Anschluß an die Verteilung der Butter durch den Butterverteilungsbeirat wurde ein Verteilungsschlüssel ausgearbeitet, in Gemäßheit dessen nunmehr die Margarine in die Verteilungskanäle floß. Die Konsequenz dieser Maßnahmen war die Fettkarte, die dem einzelnen seine Ration an Speisefett begrenzte. Die getrennte Verteilung der Butter durch den Butterverteilungsbeirat, der Margarine durch die Abteilung Volksernährung des Kriegsausschusses, sowie die getrennte Milchbewirtschaftung war natürlich auf die Dauer ein Organisationsunding, und so wurde die Reichsstelle für Speisefette beim Kriegsernährungsamt gegründet, die die Gesamtverteilung der drei Produkte übernahm. An der Rohstoffbewirtschaftung von seiten des Kriegsausschusses wurde dadurch nichts geändert.

Bei der Aufstellung des Verteilungsschlüssels war eine monatliche Produktion von 3200 Tonnen Margarine zugrunde gelegt worden. Damit war die Absenkung des Verbrauchs auf das denkbare Minimum erreicht. Ernährungs- und technische Bilanz waren in ihrer Bedarfsrationierung bis an die äußerste Grenze der Einschränkung gebracht worden. Daß diese Grenze gehalten, ja sogar als im Herbst 1917 eine bedeutende Verringerung der Milch- und damit der Butterproduktion eintrat, der Ausfall durch Verdoppelung der Margarineproduktion gedeckt werden konnte, war der bedeutenden Produktionssteigerung zu danken, die im nächsten Kapitel geschildert werden soll.

### 3. Die Steigerung der Eigenproduktion in der Kriegszeit.

Schon frühzeitig mußte natürlich der Einschränkung des Bedarfes eine möglichst weitgehende Eröffnung all der Quellen, aus denen Öle und Fette beschafft werden konnten, parallel gehen. Die Statistik des Jahres 1912/13 war eine Statistik der Fülle und der Verschwendung gewesen, an und für sich beträchtliche

Fettmengen waren der Erfassung bzw. Wiedergewinnung entgangen, weil es der Mühe oder der Kosten nicht lohnte, die man dazu hätte aufwenden müssen. Quellen und Vorkommen, aus denen primitive Wirtschaftsformen einst in mühselig - verlustreichen Arbeitsverfahren ihren Bedarf gedeckt hatten, waren angesichts der Großfabrikation aus überseeischen Rohstoffen vergessen oder vernachlässigt worden. Die Industrialisierung, die aus Deutschland eine Arbeitswerkstätte für die Umformung Rohstoff → Halbfabrikat → Fertigprodukt gemacht hatte, hatte die Eigenproduktion aus Anbau in erschreckender Weise zurückgehen lassen: gegen 320 000 ha Ölanbaufläche im Jahre 1878 wurden vor dem Kriege noch rund 50 000 ha mit 15 000 bis 18 000 Tonnen Ölertrag angebaut.

Die Tätigkeit des Kriegsausschusses auf diesem Gebiete mußte allen Möglichkeiten nachgehen, und es ist viel Arbeit und Mühe verwandt worden, ohne daß immer das Ergebnis dieselbe gelohnt hätte<sup>1)</sup>. Eine ausführliche Schilderung dieses Gebietes unserer Kriegsöl- und Fettwirtschaft kann an dieser Stelle nicht gegeben werden<sup>2)</sup>, sondern ich will nur, um ein zusammenhängendes Bild zu geben, die Hauptpunkte herausgreifen.

Die Einfuhr sank durch die Wirtschaftsblockade der Entente-mächte ständig. Die Einbeziehung der Neutralen in dieselbe schloß die Sperre immer enger, so daß zum Schluß der einzelne Kaufmann überhaupt nichts mehr hereinbekommen konnte, nur der Kompensationsverkehr, der natürlich nur zentralistisch von Reichs wegen durchgeführt werden konnte, ließ eine Einfuhr noch zu. An Stelle des kaufmännischen Privatverkehrs trat der diplomatische Staatsverkehr mit seinen monopolbewehrten Wirtschaftsbehörden. Die Statistik ergibt folgendes Bild:

1915 . . .	?	Tonnen (Die Zahlen habe ich nicht feststellen können),	
1916 . . .	41 930,7	„	} Gesamtölwert der eingeführten Öle, Fette und Ölsaaten.
1917 . . .	20 241,6	„	
1918 . . .	15 222,5	„	

Der Ölwert der Einfuhr sank also von 1916 auf 1917 um 50 Proz., von 1917 auf 1918 nochmals um 25 Proz.

Die Länder, aus denen eingeführt werden konnte, waren: Holland, Schweiz, Norwegen, Schweden, Dänemark, Österreich-

<sup>1)</sup> Vgl. die Broschüre: Der Sonnenblumenanbau in Deutschland von Dr. R. Prasch, Berlin 1917, sowie von demselben Autor „Obstkernöle“, Berlin 1919.

<sup>2)</sup> Vgl. Die Rohfettwirtschaft von Dr. Knetsch, Berlin 1919.

Ungarn, Rumänien, Bulgarien, Türkei, Belgien, Westliches Etappen-  
gebiet, Russisch-Polen sowie Serbien. Die Verteilung der Größen-  
ordnung nach auf neutrales Ausland einerseits, Verbündete,  
besetztes und Etappengebiet andererseits ist die folgende:

	Neutrales Ausland		Verbündete und Etappe	
	1916	1917	1916	1917
Pflanzliche Öle und Fette . . . . .	2 524,2	336,8	4 932,4	2 982,1
Tierische Öle und Fette . . . . .	25 110,6	7 369,0	2 734,2	889,9
Saaten mit etwa 30 Proz. Ölwert .	2 120,2	1 896,6	29 866,7	16 638,0
=	706,7	632,2	9 955,5	5 546,0
	28 341,5	8 338,0	17 622,1	9 418,0

Wir können daraus das interessante Resultat entnehmen, daß  
im Jahre 1916 noch die Einfuhr aus dem neutralen Auslande,  
insonderheit Skandinavien, die Einfuhr aus besetztem und ver-  
bündetem Gebiet, die sich im ersteren aus Anbau und Beute  
zusammensetzte, überwog. Im Jahre 1917 aber sank unter der  
Tätigkeit des „war trade office“ unsere neutrale Einfuhr auf ein  
Drittel gegen das Vorjahr, im verbündeten und besetzten Gebiet  
dagegen nur auf etwas mehr als die Hälfte.

Die hierhin sich kennzeichnende produktionsfördernde Tätig-  
keit des Kriegsausschusses wird noch deutlicher bei Betrachtung  
der Saatanbauergebnisse. Die Zahlen sind die folgenden:

	1915 Tonnen	1916 Tonnen	1917 Tonnen	1918 Tonnen
Raps . . . . .	17 500	26 523	} 53 000	93 000
Rübsen . . . . .	12 000	13 529		
Leinsaat . . . . .	3 500	342	700	500
Mohn . . . . .	1 000	1 094	1 300	2 000
Dotter . . . . .	200	207	700	600
Senf . . . . .	—	323	1 500	2 600
Hanf . . . . .	330	3	—	—
Hederich . . . . .	85	81	—	—
Sonnenblumen . . . . .	—	54	—	—
Diverses . . . . .	—	173	200	300
	34 615	42 329	57 400	99 000
Dazu wurden nachgeliefert im ersten Halbjahr des folgenden Jahres	—	5 391	3 698	4 500
	34 615	47 720	61 098	103 500

Aus diesen Ernten und aus der Gesamteinfuhr wurden an die deutschen Ölmühlen zur Verarbeitung folgende Mengen übergeben:

1915	1916	1917	1918
49 000	96 000	101 750	141 497 Tonnen

Daraus wurde zur Verteilung an die verarbeitenden Industrien das geschlagene Öl zurückgeliefert. Die Mengen betragen:

10 624	14 450	37 383	44 310 Tonnen
--------	--------	--------	---------------

Die gebieterische Pflicht, die Produktion mit allen Mitteln zu steigern, um nach der Absenkung und Rationierung des Verbrauches wenigstens dieses Mindestmaß einhalten zu können, führte neben den an sich noch immer beträchtlichen Posten der Einfuhr und des Anbaus auch zur Erfassung jeglichen in bezug auf Gewinnung und Verwertung nur irgendwie rentablen Vorkommens. Die Preissteigerung der Öl- und Fettwaren einesteils, die Notwendigkeit, die Ernährungsbilanz ständig zu stützen in Verbindung mit der Möglichkeit, allzu hohe Einstandskosten durch Belastung der technischen Bilanz auszugleichen, ermöglichte es dem Kriegsausschusse, Ölvorkommen pflanzlicher Provenienz heranzuziehen, an die man in der Zeit der Fülle nicht gedacht hatte. Es würde den Rahmen der hier gegebenen Schilderung überschreiten, sie in ihrer Entwicklung einzeln zu schildern. Sie seien nur kurz erwähnt: Steinobstkernöl, Kürbiskernöl, Bucheckern, Lindensamen. Die so gewonnenen Einzelposten, die meistens die 100 bis 200 Tonnen nicht überschritten, waren doch der Erfassung wert, wengleich die Erwartungen, mit denen man an die Einsammlung des Rohmaterials herangegangen ist, meistens enttäuscht wurden.

Der allmählich bei der Bevölkerung sich einstellende Fett hunger, der neben seiner physiologischen Bedeutung ja auch ein psychologisches Moment enthält, war auch die Ursache für die Erschließung zweier neuer pflanzlicher Ölquellen, die im Grunde für die Gesamtbilanz der Ernährung keine Aktiva ausmachten: ich meine die Mais- und Getreideentkeimung. Rein ernährungsphysiologisch betrachtet ist es für die Stoffwechselbilanz gleichgültig, ob ich pro Tag ein halbes Pfund Brot mit einem gewissen, vom Mehl herrührenden Fettgehalt verzehre, oder ob ich Brot aus entfettetem Mehl genieße und die herausgeholtte Fettmenge als Margarine daneben. Aber für die Frage der Speisenanrichtung ist dies doch wichtig. An und für sich trockene und nicht be-

sonders wohlschmeckende Nahrungsmittel können durch Verarbeitung mit Fett an Geschmack und Aufnahmefähigkeit gewinnen.

Für den Mais liegt die Frage noch etwas anders. Er ist in erster Linie ein tierisches Nahrungsmittel, und bei dem Umwege der Fettausnutzung des Maises durch das Tier für den Menschen gehen immerhin rund 50 Proz. verloren. Auch leiden die für menschliche Ernährung bestimmten Maispräparate: Maismehl, Maisgries, Maizena usw. bei längerem Lagern durch die Zersetzung des in ihnen enthaltenen Öles, so daß aus diesem Grunde die Entölung schon gerechtfertigt ist. Der Kriegsausschuß nahm die Frage der Getreide- und Maisentkeimung mit beträchtlicher Energie auf und konnte für seine Statistik folgende Zahlen aus seinen Bemühungen buchen:

Maiskeimöl:

1916 . . 520 Tonnen    1917 . . 1950 Tonnen    1918 . . 382 Tonnen

Getreidekeime:

1917 . . . . . rund 14 000 Tonnen mit etwa 7 Proz. Ölausbeute  
 1918 . . . . . „ 18 600 „ „ „ 8,6 „ „

Während das Maiskeimöl infolge seiner leichten Zersetzlichkeit sich weniger zur Margarinefabrikation eignet, konnten die aus Getreidekeimen gewonnenen Öle mit wenigen Ausnahmen in der Speisefettindustrie verwandt werden.

Gegenüber diesen Resultaten, die eine günstige Steigerung der Produktion an pflanzlichen Ölen darstellen, bestand eine solche Erweiterungsmöglichkeit bei den tierischen Fetten, der sogenannten „Rohfettwirtschaft“, doch nur in verschwindendem Maße<sup>1)</sup>. Der Ausfall der ausländischen Futtermiteileinfuhr führte zu einer ständigen Abnahme unseres Viehbestandes, sowie zu einer Magerkeit des einzelnen zur Schlachtung kommenden Tieres, daß auf einen Zuschuß an Rohfetten zur Margarinebilanz wie im Frieden nicht zu rechnen war. Die Rohfette waren im Frieden ursprünglich in Talgschmelzen auf Speisefett und technische Fette erschmolzen worden und gaben vor der Erfindung der Margarine durch Mège-Mouriés das Hauptmaterial an Hartfett für gute

<sup>1)</sup> Unter „Rohfetten“ werden verstanden: Innere Körperfette: Nieren-, Darm-, Brust- und Schloßfett sowie Fettbrocken und im erweiterten Sinne Abdeckerei- und Knochenfette.

Seifen. Daher sich auch viele Schmelzen bei Seifenfabriken befanden. Die zunehmende Entwicklung der Margarineindustrie nahm nun der Seifenindustrie das Rohmaterial weg, besonders nachdem man gelernt hatte, durch vorsichtiges Schmelzen und spezielle Raffination vollständig geruch- und geschmacklose Produkte zu erhalten. Damit ging eine Industrialisierung der Rohstoffherzeugung vor sich, die Schlächter schlossen sich zur genossenschaftlichen Verarbeitung der Schlachtabfälle zusammen und errichteten gemeinsame modern eingerichtete Schmelzen, ebenso aber wurden solche bei den Margarinefabriken eingeführt. Die Produkte sind ja als „Premier jus“, „Oleomargarine“ und Speisefeintalg bekannt. Soweit sie nicht in der Margarineindustrie als Rohstoff dienten, wurden Brat- und Backfette daraus hergestellt, mindere Qualitäten der technischen Verwendung zugeführt. Im Jahre 1912/13 verarbeiteten 56 Schmelzen nach eigenen Angaben rund 40 000 Tonnen Rohfett.

Im Kriege wurden die Rohfette erst spät von der staatlichen Bewirtschaftung betroffen. Die Bundesratsverordnung vom 16. März 1916 unterstellte die Rohfette von Rindern und Schafen dem Kriegsausschuß<sup>1)</sup>. Nur die modernsten Schmelzen wurden zur Verarbeitung zugelassen und mußten 50 Proz. der aus gewerblichen (auch kommunalen) Schlachtungen anfallenden Schmelztalge, soweit sie aus hygienisch einwandfreien Rohfetten stammten, an den Kriegsausschuß abliefern<sup>2)</sup>. Soweit aus genußuntauglichen oder sonstwie minderwertigen Rohfetten technischer Talg erschmolzen wurde, ging er ganz in die Verfügung des Kriegsausschusses über. Die restlichen 50 Proz. des Speisetalgs wurden an die liefernden Kommunalverbände oder sonstigen Abgeber zurückgegeben.

Der an den Kriegsausschuß zurückgelieferte Feintalg gelangte ausnahmslos in die Margarineindustrie, die bei dem Nachlassen der Qualität der pflanzlichen Öle wenigstens im Feintalg noch ein Material hatte, das es erlaubte, als Geschmackskorrigens zu dienen. (Auch die Grieben aus Feintalg kamen als „Grieben-

---

<sup>1)</sup> Schweinefette unterlagen der allgemeinen Bewirtschaftung nicht.

<sup>2)</sup> Für die vorliegende Betrachtung ist es ohne Bedeutung, daß vom 1. September 1916 die Verarbeitung von Speisefetten vom Kriegsausschuß nach den Verfügungen des Kriegsernährungsamtes (Reichsstelle für Speisefette) vorgenommen wurde.

wurst“ der menschlichen Ernährung zugute.) Die statistischen Zahlen für die Ergebnisse der Rohfettbewirtschaftung auf dem Talgebiete sind die folgenden:

	Zahl der Schlachtungen	Gesamtrohfett Tonnen	Gesamttag Tonnen	Feintalg Tonnen
1917 . . . . .	2 047 741	15 118	10 340	9089
1918 . . . . .	1 861 469	9 389	5 980	5229

Für 1918 stehen nur die Zahlen von Januar bis September zur Verfügung.)

Man erhielt also 1918 bei der Verarbeitung nur 55,6 Proz. Ausbeute an Feintalg gegen 60,1 Proz. Ausbeute im Jahre 1917. Das erklärt sich daraus, daß 1917 der Rohfettanfall pro Tier 6,47 kg, 1918 nur noch 4,53 kg betrug, die relative Verwachsenheit des Fettes mit anderen Gewebeteilen aber dieselbe blieb, was sich auch an dem Steigen der Griebenausbeute pro 100 kg Rohfett (1917: 7,5 Proz., 1918: 9 Proz.) kundtut.

Die Notwendigkeit, jegliche Vorkommen tierischen Fettes zu erfassen, führte dann auch zur „Knochenwirtschaft“. Die Verarbeitung von Knochen vor dem Kriege, der im wesentlichen in Deutschland der Scheidemandel-Konzern oblag, beschränkte sich auf altes verdorbenes Abfallmaterial, aus dem technische Fette: Olein, Stearin, Glycerin, sowie die Produkte der eigentlichen Knochenverarbeitung: Leim, Gelatine, Knochenmehl, chemische Präparate (Entfärbungskohle), Beinwaren gewonnen wurden. Der menschlichen Ernährung kam nur der Anteil zugute, der beim Kochen der Knochen in Suppen, Brühen und Sülzen erhalten wurde. Dieser Anteil beträgt aber im Durchschnitt nur 50 bis 60 Proz., der Rest geht verloren.

Die fabrikmäßige Gewinnung von Speisefett aus Knochen ist erst im Kriege erreicht worden. Sie war notwendig verbunden mit der Bewirtschaftung der rohen und vorgekochten Knochen<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Unter „rohen Knochen“ sind die in Großschlächtereien militärischen oder zivilen Charakters, in Konservenfabriken, Wurstlereien bei der Entbeinung des Fleisches usw. anfallenden Knochen, unter „vorgekochten Knochen“ die aus den Küchenbetrieben der Hotels, Gasthäuser, Krankenanstalten, Massenspeisungen anfallenden Suppenknochen gemeint. Die Bewirtschaftung erfolgte im Kriegsausschuß durch die Abteilung Knochenverwertung mit ihren verschiedenen Sektionen sowie durch die Abteilung Korpseschlächtereien, soweit es sich um militärische Schlachtungen handelte.

durch den Kriegsausschuß (Bundesratsverordnung vom 13. April 1916, 15. Februar und 14. Dezember 1917). Die Entfettung der Knochen erfolgte zunächst in Autoklaven ohne vorherige Zerkleinerung bei 4 bis 6 Atmosphären Druck bzw. in offenen Kesseln bei vorheriger Zerkleinerung. Als Nebenprodukt fällt die Knochen- oder Leimbrühe ab, die auf K.-A.-Suppenwürfel weiter verarbeitet wurde. Der Nachteil des „Autoklavenverfahrens“ war, daß das anfallende Fett erst nach entsprechender Raffination von den Margarinefabriken verarbeitet werden konnte und doch noch 3 bis 4 Proz. Fett im Knochen zurückblieben, die eine nochmalige Extraktionsentfettung notwendig machten. (Es wurden etwa 90 Proz. aller im Autoklaven behandelten Knochen nochmals extrahiert.) So gewannen die Vorschläge der Firma Scheidemandel, auch die Speisefettknochen mit Benzol zu extrahieren und das gewonnene Fett zu raffinieren, an Boden, nachdem diesbezügliche Versuche unter Hinzuziehung des Kaiserlichen Gesundheitsamtes ein brauchbares, in jeder Beziehung einwandfreies Speisefett und einen Rückstand von nur 0,5 Proz. Fett in den Extraktionsknochen ergeben hatten. Die wirtschaftliche Durchsetzung dieser technischen Ergebnisse wurde nur langsam gegen den Widerspruch der Autoklavenindustrie durchgesetzt (Erlaß des Kriegsernährungsamtes vom 28. Februar 1918). Man einigte sich, indem die Autoklavenfabriken, die 5 Proz. Fettausbeute in speisefähigem Zustande garantierten, auch weiter zugelassen wurden. 50 Proz. des so gewonnenen Speiseknochenfettes wurden vom Kriegsausschuß — wie beim Speisetalg — den Kommunalverbänden, in denen die Entfettungsanlagen sich befinden, wieder freigegeben. Der Preis der Fette ist festgesetzt auf 375 *ℳ* pro 100 kg. Die Verarbeitungsziffern sind:

Jahr	Frische Knochen Tonnen	Speiseknochenfett Tonnen
1916 . . . . .	4 679	292
1917 . . . . .	19 219	1075
1918 <sup>1)</sup> . . . . .	12 381	813

Es ist auch hier zu beachten, daß die Größenordnung des gewonnenen Fettes bei rund 1000 Tonnen pro Jahr liegt, für deren

<sup>1)</sup> Die Zahlen gelten für Januar bis Dezember 1918.



Erfassung eine immerhin beträchtliche Organisation und Industrie notwendig war.

Es war schon darauf hingewiesen worden (S. 19/20), daß Ende 1916 aus wirtschaftlichen und technischen Gründen, die in den Rohstoffen lagen, eine Stilllegungs- und Konzentrationstendenz in der Industrie sich bemerkbar machte, die von der Regierung aus Gründen der Fracht-, Kohlen- und Arbeiterersparnis begünstigt wurde. Beim Kriegsausschuß wurde eine Stilllegungskommission errichtet, die im August nur noch 54 arbeitende Fabriken vorfand. Die stillgelegten Werke hatten ihre Arbeitsquote den anderen gegen eine bestimmte Entschädigung übertragen. Eine weitere Konsolidierung trat durch die Gründung des „Verbandes der Margarine- und Speisefettwerke, G. m. b. H.“ ein (Oktober 1917). Damit war auch auf dem Gebiete der Speisefette in Analogie zur Seifenindustrie ein Syndikat errichtet. Der Leipziger und Kölner Verband sowie van den Bergh und Jürgens & Prinzen sind entsprechend vertreten.

Der Einfluß der vorhandenen Rohstoffe auf die Technik der Herstellung der Margarine und auf ihre Beschaffenheit machte sich weiter geltend. Wie aus den nachfolgenden Tabellen hervorgeht, sanken die Feintalgmengen ständig, so daß, da auch Tran nicht mehr zur Verfügung stand, immer mehr Öle gehärtet werden mußten, nicht zum Nachteil der Qualität. Jedoch lassen sich Getreidekeimöle nur bedingungsweise und nur nach sehr sorgfältiger Raffination zu Speisezwecken verwenden. Weiter enthält der durch Raffination speisefähig gemachte Talg mehr Stearin als z. B. Feintalg oder gar Oleo (vgl. Fußnote S. 19). Weiter machte sich der „Esteröl“-Geschmack nach einiger Zeit wieder geltend — kurz alle diese Gründe führten zur Errichtung einer „Margarinekommission“, die diese Fragen durchzuprüfen hatte.

Aus dem vorstehend geschilderten Material ergibt sich, wie, nachdem einmal die zentrale Bewirtschaftung der Rohstoffe und der sie verarbeitenden Industrien durchgeführt war, eine Sicherstellung der aufs äußerste eingeschränkten Konsumtion gewährleistet werden konnte und wie andererseits es möglich wurde, die Produktionsgrenzen durch Anspannung aller Kräfte doch so elastisch zu gestalten, daß z. B. der Milch- und Butterausfall ab Herbst 1917 durch verstärkte Margarineverteilung ausgeglichen werden konnte.

