

## G8 Abituraufgaben Chemie Fette und Tenside 2011/B2

- 1.2 Margarine ist eine Emulsion aus Pflanzenfetten und ca. 15 % Wasser. Um eine Entmischung der Phasen zu verhindern, können Tenside als Emulgatoren zugesetzt werden. Zeichnen Sie die Strukturformel eines Tensidmoleküls ihrer Wahl und erläutern Sie die beschriebene Emulgatorwirkung! [7 BE]
- 1.3 Zur Hersteilung von Margarine werden gehärtete Fette verwendet.

Tab: Fettsäuren, die in zur Margarineherstellung verwendeten Fetten vorkommen

Palmitinsäure	Hexadecansäure
Stearinsäure	Octadecansäure
Ölsäure	(Z)-Octadeca-9-ensäure
Linolsäure	(Z,Z)-Octadeca-9,12-diensäure
Linolensäure	(Z,Z,Z)-Octadeca-9,12,15-triensäure

Formulieren Sie mithilfe der oben angegebenen Fettsäuren eine Strukturformelgleichung für die Härtung eines Fettes und erklären Sie die Konsistenzänderung! [10 BE]

### A1 Musterabitur 2011 - Chemie

- 3 Der zufällige Einschluss verschiedener Biomoleküle innerhalb einer Hülle aus einer Lipid-Doppelschicht war vermutlich ein weiterer Meilenstein bei der Entstehung von lebenden Zellen aus organischen Molekülen. Abbildung 5 zeigt eine Modellvorstellung zur Entstehung von Lipid-Doppelschichten in „Ursuppen“. Solche Lipid-Doppelschichten können bedingt mit Zellmembranen verglichen werden.

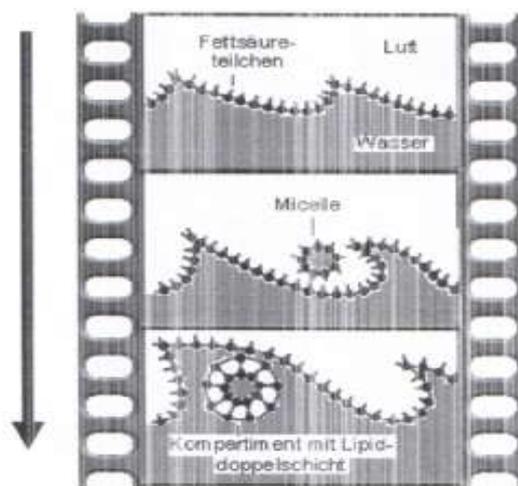


Abb. 5: Modellvorstellung zur Entstehung von Lipid-Doppelschichten

Erklären Sie den in Abbildung 5 dargestellten Prozess der Entstehung von Kompartimenten mit Lipiddoppelschicht auf der Basis der Eigenschaften von Fettsäuremolekülen! [6 BE]

- 4 Bakterien besitzen sehr ursprüngliche Zellen. Zusätzlich zu einer Zellmembran aus einer Lipid-Doppelschicht besitzen Bakterienzellen eine Zellwand. Teichonsäuren sind polymere Bestandteile mancher Zellwände. Die saure Hydrolyse einer Teichonsäure liefert unter anderem eine Aminosäure, Phosphorsäure ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), Glycerin (1,2,3-Propantriol), D-Glucosamin und Ethansäure

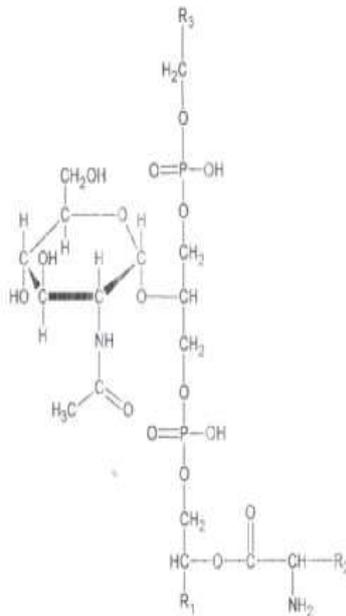


Abb. 6: Strukturformelausschnitt einer Teichonsäure

Geben Sie die Strukturformelgleichung für die vollständige Hydrolyse des in Abbildung 6 gezeigten Teichonsäureausschnitts an! Kennzeichnen Sie diejenigen Atome (Sauerstoff bzw. Stickstoff), an denen hierbei Bindungen geöffnet werden, und benennen Sie dabei die hydrolysierbaren Bindungen!  
[6BE]

