

# Emulgatoren und Emulsionsstabilisatoren in der Nahrung

J. F. Reith

## Zusammenfassung

Die Emulgatoren und die Emulsionsstabilisatoren haben die Eigenschaft gemein, daß sie die einheitliche Verteilung von zwei unmischnbaren Substanzen fördern oder für längere Zeit instand halten. Der Mechanismus ihrer Wirkungen wird erörtert.

Es wird eine Liste vorgelegt von etwa 70 derartigen Substanzen, welche in der EWG und einigen anderen Ländern zum Gebrauch in Lebensmitteln zugelassen sind. Es sind Naturstoffe, Derivate von Naturstoffen und vollsynthetische Körper.

Ihr Nährwert wird kurz besprochen. Besondere Aufmerksamkeit wird ihrer Zulässigkeit in toxikologischer Hinsicht gewidmet. Man hat verschiedene Argumente für die Unschädlichkeit gewisser Substan-

zen angeführt: den jahrelangen Gebrauch, die natürliche Herkunft, die vollständige Hydrolyse im Organismus, die geringe Resorbierbarkeit, die Unschädlichkeit in Versuchstieren. Andererseits könnte man besorgt sein, daß Emulgatoren die Resorption schädlicher Substanzen im Darmkanal fördern könnten. Der Wert solcher Argumente pro und contra wird besprochen.

Die «World Health Organization» und die «Food and Agriculture Organization» haben 1963 die zulässliche Tagesdosis einiger wichtiger Emulgatoren und verwandter Stoffe bekanntgegeben. Die meisten Stoffe dieser Gruppe sind aber noch nicht von diesem höchsten Gremium behandelt worden. Einige moderne Emulgiermittel wurden für eine nähere Betrachtung ausgewählt.

## 1. Einleitung

Seit vielen Jahrhunderten sind Naturstoffe als Emulgatoren und Emulsionsstabilisatoren unseren Lebensmitteln zugesetzt worden. Sie werden hauptsächlich aus Algen extrahiert, als Exsudate von Bäumen und Sträuchern gewonnen und durch Mahlprozesse aus Pflanzensamen erhalten. Es handelt sich bei diesen Naturstoffen immer um Gemische von Polysacchariden.

Der moderne Hang zu weichen und geleeartigen Speisen hat ihre Anwendung stark stimuliert. Ohne Übertreibung kann man sagen, daß ihr jährlicher Gesamttonnenverbrauch in der Lebensmittelindustrie größer ist als der aller übrigen Lebensmittelzusätze (*Glicksman* 1962 und 1963; *Smith* und *Montgomery* 1959; *Whistler* 1959).

Die Chemiker haben die Herausforderung angenommen, allerhand Naturstoffe durch organisch-synthetische Produkte zu ersetzen. So haben sie Seide

durch Nylon, Naturrubber durch Kunstgummi, Paraffin durch synthetische Polymere ersetzt. Dieser Prozeß hat, soweit es die Emulgatoren und Emulsionsstabilisatoren im Lebensmittelsektor anbetrifft, erst angefangen; denn die Naturstoffe erfreuen sich noch immer des weitaus größten Verbrauchs. Die zwei wichtigsten synthetischen Emulsionsstabilisatoren, Carboxymethylcellulose und Methylcellulose, sind noch Zwerge neben ihren Riesenbrüdern Pektin, Alginat und Agar. In der chemischen Industrie wird jedoch schon eine große Anzahl Emulgatoren hergestellt (siehe Anlage I mit etwa 50 synthetischen Körpern), mit breitem Eigenschaftenspektrum. Es ist zu erwarten, daß die synthetischen Produkte immer besser und billiger angeboten werden, zumal da bestimmte Rohmaterialien wie Zellulose, Stärke und Saccharose preiswert erhältlich sind.

Die Hersteller der Naturstoffe geben den Kampf aber nicht auf. Ein gelungenes Neuerzeugnis dieser Industrie ist ein chemisch modifiziertes Propylen-glykoläther von Alginsäure. Auf diesen Wettbewerb zwischen Natur und industrieller Synthese wird später noch zurückgekommen.

Anlage I zeigt eine Liste von etwa 70 Emulgatoren und Emulsionsstabilisatoren, welche in den EWG-Ländern, der Schweiz, Großbritannien und USA als Lebensmittelzusatz gesetzlich zugelassen sind. Es sei hier bemerkt, daß Luxemburg keine Verordnung betreffs dieser Zusätze besitzt. Viele der erwähnten Substanzen sind nur in einem oder in wenigen Ländern zugelassen und nur in einem oder wenigen Lebensmitteln. Als Quellen für die gesetzliche Bestimmungen wurden verwendet: Arrêté ministériel Bruxelles (1964), Mitteilung I der Fremdstoffkommission (1964), *Truhaut* (1963), *Gazzetta Ufficiale* (1963), *Nederlandse Warenwet* (1961), (The) *Emulsifiers and Stabilisers in Food Regulations* London (1962), *Food Additive Regulations* (Washington) und *Verordnung über den Verkehr mit Lebensmitteln* (Bern 1964).

## 2. Wirkungsart

Wenn man Öl in Wasser durch kräftiges Schütteln in feinen Tröpfchen verteilt und die sogenannte Emulsion ruhig stehen läßt, so werden sich die Ölphase und die Wasserphase unter Einfluß der Schwerkraft bald wieder klar abtrennen. Falls man aber einen Emulgator zugesetzt hat, bleibt die Emulsion bestehen und trennen sich die beiden Phasen nicht.

Die Emulgatorwirkung beruht auf der Anwesenheit einer hydrophilen und einer hydrophoben Gruppe im Molekül. Wenn in Wasser gelöst, reichert sich der Emulgator an der Oberfläche, der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft, an. Die hydrophile Gruppe ist zum Wasser und die hydrophobe Gruppe nach oben gerichtet. Die Anreicherung der Substanz an der Oberfläche verringert die Oberflächenspannung.

Falls eine Grenzfläche zwischen Wasser und Öl besteht, reichert sich der

Emulgator auch dort an, die hydrophile Gruppe befindet sich wieder im Wasser und die hydrophobe Gruppe im Öl. Man nennt daher diese Gruppe auch lipophil. Die Emulgatoren sind also orientierte Moleküle, welche zwei unmischbare Phasen verbinden und der gebildeten Emulsion eine lange Lebensdauer verleihen.

Beispiele dieser Wirkung sind die Verteilung fetter Öle in Mayonnaise und von ätherischem Öl in Limonaden (O/W-Emulsionen). Emulgatoren können auch die feine Zerteilung von Wasser in Öl fördern, wie z. B. in Butter und Margarine (W/O-Emulsionen). Sie können auch die Verteilung fester Partikelchen in einer Flüssigkeit fördern («dispergieren») wie z. B. Fruchtwandpartikel in Limonaden und kristallisiertes Fett in Speiseeis. Man stellt sich hier vor, daß der Emulgator sich mit dem hydrophoben Teil an die feste Substanz legt und dort eine Schicht bildet, während die hydrophilen Gruppen sich im Wasser befinden.

Andere Emulgatorwirkungen, ebenfalls mit der Verringerung der Oberflächenspannung zusammenhängend, sind: Benetzung, Schäumwirkung und Verbesserung der Backeigenschaften von Mehl. Die Schäumwirkung beruht auf der Verringerung der Oberflächenspannung. Die Schaumblasen bilden sich leichter, da es zur Vergrößerung der Oberfläche weniger Energie bedarf.