Die in den letzten beiden Kriegsjahren in der Ernährungsbilanz zur Verarbeitung gelangenden Rohstoffe ergeben sich aus den nachfolgenden Tabellen, desgleichen die zur Verteilung gelangenden Margarinemengen:

Verteilung der Rohstoffe für die Margarineindustrie 1917  
(in Tonnen):

	Flüssiges Öl	Gehärtetes Öl	Gehärteter Tran	Fein- und Speisetalg	Knochenfett	Total
Januar . . . . .	1 854	116	436	806	93	3 305
Februar . . . . .	1 516	—	112	1 119	83	2 830
März . . . . .	1 492	—	566	975	44	3 077
April . . . . .	1 595	36	511	1 012	41	3 195
Mai . . . . .	1 400	266	213	1 104	81	3 064
Juni . . . . .	591	96	66	889	43	1 685
Juli . . . . .	462	366	—	717	123	1 168
August . . . . .	1 155	568	—	1 260	211	3 194
September . . . . .	1 265	1 021	—	798	26	3 110
Oktober . . . . .	2 250	1 539	—	722	18	4 529
November . . . . .	2 346	968	—	1 110	52	4 476
Dezember . . . . .	1 840	834	—	743	43	3 460
	17 766	5 810	1904	11 255	858	37 593

Verteilung der Rohstoffe für die Margarineindustrie 1918  
(in Tonnen):

	Flüssiges Öl	Gehärtetes Öl	Gehärteter Tran	Fein- und Speisetalg	Knochenfett	Total
Januar . . . . .	2 396	1 049	—	1 040	12	4 497
Februar . . . . .	2 152	1 118	—	1 049	60	4 379
März . . . . .	1 818	1 402	—	666	42	3 928
April . . . . .	1 399	1 048	—	591	14	3 052
Mai . . . . .	1 000	835	—	568	25	2 428
Juni . . . . .	880	504	—	626	12	2 022
Juli . . . . .	966	442	—	641	16	2 065
August . . . . .	1 698	1 458	—	496	25	3 677
September . . . . .	2 555	2 393	—	588	14	5 550
Oktober . . . . .	3 022	2 016	—	446	95	5 579
November . . . . .	2 710	1 689	—	488	33	4 920
Dezember . . . . .	1 758	1 293	—	541	6	3 598
	22 354	15 247	—	7 740	354	45 695

## Verteilte Margarine (in Tonnen):

	1917	1918		1917	1918
Januar . . . . .	3 220	4 675	Juli . . . . .	3 908	2 717
Februar . . . . .	3 570	5 068	August . . . . .	2 923	2 532
März . . . . .	3 197	5 456	September . . . . .	3 528	4 629
April . . . . .	3 522	4 891	Oktober . . . . .	3 661	6 750
Mai . . . . .	3 417	3 597	November . . . . .	4 468	6 319
Juni . . . . .	2 803	2 313	Dezember . . . . .	5 683	5 131
	19 729	26 001		24 176	28 078

Total: 1917 . . . . . 43 905 Tonnen Margarine

1918 . . . . . 54 079 „ „

#### 4. Die wirtschaftliche Bedeutung der „Speiseester“.

Die im vorstehenden geschilderten vielfältigen Bemühungen des Kriegsausschusses, den Nahrungsspielraum des deutschen Volkes für das Gebiet der Öle und Fette während des Krieges zu erweitern bzw. aufrecht zu erhalten, umfassen alle Möglichkeiten, die im durch die Natur von vornherein gegebenen Material organisch begründet waren. So war er in seiner Tätigkeit gebunden an Raum und Zeit, den Boden und die organischen Kräfte des wachsenden Lebens. Er konnte innerhalb dieser Grenzen den Ertrag durch gesteigerte Produktivität vermehren, aber die Tendenz aller menschlichen Arbeit, die Schranken des Organischen zu brechen, mußte in diesem Kreise, nach Erschöpfung aller Möglichkeiten, rundlaufen.

Gab es einen Weg, herauszukommen? Konnte aus Arbeit und der freien Menge toter, mechanischer Stoffe Ersatz für die Produkte des Wachsens und Lebens gegeben werden? Der Wunsch, die Hoffnung, die Arbeit auf dieses Ziel hin mußte in jedem wach werden, der toten Stoff durch Arbeit des Geistes und der Hände zu Bedarfsgütern des Menschen schon je gezwungen hatte. Die Laien- und Phantastenanschauung mußte angesichts der Not selbst kritischen Sinn darauf hinlenken. Wie nahe lag es auch für den Chemiker, der an die Synthese von Farbstoffen und Heilmitteln, von Produkten der Tiere oder der Pflanze gewohnt ist. Aber hier handelte es sich um Nahrungsmittel. Die Faktoren der Bodenenergie und der lang wirkenden Zeit mußten ersetzt

werden durch die Konzentration der Energie von Kohle oder sonstiger toter Materie und Arbeit in kurzer Zeit.

Es gelang nicht. Auch die durch den Krieg hervorgebrachte äußerste Leistungsfähigkeit hat kein Verfahren hervorgebracht, allein aus Leblosem Nahrungsstoffe für Mensch oder Tier zu schaffen. In allen den wenigen Verfahren, die bekannt geworden sind: Gewinnung von Eiweiß aus Hefe und Ammonsalzen, von Glycerin aus Zucker, von Eiweißfutter aus Horn und Leim, von Kohlehydratfutter aus Stroh oder Holz — immer ist das Restprodukt eines Lebensprozesses darin enthalten, der allerdings durch Veredelung und Aufbereitung zum Nährstoff erhoben wird. Wohl ist es eine Synthese, aber nicht aus dem Unorganischen, sondern organische Produkte, als solche zur Nahrung für Mensch oder Tier verloren, werden durch Synthese zu einem Stoff zusammengezwungen, von dem die Biologie weiß oder erst erkennen muß, daß er dem Stoffwechsel des lebendigen Organismus dienen kann. Hier setzt eine neue Industrie von Nahrungsmitteln ein, die ihre Dynamik aus einem anderen Prinzip holt, als die bisherige<sup>1)</sup>.

In diesen wirtschaftlich-technischen Rahmen gehören auch die „Ester“ oder, wie sie von der Industrie genannt werden, das „Esteröl“.

Sie stellen den ersten Schritt einer technischen Fettsynthese dar. Zwar ist das Ausgangsmaterial für die eine Komponente, die Fettsäuren<sup>2)</sup>, noch pflanzlichen oder tierischen Ursprungs und

---

<sup>1)</sup> „Es wird sich nach meiner Überzeugung schon in absehbarer Zeit eine große chemische Industrie der Nahrungsmittel entwickeln, die sich nicht wie bisher auf die Konservierung beschränkt, sondern aus minderwertigen natürlichen Materialien, z. B. Stroh, Holz, Reisig, minderwertigen Fetten und Ölen usw. verdauliche und schmackhafte Nahrung für Mensch und Vieh erzeugt. Wie in so vielen anderen Dingen ist hier der Krieg Lehrmeister geworden, und wir wollen hoffen, daß von seinen Schöpfungen auf dem Gebiete der Nahrungsmittelversorgung möglichst viel in den Frieden hinüber gerettet wird“ (Emil Fischer).

<sup>2)</sup> Bis zu einem gewissen Grade ist ja Harries die Lösung des Problems der Fettsäuresynthese gelungen, wengleich er dem Verfasser gegenüber erklärte, für Speisezwecke kämen diese Säuren nicht in Betracht. Nach Abschluß vorliegender Arbeit erhielt Verfasser durch Oxydation von Paraffinkohlenwasserstoffen in guter Ausbeute Säuren von einer Verseifungszahl von 210 und einem mittleren Molekulargewicht von 270, die, mit Glykol verestert, ein kokosfettähnliches Produkt ergaben. Eine nähere Untersuchung ist noch im Gange. Vgl. Chem.-Ztg. 1920, Nr. 49.

nur Abfall eines Naturproduktes. Aber dieses Abfallprodukt ist als solches minderwertig und für die menschliche Ernährung nicht verwertbar. Nicht aus physiologischen Gründen, wie später ausgeführt werden soll, sondern aus Gründen der Bekömmlichkeit, der Gewohnheit und des praktischen Gebrauches. Durch die Verbindung mit der zweiten Komponente, dem Ersatz des im speisefähigen Naturprodukt vorhandenen Glycerins, durch Äthylalkohol oder Glykol vollzieht sich die Synthese des Kunstproduktes, das als solches nun speisefähig, bekömmlich und in der physiologischen Ausnutzbarkeit seiner dynamischen Kalorien ein Ersatz des natürlichen Fettes ist. Ich zerlege diesen an sich einfachen Prozeß der Synthese hier ausdrücklich begrifflich so bis ins einzelne, weil mir die Synthese der Speiseester paradigmatisch zu sein scheint für alle künftigen Versuche auf diesem Gebiete. Die Hoffnung, je durch technische Synthese ein Eiweiß- oder Kohlehydratfutter zu erhalten, das identisch mit Naturprodukten ist, erscheint mir phantastisch, wohl aber ist es möglich, auch bei diesen Nährstoffkategorien durch Abbau hochkondensierter Produkte oder Aufbau einfacher Bausteine zu Nährstoffen zu kommen: Cellulosefutter aus Stroh oder Holz, Eiweiß-, d. h. Amminosäure-Peptonfutter aus aufgeschlossenem Horn sowie Leim, Peptid-Peptonfutter aus Fleisch wie das Abderhaldensche „Erepton“. Die totale Fettsynthese aber ist eher möglich, nachdem Connstein und Lüdecke uns im „Protol“ ein synthetisches Glycerin gegeben haben <sup>1)</sup>.

Die Ernährungswirtschaft der nächsten Jahre wird mit Erzeugnissen zu rechnen haben, die aus diesen Gesichtspunkten heraus entstanden sein werden, wenn anders nicht die autarke Versorgung Deutschlands gänzlich aufgegeben werden soll.

Über die wirtschaftliche Bedeutung der Ester im Rahmen der Kriegswirtschaft und der Schritte, die zu ihrer industriellen Herstellung führten, ist das Folgende zu sagen:

Gelegentlich von Versuchen anfangs 1915 über die erweiterte Anwendungsfähigkeit des Fetthärtungskatalysators nach D. R. P. Nr. 312668 hatte ich den Ölsäureäthylester der Härtung unter-

---

<sup>1)</sup> Der Staatssekretär des Reichsernährungsamtes E. Wurm, der als Fachgenosse diesen Fragen näher stand als seine Vorgänger, ist auf Veranlassung des Verfassers der Reesterifizierung von Fettsäuren mit Protol näher getreten, doch mußte die Absicht aus Zucker- und Fettsäuremangel aufgegeben werden.

worfen. Bei einem abgebrochenen Versuch erhielt ich ein schmalzartiges, weißes, nicht unangenehm schmeckendes und riechendes Produkt, mit dem ich im Familienkreise einige Koch- und Backversuche machte. Bemängelt wurde dabei nur ein stearinartiger Nachgeschmack. Die im Sommer 1915 sich später bemerkbar machende Fettnot veranlaßte mich, das Resultat dieser Vorversuche zu einer technischen Fettsynthese auszudehnen. Zweierlei Überlegungen kamen in Betracht: Bei der Raffination der Öle und Fette, die zur Margarine oder sonstigen Speisefetten verwandt werden, fallen je nach der Qualität des Rohmaterials 3 bis 10 Proz., im Durchschnitt 5 Proz. Abfallfettsäuren ab, die neben Schleimstoffen, Verunreinigungen usw. oft noch 30 bis 40 Proz. Neutralfett enthalten. Dieser Raffinationsabfall geht unserer Speisefettilanz verloren, da er als solcher nicht genießbar ist. Durch die Reesterifizierung mit Äthylalkohol oder Glykol konnte man erwarten, ihn mit einer theoretischen Ausbeute von 110 Proz. auf die Fettsäuremenge für Speisezwecke wieder zu gewinnen. Eine weitere Überlegung war die folgende: Zur Herstellung der Textilseifen und Spinnenschmalzen werden die technischen Neutralfette gespalten und auf Olein, Stearin und Glycerin verarbeitet. Für das Stearin war eine so weitgehende Verwendung für technische Heereszwecke wie für Olein und Glycerin nicht zu erwarten und man konnte es also in Form der Ester gleichfalls für Nährzwecke gebrauchen <sup>1)</sup>).

Schließlich war im Jahre 1915 von dem „Protol“-Verfahren noch nichts bekannt und es bestand die Gefahr, daß zur Sicherstellung unserer Munitionsversorgung selbst Speisefette auf Glycerin und Fettsäure gespalten werden müßten. Das wäre ein erheblicher Ausfall für unsere Ernährung gewesen. Diesen Gefahren des Verlustes also oder der Abwanderung von speisefähigen Fetten sollte durch die Synthese der Fettsäureester vorgebeugt werden, wobei die alkoholytische Veresterung der Neutralfette unter Gewinnung einer Glycerinunterlage und von Speiseestern in einem Verfahren als am rationellsten in erster Linie in Betracht kam.

---

<sup>1)</sup> E. Fischer hat vorgeschlagen, Stearin in einer Menge von 25 Proz. den Speisefetten bzw. der Margarine zuzugeben. Die Ausnutzungsversuche des Reichsgesundheitsamtes ergaben ein brauchbares Resultat, jedoch sind die Versuche in dem Gefangenenlager, die mit „Stearinmargarine“ gemacht wurden, doch von einem Resultat gewesen, daß man der Zivilbevölkerung dieses Fett nicht vorgesetzt hat.

Ich schlug daher der Bremer Ölindustrie die synthetische Herstellung eines Kunstspeisefettes aus Abfallsäuren und Äthylalkohol oder eventuell auch Glykol<sup>1)</sup> vor. Diese Idee wurde gern aufgenommen; die aber durch die Beschlagnahme der Öle und Fette (siehe S. 18) hervorgerufene Unmöglichkeit, Rohmaterial zu bekommen, veranlaßte mich, die ganze Frage, über die ich noch einige weitere Versuche gemacht hatte, dem Kriegsausschuß für Öle und Fette zu unterbreiten. Er berief mich in die Ernährungskommission und innerhalb dieser fanden dann alle weiteren Verhandlungen statt.

Der Weg dieser Verhandlungen war lang, denn es dauerte anderthalb Jahre, bis die technische Herstellung in Gang kam. Ich kann mich von jeder prinzipiellen Abneigung gegen planmäßige Wirtschaft und Einordnung des einzelnen unter das Wohl der Gesamtheit freisprechen, aber nichts beweist mehr die bürokratische Unmöglichkeit, Dinge der technischen und wissenschaftlichen Initiative im kommissionell-parlamentarischen Wege zu lösen, als die Tatsache, daß über die Entscheidung dieser Frage anderthalb Jahre langwieriger Auseinandersetzungen und Verschleppungen vergangen sind. Als man schließlich in einem Momente der drohendsten Not (Frühjahr 1917) innerhalb vier Wochen die Fabrikation tant bien que mal anordnete, war die zur Verfügung stehende Rohstoffmenge ein Bruchteil dessen, was man 1915/16 hätte verarbeiten können.

Nachdem die Ernährungskommission des Kriegsausschusses in ihrer Sitzung vom 20. November 1915 sich prinzipiell bereit erklärte, die Frage der Esterherstellung und ihre Verwendung als menschliches Speisefett zu bearbeiten, wurden von mir im Physiologischen Institut die notwendigen Ausnutzungsversuche mit reinen Äthylestern und Gemischen mit Talg gemacht. Diese ergaben ein so günstiges Resultat (vgl. Abschnitt II), daß nunmehr die Frage der technischen Veresterung in Bearbeitung genommen werden konnte (vgl. Abschnitt III). Nachdem auch diese Versuche ein brauchbares Esteröl, sowie eine genußfähige Margarine ergeben hatten, wurde in der Sitzung der Ernährungskommission

---

<sup>1)</sup> Ich folgte hierbei einer Anregung meines verehrten Lehrers, Herrn Prof. Cremers, der im Phlorhizindiabetes schon Glykoldiacetat an Hunde verfüttert hatte. Vgl. Dissertation Dobrindt der Tierärztlichen Hochschule Berlin.

vom 21. Januar 1916 beschlossen, da damals monatlich noch 1000 Tonnen Fettsäuren zur Verfügung standen, die Bekömmlichkeit in Dauerversuchen in Gefangenenlagern auszuprobieren. Trotz meines Drängens, diese Margarine im Großbetrieb herzustellen, konnte sich der Kriegsausschuß dazu noch nicht entschließen, so daß die notwendige Margarine (etwa 600 kg) zum größten Teil portionsweise im Laboratorium hergestellt werden mußte. Daß dies nachteilig für Qualität und Ausbeute sein mußte, ist wohl jedem Fachmanne klar. Die Gefangenenlagerversuche ergaben — trotz teilweiser Beanstandungen des Geschmacks — dennoch ein solches Resultat, daß in der Sitzung der Ernährungskommission vom 16. Mai 1916 nunmehr der Beschluß der fabrikmäßigen Herstellung gefaßt werden konnte. Das Kriegsministerium, Abteilung Gefangenenernährung, gab den Auftrag, für seine Vierteljahrsquote von 300 Tonnen Margarine eine Streckung von 20 Proz. Estern vorzunehmen, so daß die Produktion von 80 Tonnen Esteröl nötig wurde. Der Kriegsausschuß übernahm die Garantie für den Umbau von den in den Bremen-Besigheimer Ölfabriken vorhandenen Anlagen zu Veresterungszwecken, aber diese zog sich monatelang hin, so daß es nötig wurde, die Veresterung anderweitig vorzunehmen. Die Firma de Haen-Hannover verfügte über brauchbare Anlagen, der dort hergestellte Rohester wurde in Bremen raffiniert und in der Margarinefabrik „Berolina“-Berlin-Lichtenberg auf Margarine verarbeitet.

Das nunmehr endlich fabrikmäßig hergestellte Esteröl war von so guter Beschaffenheit und wurde in der „Berolina“ so sorgfältig verarbeitet, daß Klagen nicht laut wurden. Durch die Verzögerung aber in der Andienung des nötigen Alkohols zog sich die Ablieferung bis Anfang 1917 hin.

In allen vorerwähnten Versuchen handelte es sich nur um die Veresterung von Fettsäuren, und zwar im wesentlichen Fettsäuren der Speiseöl- und Fettraffination. Schon im Laufe des Jahres 1916 war die Frage der Neutralfettveresterung im Kreise der Kommission ventiliert worden, aber sie konnte mit Rücksicht auf die in Aussicht genommene Inbetriebsetzung der Protolglycerinherstellung zurückgestellt werden. Maßgebend war hierbei die Überlegung, daß man gutes Speiseneutralfett nur im äußersten Falle spalten wollte und gegen die Verwendung von aus technischem Neutralfett hergestellten Estern von seiten des Reichs-



gesundheitsamtes, das im ganzen der Verwendung von Esteröl zu Speisezwecken nicht gewogen war, hygienische Bedenken aus § 11 des Nahrungsmittelgesetzes geäußert wurden. Die Inbetriebsetzung der Protolfabriken verzögerte sich aber um Monate, die Glycerinnot drohte akut zu werden und so begann man auch der fabrikmäßigen Veresterung von Neutralfetten mit der Absicht, so Speiseester und Glycerin zu gewinnen, näher zu treten. Wie aus dem Abschnitt über die technische Veresterung hervorgeht, hatte die Notwendigkeit, möglichst ohne Umbau mit vorhandenen Apparaten auszukommen, dazu geführt, auf die Verwendung von Salzsäure bei der fabrikmäßigen Veresterung zu verzichten. Die Veresterung der Neutralfette mit Schwefelsäure aber ergab in der Glycerinunterlage eine beträchtliche Menge von Schwefelsäureäthylester und auch sonst so viel Schwierigkeiten, daß die Aufbereitung der Unterlaugen in den Fabriken nur 50 Proz. der theoretischen Glycerinausbeute ergab (gegen 90 Proz. im Laboratoriumsversuch bei Salzsäure). Man hätte also erheblich mehr Speisefett verestern müssen, um den notwendigen Glycerinausfall zu erzielen. Dazu konnte man sich nicht entschließen, vielmehr sollte dann in der gewohnten Weise gespalten und die Fettsäure darauf verestert werden.

Inzwischen war es durch geeignete Dispositionen des Kriegsausschusses und durch die Inbetriebnahme der Protolfabriken, sowie durch deren Ausbeutesteigerung gelungen, die Glycerinknappheit zu umgehen. Die Neutralfettveresterung, soweit sie Speisefette betraf, war erledigt, dagegen beschloß der wissenschaftliche Ausschuß des Kriegsausschusses auf Grund der günstigen Gefangenenlagerergebnisse mit 200 Tonnen 20proz. Estermargarine<sup>1)</sup>, am 10. Januar 1917, die Estermargarine auch für die Zivilbevölkerung einzuführen.

Wieder entstanden zwischen Beschluß und Ausführung eine Fülle von Schwierigkeiten und Bedenken. Ich habe mich damals von der Auffassung nicht ganz frei machen können, daß von irgend einer Seite eine Verschleppung beabsichtigt war. Der notwendige Alkohol war nicht zu beschaffen, obwohl zu gleicher Zeit niemand etwas mit dem Protolsprit anzufangen wußte. Der Umbau in

---

<sup>1)</sup> Dies waren 5 Proz. der Gesamtmargarineerzeugung für Gefangene.

Bremen ging nicht voran — kurz, als am 8. März die Ernährungs-kommission erneut zusammentrat, war der Beschluß vom 10. Januar noch nicht einen Schritt der Erfüllung näher. Da nahm sich der Kommissar des Kriegsamtes, Major v. Weinberg, der Sache an: in einer Sitzung im Kriegsernährungsamt am 26. März wurden endlich die notwendigen Rohstoffe freigegeben. Die Reichsbranntweinstelle gab ab 1. April 1917 monatlich 800 hl vergällten Alkohol frei <sup>1)</sup>, desgleichen die Kriegsrohstoffabteilung monatlich 12 Tonnen arsenfreie konzentrierte Schwefelsäure.

Damit war nun endlich die Zeit der schwebenden Verhandlungen vorüber. Am 24. April wurde die erste 10-Tonnen-Charge in der Bremen-Besigheimer Ölfabrik verarbeitet — die Fabrikation im großen war begonnen. Über die Produktion war folgendes Programm aufgestellt worden: Unter Zugrundelegung einer monatlichen Belieferung der Margarineindustrie mit 4000 Tonnen sollte die Margarine mit 10 Proz. Esteröl im Kirnansatz gestreckt werden. Das bedeutete eine monatliche Fabrikation von 400 Tonnen Esteröl. Dazu waren, wie oben schon angegeben, 800 hl Alkohol nach den bisherigen Versuchen nötig.

Das Programm ist nie eingehalten worden. Der Kriegsausschuß bezog die 10 Proz. später nur auf die flüssigen Öle, die im Kirnansatz enthalten sind, so daß, da im Sommer das Verhältnis der Hartfette zu den Ölen in der Margarine wie 6:4 ist, nur noch 160 Tonnen Esteröl nötig gewesen wären. Aber auch diese Produktionszahl ist nie erreicht worden. Der Bedarf der Heeresverwaltung zog für Leder- und Textilindustrie immer mehr Fettsäuren an sich, so daß im ganzen im Monatsdurchschnitt nur 70 Tonnen verarbeitet worden sind.