## 2012 B1

- 1 Butter und Margarine sind fettreiche Lebensmittel, die sich in ihrer Zusammensetzung deutlich unterscheiden.  
1.1 Aus Butter können unter anderem folgende Fettsäuren gewonnen werden:

Tab. 1: Auswahl von Butter-Fettsäuren<sup>1</sup>

Abbildungen und Tabellen:

<sup>1</sup> Dt. Forschungsanstalt f. Lebensmittelchemie: *Food Composition and nutrition tables*. Medpharm Scientific Publishers, Stuttgart, 1994; J. FALBE, M. REGITZ (Hrsg.): *Römpp Chemie Lexikon*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 9. Aufl., 1990-1992

Stuttgart, 1999, S. 47

Trivialname	IUPAC-Name
Elaidinsäure	(E)-Octadec-9-ensäure
Linolensäure	(Z,Z,Z)-Octadeca-9,12,15-triensäure
Linolsäure	(Z,Z)-Octadeca-9,12-diensäure
Ölsäure	(Z)-Octadec-9-ensäure
Stearinsäure	Octadecansäure
Vaccensäure	(E)-Octadec-11-ensäure

- Bei der Ermittlung der Schmelztemperaturen der in der Tabelle genannten ungesättigten Fettsäuren erhält man folgende Werte:  $-11\text{ °C}$ ,  $-5\text{ °C}$ ,  $+17\text{ °C}$ ,  $+44\text{ °C}$ . Die Schmelztemperaturen zweier Fettsäuren sind gleich. Ordnen Sie den Fettsäuren die Schmelztemperaturen zu und erläutern Sie Ihre Zuordnung! [9 BE]
- 1.2 Zur Herstellung von Margarine werden Pflanzenöle chemisch weiter verarbeitet.  
Formulieren Sie ausgehend von einem Triacylglycerinmolekül, das ausschließlich Linolensäurebausteine enthält, eine Strukturformelgleichung für die zugrunde liegende Reaktion und benennen Sie den beschriebenen Vorgang! [8 BE]
- 2 Im Dünndarm gerät der aus dem Magen kommende saure Nahrungsbrei mit verschiedenen Verdauungssäften in Kontakt, die u. a. Enzyme zur Fettverdauung (Lipasen) enthalten.
- 2.1 Lipasen arbeiten optimal im schwach basischen pH-Bereich. Im Dünndarm wird dieser pH-Bereich erreicht, indem Hydrogencarbonat aus der Bauchspeicheldrüse (Pankreas) abgegeben wird. Bei normaler Funktion der Bauchspeicheldrüse bildet sich im Dünndarm ein Kohlendioxid/Hydrogencarbonat-Puffer.
- 2.1.1 Erklären Sie unter Verwendung von Formelgleichungen, wie der Kohlendioxid/Hydrogencarbonat-Puffer mit der Magensäure (Salzsäure) reagiert! [4 BE]
- 2.1.2 Bei Pankreasinsuffizienz gibt die Bauchspeicheldrüse nicht genügend Hydrogencarbonat ab, sodass der pH-Wert im Dünndarm teilweise bei Werten zwischen 4-5 liegt.  
Erläutern Sie mithilfe einer Modellvorstellung die Auswirkungen einer Pankreasinsuffizienz im Hinblick auf die Fettverdauung durch Lipasen! [7 BE]
- 2.2 Im ersten Abschnitt des Dünndarms wird von der Gallenblase Gallensaft abgegeben. Durch die Darmbewegung emulgieren die im Gallensaft enthaltenen Lecithine die Fette im Darm. Dadurch wird die Fettverdauung beschleunigt. Ein Beispiel für ein Lecithin-Ion zeigt Abbildung 1.