Man kann die Lebensdauer einer Emulsion verlängern durch Zusatz von Körpern, welche die Viskosität der wässrigen Phase erhöhen. Solche Substanzen, wie z. B. Carboxymethylcellulose, welche die Emulsion sozusagen stabilisieren, werden manchmal Stabilisatoren genannt, eine undeutliche Benennung, weil auch Konservierungsmittel und Antioxidantien bisweilen als Stabilisatoren angegeben werden. Man sollte daher von «Emulsionsstabilisatoren» reden. Ihre Wirkungsart stützt sich darauf, daß sie das Fortfließen der wässrigen Phase zwischen den Öltröpfchen, die «Drainage», verhindern und somit die Koaleszenz der Ölphase verzögern.

Wenn diese letzteren Substanzen in einer ausreichenden Konzentration anwesend sind, ist die wässrige Phase deutlich dickflüssig; einige bilden sogar ein Gelee. Man kann also Dickungsmittel und Geliermittel unterscheiden. Diese Körper sind makromolekulare Substanzen von verschiedenem Bau: die Moleküle sind entweder linear, wie in Cellulose und Amylose, oder mehr oder weniger regelmäßig verzweigt wie in Amylopektin. Je regelmäßiger die Verzweigung, desto leichter die Bildung eines tridimensionalen Netzwerkes mit gewissem Zusammenhang; diesen Effekt nennt man Gelierung. Die verdickenden und gelierenden Eigenschaften werden also von der Architektur des Moleküls bestimmt.

Gewisse Substanzen, wie z. B. Methylcellulose, besitzen sowohl die beschriebene oberflächenaktive als auch die viskositätserhöhende Wirkung. Daher wurden hier die Emulgatoren und Emulsionsstabilisatoren in einer Klasse zusammengebracht.

### 3. Transportanomalien durch oberflächenaktive Substanzen

Man hat sich oft mit Besorgnis darüber geäußert, daß Emulgatoren in unserer Nahrung die Resorption schädlicher Substanzen fördern könnten, welche normal nicht oder kaum resorbiert werden. Die älteste Mitteilung auf diesem Gebiet ist wahrscheinlich die von *Jacobj* (1920): er wies nach, daß Saponine die Resorption von Adrenalin und Strychnin durch die Froschhaut fördern. Seitdem erschienen regelmäßig Mitteilungen über erhöhte Resorption im Magen-Darmtrakt durch Saponine und Laurylalkoholsulphat. Bekannt ist *Köchers* Befund (1937), daß die tödliche orale Dosis im Frosch von Strophantin, zugleich mit dem Emulgator Laurylalkoholsulphat (LAS) verabreicht, nur  $\frac{1}{16}$  der tödlichen Dosis ohne diesen Emulgator war. Verschiedene neuere Untersuchungen aus *Köchers* Laboratorium (z. B. *Eybl* 1957) weisen auf die resorptionsfördernde Wirkungen von LAS bei verschiedenen Tieren hin (Übersichtsreferat vgl. *Reith* 1961).

Auch andere Modells-substanzen wurden in Resorptionsversuchen verwendet. Polyoxyäthylensorbitan-Monooleat z. B. vergrößert nach *Wells* (1957) die Resorption von Cholesterol aus dem Darminhalt.

Die Frage, ob nicht alle oberflächenaktiven Substanzen («Surfactants») als unerwünscht in der Nahrung anzusehen wären, wurde in einer Monographie des *Food Protection Committee* (1956) zur Diskussion gestellt. Die dort erwähnte Literatur wies teilweise auf die Verbesserung oder Beschleunigung der Resorption von Lipiden, Cholesterol und Vitaminen durch Surfactants hin, teilweise waren die Befunde aber auch negativ. Der Bericht enthält die Schlußbemerkung, daß die Oberflächenspannung im Verdauungskanal des gesunden Menschen wahrscheinlich durch die Gesamtwirkung von Gallensalzen und Monoglyceriden so niedrig ist, daß sie durch kleine Mengen Emulgatoren in der Nahrung kaum noch verringert werden kann (vgl. auch *Dasher* 1952).

Unaufhörlich schreiten die Untersuchungen auf diesem Gebiet fort. *Borneff* (1960 und 1963), der die früheren positiven Befunde über Resorptionsverbesserung der carcinogenen Substanz Benzpyren durch Surfactants erörtert, hat Benzpyren und ein Surfactant (das Waschmittel Pril) in verschiedenen Kombinationen dem Futter oder Trinkwasser von Mäusen beigemischt. Der Surfactant im Trinkwasser förderte die Carcinombildung. *Borneff* stellt fest, daß der Mensch in seinem Trinkwasser nie soviel Surfactant einnehmen wird wie seine Versuchstiere und daß die kleinen Mengen, welche jetzt im Trinkwasser vorkommen (vgl. Verordnung Bundesrepublik Deutschland 1962), vermutlich keine cocarcinogene Wirkung ausüben. Er zeigt sich aber besorgt über die Verwendung von Emulgatoren in unseren Nahrungsmitteln. Man sollte seines Erachtens diese nicht zusetzen, solange über das Vorkommen carcinogener Substanzen in der Nahrung noch so wenig gesicherte Kenntnisse vorliegen.

Auch die Resorption von Farbstoffen wurde untersucht. Phenolrot zeigte sich

nicht normal aus dem Rattendarm resorbierbar, wohl aber in der Gegenwart von LAS oder Natriumdioktylsulphosuccinat (*Lish und Weikel 1959*).

*Bornmann und Stanisic (1962)* haben einige Farbstoffe mit und ohne Surfactant in den isolierten Rattendarm injiziert und die Resorption bestimmt. Drei synthetische Farbstoffe wurden unter Einfluß des Surfactants besser resorbiert, einer jedoch weniger und einer zeigte keinen Unterschied. Die Menge des Surfactants war in diesen Versuchen wieder besonders groß: es wurden 3 ml einer 2%-Surfactantlösung injiziert, in welcher der Farbstoff gelöst war. Eine 0,01%-Surfactantlösung zeigte keinen Einfluß auf die Resorption.

Ein endgültiges Urteil über die hier behandelte wichtige Frage kann einstweilen noch nicht ausgesprochen werden. Solange Versuche mit relativ hohen Konzentrationen von oberflächenaktiven Substanzen kein deutliches Bild ergeben und kleinere, bei normaler Diät im Darmkanal zu erwartende Konzentrationen wirkungslos sind, scheinen nicht genügend wissenschaftliche Gründe vorhanden zu sein, dem mäßigen Gebrauch dieser Stoffe in der Lebensmitteltechnologie Einhalt zu tun.

#### 4. Nährwert

Wenn auch die Emulgatoren und Emulsionsstabilisatoren nicht ihres Nährwerts wegen den Lebensmitteln zugesetzt werden, so kann man denselben nicht ganz unbesprochen lassen. Diese Substanzen enthalten kaum lebenswichtige Nutrienten, so daß ihr Nährwert sich im allgemeinen nur auf ihren kalorischen Effekt gründen kann. Die meisten Naturstoffe dieser Gruppen besitzen unbestritten einen kalorischen Wert, wie z. B. Stärke, Dextrin, Gelatin, Eiweiß vom Hühnerei und Caseinate. Guarmehl wird seit Jahrhunderten in Indien und Pakistan von Menschen und Haustieren gegessen. Johannisbrotkernmehl ist ein Lebensmittel bei armen afrikanischen Völkern sowie ein Futter für ihre Rinder, Schweine und Pferde.

Karragen (Isländisches Moos) wurde Jahrhunderte lang in Skandinavien, in der Bretagne, Irland, Schottland und Wales gegessen. In Island werden diese Algen vom Vieh und in Hungerperioden auch vom Menschen konsumiert (*Virville 1964*). Der scheinbare Verdauungskoeffizient des isländischen Moos ist ungefähr 50% (*Nilson und Schaller 1941*).