---

<sup>1)</sup> Da es ein Widersinn war, für Speisezwecke den Brantwein erst zu vergällen, so stellte der Kriegsausschuß durch Vermittelung des Kriegs-ernährungsamtes beim Reichsschatzamt den Antrag, die auf unvergällten Alkohol gelegte Steuer nachzulassen. Die diesbezügliche Bundesratsverordnung wurde am 28. Juni 1917 erlassen (R. G. Bl., S. 563). Sie lautet: Bis auf weiteres darf nach näherer Bestimmung des Reichskanzlers an einzelne Betriebe Brantwein zur Herstellung von Fettsäureestern für Kunstspeisefette ohne Vergällung steuerfrei mit der Maßgabe abgelassen werden, daß die Verbrauchsabgabe erlassen und die Betriebsaufgabe zum Satze für vollständig vergällten Brantwein vergütet wird. Die Direktivbehörde hat die geeigneten Aufsichtsmaßnahmen anzuordnen. (Vgl. auch: Denkschrift über wirtschaftliche Maßnahmen aus Anlaß des Krieges. 11. Nachtrag, S. 110.)

## Menge der hergestellten Speiseester 1917/18.

1917	kg	1918	kg
Mai . . . . .	59 147,0	Januar . . . . .	48 202,0
Juni . . . . .	112 561,5	Februar . . . . .	26 481,5
Juli . . . . .	38 515,5	März . . . . .	107 712,0
August . . . . .	148 016,0	April . . . . .	77 333,0
September . . . . .	73 035,0	Mai . . . . .	102 972,0
Oktober . . . . .	65 494,5	Juni . . . . .	42 879,0
November . . . . .	77 657,0	Juli . . . . .	57 917,0
Dezember . . . . .	90 337,0	August . . . . .	115 033,0
		September . . . . .	3 574,0
		Oktober . . . . .	21 906,5
Zusammen	664 763,5	Zusammen	604 010,0

1917 . . . . . 664 763,5 kg

1918 . . . . . 604 010,0 „

Zusammen . . . . 1 268 773,5 kg

Diese insgesamt vom Mai 1917 bis Oktober 1918 hergestellten 1268 Tonnen Esteröl verteilen sich monatlich, wie nachfolgende Tabelle zeigt. Zugleich ergibt sich die entsprechende monatliche Gesamtzuteilung, sowie der Prozentsatz, den die Ester an dieser Gesamtzuteilung darstellen.

## Esteröl- und Gesamtzuteilung an die Margarineindustrie.

	Gesamtöle u. Fette Tonnen	Ester Tonnen	Proz.
1917 Mai . . . . .	3 064	59	1,9
Juni . . . . .	1 685	112,5	6,6
Juli . . . . .	1 168	38,5	3,3
August . . . . .	3 194	148,0	4,7
September . . . . .	3 110	73	2,3
Oktober . . . . .	5 429	65	1,4
November . . . . .	4 476	77,6	1,8
Dezember . . . . .	3 460	90	2,7
1918 Januar . . . . .	4 497	48	1,0
Februar . . . . .	4 379	26	0,6
März . . . . .	3 928	107,7	2,7
April . . . . .	3 052	77	2,5
Mai . . . . .	2 428	102,9	4,2
Juni . . . . .	2 022	42,8	2,0
Juli . . . . .	2 065	57,9	2,7
August . . . . .	3 677	115,0	3,1
September . . . . .	5 550	3,5	0,06
Oktober . . . . .	5 579	21,9	0,4
Zusammen	61 863	1266	2,05

Die Esterproduktion hat also eine rund 2proz. Verstärkung unserer Speisefettbilanz bewirkt. Sie ist von der gleichen Größenordnung wie die Ausbeute an Fett aus der Knochenverarbeitung.

Die allgemein-wirtschaftliche Bedeutung der Speiseester ist damit gekennzeichnet. Wie aber war ihre Betriebswirtschaftlichkeit?

Die ursprünglich maßgebliche, rein privatwirtschaftliche Kalkulation war die folgende: Die Preisspanne zwischen Neutralfett und dazu gehöriger Fettsäure betrug im Frieden durchschnittlich 25 bis 30  $\mathcal{M}$  pro 100 kg. Es mußten also, da man das Esteröl als Speisefett nicht dem natürlichen Öl der gleichen Provenienz im Preise gleichsetzen konnte, die Fabrikationskosten + Gewinn nicht mehr als höchstens 18 bis 23  $\mathcal{M}$  betragen. Im Herbst 1915 hatten die Preise schon bedeutend angezogen. Eine damals aufgestellte Kalkulation ergab das folgende Bild:

Alkoholverbrauch 20 Proz. . . . .	22,— $\mathcal{M}$
Salzsäure (1,2 kg) . . . . .	2,— „
Raffinieren . . . . .	6,— „
Generalunkosten . . . . .	5,— „
Lizenz . . . . .	2,— „
Fett- und Alkoholverlust je 5 Proz. . . . .	16,25 „
	<hr/>
	53,25 $\mathcal{M}$
5 Proz. Mehrausbeute durch Äthylgruppe etwa —	12,50 „
Annähernde Unkosten . . . . .	40,75 $\mathcal{M}$
Fettsäure angenommen mit . . . . .	215,— $\mathcal{M}$
Unkosten . . . . .	40,75 „
	<hr/>
Speiseester . . . . .	255,75 $\mathcal{M}$

Durch die schon erwähnte Preispolitik des Kriegsausschusses (vgl. S. 18) war eine solche Kalkulation hinfällig geworden. Bewertete er doch im Durchschnitt die technischen Fettsäuren um fast 80 Proz. höher als die Speisefette. Es blieb daher nichts anderes übrig, als eine Lohnfestsetzung für die Veresterung vorzunehmen, wie diese ja auch für die Extraktion, Raffination und Härtung bestand.

Die Ester, die von de Haen für das Kriegsministerium hergestellt wurden, brachten einen Lohn von 41  $\mathcal{M}$  pro 100 kg Rohester. Dazu kam noch der Raffinationslohnsatz der Rohester zu Speiseester von seiten der Bremen-Besigheimer Ölfabriken, der damals etwa 10 bis 12  $\mathcal{M}$  betrug.

Für die Ester aber, die ab Mai 1917 die Bremen-Besigheimer Ölfabriken selbst herstellten und raffinierten, wurde vom Kriegsausschuß zunächst ein Lohnsatz von 30  $\mathcal{M}$  pro 100 kg abgeliefertes Esteröl bewilligt. Darin waren enthalten: Esterifizierungs-, Raffinations- usw. Unkosten sowie Lizenzgebühren, dagegen nicht die Kosten von Alkohol und Schwefelsäure. Diese wurden vom Kriegsausschuß getragen. Der von der Reichsbranntweinstelle festgesetzte Preis im März 1917 betrug 115  $\mathcal{M}$  pro Hektoliter vergällten Spirit einschließlich Vergällungsgebühr. Wie weit später mit steigenden Löhnen und Kohlen- usw. Unkosten der Lohnsatz für das Esteröl gestiegen ist, ist mir nicht bekannt geworden.

Ein Bild der technischen Rentabilität ergibt sich aus folgenden Angaben:

Bis zum 7. August waren 1 499,803 Tonnen Rohfettsäuren verestert worden. Dazu waren verwandt worden:

Alkoholverbrauch: 361,424 Tonnen Spirit (93 bis 94 Proz.) = 24,1 Proz.<sup>1)</sup>.

Auf die beiden Betriebsjahre verteilt ergibt sich folgendes Bild:

	Mai-Dezember 1917		Januar-August 1918	
	kg	Proz.	kg	Proz.
Rohfettsäure . . . . .	697 803	—	802 000	—
Alkohol . . . . .	200 424	—	161 000	—
Esteröl . . . . .	561 169	80,42	637 500	79,49
Technisches Öl . . . . .	5 460	0,78	14 000	1,75
Zurückgewonnene Esterfettsäuren	117 138	16,79	133 000	16,58
	683 767	97,99	784 500	97,82
Verlust . . . . .	14 036	2,01	17 500	2,18

Der Alkoholverbrauch im Betriebsjahre 1918 betrug im Gesamtdurchschnitt 22,15 Proz., während er 1917 etwa 31 Proz. betragen hatte, allerdings wurden im zweiten Jahre bedeutend weniger feste Fettsäuren, wie Stearinsäure verarbeitet. Über die Einzelergebnisse bei den Bremen-Besigheimer Ölfabriken im Jahre 1918 vergleiche die folgende Tabelle:

<sup>1)</sup> Auf Rohfettsäuren bezogen.

## Verarbeitung von Fettsäuren auf Äthylester 1918.

Rohfettsäure		Ergebnis nach Aufarbeitung				
Menge kg	Qualität	Fertiges Esteröl	Ester- Fettsäure	Techn. Öl	Verlust	Spritver- brauch
17 357	Stearin	raff. 10 566	5 170	80	241	5 622
48 856,5	Rüböl	roh 38 840	} 5 581	81	1 179,5	12 542,5
		raff. 10 201				
72 234	Rüböl	} „ 53 983	16 334,5	663,5	1 092	17 590
5 170	Stearin					
35 299,5	Haselnußöl	„ 33 837	5 451	201	741,5	7 794
59 497	Div. Ölfettsäuren	„ 33 670	12 926	1 303	870	13 085
80 919,5	Rüböl	„ 67 802	20 241,5	1 077	2 436	18 432,5
128 822	Div. Ölfettsäuren	„ 100 407	21 268,5	1 698,5	3 368	29 866
112 893,5	Rüböl	„ 31 916	} 14 782,5	3 954,5	2 235,5	23 978
		roh 64 350				
114 235,5	Rüb- u. Sonnen- blumenöl	„ 86 930	} 4 594	3 154,5	2 618	21 506,5
		raff. 13 294				
53 492,5	Rüböl	„ 38 124	12 154	1 140,5	1 154	10 610
20 840,5	Rohester	„ 13 617	4 163	91,5	469	—
53 940,5	Rohester	„ 39 996	10 231,5	258	1 255	—
803 558,0						
1 815	Vorlauf					
801 743		637 533	132 847,5	13 703	17 659,5	161 066,5

Die hier aus den offiziellen Zahlen sich ergebende Ausbeute beträgt also nur rund 98 Proz. gegen 110 Proz. der Theorie bei 100proz. Fettsäuren und eine Laboratoriumsausbeute von 105 bis 106 Proz. bei 98- bis 99proz. Fettsäuren. Dieses Bild mußte sich aber in der Praxis ändern, weil die „Raffinationsfettsäuren“ oft bis 45 Proz. Neutralfett enthalten und daher so hohe Ausbeuten gar nicht geben können. Weiter kommt hinzu, daß die von mir vorgesehene Alkoholregeneration trotz meines Drängens erst auf nachdrückliches Einschreiten der Reichsbranntweinstelle Ende 1917 eingeführt wurde. Bis dahin wurde der zur Veresterung notwendige Überschuß an Alkohol, der nicht in Form der Äthylgruppe chemisch gebunden wurde — ausgewaschen, und da die dünnen, sprithaltigen Waschwässer eine Rektifikation schon des Kohlenverbrauches wegen nicht lohnten — in den Kanal gegossen. Darin waren aber immer ein paar Prozente namentlich der

niederer Ester gelöst. Nach Einführung der Alkoholregeneration betragen übrigens die Verluste an Alkohol unter 5 Proz. der angewandten Menge.

Die Frage der Glykolester hat während des Krieges nie wirtschaftliche Bedeutung annehmen können, da das nötige Glykol, das die Th. Goldschmidt-A.-G. aus Kohle liefern sollte, nie zur Verfügung stand. Es aber aus Alkohol zu machen, wäre trotz der Vorteile der Glykolester in physikalischer, geschmacklicher und geruchlicher Beziehung unrentabel gewesen. In physiologischer und technischer Beziehung wurden sie aber dennoch in den Kreis der Bearbeitung gezogen, namentlich als sich gewisse Mängel der Äthylester auf die Dauer stärker bemerkbar machten. Diese „schlagen“ nämlich nach der Raffination kurze Zeit „um“, d. h. ihr charakteristischer Geschmack und Geruch kommt bei längerem Lagern, namentlich nach schlechter Raffination und Verarbeitung wieder hervor. Gut arbeitende Margarinefabriken, wie z. B. die „Berolina“ in Berlin-Lichtenberg, haben tadellose Produkte herausgebracht, auch noch, als die Qualität der anderen Rohstoffe sank. Als aber eine größere Zahl von Fabriken das „Esteröl“ verarbeiteten und dasselbe manchmal bis zur Verarbeitung länger lagern ließen, wurden häufiger Klagen laut. Die Margarinefabrikanten beanstandeten das Esteröl, das zum überwiegenden Teil aus Rübölfettsäureestern bestand, mit dem Bemerkung, daß sich aus ihm keine wohlschmeckende Margarine herstellen lasse. Da die Ergebnisse der „Berolina“ dagegen sprachen, wurde schon im Jahre 1917 beschlossen, unter strengster Beaufsichtigung durch die Margarinekommission des Kriegsausschusses in den Margarinefabriken von den Bergh-Cleve, Jürgens & Prinzen-Goch, Petersen-Delmenhorst und „Berolina“-Berlin-Lichtenberg Probekirnen herzustellen mit je 10 Proz. und 20 Proz. Esteröl und diese auf Haltbarkeit und Geschmack zu prüfen. Als Material wurden überall die gleichen Rohstoffe genommen, wie aus den Kirnansätzen hervorgeht (sämtlich aus den Bremen-Besigheimer Ölfabriken stammend):

	Kirne I	Kirne II
Esteröl . . . . .	10 Proz.	20 Proz.
Raffiniertes Rüböl . . . . .	30 „	17 „
Sesamöl . . . . .	8 „	7 „
Feintalg . . . . .	10 „	10 „
Gehärtetes Öl . . . . .	42 „	46 „

Das Esteröl war klar, aber von brauner Farbe, mit dem charakteristischen Geschmack der Ester, sonst aber den Anforderungen entsprechend. Das raffinierte Rüböl war hell und von gutem Geschmack. Das gehärtete Öl, das bei der Abnahme in Bremen schön weiß war, zeigte nach einigen Tagen schon einen gelblichen Ton, ebenso ließ der Geschmack nach. Der Feintalg war von mittlerer Qualität und schwach talgigem Geschmack. Jede Kirne im Gewicht von 1000 kg wurde mit 2000 Liter Magermilch vom Säuregrad 47 und 50 kg Ansatzmargarine verkirnt, vor der Passage durch die Mischmaschine noch durch Zusatz von Magermilch (etwa 6 Proz.) auf 20 Proz. Wassergehalt abgerichtet und im ganzen 5 Proz. Kochsalz zugegeben. Jede Fabrik arbeitete nach der bei ihr üblichen Methode.

Von den fertigen Kirnen wurden 10-Pfund-Kübel und Pfund-Würfel als Proben entnommen, verpackt und versiegelt und in den Kühlräumen der „Berolina“ jeweils ein Teil bei verschiedenen Temperaturen, und zwar bei 6 bis 8° C aufbewahrt.

Nach etwa ein, zwei und drei Monaten wurden durch die Herren der Kommission Kostproben entnommen. Die Proben mit 20 Proz. Esteröl zeigten einen eigentümlichen grüngrauen Schimmel. Sämtliche Proben schmeckten mehr oder weniger stark nach Esteröl. Die Kostprobenkontrolle ergab folgende Resultate:

als gut (noch brauchbar) . . . . .	23 Proben
eben noch genießbar . . . . .	11 „
nicht mehr konsumfähig . . . . .	25 „
	59 Proben

Der zweite Teil der Versuche wurde mit vier bis fünf Monate gelagertem Esteröl vorgenommen, um den Einfluß des Lagerns einwandfrei zu ermitteln. Die Kirnen hatten folgenden Ansatz:

	Kirne I	Kirne II
Esteröl . . . . .	10 Proz.	20 Proz.
Raffiniertes Rüböl . . . . .	38 „	24 „
Feintalg . . . . .	10 „	10 „
Gehärtetes Öl . . . . .	42 „	46 „

Die Probekirnen wurden in der gleichen Weise wie bei der ersten Versuchsreihe hergestellt. Das Esteröl hatte nachgedunkelt, aber war im Geschmack nicht verändert. Aufbewahrung und



Probeentnahme erfolgte ebenfalls in voller Analogie zur ersten Versuchsreihe. Die Kostproben ergaben folgende Resultate:

in verhältnismäßig gutem Zustande . . . . .	13	Proben
eben noch genießbar . . . . .	15	„
nicht mehr konsumfähig . . . . .	30	„
	<hr/>	
	58	Proben

Die Zusammenfassung der Probenkontrolle beider Versuchsreihen ergibt folgendes Resultat:

brauchbar . . . . .	36	Proben
eben noch genießbar . . . . .	26	„
nicht mehr konsumfähig . . . . .	48	„
	<hr/>	
	110	Proben

Die Bezeichnung „gut“ ist mit der Einschränkung zu verstehen, als aus den verwendeten Probematerialien überhaupt ein einwandfreies Produkt im Sinne der normalen Beurteilung nicht zu erzeugen ist. Bei allen Proben machte sich der eigentümliche Geschmack des Esteröls bemerkbar, auch beim Ausschmelzen der Margarine und in den damit zubereiteten Speisen (geröstete Kartoffeln, Gemüse, Tunken) war er unverkennbar, häufig auch verstärkt unangenehm vorhanden.

Demnach gelang es trotz aller bei der Herstellung und Aufbewahrung angewandten Sorgfalt nicht, den unerwünschten Geschmack und Geruch des Esteröls zu beseitigen. Bezüglich der Haltbarkeit waren Beanstandungen gegenüber gewöhnlichen Proben nicht zu erheben, im Gegenteil fiel auf, daß auch die älteren, bei höheren Temperaturen aufbewahrten Proben nur ganz vereinzelt ranzig schmeckten.

Diese Ergebnisse und vor allem die Notwendigkeit, im Sommer 1918 den Rest der Fettsäuren für militärische Leder- und Tuchfabrikation heranzuziehen, machte der Esterfabrikation im Oktober ein Ende. Nach dem politischen Umsturz ist sie nicht wieder aufgenommen worden.

## II. Physiologischer Teil.

---

### 1. Theoretisches aus der Lehre von der Fettresorption.

Es kann nicht die Aufgabe dieser Arbeit sein, die Frage der ernährungsphysiologischen Bedeutung der Fette und ihrer Resorption in extenso im Rahmen unserer gesamten Stoffwechseltheorie darzustellen. Die Problemstellung für meine Versuche ging ja von der rein praktischen Frage aus: Können Fettsäureäthyl- bzw. -glykolester die sonst üblichen Glycerinneutralfette vertreten und ersetzen? Dieses Problem unterteilt sich in die Fragen: 1. Wieviel von dem als Nahrung eingeführten synthetischen Ester werden vom Körper ausgenutzt, d. h. im Magendarmkanal resorbiert? und 2. Welche kalorische Bedeutung hat das resorbierte Fett? Diese zweite Frage mußte infolge des Fehlens eines Tierkalorimeters und eines Respirationsapparates in unserem Institut zurückgestellt werden<sup>1)</sup>. Sie war auch sekundär, da nach einer einmal bewiesenen Resorption nach allen unseren Erfahrungen anzunehmen ist, daß die resorbierten synthetischen Fettstoffe nach Maßgabe ihres Brennwertes in der Energiebilanz verwertet werden. Auch die Tatsache einer Gewichtszunahme der Versuchspersonen sprach dafür. Dennoch ergeben sich aber für die Theorie des Stoffwechsels und speziell der Fette aus meinen Versuchsergebnissen einige Hinweise, so daß sie hier ganz kurz erörtert werde.

Die primitivste Betrachtung des Stoffwechsels, d. h. der Aufnahme von Nahrungsstoffen durch den Organismus und ihre Verwertung erfolgt in Form einer Stoffwechsel„bilanz“. Auf der einen Seite werden die verschiedenen Nahrungsstoffe innerhalb der drei Kategorien Eiweiß, Fette, Kohlehydrate, nach quantum und quale rubriziert, als Aufnahme gebucht, während auf der anderen Seite aus den Exkrementen des Körpers diejenigen

---

<sup>1)</sup> Die Apparatur wurde erst Ende 1918 geliefert.

Mengen bestimmt werden, die der Resorption in Darm und Zellen entgangen sind. Die Differenz von Einnahme und Ausgabe gibt die Ausnutzung, die meistens prozentisch ausgedrückt wird.

Eine erweiterte Betrachtung geht von der Anschauung aus, den menschlichen und tierischen Organismus als kalorische Maschine aufzufassen, dessen gesamte äußere und Erhaltungsarbeit aus dem Brennwert des zugeführten Stoffes gedeckt wird. Die Gegenüberstellung der zugeführten Wärmemengen und der geleisteten Arbeit ergibt die Energiebilanz, die, da sie in Kalorien gemessen wird, mit Hilfe des Kalorimeters bestimmbar ist. Aus dieser Anschauung heraus fand Rubner ein wichtiges Gesetz: daß sich die einzelnen Nährstoffkategorien nach Maßgabe ihres physiologischen<sup>1)</sup> Brennwertes vertreten können: die Isodynamie der Nahrungsstoffe. Diese Isodynamik ist kurz auszudrücken durch die Proportion:

$$\text{Kohlehydrat:Fett:Eiweiß} = 4,2:9,3:4,1 \text{ Kal.}$$

Diese beiden Betrachtungen sagen aber nichts aus über den Chemismus der Resorption. Das von mir beigebrachte Material ist in dieser Beziehung noch sehr ausbeutungsfähig, ich muß mir aber vorbehalten, in späteren Arbeiten darauf zurückzukommen.

Zur Erklärung des Resorptionsprozesses der Fette sind zwei Theorien aufgestellt worden:

### 1. Die korpuskuläre Theorie.

Die Sekrete des Pankreas, die fettspaltende Fermente enthalten, verseifen die Nahrungsfette zu einem gewissen Teil, die in der alkalischen Reaktion des Darmes sich bildenden Seifen emulgieren mit Hilfe der Gallensekrete das übrige Fett und diese Emulsion gelangt durch die Darmwand zur Resorption<sup>2)</sup>.

Dieser Anschauung, die heute allgemein, trotz der Ausführungen A. Jolles<sup>3)</sup> verlassen ist, steht

---

<sup>1)</sup> Dieser ist verschieden vom physikalischen Brennwert bei Eiweiß, da letzteres ja nicht total verbrannt wird, sondern als Endprodukt noch Harnstoff ergibt, dessen Bildungswärme also vom totalen Brennwert des Eiweißes für physiologische Betrachtungen abzurechnen ist.

<sup>2)</sup> I. Munk, Centralbl. f. Physiologie 14, 121 (1900).

<sup>3)</sup> Chemie der Fette (Straßburg 1912), S. 81.