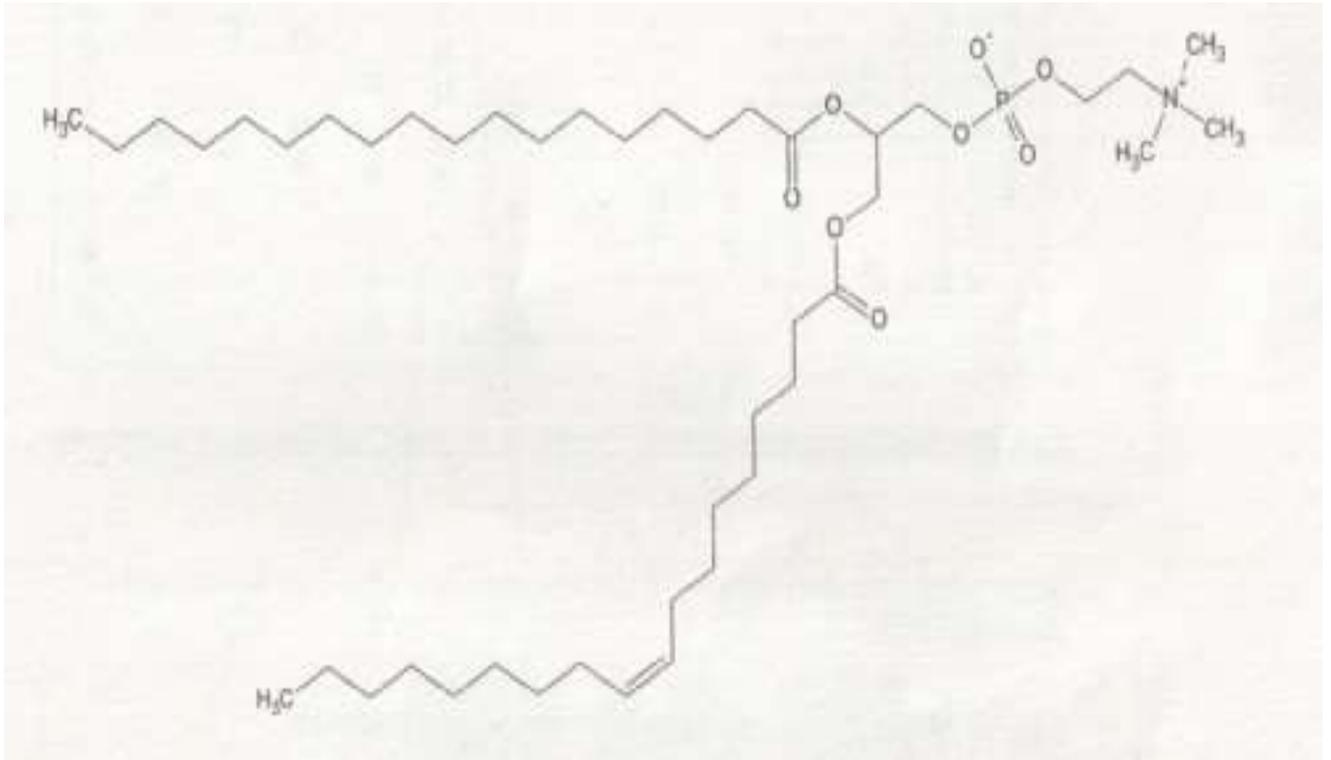


Abb. 1: Beispiel für ein Lecithin-Ion

Erklären Sie die Wirkungsweise der Lecithine anhand der Molekülstruktur sowie die beschleunigende Wirkung auf die Fettverdauung! [7BE]

- 3 In der Lebensmittelindustrie werden gezielt Fette mit bestimmten Eigenschaften, z. B. mit einer verbesserten Streichfähigkeit, hergestellt. Hierbei wird ein Monoacylglycerin (A) über ein Diacylglycerin (B) zum Triacylglycerin (C) umgesetzt. Bei einem Versuchsansatz wurden die Stoffmengenanteile der beteiligten Stoffe A, B und C über eine Stunde gemessen und grafisch aufgetragen:

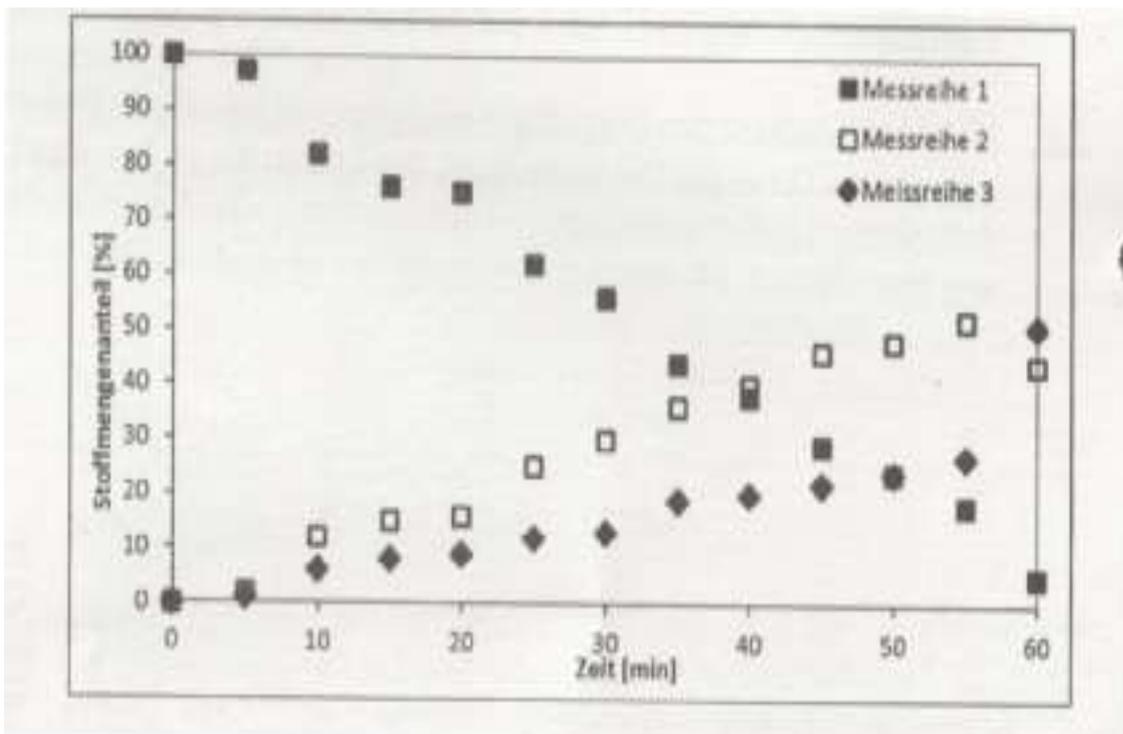


Abb. 2: Stoffmengenanteil der Stoffe A, B und C im Gemisch während der Synthese eines Fettes<sup>2</sup>

2 verändert nach: U. SCHMID: *Lipase-katalysierte Synthese strukturierter Triglyceride*. Dissertation Universität Stuttgart, 1999, S. 47

Nach zwei Stunden wurde für die Messreihen 1 bis 3 je ein weiterer Wert ermittelt:

Tab. 2: Messwerte nach zwei Stunden Versuchsdauer

Messreihe	Stoffmengenanteil in %
1	2
2	6
3	92

Ordnen Sie die drei Messreihen den Stoffen A bis C zu und begründen Sie Ihre Aussage! [5]

### 2013 B1Seide

- 1.2 Für die Herstellung von Seide als Textilfaser muss die Seidenfaser vom Seidenleim befreit werden, da dieser die Faser rau und hart macht. Dieser Vorgang wird als Entbasten bezeichnet. Zur Entbastung dient ein siedendes Seifenbad, das innerhalb von zwei bis drei Stunden den Seidenleim entfernt. Traditionell verwendet man hierzu die so genannte Marseiller Seife, die auf der Basis von Olivenöl hergestellt wird. Die in den Molekülen des Olivenöls gebundenen Fettsäuren sind in der Tabelle angegeben.

Tab.: In den Molekülen des Olivenöls gebundene Fettsäure

Myristinsäure	Tetradecansäure
Palmitinsäure	Hexadecansäure
Palmitoleinsäure	(Z)-Hexadec-9-ensäure
Stearinsäure	Octadecansäure
Ölsäure	(Z)-Octadec-9-ensäure
Linolsäure	(Z,Z)-Octadeca-9,12-diensäure
Linolensäure	(Z,Z,Z)-Octadeca-9,12,15-triensäure

- 1.2.1 Zeichnen Sie die Strukturformel eines Fettmoleküls, in dem drei verschiedene Fettsäuren auftreten, von denen mindestens zwei ungesättigt sind, und formulieren Sie ausgehend von diesem Molekül eine Reaktionsgleichung für die Herstellung einer Seife! [7 BE]
- 1.2.2 Begründen Sie mithilfe einer Reaktionsgleichung, weshalb beim Entbasten der Seide enthärtetes Wasser verwendet werden sollte! [3 BE]

### 2013/B2 Cholesterin

- 1 Eine unregulierte Cholesterinsynthese in der Leber kann zusammen mit einer übermäßigen Aufnahme von Cholesterin über die Nahrung zu einer

gesundheitsschädlichen Cholesterin-Konzentration im Blut führen und damit das Risiko für Arteriosklerose erhöhen.