Agar wird von alters her von östlichen Völkern in bestimmten Speisen verwendet. *Nilson und Schaller (1941)* haben nachgewiesen, daß der scheinbare Verdauungskoeffizient des Agar nur etwa 28% beträgt.

Das Rohmaterial für die Zubereitung der Alginat, nämlich bestimmte Braunalgen, wird in Viehfutter verarbeitet.

Es liegen keine Mitteilungen vor über menschliche Konsumtion der Exsudate, wie Gummi arabicum, Tragant und Karayagummi. Ihre Zulassung in unseren Lebensmitteln scheint darum nicht so gut begründet wie die der erst erwähnten Naturstoffe.

Die Dextrane, welche von Mikroorganismen produzierte Polysaccharide sind, gelten als nicht resorbierbar und ohne Nährwert.

Wenn wir uns nun den halb- und vollsynthetischen Substanzen zuwenden, so begegnen wir verschiedenen, welche vollständig in leicht resorbierbare und kalorisch wertvolle Produkte umgesetzt werden, sowie alle Glycerinester mit höheren Fettsäuren und die Propylenglykolester mit z. B. Stearinsäure (*Long* u. M. 1958). Es ist aber mit der Hydrolyse und Resorption und somit mit der Beurteilung des Nährwertes bei einigen anderen Emulgatoren nicht so einfach bestellt. In den Abschnitten Hydrolysierbarkeit (7) und Resorbierbarkeit (8) werde ich darauf tiefer eingehen.

## 5. Gesetzliche Zulassungen

Anlage I zeigt, welche Emulgatoren und Emulsionsstabilisatoren in den einzelnen EWG-Ländern, der Schweiz, Großbritannien und USA gesetzlich zugelassen sind.

Es ist merkwürdig, daß wohl EWG-Listen der zulässigen Farbstoffe, Konservierungsmittel und Antioxidantien festgelegt worden sind, nicht aber der mengenmäßig wichtigeren Emulgatoren und Emulsionsstabilisatoren (*Reith* 1965).

Welche Argumente für die Zulassung in den einzelnen Ländern gegolten haben, ist nicht bekannt. Es macht den Eindruck, daß Naturstoffe ohne weiteres zugelassen worden sind und daß, jedenfalls in Europa, die synthetischen Produkte auf starken Widerstand gestoßen sind. Hiermit möchte ich einige Betrachtungen verknüpfen.

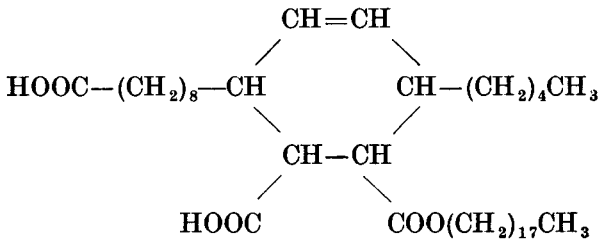
Die Unterscheidung zwischen giftigen und nicht giftigen Naturprodukten beruht seit uralten Zeiten auf der Annahme, daß giftige Eigenschaften sich bald nach der Konsumtion von Tier oder Mensch durch bestimmte Symptome erkennen lassen. Naturprodukte, die keine akut-schädliche Symptome zeigten, haben immer als eßbar gegolten, falls sie einen guten Geschmack oder kalorischen Wert besaßen. So primitiv leben wir aber nicht mehr. Heute sind wir überzeugt, daß man auch, sogar vor allem, die Schädlichkeit nach wiederholter Aufnahme, d. h. die chronische Toxizität, beachten muß. Ein Urteil über die Unschädlichkeit eines Naturstoffes ist also nur möglich nach langjährigem menschlichem Gebrauch oder auf der Basis langfristiger Tierversuche, genau wie man heute synthetische Substanzen beurteilt. Bei der toxikologischen Beurteilung eines Lebensmittelzusatzes darf es keine Rolle spielen, ob es sich um eine Natursubstanz oder um ein synthetisches Produkt handelt.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß viele synthetische Lebensmittelzusätze toxikologisch weit besser untersucht worden sind als Naturstoffe. Wie läßt sich dies erklären?

Die Erklärung liegt nur zum Teil im obenerwähnten, unbegründeten Vertrauen zu allem, was die Natur uns bietet. Es gibt auch noch andere Ursachen.



b) Die Isomerisation kann in einer anderen Weise stattfinden, wodurch sich eine andere cyclohexenhaltige Säure bildet, nämlich:



c) Ein Teil des Maleinsäureanhydrids könnte nicht mit dem Stearylalkohol verestert sein und in der Anhydridform vorliegen.

d) Die Linolensäure im Soyaöl (5 bis 9%) wird isomerisiert und kann verschiedene cyclohexenhaltige Säuren liefern.

e) Auch Linolsäure in der  $\beta$ -Stellung könnte nach a) und b) reagieren.

## 6. FAO-WHO maximale Tagesdosen

Die «Joint FAO-WHO Expert Committee on Food Additives» hat in einem Bericht (1964) über eine beschränkte Anzahl Emulgatoren festgelegt: die chemische Beschreibung, die verfügbaren Daten über Toxizitätsuntersuchungen,

Tabelle I: Zulässige Tagesdosen einiger Emulgatoren auf Grund des WHO/FAO-Berichts 1964

Name	Zulässige Tagesdosis mg/kg Körpergewicht	
	Unbedingt	Bedingt
3. Lecithin . . . . .	0- 50	50-100
12. Alginate (Ca, Na, NH <sub>4</sub> ) . . . . .	0- 50	
14. Agar . . . . .	0- 50	
23. Mono- und Diglyceride . . . . .	0-125	unbeschränkt
35. Propylenglykol . . . . .	0- 20	20- 40
44. Methylcellulose . . . . .	0- 30	
51. Carboxymethylcellulose . . . . .	0- 30	
56. Sorbitol . . . . .	0-150	unbeschränkt
56. Sorbitan-Monopalmitat Sorbitan-Monostearat Sorbitan-Tristearat } . . . . .	0- 25	25- 50
57. bis		
60. Polyoxyäthylen(20)-Sorbitan-Monolauraat (Oleat, Palmitat, Stearat) . . . . .	0- 25	25- 50
Polyoxyäthylen(8)-Stearat (Myrj 45). . . . .	0- 25	25- 50
61. Polyoxyäthylen(40)-Stearat . . . . .	0- 25	25- 50
67. Polyphosphate . . . . .	0- 30	30- 70

die Beurteilung dieser Daten seitens der Kommission und schließlich die für den Menschen zulässigen täglichen Maximaldosen pro Kilogramm Körpergewicht.

Die Schlußfolgerungen der FAO-WHO-Kommission wurden in Tabelle I zusammengefaßt.

In den Betrachtungen der Kommission haben die Daten über enzymatische Hydrolysierbarkeit, Resorbierbarkeit, Metabolismus und Exkretion eine wichtige Rolle gespielt.

Die FAO-WHO-Kommission hat wegen Unvollständigkeit der Daten keinen Entschluß fassen können über:

- Diacetylweinsteinsäure-Ester von Mono- und Diglyceriden;
- Mononatriumphosphat von Mono- und Diglyceriden;
- Sulphoacetat von Mono- und Diglyceriden;
- Propylenglykoläther von Alginsäure.

## 7. Hydrolysierbarkeit

Verschiedene Emulgatoren werden im Darmkanal enzymatisch abgebaut. Wenn es sich in der biochemischen Untersuchung zeigt, daß die Hydrolyse schnell und vollständig verläuft und wenn die Abbauprodukte anerkannt unschädliche Substanzen sind, so ist die toxikologische Beurteilung der Substanz im allgemeinen günstig.