## 2. die hydrolytische Spaltungstheorie

gegenüber. Sie geht aus von der einheitlichen Auffassung aller Verdauungsvorgänge, wonach kolloide Körper — und eine fein verteilte Fettemulsion ist ja ein solcher — tierische Membranen nicht zu passieren vermögen. Infolgedessen stellen alle Verdauungsvorgänge einen Abbau kolloider Stoffe zu kristalloid gelösten dar. Pflüger<sup>1)</sup> hat hauptsächlich diese Anschauung vertreten: „Alle Verdauung ist Hydrolyse, alle Resorption Hydrodiffusion.“ Im Sinne dieser Anschauung werden also im Magendarmkanal die Fette durch die Einwirkung der Magen-, Pankreas- und Gallensekrete in Seifen und Glycerin aufgespalten und in wässriger Lösung von der Darmwand resorbiert. Die Emulgierung hat nur den Zweck, durch Erhöhung der Oberfläche und feinere Verteilung den Fermenten den Eingang zu erleichtern (vgl. S. 72). In der Darmwand selbst oder kurz hinter derselben treten die Komponenten unter der Wirkung von Esterasen zum Teil wieder zusammen und werden durch den Lymphstrom dem Blute zugeführt. Die synthetisierende Wirkung der Darmschleimhaut ist von Ewald<sup>2)</sup> und Hamsik<sup>3)</sup> durch Zusammenbringen von Seifen bzw. Ölsäure und Glycerin *in vitro* nachgewiesen worden, doch hat man später Bedenken gegen die Richtigkeit der Ergebnisse vorgebracht. Munk<sup>4)</sup> verfütterte freie Fettsäuren und fand im Chylus relativ viel Neutralfett, aber wenig freie Fettsäure. Auch aus den Versuchen von O. Frank<sup>5)</sup>, die zeitlich vor Pflüger liegen, von denen weiter unten noch ausführlicher die Rede sein wird, ist eine Bestätigung der Spaltung abzuleiten. Er verfütterte Fettsäureäthylester (speziell Stearin- und Palmitinsäureester) und konnte im Chylus keinen Ester, wohl aber die verfütterten Fettsäuren als Glyceride nachweisen. Aus dem Blute werden die resynthetisierten Neutralfette zum Teil im Körper in den Fettzellen abgelagert, um sie bei Bedarf des Körpers heranziehen zu können, zum Teil tritt ein weiterer Prozeß ein.. Wir sehen, daß innerhalb gewisser Grenzen jede Tiergattung ihr

1) Archiv LXXXV, S. 1. Vor ihm hat Hermann, nach ihm Abderhalden zur Stützung dieser Anschauung beigetragen.

2) Arch. (Anat. u.) Physiol. 1883, Suppl., S. 302.

3) Zeitschr. f. physiol. Chemie 59, 1 (1909).

4) Du Bois' Archiv 1890, S. 328 u. 581.

5) Zeitschr. f. Biologie 36, 568 (1898).

spezifisches Fett hat: Schweine-, Gänse-, Katzen- usw. Fett. Das bedeutet einen Abbau der Nahrungsbausteine bis zu solchen Bruchstücken, daß der Provenienzcharakter zerstört wird. Dann erst setzt die Synthese zum arteigenen Körperfett ein: Abderhalden und Brahm<sup>1)</sup>.

Auf der anderen Seite aber beobachten wir bei einer Darreichung von den Energiebedarf beträchtlich übersteigenden Fettmengen eine Ablagerung des Futterfettes als solches im Organismus des Verzehrers. Bekannt ist aus der allgemeinen Erfahrung der unangenehme Maisölgeschmack des amerikanischen Schweinespecks bei Maismast, desgleichen der Fischtrangeschmack der mit Fischen gemästeten Schweine. Besonders markant aber sind diese Erscheinungen durch eine Reihe von Versuchen geworden, bei denen man „dem Fett einen Paß auf den Weg gegeben hat“. So wurden von Radzjiewski<sup>2)</sup> und Minkowski<sup>3)</sup> Erucasäure, von Lebedeff<sup>4)</sup> und Munk<sup>5)</sup> Hammeltalg, von Salkowski Sesamöl und von Winternitz<sup>6)</sup> das besonders markante, weil total körperfremde Jodipin benutzt. Bei allen diesen Versuchen ließ sich eine Deponierung des artfremden Fettes in den Fettzellen nachweisen. Bei Hunger jedoch werden diese Depots aus körperfremden Fetten zuerst angegriffen, wie v. Leube<sup>7)</sup> nachwies.

Diese artfremden Fette, die zum Teil ein abweichendes physikalisches Verhalten gegenüber dem Körperfett des Versuchstieres zeigen, leiten über zu einer Frage der Fettresorption, die für die Auswahl von Fetten zu Ernährungszwecken von ausschlaggebender Bedeutung ist: Sind alle Fette gleich verdaulich, d. h. nutzt der Organismus alle Fette gleichmäßig aus?

Wie wir aus der allgemeinen instinktiven Erfahrung wissen, nehmen wir Nahrungsfette um so leichter auf und nützen sie dementsprechend aus, je niedriger ihr Schmelzpunkt ist (Hammeltalg — Butterfett). Munk<sup>8)</sup> hat die obere Grenze der Resorbierbarkeit bei einem Schmelzpunkt von 53° angegeben: Hammeltalg mit dem

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. physiol. Chemie **65**, 330 (1910).

<sup>2)</sup> Virchows Archiv **43**, 268 (1871); **56**, 211 (1874).

<sup>3)</sup> Tierchemie **XVI**, 42 (1887).

<sup>4)</sup> Pflügers Archiv **31**, 11 (1883).

<sup>5)</sup> Virchows Archiv **80**, 10 (1880).

<sup>6)</sup> Zeitschr. f. klin. Medizin **56**, 80; 25. Kongreß f. inn. Medizin 1906, S. 529.

<sup>7)</sup> 13. Kongreß f. inn. Medizin 1895, S. 418.

<sup>8)</sup> Zentralbl. f. d. med. Wiss. 1888, Nr. 41.

Schmelzpunkt 49 bis 51° wird noch, wenn auch ungünstig, ausgenutzt, Wollfett vom Schmelzpunkt 53 bis 56° dagegen nicht mehr. Der Organismus selbst zeigt die Tendenz, durch eine Beimengung von Körperfett den Schmelzpunkt herabzudrücken: so fand Frank in den schon früher erwähnten Versuchen, daß die Fettsäuren des Chylusfettes nach Verfütterung von Palmitinsäureestern unter dem Schmelzpunkt der Palmitinsäure schmolzen. Damit parallel geht schon innerhalb des Darmkanals eine Selektion der flüssigen Fette aus dem Nahrungsfett, denn der Schmelzpunkt der Kotfettsäure ist fast regelmäßig höher als der des verfütterten Fettes: die niedriger schmelzenden werden schneller und leichter resorbiert (vgl. meine Versuchstabellen).

Arnschink<sup>1)</sup> hat folgendes Schema der Ausnutzungsquoten gegeben:

	Ausnutzung
1. Gruppe: Schmelzpunkt unter Körpertemperatur: Butter-, Gänse- und Schweinefett	97 bis 98 Proz.
2. Gruppe: Schmelzpunkt wenig über Körpertemperatur: Hammel- und Rindertalg . .	89 „ 93 „
3. Gruppe: Schmelzpunkt wesentlich über Körpertemperatur: Stearin . . . . .	86 „ 91 „

Diese Einteilung wird in ihrem Schematismus insofern der Wirklichkeit nicht ganz gerecht, als wohl durch den Gehalt an niedrigen Glyceriden der Gesamtschmelzpunkt eines Fettes herabgedrückt werden kann, die darin enthaltenen höher schmelzenden Fette aber nur zu einem Teil resorbiert werden (vgl. oben).

Eine wesentliche Frage aber scheint mir, soweit ich die Literatur übersehen konnte, noch nicht genügend geklärt zu sein: Welche Beziehung besteht zwischen Verseifungsgeschwindigkeit bzw. hydrolytischer Lipasenspaltbarkeit und Resorptionsgeschwindigkeit und Resorptionsquote? Nach Lührig<sup>2)</sup> haben Butter, Schweineschmalz, Margarine, Kokos-, Sesam-, Kottonöl dieselbe Verseifungsgeschwindigkeit: es müßte also zwischen ihnen für die von mir gestellte Frage kein Unterschied sein. An sich erscheint mir dieses Resultat unwahrscheinlich. Es ist aus der Praxis der Fettspaltung und der Seifensiederei bekannt, daß die Fette verschieden „gut“, d. h. auch verschieden schnell spalten bzw. verseifen. So

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. Biologie 26, 434 (1890).

<sup>2)</sup> Chem.-Ztg. 24, 647 (1900).

gilt namentlich das Kottonöl als ein schwer und langsam ver-seifendes Fett. Jedoch liegt eine wirklich systematische Be-arbeitung des Stoffes nicht vor, mit Ausnahme einer Untersuchung von Klimont<sup>1)</sup>, der bei der Spaltung mit Wasserdampf zwischen einzelnen Ölen und Fetten Unterschiede in der Spaltungs-geschwindigkeit fand. Doch reicht seine mehr technologische Bearbeitung zur Klärung der Frage nicht aus.

Ich habe die von mir verfütterten Ester nur einer orientierenden Untersuchung in dieser Richtung unterziehen können, glaube aber dabei zu einem Zusammenhange zwischen Verseifungs- und Re-sorptionsgeschwindigkeit gekommen zu sein. Die spezielle Ver-gleichung zwischen den Glycerin-, Glykol- und Äthylestern gleicher Fettsäurebasis muß einer späteren Untersuchung vorbehalten bleiben.

## 2. Eigene Ausnutzungsversuche mit Äthyl- und Glykolestern<sup>2)</sup>.

### A. Versuche mit Äthylestern.

Bei Beginn meiner Versuche war mir ein Hinweis aus der Literatur über die Ausnutzung von Äthylestern nicht bekannt. Professor Cremer wies mich auf die aus dem Voitschen Labo-ratorium veröffentlichte Arbeit von O. Frank hin. Dieser hatte innerhalb einer Reihe von Arbeiten, die die hydrolytische Spaltungs-theorie beweisen sollten, auch die körperfremden Äthylester am Hunde verfüttert, allerdings in Mengen, die über die übliche Fütterungsmenge weit hinausgingen. Er verabreichte ein aus Schweineschmalzfettsäuren hergestelltes Estergemisch, sowie Stearin- und Palmitinsäureäthylester und erhielt folgende Ergebnisse:

Verfüttert	Menge g	Ausnutzung Proz.	Gewicht des Hundes kg
1. Stearinsäureäthylester	99,1	12,7	19,9
2. Estergemisch . . . .	103,4	95,8	19,9
3. " . . . .	350,0	88,6	32,0
4. " . . . .	298,5	77,4	16,0
5. " . . . .	100,0	60,0	20,5
6. Palmitinsäure . . . .	103,4	86,3	19,9
7. Äthylester . . . . .	95,5	78,7	19,9

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. angew. Chemie 1901, S. 1269. Vgl. auch Hefter, Techno-logie 3, 587—589.

<sup>2)</sup> Vgl. Franck, Münchener med. Wochenschr. 1917, S. 9; 1918, S. 1216.

Diese Resultate waren für meine eigenen Versuche nur insofern zu verwerten, als sie die prinzipielle Ausnutzbarkeit des Äthylesters zwar ergaben, aber in den einzelnen Versuchen doch so sehr schwankten, daß man auf ihnen unmöglich die Ernährung der Bevölkerung mit Estern basieren konnte. Sie erforderten eine weite und gründliche Nachprüfung. In einer Hinsicht ergaben sie eine wertvolle Hinweisung. Aus technischen Gründen mußte man von vornherein davon absehen, einzelne chemische Individuen der Fettsäureäthylesterreihe darzustellen. Die Rohfettsäuren, so wie sie bei der Raffination bzw. Spaltung der natürlichen Fette abfielen, mußten verarbeitet werden können, wenn anders der Prozeß nicht maßlos verteuert werden sollte. Die Resultate Franks zeigten, daß auch die günstigere Ausnutzung natürlicher Fettsäureestergemische zur gleichen Praxis drängten. Die vom Reichsgesundheitsamt (Geheimrat Rost) auf Grund des Beschlusses der Ernährungskommission vom 20. November 1915 beigebrachten Versuche, die mit chemisch reinem Stearinester angestellt wurden, waren also von vornherein zu einem ungünstigen Resultat verurteilt, ganz abgesehen davon, daß, wie ich nachweisen konnte, der von ihnen verfütterte Stearinester nicht den Schmelzpunkt 33°, sondern einen etwa 10 bis 12° darüber liegenden hatte, der, wie später erklärt wurde, von Oxsäureester herrührte.

Nachdem meine Versuche schon längst abgeschlossen und der Ernährungskommission unterbreitet worden waren, wegen der Geheimhaltung aber von jeder Veröffentlichung abgesehen werden mußte, erschien die Arbeit von Müller und Murschhauser<sup>1)</sup>. Sie erhielten bei einer Verabreichung von täglich 50 g an einen 11,7 kg schweren Hund während fünf Tagen eine durchschnittliche Ausnutzung von 75 Proz., eine Zahl, die bedeutend hinter meinen Zahlen zurückbleibt. Die Verfasser glauben auch eine erhöhte Eiweißverbrennung zu Lasten der Ester aufstellen zu können. Ein von mir in dieser Richtung kontrollierter Versuch ergab keinen Anhalt dafür.

---

<sup>1)</sup> Herrn Professor Müller waren in seiner Eigenschaft als Mitglied des Wissenschaftlichen Ausschusses des Kriegsausschusses meine Versuche, die seinen gegenüber prioritätsälter waren, bekannt. In der Veröffentlichung, die nur durch ein Versehen die Zensur passiert haben kann, ist das nicht zum Ausdruck gebracht. *Biochem. Zeitschr.* 78, 64 (1917). Auch Herr Geheimrat Rost hat meine ihm genau bekannten Arbeiten nicht erwähnt: *Ber. über d. ges. Physiolog.* II, 172 (1920).



Versuchsordnung. Maßgebend für meine Versuche, bei deren Ausführung mich der bewährte Rat von Herrn Professor Cremer unterstützte, waren die folgenden Überlegungen. Es muß ein Fettsäureäthylester verwandt werden, der als Fettsäurebasis ein Gemenge von natürlich vorkommenden Säuren enthielt. Es wurde daher Talgfettsäure angewandt. Weiter aber konnte nicht davon die Rede sein, in der Praxis ausschließlich Ester zu verfüttern, sondern es war nur eine Ernährung mit Gemischen von Estern und natürlichen Fetten denkbar. Daher wurden, nachdem einmal die prinzipielle Resorbierbarkeit bestätigt war, Gemische von Talgestern mit Talg verfüttert. Um jede individuelle Beeinflussung auszuschalten, wurde in Kontrollversuchen die Ausnutzbarkeit des Talges als solcher am gleichen Tier untersucht.

Im Anschluß an die Versuche am Hund wurden auch Versuche an Menschen gemacht mit den gleichen Kontrollen.

a) Darstellung der Ester. Technische Talgfettsäuren wurden in der vierfachen Menge absoluten Alkohols, der 3 Proz. gasförmige Salzsäure enthielt, am Rückflußkühler fünf Stunden erhitzt. Danach wurden der größere Teil des Alkohols abgedampft, das rückständige Alkohol-Estergemisch in kaltes Wasser gegossen und die wässrige Lösung abgelassen. Nachdem die Ester mineral-säurefrei waren, wurden sie in einer Lösung von niedrig siedendem Petroläther durch Waschen mit einer in bezug auf Alkohol 50 proz. berechneten 2 n alkoholischen Kalilauge neutralisiert und danach im Vakuum destilliert. Die Talgester hatten folgende Konstanten:

Verseifungszahl . . .	198,3		Jodzahl . . . . .	43,4
Säurezahl . . . . .	0,9		Fp. . . . .	20°

Die destillierten Talgester waren hellgelb, von schwach aromatischem, etwas brenzlichem Geruch und bei Zimmertemperatur flüssig.

b) Versuche an Hunden. Die Versuche wurden an einem Hund und drei Hündinnen ausgeführt. Die Versuchstiere wurden zunächst zwei Tage auf Hunger gesetzt, erhielten am Vortage des Versuches zwecks Abgrenzung des Kotes 50 g Knochen und an den drei Versuchstagen selbst je 150 g Pferdefleisch und 50 g Fett (Ester-Talggemisch). Das Fleisch wurde für die ganze Periode

auf einmal in die nötige Anzahl Portionen geteilt, die im Kälteschrank aufbewahrt wurden. Der Fettgehalt des Fleisches ist bestimmt und bei Aufstellung der Ausnutzungsbilanz berücksichtigt worden.

Nur bei dem ersten Versuchstier, einer schwarzen Boxhündin von 20,4 kg Gewicht, wurden 200 g Fleisch und 40 g Fett gegeben. Dieselbe erhielt reine Talgfettsäureester, während der Rindertalg der anderen Versuche mit 40 Proz. der Talgester gemischt wurde. Der Schmelzpunkt des Gemisches war 38 bis 40°. Die Schlußabgrenzung erfolgte nach 24 stündigem Hunger wieder mit Knochen.

Besondere Schwierigkeiten ergaben sich während der Versuche nicht. Die Versuchstiere befanden sich die ganze Zeit über wohl und nahmen das Futter mit großer Gier. Störungen und Beschwerden konnten nicht beobachtet werden.

c) Versuche an Menschen. Die Abgrenzung bei den Menschen wurde folgendermaßen bewerkstelligt:

Bei den Versuchspersonen D. und F. wurde am Vortage der beginnenden Versuchsperiode nachmittags gegen 3 bis 4 Uhr  $\frac{1}{2}$  Liter Milch genommen und dann bis zum Morgen des Versuchstages gehungert. Dann wurden vormittags gegen 10 Uhr 2 g Tierkohle mit Wasser verrührt genommen. Die dritte Versuchsperson S. vertrug Milch nicht und nahm daher am frühen Abend des Vortages ihre letzte Mahlzeit ein und hungerte dann gleichfalls bis gegen 11 Uhr des Versuchstages. Dann erfolgte auch hier die Abgrenzung mit Tierkohle. Die Menge und Art der einzelnen Nahrungsmittelportionen, die innerhalb gewisser Grenzen jedem freigestellt wurden, ergibt sich aus den Tabellen; sie bestand im wesentlichen aus schierem Rinderfilet, Reis oder Kartoffeln, Brot und dem Versuchsfett, das in der ersten Periode aus einem Gemisch von Rindertalg mit 30 Proz. Talgester zusammengesetzt war. Schmelzpunkt 43 bis 45°.

Die Schlußabgrenzung erfolgte folgendermaßen: Vom Abend des letzten Versuchstages (es waren im ganzen drei Versuchstage) wurde wieder bis zum Mittag des vierten Tages gehungert, darauf 2 g Tierkohle genommen und nach zwei Stunden 50 g Milchreis. Die Versuchsabgrenzung erfolgte in allen Fällen, ebenso wie bei den Hunden, klar und einwandfrei; auch sonstige Störungen wurden, mit Ausnahme von Versuchsperson S., nicht beobachtet. Dieselbe

hatte große Abneigung gegen die immerhin beträchtliche Menge Fett und empfand nach Einnahme der Mittagsmahlzeit einen gelinden Brechreiz, behielt jedoch die Speisen bei sich. Die Estermischung am Abend wurde ohne Beschwerde und Unlust aufgenommen. Die Auswahl der einzelnen Nahrungsmittelmengen stand jeder Versuchsperson frei, um die bei solchen Versuchen lästige Einförmigkeit hintanzuhalten. Dadurch waren allerdings mehr Analysen erforderlich.

d) Kontrollversuche. Die Kontrollversuche mit Rindertalg, bzw. bei der schwarzen Boxhündin, die reinen Ester bekommen hatte, mit Olivenöl wurden genau nach derselben Methode vorgenommen.

e) Analytisches. Bei den Tieren wurde der Kot im Käfig gesammelt, während bei den Menschen der Prausnitzsche Stuhl zur Anwendung gelangte. Der Kot wurde unter mit Schwefelsäure schwach angesäuertem Alkohol, nachdem er fein zerdrückt war, aufbewahrt. Auf diese Weise wurden die im Kot enthaltenen Seifen zerlegt. Der Alkohol wurde mehrmals abgegossen und zum Schluß die alkoholischen Extrakte auf ein bestimmtes Maß aufgefüllt und in einem aliquoten Teil das Fett bestimmt. Der mit Alkohol vorgetrocknete Kot wurde auf dem Dampfbad vorsichtig getrocknet, staubfein gemahlen und mit Äther im Soxhlet erschöpfend extrahiert. Sowohl Alkohol- wie Ätherextrakte wurden verdampft und der Verdampfungsrückstand mit niedrig siedendem, frisch abdestilliertem Petroläther aufgenommen. Diese Petrolätherlösungen wurden vorsichtig verdampft und in tarierten Schalen vorsichtig bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die so zur Wägung gebrachten Rückstände wurden bei der Ausnutzungsrechnung als Gesamtfett berücksichtigt. Eine Bestimmung der freien Fettsäuren (und der aus Seife erhaltenen) wurde durch Titration gemacht. Eine orientierende Bestimmung des Schmelzpunktes der Fettsäuren ergab im Durchschnitt eine Erhöhung des Fp. um 15° im Kotfett gegenüber dem Nahrungsfett. Auf die Bestimmung der ein- und ausgeführten Stickstoffmengen wurde verzichtet.

f) Ergebnisse. Zur Erleichterung der Übersicht sind die Ausnutzungsquoten in nachfolgenden Tabellen zusammengestellt<sup>1)</sup>:

<sup>1)</sup> Hierbei ist nur das frei verfütterte Fett eingesetzt, nicht das gebundene, die Ausnutzungsquote aber total berechnet.

## A. Versuche an Hunden.

Versuchstier	Esterperiode			Fettester pro kg Tier- gewicht pro Tag g	Kontrollperiode		
	Ver- füttertes Fett	Aufge- nommen g	Aus- nutzung Proz.		Ver- füttertes Fett	Aufge- nommen g	Aus- nutzung Proz.
Boxhündin	Reine Talgfett- säureester	120	96,9	etwa 2,1	Olivenöl	120	97,3
Waldmann	Rindstalg mit 40 Proz. Ester	150	98,9	„ 2,3	Rindstalg	150	98,0
Fiffig . . .	do.	150	98,4	„ 3,0	do.	150	99,0
Ami . . . .	do.	150	99,2	„ 3,2	do.	150	99,0

## B. Versuche an Menschen.

Versuchsperson	Esterperiode			Fettester pro kg Körper- gewicht pro Tag g	Kontrollperiode		
	Ver- füttertes Fett	Aufge- nommen g	Aus- nutzung Proz.		Ver- füttertes Fett	Aufge- nommen g	Aus- nutzung Proz.
D. . . . .	Rindstalg mit 30 Proz. Ester	280	95,3	0,5	Reiner Rindstalg	280	94,3
Dr. F. . . . .	do.	240	95,7	0,34	do.	240	93,9
Dr. S. . . . .	do.	143	93,8	0,22	do.	143	95,9

## Diskussion der Ergebnisse.

a) Hunderversuche. Zunächst ergab sich das grundlegende Resultat, daß bei einer Verfütterung von 2,1 g Ester pro Kilogramm Tiergewicht der reine Talgfettsäureäthylester mit 96,9 Proz. ausgenutzt wird, eine Ausnutzungsquote, die nur wenig unter derjenigen von Olivenöl beim gleichen Tier steht. Aber auch als die Dosis pro Kilogramm Tiergewicht gesteigert wurde, allerdings in Gemischen mit reinem Rindertalg, ist ein Nachlassen der Resorption nicht zu beobachten, im Gegenteil, die absolute Ausnutzung steigt. Sie ist der Größenordnung nach dieselbe wie in der Talgkontrollperiode, die gegenüber Literaturangaben (vgl. S. 50) günstiger erscheint.