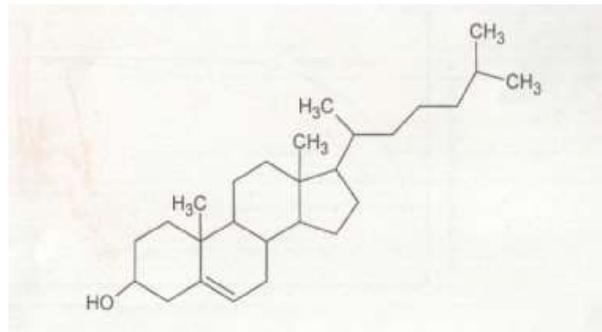


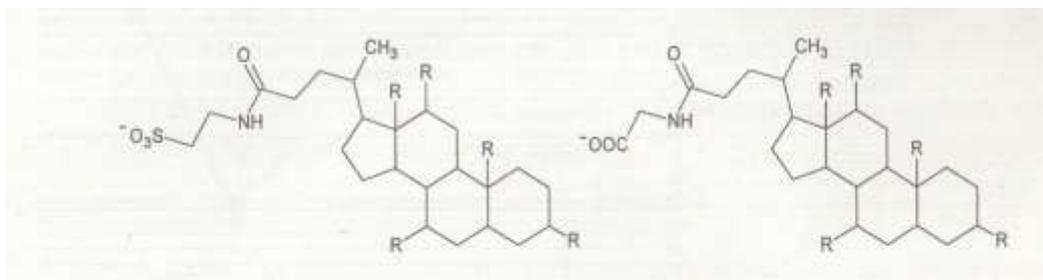
Abb.1: Strukturformel von Cholesterin

- 1.1 Problematisch in Bezug auf Arteriosklerose sind die so genannten LDL-Partikel, in denen neben Cholesterin auch Cholesterinester vorkommen. Die häufigste Säurekomponente ist hierbei die Linolsäure ((Z,Z)-Octadeca-9,12-diensäure).

Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für die Bildung des Esters aus Linolsäure und Cholesterin! Nicht an der Esterbindung beteiligte Bereiche des Cholesterinmoleküls können abgekürzt werden. [4 BE]

**2013/B2**

- 2 Als Hauptabbauprodukt von Cholesterin entstehen in der Leber Gallensalze. Als Bestandteil der Gallenflüssigkeit haben sie eine wichtige Bedeutung bei der Fettverdauung. Im schwach basischen Milieu des Zwölffingerdarms entfalten die beiden dargestellten Gallensalze optimale Wirkung.



A: Taurocholat-Ion

B: Glycocholat-Ion

Abb. 3: Strukturformeln von Gallensalz-Anionen

Tab.:  $pK_s$ -Richtwerte von Alkylsulfonsäuren und Alkylcarbonsäuren

	$pK_s$ -Wert
Alkylsulfonsäuren	ca. 0
Alkylcarbonsäuren	ca. 4

- 2.1 Erläutern Sie ausgehend von charakteristischen Strukturmerkmalen die Wirkungsweise der Gallensalz-Anionen auf den Nahrungsbrei - ein Öl- in-Wasser-Gemisch - unter Verwendung schematischer Skizzen! Erläutern Sie, welches der beiden Gallensalz-Anionen beim Ansäuern zuerst seine Wirkung verliert! [10 BE]

**2014 A2**

- 3 Manche Fettcremes zur Hautpflege, die wässrige Papayaextrakte enthalten, werben mit der „Kraft der Papaya“, die einen „unschlagbaren Cocktail an Vitaminen, Mineralsalzen und Enzymen“ enthält. Um eine stabile Emulsion zu erhalten, werden solchen Cremes Emulgatoren zugesetzt. Ein Beispiel für einen Emulgator ist Natriumlaurylsulfat.



Abb. 3: Strukturformel von Natriumlaurylsulfat

Erklären Sie anhand der Molekülstruktur von Natriumlaurylsulfat seine emulgierende Wirkung! [6 BE]

### 2015/C1

- 5 Vanillezucker wird im Gegensatz zu Vanillinzucker aus Saccharose und dem fein geriebenen Mark der Vanilleschoten hergestellt. Er enthält daher eine Vielzahl verschiedener Inhaltsstoffe, unter anderem auch Fette.