Dies ist z. B. der Fall mit *Propylenglykolstearatester*, der ebenso schnell wie Glycerolstearatester abgebaut wird (Long u. M. 1958). Das Abbauprodukt Propylenglykol wurde im WHO-FAO-Bericht 1964 günstig beurteilt.

Ebenso wies *Glycerol-Palmitat-Monolactat* vollständige Hydrolyse im Darmkanal auf. Treon u.M. (1962) zeigten, daß die Hydrolyse durch Schweinepankreaslipase in vitro schnell verläuft. Sie fütterten Ratten mit dieser Substanz, in welcher 2,3-<sup>14</sup>C-Milchsäure verestert war. Wie sich aus der Radioaktivität von Faeces, Harn, Leber, Karkas und Atemluft ergab, waren Resorption und Metabolismus ebenso schnell wie die der freien 2,3-<sup>14</sup>C-Milchsäure.

Versuche mit *Sorbitan-Monostearat* wurden von Oser und Oser 1957 beschrieben. Die Substanz wurde, in Öl gelöst, Ratten oral dosiert. Mindestens 90% dieses Emulgators wurde zu Stearinsäure und Anhydriden von Sorbitol hydrolysiert. Auch *Polyoxyäthylen(8)-Stearat*, *Polyoxyäthylen(40)-Stearat* und *Polyoxyäthylen(20)-Sorbitanoleat* mit 16:0, 18:0 und 18:1 Fettsäuren wurden in hohem Maße im menschlichen Darmkanal hydrolysiert. Der abgespaltene Fettsäureanteil dieser Substanzen war zu 53 bis 100% verdaulich (Oser und Oser 1957). Über Resorption und Metabolismus des Polyoxyäthylenanteils, vgl. nächsten Abschnitt (8).

Alles deutet darauf hin, daß *Polyglycerolester mit höheren Fettsäuren* im Darmkanal gut hydrolysiert werden. Versuchstiere wachsen normal, wenn die

Fette in Diät teilweise durch diese Polyglycerolester ersetzt werden, und die Verdauung ist ebenso gut wie die von Triglyceriden (*Bodansky* u.M. 1938; *Babayan* u.M. 1964; *Bichel* u.M. 1964). Namentlich wurde gezeigt, daß Ester von einem Polyglycerol hohen Molekulargewichts mit den Fettsäuren von Baumwollsamöl oder Arachidöl von der Ratte ebenso schnell wie Triglyceride resorbiert wurden und daß in den Faeces und im Körperfett kein Polyglycerol nachweisbar war (*Babayan* u.M. 1964).

*Saccharoseester* wurden bereits in 1860 von *Berthelot* synthetisiert. Nicht eher als 1953 hat man dieser Gruppe von Emulgatoren besonderes Interesse gewidmet.

Wenn man Saccharose mit den Methylestern von Fettsäuren in Reaktion bringt, können die Saccharose-Mono- und Diester der Fettsäuren entstehen. Man hat diese hauptsächlich mit Palmitin-, Stearin- und Ölsäure bereitet und untersucht.

Man kann aber auch Saccharose mit Triglycerid reagieren lassen:

Saccharose und Triglycerid  $\begin{cases} \nearrow \text{Saccharose-Monoester und Diglycerid} \\ \searrow \text{Saccharose-Diester und Monoglycerid} \end{cases}$

Die in letzterwähnter Weise anfallenden Gemische nennt man Sucroglyceride. In dieser Weise wurden Sucroglyceride mit Palmöl, Kokosöl, Safloröl, Rindfett und Schmalz produziert.

Die hier beschriebenen Produkte sind kräftige Emulgatoren zur Erzielung von O/W- und W/O-Emulsionen; sie sind Antispritzmittel in Margarine, sie vergrößern das Volumen und verzögern das Altwerden von Brot.

Die Saccharoseester und Sucroglyceride dürfen in Japan, Italien, Belgien und der Bundesrepublik Deutschland (vorläufig beschränkt) in Lebensmitteln verwendet werden. Worauf gründet sich dieser Entschluß der Behörden? Es liegt nahe zu vermuten, daß diese Ester gut hydrolysierbar sind, wobei sich die normalen Nahrungsbestandteile Saccharose und Fettsäuren bilden.

*Berry* und *Turner* (1960) haben den hydrolytischen Abbau der Esterbindung in Saccharoseester durch verschiedene Enzyme eingehend studiert. Das wirksamste Enzym war Pankreaslipase. Der Abbau von Linoleaten war schneller als derjenige von Stearaten. Die Ergebnisse von *Berry* und *Turner* und diejenigen aus früheren Untersuchungen (*York* u.M. 1956; *Bourne*) zeigen wenig Übereinstimmung. Wenn eine Versuchsperson eine massive Dosis Saccharoseester konsumiert, werden nicht mehr Fettsäuren als normal in den Faeces gefunden; die Resorption findet also vollständig statt. Diese Untersuchungen haben nicht aufgeklärt, warum das Blutplasma nach der Aufnahme nicht trüber als normal ist.

Ungünstig wirkt sich die Hydrolyse aus im Falle der *Stärkeäther*, wie z. B. Carboxymethylstärke. Während Carboxymethylcellulose nicht hydrolysiert und resorbiert wird, hat es sich in meinem Laboratorium herausgestellt, daß Carboxy-

methylstärke von Schweinepankreasamylase in beträchtlichem Maße hydrolysiert wird. Wir haben das Hydrolysat säulenchromatographisch über ein Gemisch von Aktivkohle und Celite 545 unter Elution mit Wasser-Ethanol-Gemischen steigender Konzentration bei 30 bis 55° Celsius fraktioniert. Die Fraktionen (Glucose, Maltose, Triose und Isomaltose, Tetraose, usw.) wurden mit verdünnter Schwefelsäure erhitzt zur Abspaltung der ätherisch gebundenen Glycolsäure. Diese wurde mittels Farbreaktion mit 2,7-Dihydroxyanaphthalen bestimmt. In allen Fraktionen waren beträchtliche Mengen Glycolsäure pro Glucoseinheit anwesend. Nachdem durch *Wilson* und *Landau* (1960) und durch *Kaminsky* (1964) nachgewiesen wurde, daß verschiedene substituierte Glucosen im Darmkanal des Hamsters resorbiert werden, ist Resorption auch von Carboxymethylglucose nicht auszuschließen. Über den Metabolismus dieses Glucosederivats sind keine Literaturangaben vorhanden. Gewisse Zweifel über die Zulässigkeit von Carboxymethylstärke als Lebensmittelzusatz sind auch in dieser Hinsicht berechtigt.

## 8. Resorbierbarkeit

Sollte aus biochemischen Untersuchungen hervorgehen, daß eine Substanz nicht resorbiert wird, so wird die toxikologische Beurteilung sehr erleichtert.

Die Resorption von Methylcellulose wurde schon 1944 im Menschen untersucht. *Machle* u.M. (1944) dosierten drei Versuchspersonen 10 g Methylcellulose. Der größte Teil der Methylcellulose wurde in den Faeces gefunden. Je mehr Rohstoff, z. B. Kleie, in der Diät anwesend war, desto weniger Methylcellulose wurde gefunden, sie mußte also in Substanzen mit einer Löslichkeit oder Hitzekoagulierbarkeit anders als Methylcellulose umgesetzt worden sein. Die konsumierte Menge Methoxygruppen wurde fast vollständig in den Faeces gefunden. *Bauer* und *Lehman* (1951) haben ähnliche Untersuchungen bei Ratten durchgeführt. Es wurde keine Hydrolyse zu Zellulose beobachtet. Die aufgenommene Methoxymenge wurde vollständig in den Faeces nachgewiesen.