Ich möchte noch darauf aufmerksam machen, daß durch die Gesamtverarbeitung des Dreitagekotes die tägliche Fettausscheidung nicht bestimmt werden konnte. Ein Hinüberschieben von Kotfett in den Knochenkot der Abgrenzung wurde nicht beobachtet.

b) Versuche an Menschen. Bei diesen sind die pro Kilogramm Körpergewicht verfütterten Mengen wesentlich geringer. Dabei ist die allgemeine Ausnutzung, verglichen mit der tierischen, schlechter, sowohl bei den Estergemischen, wie beim Talg. Während aber bei den Versuchspersonen D. und Dr. F. die Ausnutzung der Ester-Talggemische günstiger als die vom Talg ist, ist dies bei Dr. S. umgekehrt. Wieweit hier ein psychischer Einfluß der Idiosynkrasie sich geltend macht, steht dahin. Jedenfalls ist diese Versuchsperson an sich kein „Fettesser“, denn sie nahm nur ein Tagesquantum von etwa 48 g gegen 80 g bzw. 87 g bei den anderen zu sich.

Ganz allgemein ist die Ausnutzung sehr gut.

Durch das Ansäuern des Kotes vor der Extraktion konnte eine getrennte Bestimmung von Neutralfett, Fettsäuren und Seifen im Kotfett nicht ausgeführt werden. Das Verhältnis von Gesamtfettsäure zu Neutralfett ergibt sich aus folgender Tabelle:

Gesamtfett des Kotes . . . . .	4,029 g
Davon Neutralfett . . . . .	1,893 „
Fettsäuren — Seifen . . . . .	2,136 „

Der Nachweis des Esters im Kotfett gelang leicht mit der Jodoformprobe, nicht nur in dem Versuch, wo ausschließlich Ester verfüttert wurde, sondern auch in den Versuchen mit Talg-Estergemischen.

## B. Versuche mit Glykolestern.

Die einzige Literaturstelle, die ich über Verfütterung von Glykolestern, allerdings nur solchen der niedrigsten Fettsäuren, habe finden können, ist die Dissertation von Dobrindt, „Über die Entstehung von Zucker aus Glykolester“ aus dem Cremerschen Institut<sup>1)</sup>. Jedoch ist bei diesen Versuchen die Problemstellung eine andere, da es sich darum handelt, die Glykogenie aus dem verfütterten Glykolacetat und -propionat festzustellen. Die Frage der Ausnutzung im Magendarmkanal wird nicht erörtert.

<sup>1)</sup> Berlin 1916.

Versuchsordnung. Schon um vergleichbare Resultate zu erhalten, wurde im wesentlichen dieselbe Methodik und Versuchsordnung wie bei den Äthylestern angewandt. Da jedoch gewisse Bedenken gegen das Glykol bestanden, indem es eventuell eine Nierenreizung und damit eine Eiweißausscheidung hervorrufen könne, bzw. weiter bei der Oxydation im Organismus zu Oxalsäure abgebaut werden könne, so wurde auch die Stickstoffausscheidung, sowie die Einnahme nach Kjeldahl bestimmt. Ebenso wurde im Harn auf Oxalsäure geprüft.

a) Darstellung der Glykolester. Der Kriegsausschuß hatte uns für eine Reihe von anderen Stoffwechselversuchen einen Posten verdorbener Margarine zur Verfügung gestellt, dieselbe wurde ausgeschmolzen, filtriert und verseift. Die im Wasserstoffstrom destillierten Fettsäuren wurden mit Glykol verestert, raffiniert und ergaben ein hellgelbes, gut ölarig riechendes Produkt von einem Schmelzpunkt 39 bis 42°. Die Konstanten waren die folgenden:

Säurezahl . . . . .	1,2
Verseifungszahl . . . . .	186,2
Jodzahl . . . . .	53,8

b) Versuche am Hund. Gefüttert wurde eine 12 kg schwere Hündin während der vier Versuchstage mit täglich 40 g reinem Glykolester und 200 g fein gehacktem Pferdefleisch. Die Gesamtportionen waren wie früher auf einmal bereitgestellt worden. Die Hündin fraß das Futter mit Gier. Störungen irgendwelcher Art kamen nicht zur Beobachtung.

c) Versuche an Menschen (Selbstversuch). Während dreier Tage nahm ich bei Brot und Kartoffeln nach Belieben (eine Fleischzugabe ließ sich infolge der Rationierung nicht ermöglichen) täglich 50 g eines Gemisches von 50 Proz. des Glykolfettes wie beim Hund + 50 Proz. Olivenöl. Am zweiten Tage nahm ich aus Versehen 10 g mehr. Irgendwelche Beschwerden habe ich nicht verspürt.

Von Kontrollversuchen mit Glycerinfetten wurde diesmal abgesehen.

d) Analytisches. Die Methodik der analytischen Aufbearbeitung war dieselbe wie bei den Äthylestern. Lange, aber vergeblich habe ich versucht, eine einfache Methode zum Nach-

weis des Glykolfettes neben dem aus dem Darm ausgeschiedenen Glycerinfettes zu finden. Aber es besteht wohl kein Zweifel, daß ein großer Teil des nicht resorbierten im Kot wieder erschienenen Fettes hoch schmelzende Glykolester sind.

e) Ergebnisse.

Fettgehalt der verfütterten Nahrungsmittel.

Pferdefleisch . . . . .	2,82	Proz.
Brot . . . . .	0,54	„
Kartoffeln . . . . .	0,22	„

Stickstoff- und Eiweißgehalt der verfütterten Nahrungsmittel.

Pferdefleisch . . . . .	3,14	Proz.
Brot . . . . .	0,86	„
Kartoffeln . . . . .	0,21	„
Tee im Liter . . . . .	0,73	„

Versuch am Hund. Das Versuchstier, eine Bastardschäferhündin, wurde am 10. August in den Stoffwechsellkäfig eingesetzt, hungerte am 11. und bekam am 12. 750 g Knochen. Sie wurde täglich gewogen und um 11 Uhr katheterisiert. Der Harn wurde auf 1000 ccm aufgefüllt.

Bei der Verarbeitung des Kotes ergab sich ein merkwürdiges Resultat. Während bei allen früheren Versuchen der Schlußabgrenzungskot, der aus fettfreien Knochen stammt (es wurden klein gestoßene, peinlichst von Fett- und Fleischresten befreite Röhrenknochen gegeben), trocken und fettfrei war, zeigte beim Glykolesterversuch die erste Portion des Schlußkotes ein fettiges Aussehen, so daß dieser Teil noch mit zur Extraktion benutzt wurde. Auf die Bedeutung dieser Tatsache wird bei der Diskussion der Ergebnisse eingegangen werden.

Versuch am Hund (Schäferhündin „Lina“) 4 tagig, Gewicht 11,7 kg.

Verfüttertes Fett . . . . .	160	g	Glykolester
	22,5656	„	gebunden
Aufgenommen . . . . .	182,5656	g	total
Glykolester pro Kilogramm Tiergewicht pro Tag etwa	3,4	„	„
Ausnutzung . . . . .	91,03	Proz.	
Verfüttertes Eiweiß . . . . .	800	g	Muskelfleisch
Eingenommen total . . . . .	25,12	„	N
Ausgeschieden „ . . . . .	27,93	„	N
Unterbilanz an N . . . . .	-2,817	g	N

Versuche am Menschen (Selbstversuch). Die Abgrenzung erfolgte wie früher durch 12stündiges Hungern nach Einnahme von 500 ccm Milch, durch Tierkohle in Wasser. Das Fett wurde zum Backen der Kartoffeln verwandt, da es mir nicht möglich war, soviel Fett auf Brot zu genießen. Auch war ich nicht in der Lage, die bei Aufstellung des Versuchsplanes festgesetzte Brotmenge pro Tag zu mir zu nehmen.

Da der Versuch am Hund offenbar auf ein Nachhinken der Fettausscheidung im Kot hinter die Verfütterungsperiode hingewiesen hatte, wurde der pro Tag angefallene Kot einzeln verarbeitet, um einen ungefähren Anhalt über die Tagesausscheidung zu bekommen.

Selbstversuch, Anfangsgewicht 67,2 kg.

#### Fettbilanz.

Während der drei Versuchstage wurden

Aufgenommen:		Ausgeschieden:	
Fett in Brot . . . . .	8,91 g	im Kot I . . . . .	4,8987 g
Fett in Kartoffeln . . . . .	4,62 "	" " II . . . . .	4,9724 "
Glykolester u. Olivenöl . . . . .	160,00 "	" " III . . . . .	9,0614 "
	<hr/>		<hr/>
Insgesamt	173,53 g	Insgesamt	18,933 g

Die Ausnutzung betrug also 89,09 Proz.

#### Eiweißbilanz.

	Einnahme	Ausgabe (Harn, Kot)	N-Ausfuhr
I. Tag . . . . .	6,15	12,348	— 6,198
II. Tag . . . . .	5,75	16,796	— 5,046
III. Tag . . . . .	8,54	11,131	— 2,591
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	20,44	44,275	— 13,835

Der Eiweißstoffwechsel der drei Versuchstage schließt also mit der beträchtlichen Unterbilanz von 13,835 g Stickstoff ab.

Diskussion der Ergebnisse. Die Ausnutzung reiner Glykolester beim Hunde beträgt bei einer Tagesdosis von etwa 3 g pro Kilogramm Tiergewicht 91 Proz. Beim Menschen, der nur etwa 0,8 g Glykolester pro Kilogramm Körpergewicht während dreier Tage aufnahm, sind nur 89 Proz. ausgenutzt worden. Diese Aus-



nutzungsquoten sind also an sich schon ungünstiger als beim Äthylester. Bei diesen eben genannten Ausnutzungszahlen aber ist angenommen, daß Glykolfett und in der Nahrung gebundenes Glycerinfett, z. B. im am Hund verfütterten Muskelfleisch bzw. als Beifett am Menschen gegebenes Glycerinfett (Olivenöl), gleich ausgenutzt werden. Diese Annahme ist aber relativ willkürlich, denn so wie der Darmkanal aus einem Gemisch von Paraffin mit Glycerinfett letzteres selektiv resorbiert, ersteres aber ausscheidet, ist natürlich auch beim Glykolfett eine Präselektion des Glycerinfettes zu erwarten. Nimmt man des letzteren Ausnutzung mit der bekannten Quote von 97 Proz. oder gar 100 Proz. an, so erniedrigen sich die Glykolesterausnutzungszahlen beim Hund auf 90 und beim Menschen auf 77 bis 80 Proz. Sie sind also wesentlich ungünstiger als beim Äthylester.

In meiner vorläufigen Mitteilung über die „Ausnutzung synthetischer Fettsäureglykolester beim Hunde und beim Menschen“ habe ich mich dahingehend geäußert, „daß man die Glykolester, wenn sie einen gewissen Prozentsatz des Nahrungsfettes nicht überschreiten, als Streckungsmittel unserer natürlichen Nahrungsmittel ähnlich wie die Äthylester benutzen“ kann. Maßgebend war dafür die bekannte Erfahrung, daß kleine Mengen besser ausgenutzt werden als große und man wohl ähnlich wie bei den Äthylestern nicht über 10 bis 20 Proz. Zumischung hinausgehen würde.

Die Stickstoffbilanz aber ist in beiden Versuchen sehr ungünstig, besonders im Selbstversuch, während beim Hunde die schlechte Ausnutzung des Fettes bei schon nicht ganz ausreichender Kalorienzufuhr (etwa 640 Kalorien gegenüber 880 Kalorien, berechnet nach seinem Gewicht für Erhaltungsumsatz) natürlich zu einer Mobilisierung des Körpereiwisses führen mußte. Er verlor pro Tag  $\frac{2,817 \times 6,25}{3} = 5,868$  g Eiweiß. (Der Harn war nicht eiweißhaltig, von einer Nierenreizung kann also nicht die Rede sein.)

Beim Selbstversuch ist die Lage noch etwas anders. Auffallend ist hier der hohe Körpereiwissverlust von 28,82 g pro Tag. Die Gründe hierfür können mannigfach sein. Ich will sie angeben, ohne aber bei dem jetzigen Versuchsmaterial sagen zu können, welcher der entscheidende ist. Der hohe Kotstickstoff

erklärt sich aus dem K-Brot. Damit geht einher eine schlechte Ausnutzung (vgl. Rubner). Weiter ist die zugeführte Nahrung, wie sich aus den angegebenen nach König berechneten Kalorien ergibt, unzureichend. Es war mir aber nicht möglich, mehr Brot aufzunehmen und eine Zufuhr anderer Eiweißkalorien war der Kriegsverhältnisse wegen nicht angängig. Daraus kann sich die hohe Eiweißmobilisierung aus Körperbeständen erklären. Wie weit aber eine spezifisch dynamische Wirkung des Glykolfettes in Erwägung zu setzen ist, kann ohne Kenntnis von Vor- und Nachperiode mit ihren Stickstoffumsätzen nicht entschieden werden.

Aus diesem Grunde erscheint mir die Frage der Verfütterung von Glykolestern noch nicht genügend geklärt. Ganz abgesehen von der Frage des Glykol-Oxalsäureabbaues, der erst nach mehrwöchiger Fütterung überhaupt erst zur Beobachtung käme<sup>1)</sup>, ist über die Frage der dauernden Verwertung auf Grund der beiden Versuche nicht zu entscheiden.

Zur Frage der Theorie der Fettresorption ergeben aber meines Erachtens beide Versuche schon wertvolles Material, weniger an sich, als in Hinweisung auf eine neue Problemstellung und Versuchsanordnung. Fiel schon beim Hunde das Nachschieben des Kotfettes aus der Verfütterungsperiode bis in den Knochenkot auf, so ergibt sich aus den Tageszahlen meines Selbstversuches eine Zurückhaltung des Fettes im Darm, die mit der Ausnutzung und ihrem Chemismus wohl im engsten Zusammenhang steht. Wäre die korpuskuläre Theorie richtig, so ist mit ihr nicht ohne weiteres zu erklären, warum die Tagesdosen nicht in gleicher Weise resorbiert werden, man müßte an kumulative oder toxische Wirkung, für die aber im Verhalten sonst kein Anzeichen gefunden wurde, denken. Im Sinne der hydrolytischen Spaltung ergibt sich aber folgendes: Werden die Fette erst nach Maßgabe ihrer Spaltung resorbiert, so hängt bei gleicher Peristaltik ihre Ausnutzung von ihrer Spaltungs- (Verseifungs-) Geschwindigkeit im Darne ab. Nach O. Frank<sup>2)</sup> beträgt die Zeit für 100 g Neutral-

---

<sup>1)</sup> Die Oxalsäureausscheidung im Versuchsharn des Hundes war gegen Vor- und Nachharn sowie gegen Normalzahlen nicht verschoben. Die Bestimmung erfolgte nach Salkowski.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. Biologie 36, 563 (1898).

fett oder Fettsäuren bei 15 kg schweren Hunden etwa 24 Stunden. Schon beim Äthylester zeigt sie sich verlängert. Bei meinem Versuche erschien nach vier Versuchstagen erst am fünften Tage ein Gesamtkot der ganzen Periode, sowie am Tage darauf der Knochenkot. Die Darmbewegung ist also gering. Ist aber trotz derselben die Resorptionsgröße niedriger als in früheren Versuchen, so spricht das für eine bedeutend geringere Verseifungsgeschwindigkeit, bzw. umgekehrt würde eine nachweisbare geringere Verseifungsgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der ja nachgewiesenen schlechten Ausnutzung für die hydrolytische Spaltungstheorie sprechen. Ich habe daher, wie im folgenden Kapitel gezeigt wird, Versuche über vergleichende Verseifungsgeschwindigkeiten gemacht.

Vorher aber ist noch über einen Ausnutzungsversuch mit einer 40proz. Estermargarine zu berichten.

#### C. Versuche mit einer 40proz. Estermargarine.

Die Versuchsmargarine war mit 40 Proz. Esteröl im Kirnansatz, berechnet auf das Gesamtfett (86,7 Proz.) gestreckt, die Kontrollmargarine war die übliche Kriegsmargarine, gleichfalls von der „Berolina“ geliefert.

Als Eiweißnahrung wurde neben Reis und Brot bzw. Mehl das „Milfix“-Kunstfleisch gereicht. Außerdem wurden pro Tag 500 g Milch gegeben, so daß die nötige Kalorienzufuhr sichergestellt war.

#### Versuchsordnung.

a) Esterperiode. Die Versuchsperson D., etwa 55 kg schwer, trat am 15. Januar 1917 in den Versuch ein. Sie nahm zur Abgrenzung um 5 Uhr nachmittags 150 g Reis mit 290 g Milch gekocht und hungerte bis zum Morgen des 16. Januars, wo sie um 11 Uhr 2 g Tierkohle in Wasser zur Abgrenzung einnahm. Die erste Mahlzeit wurde gegen 12 Uhr mittags eingenommen. Die Kost war für die vier Versuchstage mit ganz geringen Schwankungen gleichmäßig. Die einzelnen Tagesmengen gehen aus der nachfolgenden Tabelle hervor.

## Aufgenommene Nahrungsmittel.

Art	Menge am				Total	Kalorien nach König
	16. Jan.	17. Jan.	18. Jan.	19. Jan.		
Margarine. . . .	100 g	100 g	100 g	100 g	400 g	3 120
Milch. . . . .	500 "	500 "	500 "	500 "	2000 "	1 300
Milfix. . . . .	300 "	300 "	334 "	380 "	1314 "	1 445
Brot . . . . .	225 "	297 "	226 "	201 "	949 "	2 040
Kartoffeln. . . .	500 "	500 "	500 "	500 "	2000 "	1 780
Reis . . . . .	100 "	100 "	100 "	150 "	450 "	1 548
Mehl . . . . .	30 "	50 "	45 "	50 "	175 "	552
Kaffetin. . . . .	500 ccm	500 ccm	500 ccm	500 ccm	2000 ccm	—
						11 785

Die einzelnen Nahrungsmittel wurden genau analysiert, und zwar wurden Trockengehalt, Stickstoffgehalt, Fettgehalt und aus dem Stickstoffgehalt der Eiweißgehalt bestimmt (Eiweiß =  $N \times 6,25$ ). Die folgende Tabelle zeigt das Ergebnis.

## Zusammensetzung der verfütterten Nahrungsmittel.

Art	Trockengehalt	N-Gehalt	Eiweißgehalt	Fettgehalt	Asche
	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.
Margarine . . .	89,23	0,11	0,69	86,71	0,769
Milch . . . . .	10,44	0,53	3,31	2,3	—
Milfix. . . . .	28,54	4,05	25,31	1,92	—
Brot . . . . .	—	0,86	5,38	0,50	—
Kartoffeln. . . .	75,2	0,21	1,31	0,20	—
Reis . . . . .	89,5	1,25	7,81	0,22	—
Mehl . . . . .	92,85	1,64	10,25	1,09	—
Kaffetin. . . . .	—	0,022	—	—	—

Unter Berücksichtigung dieser beiden Tabellen ergibt sich folgende Bilanz für den Fettstoffwechsel:

## Einnahme.

	Margarine	Milch	Milfix	Brot	Kartoffeln	Reis	Mehl	Total
I. Tag . . . . .	86,71	11,50	5,76	1,13	1,00	0,22	0,33	105,65
II. " . . . . .	86,71	11,50	5,76	1,48	1,00	0,22	0,55	107,22
III. " . . . . .	86,71	11,50	6,41	1,13	1,00	0,22	0,49	107,46
IV. " . . . . .	86,71	11,50	7,29	1,00	1,00	0,33	0,55	108,38

	Einnahme	Trockenkot	Ätherextrakt	Alkoholextrakt	Seife <sup>1)</sup>	Total-Fettausscheidung
I. Tag . . . . .	105,65	49,1	1,8840	1,3993	1,1706	5,4539
II. " . . . . .	107,22	60,1	2,5690	2,1420	0,8053	5,5163
III. " . . . . .	107,46	42,8	2,0395	1,4325	2,2852	5,7572
IV. " . . . . .	108,33	44,5	0,9319	1,8802	1,5808	4,3929
V. " . . . . .	—	21,45	0,4101	0,9052	0,9392	2,2545
	428,71					23,3748

Ausgeschieden . . 5,45 Proz.

Ausnutzung . . . 94,55 Proz.

Die Zusammensetzung des Kofettes wurde noch weiter untersucht und führte zu folgenden Zahlen:

	Fp. des Kofettes	Alkohol-Ätherextrakt	Davon als freie Säure (als Ölsäure berechnet)
I. Tag . . . . .	48 <sup>o</sup>	3,2833	0,8571
II. " . . . . .	45 <sup>o</sup>	4,7110	1,1034
III. " . . . . .	38 <sup>o</sup>	3,4720	0,6711
IV. " . . . . .	49 <sup>o</sup>	2,8121	0,4539
V. " . . . . .	39 <sup>o</sup>	1,3153	0,2173

## Stickstoffbilanz.

Tag	Einnahme								Ausgabe			Gewicht
	Margarine	Milch	Milch	Brot	Kartoffeln	Reis	Mehl	Total	Harn	Kot	Total	
I.	0,11	2,70	12,15	1,94	1,05	1,25	0,49	19,69	7,87	2,53	10,40	54,80
II.	0,11	2,70	12,15	2,55	1,05	1,25	0,82	20,63	13,15	3,67	16,72	54,90
III.	0,11	2,70	13,52	1,94	1,05	1,25	0,74	21,31	11,31	2,26	13,57	54,90
IV.	0,11	2,70	15,39	1,73	1,05	1,88	0,82	23,68	11,76	2,74	14,40	55,15
V.	—	—	—	1,89	—	—	—	1,89	5,45	1,17	6,62	55,20
								87,20			61,71	

<sup>1)</sup> Bei diesen Kotanalysen war zunächst der Kot mit neutralem Alkohol bzw. Äther erschöpfend extrahiert worden. Danach wurde er mit alkoholischer Salzsäure digeriert und erneut extrahiert. Der so gefundene Extrakt fungiert als Seife.

Es sind also während der vier Tage 25,49 g N = 159,31 g Eiweiß angesetzt worden, d. h. pro Versuchstag 6,37 g N = 39,83 g.

## b) Kontrollperiode.

## Aufgenommene Nahrungsmittel.

Art	Menge am				Total	Kalorien nach König
	24. Jan.	25. Jan.	26. Jan.	27. Jan.		
Margarine. . .	105	105	105	105	420	3 276
Milch. . . . .	500	500	500	500	2000	1 300
Milfix. . . . .	300	320	340	302	1262	1 388
Brot . . . . .	275	341	270	274	1160	2 900
Kartoffeln. . .	500	500	500	500	2000	1 780
Reis . . . . .	100	100	100	100	400	1 376
Mehl . . . . .	40	40	40	40	160	505
Kaffetin. . . .	300	500	500	500	1800	—
						12 525

## Zusammensetzung der Nahrungsmittel.

Art	Trockengehalt Proz.	N-Gehalt Proz.	Eiweißgehalt Proz.	Fettgehalt Proz.	Asche Proz.
Margarine. . .	88,70	0,10	0,69	85,91	—
Milch. . . . .	—	0,45	2,81	2,60	—

Die übrigen Nahrungsmittel hatten die gleiche Zusammensetzung wie im Esterversuch. Der Milchfettgehalt wurde nach Gerber sowie durch Ätherextraktion bestimmt.