Beschreiben Sie den Aufbau eines natürlichen Fettmoleküls! [4 BE]

### 2016/B 1

#### Kakao und Schokolade

Das Wort Schokolade leitet sich vom Namen des ersten kakaohaltigen Getränks ab, dem *xocoatl* (Kakaowasser) der Azteken.

1 Zur Herstellung von Schokolade werden die Grundzutaten Kakaobutter, Kakaomasse und Zucker (z. B. Saccharose) benötigt.

- 1.1 Bei der Analyse von Kakaobutter lässt sich folgende Zusammensetzung feststellen:

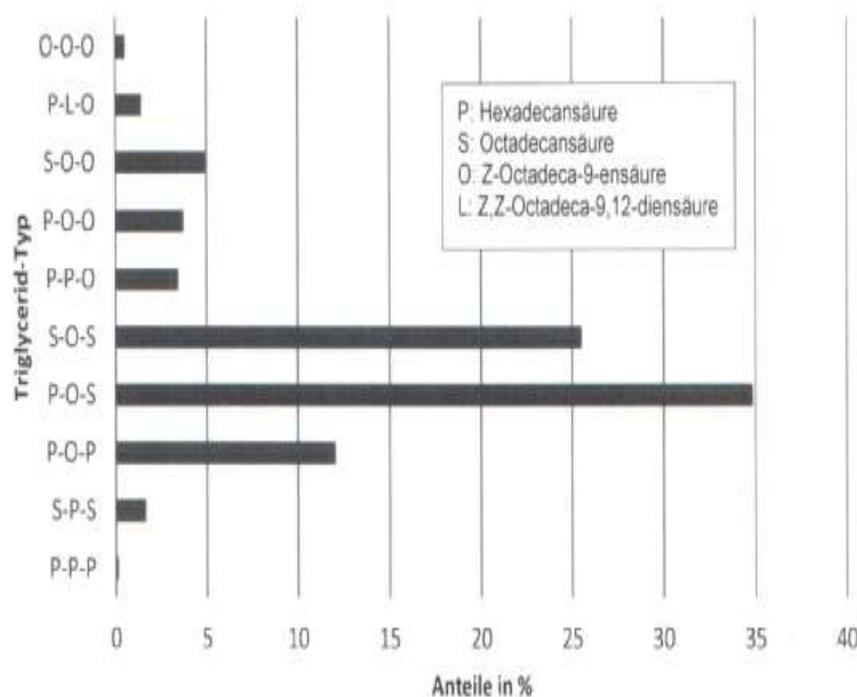


Abb. 1: Prozentualer Anteil ausgewählter Triglycerid-Typen in Kakaobutter.

Die Buchstabenkombinationen kennzeichnen die im Triglycerid gebundenen Fettsäurebausteine.<sup>1</sup>

Zeichnen Sie die Strukturformel des am häufigsten in Kakaobutter vorkommenden

Fettmoleküls und formulieren Sie eine begründete Hypothese zum Aggregatzustand der Kakaobutter bei Raumtemperatur! [7 BE]

- 1.2 Durch Zugabe großer Mengen Zucker wird der bittere Geschmack der Kakaomasse überdeckt. Um aus Kakaobutter und Zucker eine stabile Mischung erzeugen zu können, wird zum Beispiel das amphiphile Phospholipid

Lecithin zugesetzt und die Mischung unter ständigem Rühren erwärmt bis sie schmilzt. Die Schmelze wird über einen längeren Zeitraum weiter gerührt.

Begründen Sie die Notwendigkeit des Zusatzes von Lecithin bei der Schokoladenherstellung und beschreiben Sie seine Wirkung! [6 BE]

- 1.3 Die für die Herstellung von Vollmilkschokolade benötigte Milch muss zunächst erhitzt werden, um Keime abzutöten und so die Haltbarkeit der Schokolade zu erhöhen.