Bis vor kurzem konnte man aus den über Carboxymethylcellulose publizierten Daten nur schließen, daß weniger als 10% der oral verabreichten Dosen von Mensch und Tier resorbiert werden (Joint FAO-WHO Expert Committee 1964, Seite 92). Diese Daten gründeten sich auf chemische Analyse der Faeces. Aber die nicht besonders genaue chemische Untersuchungsmethode läßt die Möglichkeit offen, daß kleine Mengen Carboxymethylcellulose, innerhalb des Bestimmungsfehlers der Analysenmethode, resorbiert wurden. In allerletzter Zeit wurde nun jedoch eine Untersuchung veröffentlicht, wobei die Resorption viel genauer verfolgt werden konnte.

*Frawley* u.M. (1964) haben radioaktives <sup>14</sup>C-Carboxymethylcellulose synthetisiert, welche mit 0,34% radioaktivem Natriumglycolat verunreinigt war. In täglichen Dosen von 400 mg wurde diese Substanz den Ratten gefüttert.

Der Harn der Tiere wurde gesammelt, und schließlich wurden sie zur Untersuchung von Leber und Nieren aufgeopfert. Eine Aktivität der Leber oder Nieren konnte nicht festgestellt werden, was bedeutete, daß weniger als 0,02% der verabreichten Dosis Carboxymethylcellulose in diesen Organen vorhanden war. Etwa 0,14% der verabreichten <sup>14</sup>C-Aktivität wurde im Harn gefunden. Durch papierchromatographische Untersuchung stellte sich heraus, daß diese Aktivität nicht auf Resorption und Ausscheidung von Carboxymethylcellulose zurückzuführen war. Die Radioaktivität des Harns konnte dagegen vollkommen auf die Resorption des freien Natriumglycolats zurückgeführt werden. Durch diese Experimente wurde viel genauer, als vordem möglich war, nachgewiesen, daß die untersuchte Carboxymethylcellulose nicht resorbiert wurde. Allerdings bezieht sich diese Schlußfolgerung auf das Erzeugnis von Hercules Powder Company, dessen Zusammensetzung genau beschrieben wurde.

Es ist interessant, hier auf die Resorbierbarkeit des Fettsäure- und Polyoxyäthylenanteils einiger Emulgiermittel hinzuweisen (Tabelle II). Die Hydrolyse der Esterbindung und die Resorption des Fettsäureanteils sind gut bis vollständig zu nennen. Auffallend ist die gute Resorbierbarkeit der kurzen Polyoxyäthylenkette von im Mittel 8 Oxyäthylen-Einheiten neben der geringen Resorbierbarkeit der POE(40)-Kette.

Tabelle II: Resorption einiger Emulgiermittel

Emulgatoren	Resorption des Fettsäureanteils	Resorption des übrigen Anteils
56. Sorbitanstearat . . . . .	53% (Ratte) <sup>1</sup>	92–100% (Kinder) <sup>4</sup> 2–3% im Harn und 90–97% in den Faeces insgesamt 90–98% (Mensch) <sup>3</sup>
Sorbitanstearat . . . . .	90% (Ratte) <sup>2</sup>	
POE(8)-Steart (Myrj 45) . . . . .	80% (Ratte) <sup>1</sup>	6–10% im Harn und 2–7% in der Atemluft, das übrige in den Faeces (Ratte) <sup>2</sup>
62. POE(40)-Steart (Myrj 45) . . . . .	96% (Ratte) <sup>1</sup>	
58. POE(20)-Sorbitan Monosteart . . . . .	98% (Ratte) <sup>1</sup>	4–6% im Harn und 90–98% in den Faeces, insgesamt 96–102% (Mensch) <sup>3</sup>
59. POE(20)-Sorbitan-Tristeart . . . . .	84% (Ratte) <sup>1</sup>	
60. POE(20)-Sorbitan-Oleat . . . . .	100% (Ratte) <sup>1</sup>	
<sup>1</sup> Oser und Oser 1957 <sup>2</sup> Wick und Joseph 1956 (mit <sup>14</sup> C-markiertem Emulgator) <sup>3</sup> Culver u.M. 1951 <sup>4</sup> Joint FAO/WHO Expert Committee 1964, Seite 124		

## 9. Toxizität

Die Anforderungen, die man an Toxizitätsuntersuchungen von Lebensmittelzusätzen stellen muß, wurden schon von verschiedenen Seiten ausführlich erörtert, auch in einigen Berichten des Joint FAO-WHO Expert Committee on Food Additives (1958 und 1961).

Man hat den Eindruck, daß eine weitere Entwicklung der Methoden vor der Tür steht, denn will man mit Sicherheit wissen, wie Hydrolyse, Resorption, Biotransformation und Exkretion im Menschen vor sich gehen, so soll man sie auch im Menschen untersuchen.

Es würde zu weit führen, die Toxizitätsuntersuchungen der Emulgatoren und Emulsionsstabilisatoren hier zu erwähnen. Gewisse Angehörige dieser Gruppe wurden schon sehr ausführlich von Toxikologen untersucht, von anderen dagegen sind die Daten in zu beschränktem Maße vorhanden. Die zu erwartende Gebrauchszunahme der synthetischen Produkte wird sich nur durchsetzen können, wenn die Industrie die Ergebnisse ihrer biochemischen und toxikologischen Untersuchungen in leicht zugänglichen Berichten veröffentlicht, damit die Experten und Behörden der verschiedenen Länder die Verantwortung für die Zulassung übernehmen können.

Bei der Entscheidung über die Zulassung von Emulgatoren und Emulsionsstabilisatoren in unseren Lebensmitteln soll man die gesamte Diät mit berücksichtigen und die gesamte Tagesaufnahme einer Substanz mit allen Lebensmitteln zu schätzen versuchen. Dieser Gesichtspunkt wurde in der FAO-WHO-Expertenkommission schon im Zusammenhang mit den Phosphaten betont. «It is the total load of phosphate in the food which determines whether nephrotoxic effects will appear» (FAO-WHO-Bericht 1964, Seite 48). «For this reason acceptable intakes are given as total daily intakes, both from food and from food additives» (ibid. Seite 31). An diesem Thema weiterspinnend, könnte man die Zulassung von Weinstein säureester und Diacetyl-Weinstein säureester (Nr. 26, 29 und 33) im Zusammenhang mit der Gesamttagesaufnahme dieser Säure und der Tartraten im Lebensmittel betrachten. Der Bericht des Joint FAO-WHO Expert Committee (1964) gibt als maximale Tagesdosis 6 mg Weinstein säure pro kg Körpergewicht an. Dieses Thema führt obendrein dazu, hier die Acetofette und die Saccharose-Ester zu betrachten.

Die Acetofette oder Acetinfette kann man zubereiten durch Veresterung der Mono- und Diglyceride von Stearin- oder Ölsäure mit Essigsäure. Es werden also ein oder zwei Essigsäure-Reste pro Molekül eingeführt. Auch kann man Fette mit Triacetin und Glycerol reagieren lassen (vgl. Kröller 1962–1964). Die Produkte nennt man auch Acetostearide und Acetooleide. Sie enthalten verschiedene Triglyceride, z. B. EsStEs, StEsEs, StStEs, StEsSt, StOHEs, StEsOH und EsStOH, wobei St = Stearinsäure, Es = Essigsäure, OH = Hydroxyl.

Nach allgemeiner Erfahrung werden die Acetofette leicht enzymatisch gespaltet und gleich gut oder gar besser als normale Fette resorbiert (Coleman u.M. 1963). Eben weil die Abbauprodukte normale Nahrungsbestandteile sind, würde man gar keine schädlichen Wirkungen nach Aufnahme der Acetofette erwarten. Jedoch, Ambrose u.M. (1958) stellten fest, daß bei Ratten lebend auf Futter mit 5% Acetosteariden die Testikel sich verkleinerten und die Reproduktion gestört war.