## Fettbilanz.

## Einnahme.

	Margarine	Milch	Milfix	Brot	Kartoffeln	Reis	Mehl	Total
I. Tag . . . . .	90,2	13,0	5,76	1,38	1,00	0,22	0,43	111,99
II. „ . . . . .	90,2	13,0	6,14	1,70	1,00	0,22	0,43	112,69
III. „ . . . . .	90,2	13,0	6,53	1,35	1,00	0,22	0,43	112,73
IV. „ . . . . .	90,2	13,0	5,79	1,37	1,00	0,22	0,43	112,01

	Einnahme	Trocken- kot <sup>1)</sup>	Äther- extrakt	Alkohol- extrakt	Totale Fettaus- scheidung
I. Tag . . . . .	111,99	37,15	3,4192	1,0950	4,4142
II. „ . . . . .	112,69	93,00	7,4453	1,1400	8,5853
III. „ . . . . .	112,73	48,80	5,6265	1,2140	6,8405
IV. „ . . . . .	112,00	49,6	3,3610	1,1570	4,5180
V. „ . . . . .	—	22,6	1,4660	0,5095	1,9755
	449,42				26,3335

Ausgeschieden . . 5,86 Proz.

Ausnutzung . . . 94,14 Proz.

## Stickstoffbilanz.

Tag	Einnahme							Ausgabe			Gewicht	
	Margarine	Milch	Milfx	Brot	Kartoffeln	Reis	Mehl	Total	Harn	Kot		Total
I.	0,105	2,25	12,15	2,37	1,05	1,25	0,66	18,83	11,19	2,41	13,60	55,05
II.	0,105	2,25	12,96	2,93	1,05	1,25	0,66	20,20	11,02	4,65	15,67	55,15
III.	0,105	2,25	13,77	2,32	1,05	1,25	0,66	20,40	12,45	3,42	15,87	55,10
IV.	0,105	2,25	12,23	3,36	1,05	1,25	0,66	19,91	11,87	3,24	15,17	55,20
V.	—	—	—	1,55	—	—	—	1,55	5,88	1,43	7,31	55,35
								80,89			67,62	

Während der vier Versuchstage sind also 13,27 g N = 82,94 g Eiweiß ausgeschieden worden, d. h. pro Tag 3,32 g N = 20,75 g.

c) Diskussion der Ergebnisse. Ein Resultat, das über die Ergebnisse der Verfütterung von reinen Äthylestern bzw. deren Gemischen mit Talg hinausgeht, ergibt sich nicht. Die Ausnutzung beträgt in der Ester- wie in der Kontrollperiode rund 94 Proz.

Bei der Versuchsanordnung war diesmal Wert darauf gelegt worden, die nötige Kalorienzufuhr zu geben:

etwa 2950 in der Esterperiode,

„ 3100 „ „ Kontrollperiode,

<sup>1)</sup> Bei diesen Fettanalysen im Kot wurde die Seife nicht besonders bestimmt. Auch muß bei den Extrakten berücksichtigt werden, daß sie nicht mit niedrigsiedendem Petroläther, sondern mit über Na frisch destilliertem Äthyläther aufgenommen sind.

so daß eine Inanspruchnahme körpereigener Bestände nicht nötig war. Vielmehr trat, wie aus der Stickstoffbilanz bzw. der Gewichtszunahme hervorgeht, Eiweißansatz ein. Die Eiweißquoten pro Tag liegen beim Voitschen Standardmaß.

Im ganzen konnte also der Versuch nur die günstige Ausnutzung der Ester auch in der Margarine bestätigen.

### 3. Vergleichende Verseifungsgeschwindigkeit.

So ausgiebig die Frage der Verseifung und die Bestimmung ihrer Geschwindigkeit vom Standpunkte der Reaktion und ihres stufenweisen Verlaufes kinetisch untersucht worden ist — es braucht nur an die Arbeiten von Geitel, Kremann, Wegscheider, Henriques, Balbiano, Goldschmidt erinnert zu werden —, so wenig hat man vergleichende Bestimmungen der Verseifungsgeschwindigkeit verschiedener Öle bzw. von Estern gleicher Fettsäurebasis mit verschiedenen Alkoholen gemacht<sup>1)</sup>.

Ich habe schon S. 50 darauf hingewiesen, daß eine Arbeit von Lührig den Zusammenhang von Resorptionsgröße und Verseifungsgeschwindigkeit untersucht und dabei innerhalb der Fehlergrenzen eine gleiche Verseifungsgeschwindigkeit für Sesamöl, Butter, Schweineschmalz, Kokosöl, Baumwollsamöl usw. festgestellt hat. Das widerspricht Erfahrungen der technischen Praxis, also auch dem Befunde Klimonts<sup>2)</sup> über die Autoklavenspaltung, der einen deutlichen Unterschied zwischen den einzelnen Geschwindigkeiten feststellen konnte. Allerdings lassen aber auch seine Versuche sich nicht zu einer Reihenfolge der abnehmenden Verseifungsgeschwindigkeit der Öle und Fette benutzen, da z. B. Kokosöl bei 7 Atm. Druck zu den schlecht verseifbaren, bei 15 Atm. Druck aber zu den gut verseifbaren Ölen gehörte.

Ich habe nun auf Grund der Ausnutzungsergebnisse bei der Verfütterung von Glykolestern und den sich daraus ergebenden Beziehungen zur Resorptionstheorie der Fette einige orientierende Versuche sowohl über hydrolytische Spaltung der Ester verschiedener Alkohole mit gleicher Fettsäurebasis, als auch der enzy-

---

<sup>1)</sup> Vgl. Nernst, Theoret. Chemie, 7. Aufl., S. 589, sowie die dort zitierten Arbeiten.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. angew. Chemie 1901, S. 1269. Vgl. auch Hefter, Technologie 3, 587—589 (1910).



matischen Spaltung vorgenommen, ohne aber bisher zu eindeutigen Resultaten gekommen zu sein.

Untersucht wurden die (natürlichen) Glycerin-, sowie die synthetischen Äthyl- und Glykolester der Leinölfettsäuren. Die drei Öle hatten die folgenden Konstanten:

	Leinöl- glycerinester	Leinöl- äthylester	Leinöl- glykolester
Verseifungszahl . . .	192,9	192,4	191,8
Säurezahl . . . . .	1,3	1,2	1,2
Spez. Gewicht/25° . .	0,8968	0,8540	0,8730

Je 10 g dieser Öle wurden in 50 ccm Petroläther vom Siedepunkt 70 bis 80° gelöst und mit 150 ccm  $\frac{n}{2}$  alkoholischer Kalilauge versetzt. Die Reaktionskolben wurden in einem Brutschrank bei 34° aufbewahrt und nach gleichen Zeiten je 10 ccm herauspipettiert und auf freie Säure titriert. Die relativen Verseifungszahlen wurden in Prozente der totalen Verseifung umgerechnet:

Zeit	Leinöl Proz.	Äthylester Proz.	Glykolester Proz.
1 bis 2 Stunden . . .	43,7	59,1	66,0
1 Stunde . . . . .	86,9	86,8	93,5
1½ Stunden . . . . .	100,0	96,5	98,0
2 „ . . . . .	—	—	—
2½ „ . . . . .	—	97,9	—
3 „ . . . . .	—	—	—
4 „ . . . . .	—	100,0	100,0

Aus diesen Zahlen ergibt sich zunächst, daß bei der angegebenen Konzentration und Temperatur die Verseifung in der ersten halben Stunde schon so weit vorgeschritten ist, daß die eventuellen feineren Unterschiede verwischt sind. Immerhin ist das natürliche Fett in der kürzesten Zeit total verseift, während die beiden synthetischen Ester länger brauchen, der Glykolester aber offenbar noch schneller verseift wird als der Äthylester.

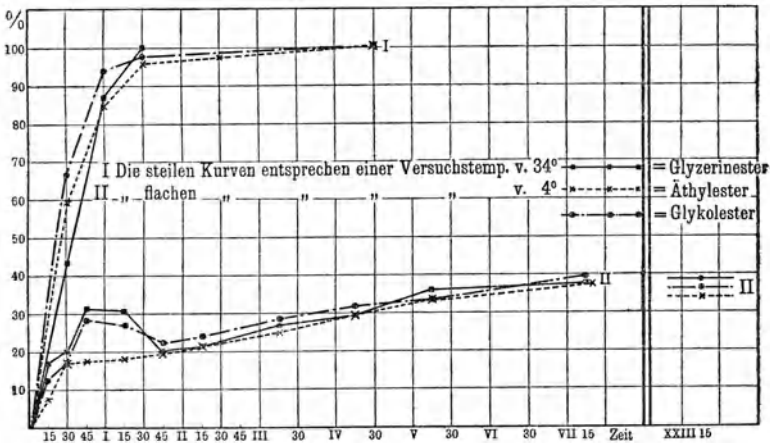
Um nun den Verlauf der Reaktion in den ersten Zeiten besser vergleichen zu können, wurden je 5 g der drei verschiedenen Ester in Benzin gelöst, 50 ccm der gleichen Lauge zugegeben und mit Benzin auf 100 aufgefüllt. Die Kolben mit den Verseifungslösungen wurden durch Eiswasser bei einer konstanten Temperatur von 40

gehalten. Nach gleichen Zeiten wurden wie beim ersten Versuch je 10 ccm titriert. Aus den relativen Verseifungszahlen wurden wieder die Prozente der totalen Verseifung berechnet:

Zeit	Leinöl Proz.	Äthylester Proz.	Glykolester Proz.
15 Stunden . . . . .	16,8	7,3	12,8
30 " . . . . .	20,0	16,8	15,9
45 " . . . . .	31,4	17,7	27,0
75 " . . . . .	31,2	18,0	27,5
115 " . . . . .	19,9	19,2	22,0
145 " . . . . .	21,4	21,4	23,9
205 " . . . . .	27,0	25,3	27,9
265 " . . . . .	29,3	29,8	31,1
325 " . . . . .	35,4	34,2	33,8
445 " . . . . .	36,6	36,5	39,0

Der besseren Übersicht halber sind die Prozentzahlen der Verseifung und der Zeit in ein Koordinatensystem eingetragen. Die Kurven stellen alsdann den Verlauf der Verseifungsgeschwindigkeit dar:

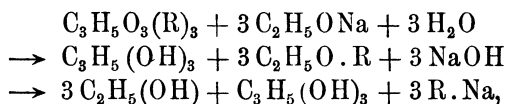
Fig. 1.



Die Ergebnisse der zweiten Versuchsreihe bestätigen bis zu einem gewissen Grade das Ergebnis der ersten Reihe: Nach 23 Stunden ist das Leinöl am weitesten verseift, es folgen Glykol- und dann Äthylester. Sehr groß aber sind die Unterschiede nicht, so daß ich von weitergehenden Schlüssen absehen möchte.

Eine Erscheinung aber ist bei der Verseifung der mehrwertigen Alkoholester mit alkoholischer Lauge sehr interessant. Die Kurve der Reaktionsgeschwindigkeit zeigt nach anfänglichem Anstieg ein deutliches Minimum, das nach etwa 90 Minuten bei den angegebenen Bedingungen seinen tiefsten Stand erreicht hat. Wie ist das zu erklären?

Durch die Untersuchungen von Henriques<sup>1)</sup> ist bekannt, daß die Verseifung der Glycerinester mit alkoholischer Lauge über die Äthylester geht im Sinne der Gleichung:



wobei R ein Acylrest wie z. B.  $\text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{O}$  bedeutet. Die vorübergehend entstehenden Äthylester lassen sich mit Petroläther extrahieren.

Dieser Vorgang liegt wohl der von mir beobachteten Erscheinung zugrunde. Glycerin- und Glykolester verhalten sich hier analog. Durch die alkoholische Lauge werden also zunächst die Fettsäuren frei gemacht, aber nach Erreichung eines gewissen Maximums an Seifenkonzentration setzt eine synthetische und damit antihydrolytische Reaktionsbewegung ein, die zur Synthese der Äthylester<sup>2)</sup> und damit zur Abnahme der an Na gebundenen Fettsäuren führt. Erst allmählich beginnt dann die Verseifung der Äthylester. Diese verläuft im oben angegebenen Sinne in einer gewissen Parallelbewegung zur Verseifung der ursprünglichen Äthylester.

Zur hauptsächlich gestellten Frage nach dem Zusammenhang von Resorptionsgröße und Verseifungsgeschwindigkeit aber geben die Versuche kein klärendes Material. Ich habe daher, um von anderer Seite der Frage näher zu kommen, auch noch Versuche mit enzymatischer Spaltung durch Lipase gemacht.

Angewandt wurde das „Steapsin Grübler“, das nach den Angaben der Literatur<sup>3)</sup> stark fettspaltendes Vermögen haben soll. Die Versuchsanordnung war die folgende:

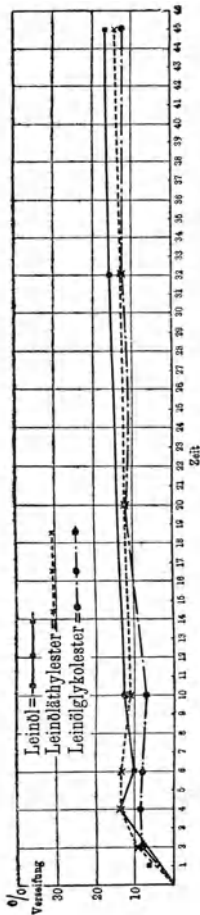
1) Zeitschr. f. angew. Chemie 1898, S. 697.

2) Eine solche ist auch von dritter Seite vorgeschlagen worden.

3) Vgl. Wohlgemuth, Grundriß der Fermentmethoden, S. 118.

Je 2 ccm des zu untersuchenden Öles wurden mit einer ihrem spezifischen Gewicht entsprechenden Menge der Fermentlösung nach vorsichtiger Neutralisation mit einer Gummi arabicum enthaltenden  $\frac{n}{10}$  NaOH-Lösung unter Verwendung von Phenolphthalein als Indikator zu einer Emulsion durchgeschüttelt und in den Brutschrank bei 40° gestellt. Jede Versuchsreihe bestand aus acht Proben, sowie einer blinden Probe. Nach gleichen Zeiten wurde je eine Probe entnommen und die abgespaltene Säure durch Titration bestimmt. Die Resultate ergeben sich aus folgenden Tabellen:

Fig. 2.



Angewandtes Fett:		Leinöl-Glycerinester	Leinöl-Glykolester	Leinöl-Äthylester
Menge in g:		1,7960	1,7460	1,7080
Ferment in ccm:		1,2	1,1	1,0
Zeit	Probe	Proz.	Proz.	Proz.
2 Stunden	I	6,7	8,9	9,0
4 "	II	13,7	8,9	14,9
6 "	III	10,0	8,5	13,3
10 "	IV	12,4	7,2	11,2
22 "	V	—	12,1	12,1
32 "	VI	15,5	12,6	12,7
45 "	VII	16,1	12,9	14,5

Die Zahlen drücken den Prozentgehalt von abgespaltener Fettsäure zu gebundener Säure aus.

Die Eintragung in ein Koordinatensystem ergibt nebenstehende Kurven (Fig. 2).

Ein genügend prägnantes Resultat, um im Sinne der von mir aufgestellten Erklärung für den Unterschied in der Resorptionsgröße verwandt werden zu können, ergeben auch diese Versuche noch nicht. Sie zeigen genau wie die der alkoholischen Verseifung nach einem anfänglichen Maximum ein Minimum, von dem aus die Kurve langsam wieder ansteigt. Da ohne Puffermischung und ohne dialytische Entfernung der frei gewordenen Fettsäuren gearbeitet wurde, so trat nach Über-

schreitung der optimalen H-Ionenkonzentrationen ein Stillstand der Verseifung ein.

Immerhin ergibt sich in Übereinstimmung zum Ausnutzungsversuch die Reihenfolge:

Glycerin- | Äthyl- | Glykolester.

#### 4. Massenversuche mit „Estermargarine“.

Im nachfolgenden soll ein kurzer Bericht über die Versuche gegeben werden, die mit „Estermargarine“, die in Bremen im Laboratorium der Kaffee-Handels-Aktiengesellschaft, sowie der Delmenhorster Margarinefabrik hergestellt worden ist, in einigen Gefangenenlagern angestellt worden sind.

Das Kriegsministerium, Abteilung Gefangenenernährung, hatte in einem Schreiben vom 14. Januar 1916 die Kommandanturen der Lager in Stendal und in Niederzwehren bei Cassel benachrichtigt, daß ihnen in nächster Zeit je 300 kg einer neuen ausichtsreichen Margarine zugehen werde, mit der unter genauer Kontrolle des Verpflegungsoffiziers und Lagerarztes ein Ernährungsversuch anzustellen sei. Die Gefangenen sollten in besonderen Gruppen von je 300 Mann, für die in einem besonderen Kessel gekocht werden konnte, während vier Wochen täglich mit 30 g der Margarine als Fettersatz zu ihrer sonstigen Nahrung ernährt werden. Die Beobachtung sollte sich hauptsächlich darauf erstrecken, wie sich das Kochen und die Schmackhaftigkeit der Speisen mit der neuen Margarine gestalte und dann auf die Bekömmlichkeit.

Die zur Herstellung der Margarine nötigen Ester wurden aus Talgfettsäuren hergestellt und im Laboratorium raffiniert und gebleicht. Die Verkirnung erfolgte in den Delmenhorster Werken, und zwar im wesentlichen mit gehärtetem Tran. Der Fettansatz enthielt 15 Proz. Ester. Die Fabrik machte von vornherein auf den schlechten Geschmack der neben den Estern angewandten Rohstoffe aufmerksam.

In einem Schreiben vom 12. Februar 1916 empfahl ich den Lagerküchen, das Fett als Zusatz zu zusammengekochten Speisen, als Beigabe zu Kartoffeln, Aufstrich auf Brot oder als Tunken zu

reichen. Aus den Versuchen mit der „Stearinmargarine“<sup>1)</sup> wurde folgender Kochzettel abgeleitet:

1. Ackerbohnen mit Kartoffeln, 30 g Fett.
2. Salzfisch mit Kohlrüben und Kartoffeln, 30 g Fett.
3. Salzfisch, Kohlrüben, etwas Mehl und 30 g Fett.
4. Rind- oder Pökelfleisch mit Kohlrüben, Kartoffeln und 30 g Fett.

Am 29. Februar begannen die Versuche in Cassel an 150 Russen. Am 11. März wurde im Vorbericht folgendes Urteil abgegeben:

Die Margarine riecht beim Erhitzen nach Seife und der Seifengeschmack tritt auch beim Essen nicht unwesentlich hervor. Bei Zusatz einer geringeren Menge, z. B. 15 g pro Kopf auf die Mahlzeit, ist ein unangenehmer Geschmack kaum noch zu konstatieren, wenn gleichzeitig etwa 20 g geröstete Zwiebeln dem Essen zugesetzt werden.

Kommandantur des Kriegsgefangenenlagers Cassel.  
Küchenverwaltung, Niederzwehren, den 10. März 1916.

Bericht über die Versuche mit einer neuen Margarine im Gefangenenlager Cassel:

Cassel, den 10. März 1916.

Bei dem Versuch mit einer neuen Margarine wurden keine gesundheitlichen Störungen beobachtet. Es traten weder Erbrechen, Durchfälle, noch Gewichtsabnahmen bei den Kriegsgefangenen der betreffenden Kompagnie auf. Die einzige Nebenerscheinung war der unangenehme Geschmack, der bei Verwendung von 30 g von den meisten empfunden wurde und der bei Zugabe von 20 g Zwiebeln nicht überdeckt werden konnte. Dagegen war dieser Geschmack bei Verwendung von 15 bis 20 g Margarine und gleichzeitiger Zugabe von 20 g Zwiebeln oder Gewürzen weniger bemerkbar.

Der Chefarzt.

Der definitive Bericht vom 9. April 1916 lautet:

Bei dem Versuch mit der neuen Margarine wurden keine Gesundheitsstörungen beobachtet. Es traten weder Erbrechen, Durchfälle, noch Gewichtsabnahmen bei den

---

<sup>1)</sup> Vgl. Fußnote S. 34.

Kriegsgefangenen der betreffenden Kompagnie auf. Die einzige Nebenerscheinung war der unangenehme Geschmack, der bei Verwendung von 30 g Margarine von den meisten Gefangenen empfunden wurde und der bei Zugabe von 20 g Zwiebeln nicht überdeckt werden konnte. Dieser Geschmack war bei Verwendung von 10 bis 15 g Margarine und gleichzeitiger Verwendung von 15 bis 20 g Zwiebeln oder 5 g Gewürz weniger bemerkbar.

Die Erfahrungen mit der neuen Margarine im hiesigen Lager sind als durchaus günstig für die weitere Verwendung derselben zu bezeichnen.

Der Chefarzt.

Niederzwehren, den 9. April 1916.

Mit einer weiteren Probe, die im April zur Ablieferung kam, wurden analoge Versuche in Stendal an Franzosen gemacht, die aber ein ungünstiges Resultat ergaben. Gesundheitsstörungen wurden nicht berichtet, wohl aber sehr stark über den schlechten Geschmack geklagt.

Dies veranlaßte mich, erneut Ester herzustellen, die mit besonderer Sorgfalt raffiniert und in den Margarinewerken „Berolina“, Berlin-Lichtenberg, auf Margarine verarbeitet wurden. Durch das Entgegenkommen des Herrn Direktor Schraud konnte ich die Verkürnung selber überwachen: es wurden nur gute Rohstoffe verwertet und daher auch ein einwandfreies Produkt erhalten.

Das Lager Niederzwehren stellte damit erneut Versuche an und gab folgenden Bericht:

Die mit der Margarine gemachten Versuche haben ein durchaus befriedigendes Resultat ergeben. Was Geschmack anbelangt, ist derselbe der bisher verbrauchten noch vorzuziehen, da der seifenähnliche Geruch letzterer hier weniger, fast gar nicht in Erscheinung tritt. Hingegen scheint dieselbe stark Mehl oder Stärke haltend zu sein, was wohl beim Braten, nicht aber beim Verkochen in Suppen und Gemüsen nachteilig wirkt. Die Versuche wurden ohne Wissen der hierzu ausersehenen Gefangenen durchgeführt.

Die Küchenverwaltung.

Niederzwehren, den 17. Juli 1916.

Dieser Bericht lautet also wesentlich günstiger und war die Veranlassung zur allgemeinen Streckung der Gefangenenlagermargarine mit Estern. Der Zusatz von Mehl, den der Bericht erwähnt, war damals als Ersatz für das Sesamöl vorgeschrieben.

Die Gefangenenlagerversuche hatten im wesentlichen den Zweck, die durch Ausnutzungsversuche im Laboratorium nicht erfaßbaren Fragen der Bekömmlichkeit und Verträglichkeit bei Dauerversuchen zu prüfen. Nachdem sie selbst unter ungünstigen Bedingungen ein positives Resultat ergeben hatten, war die Zuversicht berechtigt, bei ordnungsgemäß im Großbetrieb hergestellten Estern und sorgfältiger Verkürnung ein einwandfreies Produkt zu erhalten. Namentlich die ausgezeichnete Herstellung der Margarine in der „Berolina“ hat diese Zuversicht voll bestätigt (vgl. III, S. 93).