Ob die Milch ausreichend abgekocht wurde, lässt sich mithilfe des Schardinger-Nachweises feststellen. Hierbei wird eine Probe der Milch mit Methyleneblau und Methanal versetzt. Das in der Milch vorkommende Schardinger-Enzym katalysiert hierbei folgende Reaktion:

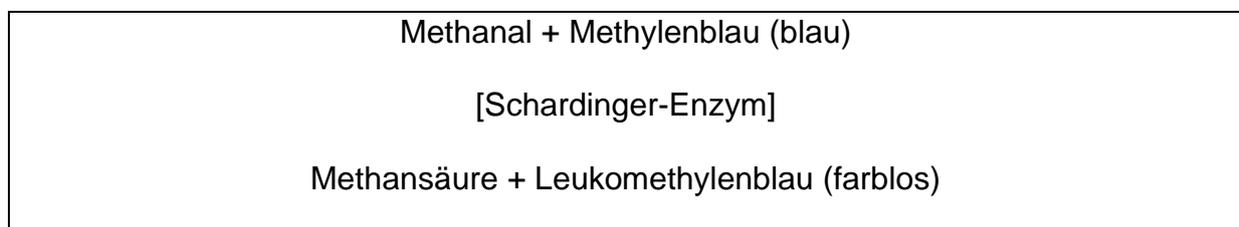


Abb. 2: Prinzip des Schardinger-Nachweises

Die beiden folgenden Strukturformeln A und B können den Stoffen Methyleneblau bzw. Leukomethyleneblau zugeordnet werden:

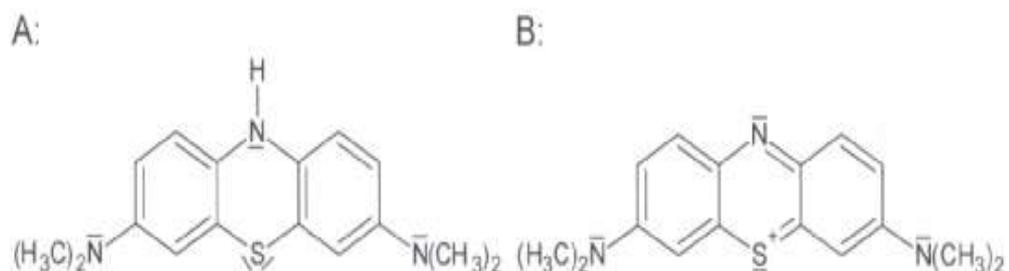


Abb. 3: Strukturformeln A und B

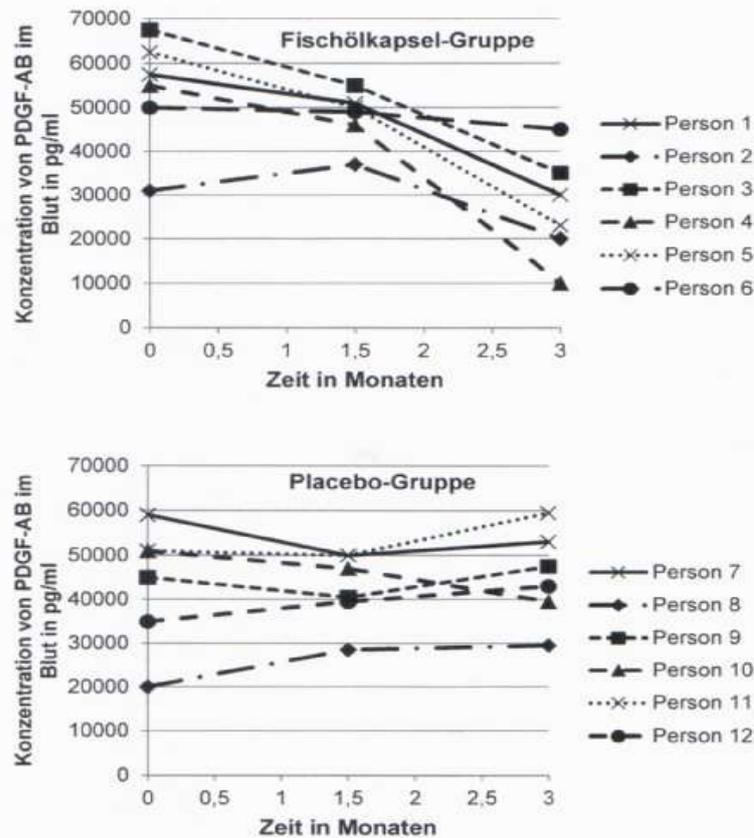
- 1.3.1 Ordnen Sie die beiden Strukturformeln A und B den Stoffen Methylenblau bzw. Leukomethylenblau zu und begründen Sie Ihre Zuordnung mithilfe je einer weiteren Grenzstrukturformel! [8 BE]
- 1.3.2 Erklären Sie mithilfe einer Modellvorstellung, weshalb durch den Schardinger-Nachweis unbehandelte und abgekochte Milch experimentell unterschieden werden können! [6 BE]