Cox und Deeds (1958) beschrieben granulomatöse Herde im Fettgewebe der Ratte nach Verabreichung von 5 bis 20% Acetostearin im Futter. Bei Acetoolein trat dieser Effekt nicht auf.

Coleman u.M. (1963) haben ein Acetofett zubereitet durch Erhitzen von hydrogeniertem Baumwollsamönl mit Triacetin und Glycerol. Das Produkt hatte nachstehende Zusammensetzung:

Monoglycerid	StOH OH	14,6%			
Diglycerid	StStOH	5,4%	und	StEsOH	42,0%
Triglycerid	StEsEs	29,9%	und	StStEs	7,5%
			und	StStSt	0,6%

Coleman u.M. beobachteten Wachstumshemmung und größere Sterblichkeit bei der Ratte als das Futter 10 bis 30% Acetostearin enthielt und auch bei 30% hydrogeniertem Baumwollsamönl. Gemische aber von 25% Baumwollsamönl und 5% Acetostearin und 15% jeder dieser Substanzen im Futter verursachten fast ebenso gutes Wachstum wie ungemischtes Baumwollsamönl. Die Forscher suchen die Ursache dieser Schädlichkeit in einem Antagonismus in der Benutzung der essentiellen Fettsäuren, vielleicht auch in kalorischer Insuffizienz.

Wenden wir uns nun den Saccharoseestern und Sucroglyceriden zu. Nach einmaligen Dosen von Saccharoseestern hat man bei Menschen und Ratten keine toxischen Wirkungen beobachtet (Kikugi Tokita 1958/59; Osipow u.M. 1956; Turner 1957). Von größerer Bedeutung sind aber die langfristigen Untersuchungen.

Osipow u.M. (1956) haben 6 Ratten einen Monat lang 10% Saccharose-Stearat-haltiges Futter verabreicht, ohne irgendwelche Schädigungen festzustellen. Ausführlicher sind zwei japanische Untersuchungen. Kikugi Tokita (1958/59) hat Ratten während 6 Monaten einen gemischten Palmitin-Stearinsäure-Ester von Saccharose im Futter beigegeben, und zwar 1 g/kg Tier/Tag. Nach dem 45. Tag war das Wachstum der Versuchstiere besser als das der Kontrolltiere. Oshima und Kajiwara (1960) verabreichten Gruppen von Ratten während 6 Monaten Futter, welches 2, 5, 10 und 20% Saccharose-Monooleat enthielt. Die Tiere mit 20% Futter zeigten Diarrhöe und Wachstumsverringering, bei den übrigen Tieren traten keine Anomalien auf. (Die japanischen Originaltexte standen nicht zur Verfügung; die Daten sind nach Chiancone u.M. 1963 zitiert.)

*Chiancone* u.M. (1963) haben die Toxizität von Saccharose-Monopalmitat (SMP) geprüft. Während 100 Tagen wurden Ratten 1, 2, 3 und 5% SMP im Futter verabreicht. Das Futter mit 5% SMP war ausgesprochen toxisch. Die Tiere auf 1, 2 und 3% SMP enthaltendem Futter zeigten die gleiche Nahrungsausnutzung und Blutzusammensetzung wie die Kontrolltiere. Das Futter mit 3% SMP stimmte überein mit einer Aufnahme von 3,2 g pro kg Versuchstier. Es muß jedoch bemerkt werden, daß die Wachstumskurve für 3% SMP wesentlich niedriger war als die der Kontrolltiere. Das SMP enthielt 2,0% Methylpalmitat und 50 ppm Dimethylformamid; die Untersucher nehmen an, daß nicht diese Substanzen die toxischen Erscheinungen verursacht haben (*Passe-douet* 1964).

Merkwürdig ist, daß die Sucroglyceride sich deutlich weniger toxisch als die Saccharoseester zeigen, wie aus den Tierversuchen von *Chiancone* u.M. (1963) hervorgeht. Sie zogen Ratten zwei Jahre lang auf mit Futter, welches 5 und 10% Sucroglyceride von Schmalz bzw. von Palmöl enthielt. Wachstum, Sterblichkeit, Blutzusammensetzung und Tumorfrequenz aller Gruppen waren normal, ebenso wie die Makro- und Mikrobefunde in Organen. *Balea* (1963) berichtet über ähnliche günstige Befunde bei Ratten, welche während 100 Tagen 3, 5 und 10% Sucroglycerid von Palmöl im Futter erhielten.

*Chiancone* u.M. berichten über eine zweite Untersuchung derselben Ester in der Universität von Aix-Marseille. Dort bekommen die Ratten 5 g pro kg Gewicht pro Tag. Die Untersuchung ist noch nicht beendet, in den ersten 13 Monaten hat sich jedoch noch keine Schädlichkeit gezeigt.

Es ist auffallend, daß mit den stearinsäurereichen Acetofetten und Saccharoseestern das Ergebnis ungünstig war, während die Produkte mit Ölsäure oder mit breitem Fettsäurespektrum nicht oder kaum toxisch waren. Die einseitige Zusammensetzung der Nahrungsfettsäuren als Folge der höheren Stearinsäuredosierungen zeigte sich also als schädlich. Vielleicht muß man diese Ergebnisse im Licht der Untersuchungen von *Bosshardt* u.M. (1959) und von *Tove* (1964) sehen. Diese Forscher beobachteten Wachstumshemmung und hohe Sterblichkeit bei jungen Mäusen, lebend auf Diät mit 20 bis 40% Glycerolmonopalmitat oder Glycerolmonostearat. Diese Schäden konnten sie durch Zusatz von 4% oleat- oder linolatreichen Fetten vorbeugen.

Man könnte in Erwägung ziehen, den gesamten Stearin- und Palmitinsäuregehalt der Acetofette, der Saccharoseester und Sucroglyceride einzuschränken. Ihre Zulassung als Lebensmittelzusatz sollte im Zusammenhang mit der gesamten Tagesaufnahme an Fettsäuren betrachtet werden.