---



### III. Technischer Teil.

#### 1. Die Veresterung von Fettsäuren mit Äthylalkohol.

##### a) Veresterungsbedingungen.

Eine industrielle Herstellung technischer Äthylester höherer Fettsäuren im Großbetriebe hat es vor dem Kriege — meines Wissens — nicht gegeben<sup>1)</sup>. Einzig und allein das künstliche Kognaköl, das ein Gemisch der Amylester der niedrigen, flüchtigen Fettsäuren des Kokosfettes darstellt, ist in der Technik durch Veresterung der flüchtigen Fettsäuren von frischem Kokosfett mit Amylalkohol und Salzsäure oder Schwefelsäure dargestellt worden. Es ist interessant, daß im Gegensatz dazu die Äthylester des Kokosfettes einen auf die Dauer so unangenehmen Geruch wie auch brennenden Geschmack haben, daß sie für Speisezwecke völlig ausschalten. Ich habe mir durch zahlreiche Versuche mit ihnen geradezu eine Idiosynkrasie gegen sie erworben.

Das Prinzip der Herstellung des Kognaköles ist sehr einfach. In einer mit Kolonne versehenen Destillationsblase, die den bei der Ätherherstellung gebrauchten ähnlich ist, werden die Fettsäuren mit Alkohol (etwa 90- bis 92proz.) und konzentrierter Schwefelsäure oder Salzsäure erhitzt und fraktioniert destilliert. Die Destillate werden mit Soda und Wasser gewaschen.

Diese Methode, die ja nur eine Übertragung der im Laboratorium üblichen ist, erschien mir auch maßgebend für die Veresterungsversuche mit den Fettsäuregemischen der natürlichen Fette. In einem mit Rückflußkühler versehenen Kessel sollten die Fettsäuren mit säurehaltigem Alkohol erhitzt und nach erfolgter Veresterung im Vakuum destilliert werden.

Letztere Operation versprach eine völlige Reinigung, so daß sogar hygienische Bedenken gegen minderwertiges Ausgangsmaterial verstummen mußten.

---

<sup>1)</sup> Vgl. Dammer, *Technologie der Neuzeit I*, S. 646; Herzog, *Chem. Technologie organischer Verbindungen*, S. 473.

Aber schon die Laboratoriumsversuche ergaben bei Rohfettsäuren einen derartigen Abfall der Ausbeute gegenüber der Theorie, daß es nicht angebracht erschien, auf diesem Wege weiter zu arbeiten.

Das rührte aus folgender Ursache her. Die angewandten Rohfettsäuren, wie sie für die Speiseester zur Verwendung kommen, sind in den seltensten Fällen 100 proz. Fettsäuren. Meistens enthalten sie Neutralfett in größeren Mengen (oft bis 40, ja 50 Proz.), Verunreinigungen aller Art, wie Schleimstoffe, Eiweißkörper u. dgl. Nach ihrer äthylalkoholischen Veresterung erhält man ein Gemisch von Glycerin- und Äthylneutralfett, sowie unveränderter Säure, von dem aber nur die Äthylester im Vakuum und mit Wasserdampf überzudestillieren sind. Immerhin ist im Laboratorium auch bei kleinen Versuchen eine Destillation durchführbar, da man über Vakua von 20 bis 40 mm verfügen kann. Durch die Beschränkungen der Kriegszeit aber, die, wie weiter unten noch in anderer Beziehung ausgeführt werden wird, es notwendig machten, mit den in den Ölfabriken vorhandenen Apparaten möglichst ohne großen Umbau auszukommen, steht nur ein Vakuum über 100 mm zur Verfügung. Es kommt hinzu, daß die vorerwähnten Verunreinigungen bei der Destillation eine pyrogene Zersetzung erleiden und schädliche Nebenprodukte bilden (Akrolein, Kohlenwasserstoffe), so daß die Reinersterdestillate einen brenzlichen und unangenehmen Geruch haben. Weiter ist natürlich, da das Glycerinneutralfett zurückbleibt, der Verlust ein großer.

So mußte also davon abgesehen werden, eine Reinigung der Rohester durch Destillation im Vakuum zu erreichen. Die Aufgabe der Raffination zu Speisezwecken wurde durch diese Bedingtheiten natürlich sehr erschwert.

Aber auch die laboratoriumsmäßig einfache Frage der Veresterung als solche mußte für die Zwecke der technischen Herstellung wesentlich umgeändert werden. Es war nicht daran zu denken, mit den großen Mengen an Alkohol zu arbeiten, wie man sie beim präparativen Arbeiten anwendet. Die Kosten der Rückgewinnung und Rektifizierung wären zu hohe geworden.

So war denn die erste Aufgabe, brauchbare Bedingungen der technischen Veresterung herauszuschälen und möglichst ein für alle Fettsäurearten brauchbares Verfahren auszuarbeiten.

Die Versuche, die protokollarisch hier wiederzugeben zu weit führen würde, erstrecken sich nach drei Richtungen. Es sollten die drei Faktoren Alkoholmenge, Menge der katalysierenden Säure und Veresterungszeit auf ein minimales Optimum reduziert werden, das bei geringsten technisch-wirtschaftlichen Kosten eine möglichst hohe Ausbeute an Speiseestern gab. Ursprünglich wurde konzentrierte Salzsäure angewandt, die in vergleichsweise geringen Mengen eine gute Ausbeute gab. Da aber die Veresterungskessel in den Fabriken nicht dicht gegen ihre Dämpfe waren, auch das Material sehr angegriffen wurde und schließlich die Salzsäure nicht in genügenden Mengen freizubekommen war, so mußte davon abgesehen werden. Die aromatische Sulfosäure schied einmal wegen ihres relativ hohen Preises aus, auch waren die erhaltenen Produkte sehr dunkel und ließen sich schlecht raffinieren.

So wurde denn mit konzentrierter Schwefelsäure gearbeitet, der bei einigen Versuchen Natriumsulfat zugegeben wurde.

Als Alkoholqualität kam der 92- bis 94proz. vergällte Spirit in Betracht, der später allerdings unvergällt geliefert wurde (vgl. S. 38, Fußnote). Veresterungsversuche, die ich mit „Protolsprit“ der Firma Brüggemann in Heilbronn anstellte, ergaben ein ebenso brauchbares Produkt wie der gewöhnliche Alkohol. Die bei der sonstigen Anwendung des Protolsprits störenden Acetaldehyd-beimengungen waren im raffinierten Speiseester in keiner Weise merkbar.

Aus der nachfolgenden Tabelle ergibt sich die Richtung, in der die Versuche auf das oben angegebene Ziel des minimalen Optimums fortschritten (alle Zahlen sind in Prozente der Fettsäuren, die freie Säure ist als Ölsäure ausgedrückt).

	Fettsäure	Alkohol- menge Proz.	Säure	Zeit Std.	Produkt enthält freie Säure Proz.
I.	100 g Rübölfettsäure	50,0	5,0 Proz. 28proz. HCl	3	6,3
II.	100 „ „	33,0	8,5 „ „ „	2	2,5
III.	100 „ Leinölfettsäure	22,6	6,2 „ konz. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5	8,9
IV.	100 „ „	20,0	7,0 „ desgl. und 2proz. Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	8	4,5
V.	100 „ Talgfettsäure	25,0	6,2 „ konz. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5	5,1
VI.	100 „ Stearinfettsäure	35,0	8,9 „ „ „	4	7,4

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß die höher schmelzenden Fettsäuren, wie Talgfettsäuren oder Stearin, einen höheren Alkoholverbrauch haben wie die flüssigen, sie sind schwerer löslich. Auch die günstigere Wirkung der Salzsäure ist ersichtlich.

Eine Aufklärung über die verschiedenen Veresterungsgeschwindigkeiten wurde schon früh gesucht, ohne daß aber aus den Fabriksversuchen eine einheitliche Erkenntnis abzuleiten wäre. Die Verunreinigungen, die ja z. B. einen Teil der katalysierenden Säure verbrauchen, lassen vergleichende Bestimmungen schlecht zu. Im allgemeinen sind die Fettsäuren von Baumwollsaatöl, Olivenöl, Kokosfett, Stearin am leichtesten veresterbar, Leinöl und Rüböl schwerer.

Für jeden Komplex von Veresterungsbedingungen stellt sich ein Gleichgewicht zwischen freier Fettsäure und Äthylester ein, das ohne Variation der Mengen natürlich nicht zu verschieben ist. Es war eine Frage der technischen Rentabilität, ob es zweckmäßiger sei, mit mehr Alkohol oder katalysierender Säure einen niedrigen Prozentgehalt an freier Fettsäure zu erreichen oder durch Ersparung an den beiden genannten Faktoren ein Produkt von höherer Säurezahl zu erhalten, das schwerer und mit schlechterer Ausbeute zu raffinieren war. Im allgemeinen wurden die Bedingungen so gewählt, daß im Endprodukt der Veresterung 7 bis 4 Proz. freie Säure war.

Für den in der obigen Tabelle angegebenen Versuch I gebe ich den Reaktionszeitverlauf bei 50 Proz. Alkohol und variierter Säuremenge in den folgenden Kurven an (Fig. 3). Durch eine Erhöhung der Säurekonzentration konnte man natürlich den freien Fettsäuregehalt im Endprodukt noch mehr herunterdrücken (vgl. Versuch II der Tabelle S. 79), aber bei der technisch angewandten Schwefelsäure litt die Farbe der Ester zu sehr, da die ungesättigten Fettsäuren angegriffen wurden. Für Stearin lassen sich leicht Bedingungen finden, die einen geringen Säuregehalt im Endprodukt ergeben (vgl. III, 6, S. 94).

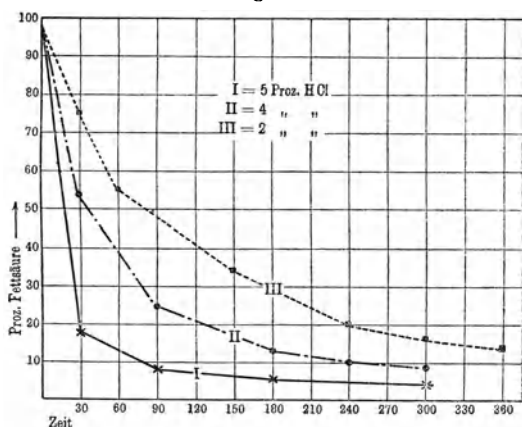
Ähnliche Kurven lassen sich natürlich auch für die Alkoholmenge aufstellen.

Neben der aus dem Massenwirkungsgesetz ohne weiteres erklärlichen Abschwächung des Reaktionsverlaufes bis zum Gleichgewicht macht sich noch eine andere physikalische Erscheinung bemerkbar.

Die Veresterung unter den oben angegebenen Bedingungen erfolgt in einem heterogenen System: die beiden Phasen müssen durch energisches Rühren durcheinandergemengt werden. Die Veresterung als solche wird in den gelösten Partikelchen der Reaktionsteilnehmer in der Grenzschicht vor sich gehen. Durch das bei der Reaktion frei werdende Wasser tritt eine Herabsetzung der Lösungsfähigkeit ein, so daß wasserbindende Mittel von Vorteil wären. Der Einfluß von entwässertem Natriumsulfat war aber nur gering.

Die Abhängigkeit der Veresterung von der Temperatur wurde nicht weiter untersucht, da ja schon, um feste Fettsäuren ver-

Fig. 3.



arbeiten zu können, in der Wärme gearbeitet werden mußte. So ergab sich von selbst die Siedetemperatur des Alkohols.

Die Möglichkeit, durch Anwendung von Druck mit dem Alkohol oder der Säure herabzugehen, wurde auch aus dem Kreis der Versuche ausgeschlossen, da die Apparatur der Bremen-Besigheimer Ölfabriken für eine Druckerhitzung nicht eingerichtet war.

Das Verfahren verlief in seinen einzelnen Teilen folgendermaßen:

Die technischen Rohfettsäuren wurden, eventuell unter Erwärmung, in das durch indirekten Dampf erwärmte Veresterungsgefäß eingebracht. Darauf wurde unter gutem Rühren die notwendige Menge Alkohol und Säure zugegeben, der Apparat geschlossen und auf 70 bis 80° erwärmt.

Man zieht von Zeit zu Zeit Proben und titriert auf freien Fettsäuregehalt. Beträgt derselbe etwa 7 bis 9 Proz., so wird der Prozeß abgestellt.

Der Inhalt des Kessels setzt sich in zwei Schichten ab.

Man kann nun auf zwei Arten verfahren: Man stellt den Kühler um und destilliert möglichst weitgehend den Alkohol ab, gibt danach Wasser oder Salzlösung zum Auswaschen des Rohesters zu und zieht nach Absitzen die beiden Schichten getrennt ab. Der Rohester kommt zur Raffination, die Abfallsäure ist nicht weiter verarbeitet worden.

Oder man trennt erst beide Schichten und destilliert das Abwasser, das aus Alkohol, Wasser, Schwefelsäure, Schmutz und Spuren von Fett besteht, für sich. Eventuell kann man das erste Waschwasser des Rohesters noch dazugeben (vgl. Alkoholregeneration).

#### b) Apparatur.

Zur Durchführung des so in seinen Grundzügen gekennzeichneten Veresterungsverfahrens war folgende Apparatur vorgesehen worden:

1. ein großer verbleiter Kessel mit verbleitem Deckel und Heizschlange,
2. ein gut wirkender Rückflußkühler,
3. ein oder mehrere Raffinationsbottiche,
4. Reservoir zur Aufnahme der Fettsäuren, Rohester, des Alkohols und der Säure.
5. ein Spiritusrektifikationsapparat.

Davon waren die zu 1., 3. und 4. genannten Apparate in der Fabrik vorhanden. Der Rückflußkühler mußte erst eingebaut werden. Wie im wirtschaftlichen Teil erwähnt, ist das erst ein halbes Jahr nach der Inbetriebnahme des Verfahrens geschehen. Er wurde so eingerichtet, daß ein Abdestillieren des nicht an der Reaktion teilnehmenden Alkohols möglich war. Vor seinem Einbau wurde einfach im geschlossenen Kessel erhitzt.

#### c) Alkoholregeneration.

Der theoretische Verbrauch an Alkohol bei der Veresterung beträgt im Durchschnitt 16 bis 17 Proz., berechnet als  $C_2H_5OH$ , oder etwa 17 bis 18,5 Proz. des 95proz. Alkohols. Von diesem

Alkohol werden etwa 10,7 Proz. als Äthylgruppe gebunden. Der Rest tritt als Wasser aus und verdünnt den im Überschuß angewandten Alkohol. Da im Durchschnitt 24 bis 25 Proz. bei der Verarbeitung von flüssigen Fettsäuren, gelegentlich sogar noch weniger, angewandt wurden, so bedeutet das, daß im Durchschnitt die 7 Proz. Alkoholüberschuß nach der Veresterung mit etwa 50 Proz. Wasser verdünnt waren.

Diese dünnen Alkoholwässer wurden zunächst in den Kanal gegossen, obwohl es durch Einbau eines absteigenden Kühlers ein leichtes gewesen wäre, sie wiederzugewinnen. Als nun bei Verarbeitung von Stearinsäure der Alkoholverbrauch auf 35 Proz. stieg, drängte das Kriegsernährungsamt und die Reichsbranntweinstelle auf Regeneration des Alkohols.

Maßgebend waren dabei die folgenden von mir ausgeführten Versuche.

Es wurden zwei Versuchsreihen angestellt, entsprechend der beiden Möglichkeiten der Verarbeitung:

1. Es wurde das Gemisch von Rohester, Schwefelsäure usw. nach Beendigung der Veresterung insgesamt destilliert.
2. Es wurde das Abwasser allein destilliert.

Weiter wurde einmal mit gewöhnlichem Fraktionsaufsatz (Reihe A), das andere Mal mit dreistufiger Kolonne (Reihe B) destilliert. Die Destillation wurde abgebrochen, wenn das Thermometer etwa 90 bis 92° zeigte, da der dann übergelassene 10- bis 8proz. Alkohol eine Wiedergewinnung nicht mehr lohnt.

#### Ergebnisse.

##### A. Gewöhnlicher Fraktionsaufsatz.

###### 1. Rohester- usw. Gemisch.

200 g destilliert, Siedegrenzen 75 bis 92°.

Übergegangen 37,5 ccm vom spez. Gew. 0,8967 (Vol.-Proz. = 62; Gew.-Proz. = 55).

Ausbeute 17,1 Proz.

###### 2. Abwasser allein.

200 g destilliert. Siedegrenzen 75 bis 91°.

Übergegangen 110,7 ccm vom spez. Gew. 0,8900 (Vol.-Proz. = 77; Gew.-Proz. = 71).

Ausbeute 48,1 Proz.

Heiztemperatur bei 1. und 2.: 120 bis 125°.

**B. Dreistufige Kolonne.****1. Rohester- usw. Gemisch.**

300 g destilliert. Siedegrenzen 70 bis 95°.

Übergegangen 70,0 ccm vom spez. Gew. 0,8614 (Vol.-Proz. = 80;  
Gew.-Proz. = 74).

Ausbeute 20,1 Proz.

**2. Abwasser allein.**

250 g destilliert. Siedegrenzen 75 bis 95°.

Übergegangen 130,5 ccm vom spez. Gew. 0,8812 (Vol.-Proz. = 72;  
Gew.-Proz. = 66).

Ausbeute 46 Proz.

Heiztemperatur bei 1. und 2.: 130 bis 135°.

Bei der Alkoholregeneration im Fabrikbetrieb lagen folgende Unterlagen zugrunde. Der Ansatz benötigte bei der im Durchschnitt zur Verwendung gelangenden, 50 Proz. freie Fettsäure enthaltenden Fettsäure 7,5 Proz. Alkohol theoretisch. Rechnen wir die Fettsäure mit 100 Proz., so würden 21 Proz. Alkohol, d. h. 13,5 Proz. über die Theorie und 7 Proz. Schwefelsäure zum Ansatz gegeben. Als Ergebnisse wurden erzielt:

	104,5 Proz. Fettsäureester
+	13,5 „ Alkohol
+	3,0 „ Wasser
+	2,0 „ Schwefelsäure
Insgesamt:	104,5 Proz. Esteröl
	+ 23,5 „ Unterlauge

In der Praxis kam die technische Ausbeute an Unterlauge der theoretischen befriedigend nahe: Aus 12,247 kg Rübölfettsäure + 2554 kg Alkohol + 840 kg Schwefelsäure wurden 2450 kg Unterlauge erhalten, gegen 2700 kg theoretisch berechnet. Bei der Destillation wurden 27,3 Proz. Alkohol 70 proz. = 20 Proz. Alkohol 95 proz. erhalten. Der so zurückgewonnene 70 proz. Alkohol, der innerhalb der Anlagen der Bremen-Besigheimer Ölfabriken nicht weiter konzentriert werden konnte, wurde der Reichsbranntweinstelle zu anderweitiger Verfügung gestellt.

**2. Veresterung von Neutralfetten mit Äthylalkohol.**

Die alkoholytische Veresterung von Neutralfetten, über die grundlegende Untersuchungen von A. Haller vorlagen, sollte bei der Esterherstellung aus Speisefetten, denen zur Munitionserzeugung



das Glycerin entzogen werden mußte, den Umweg über die Spaltung durch einen einstufigen Prozeß ersparen.

Die Versuche Hallers gaben zwar eine Orientierung über die erreichbaren Möglichkeiten, schieden aber für jede technische Bearbeitung durch ihren immensen Alkoholverbrauch aus. Das Bestreben, mit den Alkohol schwer löslichen Neutralfetten in homogener Lösung zu arbeiten, zwang ihn, ein Vielfaches des zu veresternden Fettes an Alkohol (und zwar hoch konzentrierten bzw. absoluten) zu verwenden.

Das war für die technische Verarbeitung in der Kriegszeit ausgeschlossen trotz der Regenerationsmöglichkeit. Es mußte daher eine Anpassung an die technischen einhaltbaren Bedingungen vorgenommen werden. Die Richtlinie geht aus den nachstehenden Versuchen hervor:

#### 1. Versuch.

100 g Erdnußöl werden mit 100 g absolutem Alkohol, der 5 g gasförmige Salzsäure enthielt, vermischt und das Gemisch bei 40 bis 50° einige Stunden gerührt. Es blieben zwei Schichten nach dem Abstellen des Rührwerkes (während Haller ein Homogenwerden nach beendeter Operation unter seinen Bedingungen angibt). Die obere Schicht erwies sich als völlig alkohollöslich, während dies das Ausgangsmaterial nicht war. Eine Glycerinbestimmung wurde nicht gemacht.

#### 2. Versuch.

Dasselbe Ausgangsmaterial wurde drei Stunden am Rückflußkühler unter Rühren mit einem Wittschen Rührer gekocht. Nach Absetzen der beiden Schichten wurde die obere Schicht mit 100 ccm heißem Wasser gewaschen, das Waschwasser mit der Unterlage vereinigt und eine Glycerinbestimmung gemacht. Sie ergab 5,4 Proz. Glycerin- ausbeute auf das Gesamtfett (Acetinverfahren).

3. Versuch. Von der Überlegung ausgehend, daß Haller den großen Überschuß an Alkohol nur angewandt hatte, um das Fett lösen und im homogenen System arbeiten zu können, wurde ein Teil des Alkohols durch Benzol ersetzt. (Anfänglich sollte mit Benzol vergällter Sprit verwandt werden.) Außerdem wurde von vornherein ein Fett mit einer möglichst hohen Säurezahl

verwandt, da sich die Säuren leichter im Alkohol lösen und die entstehenden Ester die Löslichkeit des Neutralfettes erhöhen.

200 g Erdnußöl mit 5,7 Proz. freier Fettsäure (als Ölsäure berechnet) werden mit 80 g 20 Proz. Benzol enthaltendem Alkohol (96 Proz.) und 6 g konzentrierter Salzsäure drei Stunden am Rückflußkühler auf 80° gehalten. Der ursprünglich in zwei Schichten getrennte Kolbeninhalt ist nach dem Erkalten homogen. Er wird im Scheidetrichter erst mit 200 ccm, dann mit 100 ccm 50° warmen Wassers gewaschen und dann noch mit 50 ccm 3 Proz. Kochsalzhaltigem Wasser nachgewaschen. Die Waschwässer werden vereinigt und gegen Phenolphthalein neutralisiert: sie stellen die Glycerinunterlage dar.

Die Benzolesterlösung wird mit festem Calciumcarbonat geschüttelt, filtriert und auf dem Dampfbade vom Benzol befreit. Erhalten wurden 203 g Rohester mit 0,3 Proz. freier Fettsäure.

Die Glycerinunterlage wurde im Vakuum bei 100° bis fast zur Trockne eingedampft. Der Destillationsrückstand wird auf 200 ccm aufgelöst und in je 10 ccm die Glycerinbestimmung nach dem Acetinverfahren gemacht. Es wird eine Ausbeute von 8,3 Proz. auf 100 g Fett, d. h. 90 Proz. der Theorie erhalten.

Ein gleicher Versuch, in dem das Benzol durch Trichloräthylen ersetzt war, ergab 8,2 Proz. Ausbeute.

Diese sämtlichen Versuche waren mit Salzsäure angestellt worden. Ich hatte von der Verwendung mit Schwefelsäure abgesehen, da sich nach den Angaben von Haller Schwefelsäureäthylester bilden und außerdem das Glycerin angegriffen wird.

Da aber die Bremer Fabrik sich gegen Verwendung von Salzsäure wegen Apparatur Schwierigkeiten wandte, so wurden die Versuche in der Technik mit Schwefelsäure angestellt. Sie verwandten auch nur etwa 20 Proz. Alkohol und erhielten daher nur drei Viertel der möglichen Veresterung, denn ihre Glycerinausbeute betrug nur 6,3 Proz.

Da außerdem die die Unterlagen verarbeitende Fabrik in Schlebusch erklärte, wegen des hohen Schwefelsäureäthylestergehaltes und der durch die saure Reaktion bei der Konzentration

entstehenden Polyglycerine eine rationelle Ausbeute von Glycerin nicht gewährleisten zu können, so mußte der an sich aussichtsvolle Weg der Neutralölveresterung aufgegeben werden. Das war um so bedauerlicher, als die aus Neutralfett hergestellten Äthyl-ester den aus Rohfettsäure hergestellten an Geschmack und Geruch überlegen waren, wohl weil sie sich leichter raffinieren ließen.

### 3. Raffination.

Die Gewinnung eines Speisefettes aus einem an sich nicht genießbaren Rohfett, sei es nun Schmelztaig, Knochenfett oder Rohester, ist im wesentlichen eine Raffinationsfrage (wobei unter Raffinieren hier: Reinigen, Neutralisieren, Bleichen und Dämpfen zusammen verstanden werden soll).

Die Frage der ökonomischen Veresterung hatte immerhin durch eine theoretische Richtlinie ihrer Lösung zugeführt werden können, sie war nur kompliziert durch die Beschränkungen, die die Kriegszeit an Rohmaterial und Apparatur dem an sich einfachen Verfahren auferlegte.

Die Raffination der Rohester zeitigte sehr erhebliche Schwierigkeiten, die auf die Dauer nur durch die Erwerbung einer empirischen Routine beseitigt werden konnten, ohne daß in jedem Falle angegeben werden könnte, welche Überlegungen wissenschaftlich-theoretischer Natur zu dem oder jenem Handgriffe geführt haben. Hier galt in letzter Instanz die heuristische Kunstfertigkeit des Praktikers.

So ist es auch nicht möglich, protokollarische Belege der einzelnen Versuche beizubringen, obwohl ihre Zahl sehr groß ist, denn da jede neue Charge Rohester quasi ein neues Individuum war, so lassen sich nur die Prinzipien der Methodik angeben. Es wird also dieser Abschnitt, obwohl er auf dem größten experimentellen Material fußt, nur allgemein sein können.

Die Schwierigkeiten der Raffination der Rohester erklären sich aus folgenden Ursachen: Einmal war das zur Verwendung gelangende Rohmaterial für die Veresterung die Raffinationsabfallfettsäuren aus der Speisefettherstellung, in ihnen also der größte Teil an Verunreinigungen an Schleim- und Eiweißstoffen sowie sonstiger Schmutz enthalten. Andererseits waren sie auf Grund ihres niedrigen spezifischen Gewichtes (vgl. Tabelle S. 69) leicht-

flüssiger, weniger viskos oder „ölig“ als die natürlichen Fette, sie hielten also Niederschläge von Seifen und dergleichen lange in Schwebelage und setzten sich in Emulsionen schwerer ab. Schließlich enthielten die Rohester im Durchschnitt 4 bis 5, ja auch 7 Proz. freie Säure, so daß der bei der Laugenraffination sich absetzende soap stock oft 10 bis 17 Proz. der Rohester ausmachte. Daraus und aus der hohen Verunreinigung des Ausgangsmaterials erklärt sich auch die gegen die Theorie niedrige in der Praxis erhaltene Ausbeute (vgl. S. 41 u. 42).

#### a) Entfernung von Schmutz- und Eiweißstoffen.

Die Veresterung mit Schwefelsäure wirkt dem Prinzip nach wie ein Abkochen der Öle mit Säure, das man bekanntlich besonders in der Rübölraffination anwendet<sup>1)</sup>.

So setzt sich denn auch immer nach der Veresterung an der Grenze der beiden Schichten ein je nach der Qualität des Rohmaterials mehr oder minder beträchtlicher Satz der verkohlten Verunreinigungen von flockiger oder meist schleimiger Beschaffenheit ab. In manchen Fällen war es nötig, nach der Laugenraffination noch einmal mit verdünnterer Säure, z. B. 10 Proz. vom spez. Gew. 1,5 abzukochen. Auch Abkochen über Alaun hat sich öfters als vorteilhaft erwiesen.

#### b) Laugenraffination.

Die vom Säuretrieb abgezogenen Rohester wurden gewaschen und dann entsprechend ihrem Säuregehalt mit Lauge raffiniert.

Die Äthylester haben eine gewisse Neigung, Seife zu lösen. So wurde ja auch bei meinen ersten Produkten über Seifengeschmack von den Gefangenenlagern geklagt. Es kommt daher bei der Laugenraffination hauptsächlich darauf an, die mit Alkali herausgenommenen freien Fettsäuren in flockiger Form als Seife niederzuschlagen. Dies läßt sich durch konzentrierte Laugen von mindestens 12° Beaumé erreichen, doch muß peinlichst für feine Verteilung der zugegebenen Lauge in Ester Sorge getragen werden. In den Fällen, wo die Säurezahl niedrig ist, reicht nun die Menge an konzentrierter Lauge nicht für eine hinreichende Verteilung im Ester aus. Es hat sich dann bewährt, durch Kochsalzzusatz

---

<sup>1)</sup> Vgl. Hefter, Technologie I, S. 638.

auch verdünntere Lauge auf die gleichen Beaumégrade zu bringen und somit flockige Ausscheidung der Seifen zu erreichen.

Im allgemeinen wurden Laugen von 12 bis 15° Beaumé in der anderthalbfachen Menge der auf freie Fettsäure berechneten zugegeben und bei etwa 25 bis 35° eine Stunde gut durchgerührt und dann absitzen gelassen. Bis das Öl klar ist und die Emulsion stark zurückgeht, vergeht sehr lange Zeit. Zentrifugieren ist dabei von großem Vorteil.

Beispiel: Ester mit 2,5 Proz. freier Säure werden mit Natronlauge von 13° Beaumé gut verrührt und 15 Stunden absitzen gelassen: Säurebestimmung 0,2 Proz.

Bei sehr hohen Mengen freier Fettsäure oder auch bei Stearin- oder sonstigen hochschmelzenden Estern, bei denen eine Behandlung in der Wärme nötig ist, würde durch Laugenraffination die Menge des Abfalls sehr groß sein, da auch ein Teil der Neutralester angegriffen wird. In solchen Fällen habe ich mit Vorteil Natronwasserglas angewandt, da die frei werdende Kieselsäure die gebildete Seife gut zu Boden reißt.

Neben der Entfernung der freien Fettsäure wird durch die Laugenraffination auch eine Aufhellung der Farbe erreicht, doch langt diese Bleichung meist für die Anforderungen, die an ein Speiseöl gestellt werden, nicht aus.

### c) Bleichen mit Erden (Silikaten).

Die aus der Laugenraffination kommenden Ester haben meist eine mittelgelbe Farbe mit einem Stich ins Rotbraune. Versuche, sie chemisch reduktiv oder oxydativ zu bleichen, ergaben außer beim „Rongalit“ kein günstiges Resultat. Doch auch die mit „Rongalit“ gebleichten Ester dunkelten wieder nach.

Sehr bewährt hat sich dagegen eine Bleiche mit „Tonsil“ oder „Frankonit“.

Hatten die Ester noch einen Säuregehalt über 0,5 Proz., so habe ich „Tonsil X 15“ in der entsprechenden Menge (etwa 1 bis 2 Proz.) während einer halben bis einer Stunde bei 95 bis 100° angewandt. Waren sie danach noch nicht hell, so wurde mit „Tonsil A C III“ im gleichen oder etwas höheren Prozentsatz während einer Stunde unter gutem Rühren gearbeitet. Auch hier ist im allgemeinen empirisches Ausprobieren der zu verwendenden Mengen der einzige Hinweis.

Die solchermaßen entsäuerten und gebleichten Esteröle werden meistens noch über 10 Proz. Kochsalz- oder Alaunlösungen abgekocht und dann schnell und gut gekühlt, um den Nachgeschmack der Behandlungsmethoden zu entfernen.

#### d) Dämpfen.

Nachdem aus apparativen Gründen davon abgesehen worden war, die Ester im Vakuum zu destillieren, wobei diejenigen Fraktionen, die einen besonders charakteristischen bzw. unangenehmen Geruch haben, getrennt aufgefangen werden sollten, erwies es sich doch als notwendig, die Ester zu desodorisieren.

Namentlich die Ester der niedrigen Fettsäuren verdecken durch ihren aromatischen, teils obst-, teils kognakähnlichen Geruch den eigentlichen Ölgeruch zu sehr. Auch erzeugen sie auf die Dauer, wie ich an verschiedenen Personen feststellen konnte, eine starke Idiosynkrasie, so daß das Esteröl von ihnen befreit werden mußte.

Eingehende Versuche ergaben folgendes Verfahren: In den üblichen, in der Ölindustrie vorhandenen Apparaten — großen, mit Vakuum und überhitztem sowie indirektem Dampf versehenen Destillierblasen — werden die Ester im Vakuum bei einer Temperatur zwischen 100 und 140° gedämpft. Es ist vorteilhaft, um die Spaltbarkeit herabzusetzen, einen kleinen Zusatz von Calciumcarbonat zu machen, der eventuell frei werdende Säuren gleich neutralisiert. Dadurch werden sämtliche Geruchsträger abgetrieben, so daß gut gedämpftes Esteröl völlig geruchsfrei ist. Die überdestillierenden Verunreinigungen betragen etwa 2 Proz., die als „technisches“ Öl wieder Verwendung finden.

In so wenigen Worten dieser Prozeß sich zusammenfassen läßt, so wesentlich ist seine geschickte Handhabung für einen einwandfreien Geschmack und Geruch. Ein vorzeitiges Abziehen des noch heißen Esteröles aus den Apparaten ist zu vermeiden, da die Ester für den oxydierenden Einfluß der Luft ziemlich empfindlich sind.

Daraus erklärt sich auch ihr relativ frühes „Umschlagen“, d. h. das Auftreten eines kratzenden, seifigen Geschmacks, der namentlich bei Estern trocknender oder halbtrocknender Öle schnell auftritt.

#### 4. Härtung.

Die Frage der Härtung des Esteröles ist aus verschiedenen Gründen erörtert worden. Im Anfange des Krieges standen uns noch beträchtliche Mengen Tran bzw. Tranfettsäuren zur Verfügung, die in Form ihrer hydrierten Ester zu Ernährungszwecken verwandt werden konnten. Weiter ist bekannt, daß die Hydrierung die Qualität der Öle günstig beeinflußt und durch die hohe Temperatur des Härtungsprozesses teils dämpfend, teils sonst verbessernd wirkt. Namentlich Exzellenz Fischer war aus hygienischen Gründen dafür. Immerhin sollte die Härtung des Esteröles nur so weit getrieben werden, daß es bei Zimmertemperatur noch flüssig war, da es ja als Ersatz für flüssige Öle benutzt wurde.

Es ist von verschiedenen Seiten, namentlich aus der Industrie, die Hydrierbarkeit der Ester angezweifelt worden. Das ist natürlich irrig, wie die ersten besten Härtungsversuche nachweisen konnten.

Für meine Versuche habe ich das Nickelformiat des D. R. P. Nr. 312 668 benutzt, das für die meisten Hydrierungen flüssiger Körper (vgl. Beispiele der Patentschrift) einen einfachen und gut wirkenden Katalysator ergibt.

#### Härtung von Ölsäureäthylester.

5 g basisches Nickelformiat werden mit 10 g eines Öles fein verrieben und die grüne Paste im Reagenzglas bei 220° unter Durchleiten eines Wasserstoffstromes bis zur tintenfarbigen Schwärze zersetzt. Die so entstandene Paste ist lange haltbar.

200 g Ölsäureäthylester [Siedepunkt 220°<sup>1)</sup>, 20 ccm, Jodzahl 142,0] werden mit der Katalysatorpaste versetzt und im Bodenrohrkolben im Ölbad bei 180° in lebhaftem H<sub>2</sub>-Strom erhitzt. Nach anderthalb Stunden erstarrt das Produkt beim Herausbringen einer Probe fast momentan. Es wird vom Katalysator abfiltriert, das Filtrat erstarrt zu einer weißen Masse von kristallinischer Struktur: Stearinsäureäthylester, Fp. 32°, Jodzahl 7,1. (Chemisch reiner Stearinsäureäthylester schmilzt bei 33,5° und hat die Jodzahl 0.)

---

<sup>1)</sup> Vgl. F. F. Nord, Dissertation Karlsruhe 1914, S. 30; Willstätter u. Mayer, Ber. 41, 1476 (1908).

Diese Härtungsmethode hatte den Nachteil, in Form der Katalysatorpaste ein Glycerinfett in das Esteröl zu bringen. Andererseits liegt eine der günstigen Wirkungen des Katalysators nach D. R. P. Nr. 312 668 in der Schutzhülle, die das reduzierte Nickel (?) umgibt. Es ist mir durch eine naheliegende, wenn auch nach unseren bisherigen Anschauungen über Hydrogenisationskatalysatoren etwa unerwartete Anwendung des Schutzhüllenprinzips gelungen, einen außerordentlich aktiven Katalysator längere Zeit haltbar zu machen.

Einen für Reduktionen gasförmiger Stoffe sehr wirksamen Katalysator<sup>1)</sup> erhält man durch vorsichtiges Reduzieren von Nickelformiat im elektrischen Horizontalröhrenofen bei etwa 210°. Der so erhaltene Katalysator ist derart luftempfindlich und pyrophor, daß bei Abstellen des Wasserstoffstromes vor dem Ofen und dem so erfolgenden Eindringen von Luft der ganze Rohrinhalt im Augenblick unter Aufglühen sich oxydiert. Schaltet man nun nach beendeter Reduktion vor dem Ofen einen Dampfwickler ein und treibt nach Heruntergehen der Ofentemperatur auf etwa 95 bis 98° den Wasserstoffstrom durch den Dampfwickler, so wird die ganze Katalysatorschicht im Rohr mit Wasserdampftröpfchen umhüllt. Man muß natürlich so lange Dampf durchleiten, bis sich im Abgas Wasser kondensiert. Darauf läßt man im Wasserstoffstrom erkalten. Der so erhaltene Katalysator stellt eine feuchte schwarze Masse dar und ist in gut geschlossenen Gläsern monatelang haltbar.

200 g Tranester, die durch alkoholytische Veresterung von Waltran III hergestellt waren, wurden mit 2 Proz. der Katalysatormasse versetzt und im Wasserstoffstrom bei 180° gehärtet, bis zu einer Jodzahl von 45,2. Das Produkt war bei Zimmertemperatur flüssig und nach dem Raffinieren und Dämpfen von gutem Geruch und Geschmack.

### 5. Margarineherstellung.

Irgendwelche bedeutungsvollen Fragen haben sich bei der Margarineherstellung aus Esteröl, nachdem dasselbe über seine fabrikatorischen Kinderkrankheiten hinaus war, nicht ergeben.

---

<sup>1)</sup> Ich habe mit einem solchen Katalysator Acetaldehyd mit 95 Proz. Ausbeute bei 70 bis 80° zu Äthylalkohol, sowie Aceton zu Isopropylalkohol hydriert.



Die Streckung mit den verschiedenen Prozentgehalten an Estern erfolgte ursprünglich bei den kleinen angelieferten Mengen durch nachträgliches Verkneten des Esteröles mit bereits fertig verkirnter Margarine im „Pfeiderer“. Hierbei war natürlich eine völlige Homogenisierung nicht zu erreichen, bzw. bei sehr langem Durchkneten bekam die Margarine ein schmieriges, graues Aussehen.

Später, als die Ester für die Gefangenenmargarine in größeren Posten geliefert wurde, erfolgte die Streckung schon im Kirnansatz. So ist z. B. bei der von mir im Ausnutzungsversuch benutzten 40 proz. Estermargarine der Kirnansatz der folgende:

40	Proz.	Esteröl,
60	„	Feintalg,
25	„	Milch,
2	„	Kochsalz,
3	„	Kartoffelstärke

sowie kleine Mengen benzoesaures Natron. Der Zusatz von Milch wird selbstverständlich bis auf die festen Teile durch das Verarbeiten und Kneten der Ware wieder entfernt bzw. drückt sich in dem Feuchtigkeitsgehalt, der 10,8 Proz. betrug, aus.

Im Einhalten der vorgeschriebenen Feuchtigkeitsmenge (vgl. S. 19) lag die einzige Schwierigkeit, die sich beim Verarbeiten des Esteröles zu Margarine ergab. Dasselbe band, wohl infolge seiner Dünnsflüssigkeit, die Feuchtigkeit nicht so gut wie die anderen Öle, so daß als Hartfett die die Feuchtigkeit sehr gut bindenden gehärteten Öle bzw. Trane mit verarbeitet werden mußten.

Als die Estermargarine allgemein hergestellt wurde, hatte man in Erwägung gezogen, die übrigen Öle mit dem Esteröl zu verschneiden, jedoch mit Rücksicht darauf, daß die Ester nur in Bremen hergestellt wurden und so unnötige Transporte erwachsen wären, darauf verzichtet. Leider ist das Esteröl nicht überall so pfleglich behandelt worden und sorgfältig verarbeitet, wie in der „Berolina“, so daß manche Klagen der Esteröl verarbeitenden Fabriken über dessen Beschaffenheit von ihnen selbst verschuldet waren.

## 6. Veresterung von Fettsäuren mit Glykol.

Die Glykolester niederer Fettsäuren werden im allgemeinen dargestellt durch Erhitzen der Äthylenhalogenide mit den Alkali-

salzen der niederen Fettsäuren oder durch Kochen des Äthylenglykols mit den Säureanhydriden.

Beide Methoden sind für die Herstellung der Glykolester der höheren Fettsäuren nicht anwendbar. Gegen die Anwendung von konzentrierter Schwefelsäure für Veresterung mit Glykol sprach in Analogie zum Glycerin die Angreifbarkeit desselben und die zu befürchtende Zersetzung zu Äthylenoxyd oder dergleichen. Wider Erwarten zeigte sich aber unter Einhaltung gewisser Vorsichtsmaßnahmen, daß Fettsäuren sich mit Glykol durch konzentrierte Schwefelsäure sehr gut verestern lassen, wie aus folgendem Beispiel hervorgeht:

280 g Ölsäure werden mit 60 g Äthylenglykol<sup>1)</sup> und 15 g konzentrierter Schwefelsäure auf dem Dampfbad unter intensivem Rühren mit einem Wittschen Rührer während dreier Stunden erhitzt. Das Reaktionsprodukt wird mit warmem Wasser zweimal gewaschen und mit  $\text{CaCO}_3$  geschüttelt. Nach der Filtration ergibt sich ein Säuregehalt von 1,15 Proz.

Stearinsäure, ebenso behandelt, nur mit 25 g konzentrierter Schwefelsäure verestert, zeigte nach vierstündiger Reaktion eine Säurezahl von 0,8 Proz.

Ebensogut lassen sich die Gemische natürlicher Fettsäuren verestern.

Als Beispiel für die Veresterung mit einer aromatischen Sulfosäure sei der folgende Versuch erwähnt:

100 g Talgfettsäure werden mit 20 g Glykol und 3 g Naphthalinsulfosäure im Vakuumkolben, durch den ein getrockneter Kohlensäurestrom als Rührung streicht, auf dem Wasserbad erhitzt. Nach vier Stunden zeigt der Glykolester noch 7,8 Proz. freie Säure.

Die allgemeinen Eigenschaften der Glykolester höherer Fettsäuren sind bisher wenig bekannt. Sie stellen ziemlich dickflüssige Öle bzw. harte Fette dar vom gleichen Geruch wie die Glycerinester der gleichen Fettsäuren. So ist namentlich Leinölglykolester von Leinöl dem Geruch nach nicht zu unterscheiden. Sie zeigen aber eine auffällige Eigenschaft: Während Leinöl bei Zimmer-

---

<sup>1)</sup> Dasselbe war das „Tegoglykol“ der Th. Goldschmidt-A.-G.

temperatur flüssig ist, scheidet Leinölglykolester bei Zimmer-temperatur einen festen Bodensatz aus. Die vergleichende Nach-prüfung des Schmelzpunktes für die beiden Stearate und Arachinate ergab folgende Konstanten:

	Glycerinester	Glykolester
Stearinsäure . . . . .	71,5°	76°
Arachinsäure . . . . .	82°	86°

Die Glykolester haben also einen höheren Schmelzpunkt.

Zum Schluß gebe ich noch folgende Zusammenstellung:

	Leinöl	Leinöl- glykolester	Leinöl- äthylester
Verseifungszahl . . . . .	192,9	191,8	192,4
Säurezahl . . . . .	1,3	1,2	1,2
Spez. Gew./25° . . . . .	0,8968	0,8730	0,8540
Kalorien für 1 g. . . . .	9,422	9,112	9,592

In bezug auf Raffination und Härtung gilt das für die Äthylester in den vorhergehenden Abschnitten Gesagte in gleicher Weise für die Glykolester.

## S c h l u ß.

### Aussichten der technischen Fettsynthese für die Zukunft.

Damit ist das Problem der Synthese von Speisefetten, so wie der Krieg sie hervorrief, in seinen verschiedenen Lösungen geschildert. Diese Synthese, hervorgebracht durch die äußersten Anstrengungen, die der Krieg aus menschlichem Geist und menschlicher Ertragensfähigkeit herauspreßte, mußte sich den materiellen Bedingtheiten des Krieges anpassen und trug in ihren Ergebnissen deren Kennzeichen: behelfsmäßige Erreichung des gestellten Zieles.

In welcher Weise sind damit die Erfolge einer technischen Fettsynthese für den Frieden präjudiziert? Ich möchte sagen: in keiner Weise. Die Tatsache, daß man Fettsäureäthylester oder

-glykolester als Speisefett benutzen kann, ist wohl erwiesen. Ob aber die Fettsynthese der Zukunft hier anknüpfen und durch Aufbau oder Abbau aus irgendwelchem Rohmaterial das Fettsäuremolekül hervorbringen wird, oder ob die Gärung der Hefe oder ein gänzlich neuer Weg zu dem Ziele führt, ist auch heute nicht erkennbar. Oft sind erste Schritte auf das Ziel hin bei späterer Betrachtung Abirrungen gewesen.

Aber dies eine läßt sich mit aller Sicherheit sagen: Die Rohstoffknappheit der kommenden deutschen Volkswirtschaft wird genau so in die Ernährungswirtschaft ausstrahlen, wie sie es im Kriege getan hat, und die Autarkie der Volksversorgung kann nicht haltmachen vor einem Gebiet, dem Wissenschaft und Technik, sei es direkt oder indirekt, neue Güter zur Bedarfsbefriedigung zuführen können. In dieser Richtung einer Erweiterung des Nahrungsspielraumes unter Zwangsverhältnissen ist der vorstehend geschilderte Versuch einer Speisefettsynthese unternommen worden und als solcher ist er zu werten.