## Schrifttum

- Ambrose A. M., Robbins D. J. und Cox A. J.: Studies on the long-term feeding of acetoglycerids to rats. *Food Research* 23, 536 (1958).
- Ambrose A. M., Robbins D. J. und Deeds F.: Effect of acetostearin on reproduction in albino rats. *Food Research* 23, 550 (1958).
- Arrêté ministériel fixant la liste des additifs autorisés dans le commerce des denrées et substances alimentaires. Bruxelles, le 28 octobre 1964.
- Babayon V. K., Kaunitz H. und Stanetz C. A.: Nutritional studies of polyglycerol esters. *J. Am. Oil Chemists Soc.* 41, 434 (1964).
- Balea T.: Etude toxicologique et pharmacologique du sueroglycéride d'huile de palme. Bezons: Sté. Ledoga 1963.
- Bauer R. O. und Lehman A. J.: Chronic toxicity studies on methylcellulose in rats. *J. Am. Pharm. Assoc.* 40, 257 (1951).
- Berry J. F. und Turner D. A.: The enzymatic hydrolysis and tissue oxidation of fatty acid esters of sucrose. *J. Am. Oil Chemists Soc.* 37, 302 (1960).
- Bichel J., Therkelsen A. J. und Stenderup A.: Possible carcinogenicity of a polyglyceryl ester. *Arzneimittel-Forsch.* 14, 238 (1964).
- Bodansky M., Hermann C. L. und Campbell K.: Utilization of polyglycerol esters. *Biochem. J.* 32, 1938 (1938).
- Borneff J.: Fütterungsversuche mit 3,4-Benzpyren und Detergentien. *Arch. Hyg. u. Bakteriol.* 144, 249 (1960).
- Borneff J.: Mäusefütterungsversuche mit 3,4-Benzpyren, Mineralöl und Tensiden. *Arch. Hyg. u. Bakteriol.* 147, 28 (1963).
- Bornmann G. und Stanisic M.: Über den Einfluß waschaktiver Substanzen auf die Dickdarm-Resorption von Farbstoffen. *Arch. exptl. Pathol. Pharmacol.* 243, 420 (1962).
- Bosshardt D. K., Kryvokulsky M. und Howe E. E.: Interrelation of cholesterol, palmitic acid, and unsaturated fatty acids in the growing mouse and rat. *J. Nutrition* 69, 185 (1959).
- Bourne E. J.: Progress Report to Sugar Research Foundation Project 125, zitiert von Berry und Turner.
- Chiancone F. M., Mosinger M., Tudisco R. und Roussos M.: Recherches physiologiques sur les sueroglycérides. *Ann. Fals. Expert.chim.* 56, 193 (1963).
- Coleman R. D., Gayle L. A. und Alfin-Slater R. B.: A nutritional evaluation of acetostearins in rats. *J. Am. Oil Chemists Soc.* 40, 737 (1963).
- Cox A. J. und Deeds F.: Dietary production of lipogranuloma in rats. *Am. J. Pathol.* 34, 263 (1958).
- Culver P. J., Wilcox C. S., Jones C. M. und Rose R. S.: Intermediary metabolism of certain polyoxiethylene derivatives in man. I. Recovery of the polyoxiethylene moiety from urine and feces following ingestion of polyoxiethylene(20)sorbitan monooleate and of polyoxiethylene(40)monostearate. *J. Pharmacol. Exptl. Therap.* 103, 377 (1951).
- Dasher G. F.: Surface activity of naturally occurring emulsifiers. *Science* 116, 660 (1952).
- (The) *Emulsifiers and Stabilisers* in Food Regulations, London: Her Majesty's Stationery Office 1962. Auch: Hinton C. L.: Food Additive Control in the United Kingdom, FAC Food Additive Control Series no. 2 (1960).
- Eybl V.: Der Einfluß von Natriumlaurylsulfat auf die Resorption rectal applizierten Strophantius. *Pharmazie* 12, 30 (1957).
- Food Protection Committee: The relation of surface activity to the safety of surfactants in foods. Washington: The National Academy of Science - National Research Council, Publication 463 (1956).
- Food Additives Regulations under the Federal Food, Drug and Cosmetic Act, Part 121, Chapter I, Title 21, Code of Federal Regulations. Edited by U.S. Department of Health, Education and Welfare, Food and Drug Administration, Washington D.C.
- Frawley J. P., Wiebe A. K., Klug E. D. und Shelanski M. V.: Studies on the gastro-intestinal Absorption of Purified Sodium Carboxymethylcellulose. *Food Cosmet. Toxicol.* 2, 539 (1964).
- Gazzetta Ufficiale no. 64 del 7 marzo 1963 (Rome).
- Glicksman M.: Utilization of natural polysaccharide gums in the food industry. *Advances in Food Research* 11, 110 (1962).
- Glicksman M.: Utilization of synthetic gums in the food industry. *Advances in Food Research* 12, 283 (1963).
- Jacobj W.: Pharmakologische Wirkungen am peripheren Gefäßapparat und ihre Beeinflussung auf Grund einer spezifischen Veränderung der Permeabilität der Zellmembranen durch Hydroxy-lionen. *Archiv exp. Pathol. Pharmacol.* 88, 333 (1920).
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives: Procedures for the testing of intentional food additives to establish their safety for use, Rome 1958.

- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives: Evaluation of the carcinogenic hazards of food additives*, Rome 1961.
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives: Specifications to the identity and purity of food additives and their toxicological evaluation: emulsifiers, stabilizers, bleaching and maturing agents*, Rome 1964.
- Kaminsky E. J.*: Studies on intestinal absorption of sugar derivatives. Evanston, Ill.: Dissertation Northwestern University, June 1964.
- Köcher Z.*: Experimentální studie o resorpci stírofantinu a convallamarinu. Rozpravy II. Tridy České Akademie Ročník XLVIII, Číslo 4 (1937).
- Kröller E.*: Untersuchungen zum Nachweis von Emulgatoren in Lebensmitteln. Fette, Anstrichmittel 64, 85 und 602 (1962); 65, 482 (1963); 66, 456 und 583 (1964).
- Lang K.*: Biologische Wirkungen autoxydierter, epoxydierter und bestrahlter Fette. Medizin und Ernährung, Sonderheft «Fett-Transport usw.», Lochham 1963.
- Lish P. M. und Weikel J. H.*: Influence of surfactants on absorption from the colon, Toxicol. appl. Pharmacol. 1, 501 (1959).
- Long C. L., Domingues F. J., Studer V., Lowry J. R., Zeilin B. R., Baldwin R. R. und Thiessen R. Jr.*: Studies on Absorption and Metabolism of Propylene Glycol Stearate. Arch. Biochem. and Bioph. 77, 428 (1958).
- Machle W., Heyroth F. F. und Witherup S.*: The fate of methylcellulose in the human digestive tract. J. Biol. Chem. 153, 551 (1944).
- Mitteilung I* der Kommission zur Prüfung fremder Stoffe bei Lebensmitteln (Fremdstoffkommission) der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) vom 14. 4. 1964. Z. Lebensmittel Unters. u. Forsch. 126, 58 (1964). Auch: *Hamann V.*: Food Additive Control in the Federal Republic of Germany. FAO Food Additive Control Series no 7 (1963).
- Nederlandse Warenwet*. Zwolle: Tjeenk-Willink, 15e druk, 1963. Auch: *Meyer W.*: Food Additive Control in the Netherlands, FAO Food Additive Control Series no 3 (1960).
- Nilson H. W. und Schaller J. W.*: Nutritive Value of Agar and Irish Moss. Food Research 6, 461 (1941).
- Oser B. L. und Oser M.*: Nutritional studies on rats on diets containing high levels of partial ester emulsifiers. J. Nutrition 61, 149 (1957).
- Osipow L., Snell F. D., York W. C. und Finchler A.*: Fatty acid esters of sucrose. Methods of preparation. Ind. Eng. Chem. 48, 1459 und 1462 (1956).
- Passedouet H.*: Esters de saccharose et dérivés. Inds. aliments et agr. (Paris) 7-8, 705 (1964).
- Reith J. F.*: Planta-ziekte en toxicologie. Pharm. Weekblad 96, 125 (1961).
- Reith J. F.*: Standards for identity and purity of food additives, Rendiconti dell'Istituto superiore di Sanità 1962 (englisch).
- Reith J. F.*: Over de beschrijving van chemische stoffen. Chem. Weekblad 59, 126 (1963).
- Reith J. F.*: The Food Additives Situation in Western Europe. J. Assoc. Offic. Agr. Chemists 48, 44 (1965).
- Smith F. und Montgomery R.*: Chemistry of plant gums and mucilages and some related polysaccharides. New York: Reinhold Publ. Corp. 1959.
- Tove S. B.*: Toxicity of saturated fat. J. Nutrition 3, 237 (1964).
- Treon J., Brin M., Domingues F. J., Smullin C. F., Lowry J. R. und Helmick M.*: Metabolism of glyceryl lactate-<sup>14</sup>C palmitate by rats. J. Agr. Food Chem. 10, 111 (1962).
- Truhaut R.*: Food Additive Control in France. FAO Food Additive Control Series no 6 (1963).
- Turner D. A.*: The use and effect of sucrose fatty acid esters in dogs and men. Progress Report to Sugar Research Foundation Project 109 (1957).
- Verordnung* über den Verkehr mit Lebensmitteln und Gebrauchsgegenständen. Herausgegeben von der Bundeskanzlei Bern 1964, Seite 142.
- Verordnung* über die Abbaubarkeit von Detergentien in Wasch- und Reinigungsmitteln. Bundesgesetzblatt 12. 12. 1962, S. 698.
- Virville, Ad Davy de, und Feldmann J.*: Comptes rendus du IVe Congrès intern. des Algues Marines, Biarritz 1961. London: Pergamon Press, 1964.
- Wells W. W.*: Effect of sodium taurocho late and Tween 80 on the sterol composition of rat feces. Arch. Biochem. and Bioph. 66, 217 (1957).
- Whistler R. L. und Be Miller J. N.*: Industrial gums, polysaccharides and their derivatives. New York: Academic Press, 1959.
- Wick A. N. und Joseph L.*: The fate of ingested polyoxyethylene(20)sorbitan monostearate in rats. Food Research 21, 250 (1956).
- Wilson T. H. und Landau B. R.*: Specificity of sugar transport by the intestine of the hamster. Am. J. Physiol. 198, 99 (1960).
- York W. C., Finchler A., Osipow L. und Snell F. D.*: Structural studies on sucrose monolaurate. J. Am. Oil Chemists Soc. 33, 424 (1956).

Anlage 1: *Emulgatoren und Emulsionsstabilisatoren*, deren Verwendung in einem oder in mehreren Lebensmitteln zugelassen ist.

B = Belgien, D = Bundesrepublik Deutschland, F = Frankreich, I = Italien, N = Niederlande, S = Schweiz, G = Großbritannien, USA = Vereinigte Staaten von Amerika.

EWG			S	G	USA		Gruppe und Name
B	D	F			I	N	
+	+	+	+	+	GRAS (FDA letter)		<i>A. Naturstoffe</i>
		+	+	+			<i>Eiweißartig:</i>
		+	+	+			1. Gelatin
		+	+	+			2. Albumen (egg white)
		+	+	+	101	B 3.2	<i>Fettartig:</i>
		+	+	+			3. Lecithin
		+	+	+			<i>Kohlenhydrate,</i>
		+	+	+			<i>Polyhydroxy-Verbindungen</i>
		+	+	+			Aus Früchten und Samen:
		+	+	+	GRAS (FDA letter)		4. Stärke
		+	+	+	101	B 3.3	5. Pektin
		+	+	+			Pektinate
		+	+	+	101	B 3.2	6. Johannisbrotkernmehl (caroben; locust)
		+	+	+	101	B 3.2	7. Guarmehl
		+	+	+	101	B 7	8. Tamarindsamenmehl
		+	+	+	GRAS (F.E.M.A.)		9. Quittenschleim (Cydonia; quince)
		+	+	+	GRAS (FDA letter)		10. Quillaja
		+	+	+			11. Haferschleim (Oatgum)
		+	+	+			Extrakte aus Algen:
		+	+	+	101	B 3.2	12. Alginate
		+	+	+	101	B 3.2	13. Karragen (Chondrus;
		+	+	+	1066-7	D 27	Isländisches Moos)
		+	+	+	101	B 3.2	14. Agar
		+	+	+	1068-9	D 27-8	15. Furcelleran
		+	+	+			Exsudate aus Stämmen und Ästen:
		+	+	+	101	B 3.2	16. Gummi arabicum (Accacia)
		+	+	+	101	B 3.2	17. Traganth (Gummi tragacantha)
		+	+	+	101	B 3.2	18. Karayagummi (Sterculia)
		+	+	+	101	B 3.2	Ghatti gummi
		+	+	+			Von Mikroorganismen gebildet:
		+	+	+	101	B 3.2	19. Dextrane
		+	+	+			<i>Aus Galle:</i>
		+	+	+	101	B 3	20. Ochsengalle, Cholin-, Desoxycholin-, Glycochol- und Taurocholsäure
		+	+	+			<i>B. Eiweißderivate</i>
		+	+	+	101	B 3.3	21. Natriumcaseinat
		+	+	+	GRAS (FDA letter)		Calciumcaseinat
		+	+	+			<i>C. Fettderivate</i>
		+	+	+	1027	D 11	22. Hydroxyliertes Lecithin
		+	+	+	1099	D 42	
		+	+	+	101	B 3	23. Mono- u. Diglyceride natürliche Fettsäuren (einz. oder gemischt)
		+	+	+	101	B 3.2	Monoglyceride natürliche Fettsäuren <sup>14</sup> C- <sup>18</sup> C
		+	+	+	101	B 3	Glycerol-Monostearat
		+	+	+	101	B 3.2	

EWG			S	G	USA		Gruppe und Name
B	D	F I N			§ 121.	Seite	
				+	1120	D 47	24. Polyglycerolester mit Fettsäuren Polyglycerolester mit Fettsäuren (einzeln oder gemischt) mit Dimeren von Soyafettsäuren oder mit inter- esterifizierten Fettsäuren aus Ricinusöl
+	+		+	+	1018	D 9	25. Monoessigsäureester von Mono- und Diglyceriden (Acetofette)
+	+			+	101	B 3	26. Monodiacylweinsäureester, idem
				+	101	B 3	27. Monophosphate, idem
+				+	1004	D 2	28. Monolactate, idem
+				+			29. Monotartrate, idem
+				+	1036	D 15.2	30. Monocitrate, idem
				+	1080	D 33	Monocitrat von Stearylmonoglyceride
				+			31. Monosulfoacetat, idem
				+	1047	D 18	32. Stearoyl-dilactyl Calciumsalz
				+	1048	D 19	Stearoyl-dilactylsäure
				+	101	B 3.1	33. Stearyltartrat
				+			34. Stearylcitrat
							35. Propylenglykol, Mono- und Diester mit Fettsäuren
					1099	D 42	Propylenglycol, Mono- u. Diester
					1113	D 46	von Fetten u. Fettsäuren
				+	101	B 9	36. Bromierte eßbare Pflanzenöle
							<i>D. Derivate von Polyhydroxyverbindungen</i>
+		+		+	1031	D 14	37. Oxydierte Stärke
+				+	1031	D 14	38. Distärkephosphorsäureester
				+	1031	D 14	39. Stärkeester m. Essig-, Adipin-, Bern- stein-, 1-Octenylbernstein- oder Phosphorsäure
					1031	D 14	Stärkeäther durch Reaktion mit Acrolein, Epichlorhydrin, Phosphor- oxychlorid oder Propylenoxyd
+			+	+			40. Röstextrakte (geröstete Stärken)
			+	+	GRAS (FDA letter)		41. Dextrin
				+	101	B 6	42. Malzextrakt
			+	+			43. -Cellulose (mikrokristallin)
		+	+	+	101	B 3.2	44. Methylcellulose
				+	1087	D 36	45. Äthylcellulose
				+	1112	D 46	46. Methyläthylcellulose
				+			47. Hydroxyäthylcellulose
				+			48. Hydroxyäthyl-Äthylcellulose
				+	1160	D 58	49. Hydroxypropylcellulose
				+	1021	D 9	50. Hydroxypropyl-Methylcellulose
+		+	+	+	101	B 3.3	51. Carboxymethylcellulose, Natrium
				+	1102	D 43	52. Calciumlignosulphonat
		+			1015	D 7	53. Propylenglykolalginat
				+			54. Propylenglykollactat
				+	1161	D 58	55. Polyoxyäthylen = Polyäthylenglykol
				+	1029	D 12	56. Sorbitanmonostearat (Span 60)
				+	1099	D 42	Sorbitanester mit Laurin-, Palmitin- und Ölsäure
				+			57. Polyoxyäthylen(20)-Sorbitanmono- laurat (Tween 20; Polysorbate 20)
					1164	D 70	