## 2017/C1

- 2 Das aus Lachsen gewonnene Öl enthält Fettmoleküle mit einem hohen Gehalt an essentiellen Omega-3-Fettsäureresten Omega-3-Fettsäuren

Trivialname	Summenformel	IUPAC-Nomenklatur
$\alpha$ -Linolensäure	$C_{18}H_{30}O_2$	(9Z,12Z,15Z)-Octadeca-9,12,15-triensäure
Timnodonsäure	$C_{20}H_{30}O_2$	(5Z,8Z,11Z,14Z,17Z)-Eicosa-5,8,11,14,17-pentaensäure
Cervonsäure	$C_{22}H_{32}O_2$	(4Z,7Z,10Z,13Z,16Z,19Z)-Docosa-4,7,10,13,16,19-hexaensäure

- 2.1 Für eine Analyse sollen die Fettmoleküle im Lachsöl hydrolysiert werden. Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für die Hydrolyse eines Fettmoleküls, das mindestens einen Omega-3-Fettsäurerest enthält. [6 BE]
- 2.2 In einer Studie wurde die Wirkung von Fischölkapseln untersucht: Dazu nahm die „Fischölkapsel-Gruppe“ über drei Monate täglich eine Fischölkapsel ein. Die Placebo-Gruppe nahm täglich eine fettreiche Kapsel ein, die keine fischtypischen Fette enthielt. Bei allen Teilnehmern der Studie wurde die Konzentration des Proteins PDGF-AB im Blut zu Beginn, in der Mitte und am Ende der Studie bestimmt. PDGF-AB ist ein Protein, das im Verdacht steht, das Risiko für Arteriosklerose zu erhöhen. Die Graphiken zeigen die Ergebnisse der Studie:



**Abb. 3: Ergebnisse einer Studie zur Wirksamkeit von Fischölkapseln<sup>1</sup>**

Beurteilen Sie, ob die Ergebnisse der Studie die Ernährungsempfehlung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung zum Verzehr von Seefisch stützen. [5 BE]

Abbildungen und Tabellen:

<sup>1</sup> J. Hiebl: Organochlorpestizide und Polychlorierte Biphenyle (PCB) in Lachs - Untersuchungsergebnisse. Bayerisches Landesamt

für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (2004), [https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/warengruppen/wc\\_10\\_fische/ue\\_2004\\_pcb\\_lachs.htm](https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/warengruppen/wc_10_fische/ue_2004_pcb_lachs.htm), zuletzt aufgerufen am 14.11.2016

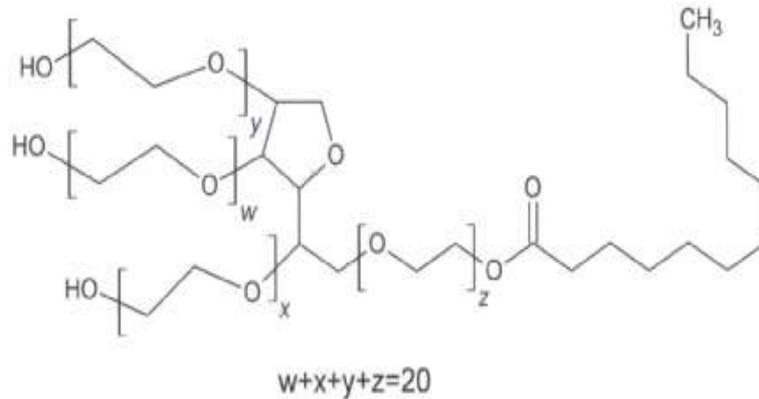
verändert nach: F. Graf von Spiegel zum Diesenberg-Hanxleden: *Die Einnahme niedrig dosierter  $\omega$ -3-Fettsäuren und die Genexpression*

*und Proteinbildung von PDGF, MCP-1 und VEG.*, Dissertation, München, 2005, S. 43; [https://edoc.ub.unimuenchen.de/3159/1/Spiegel\\_zum\\_Diesenberg-Hanxleden\\_Felix.pdf](https://edoc.ub.unimuenchen.de/3159/1/Spiegel_zum_Diesenberg-Hanxleden_Felix.pdf), zuletzt aufgerufen am 14.11.2016

<sup>2</sup>Japanese Conference on the Biochemistry of Lipids: *LipidBank*, <http://lipidbank.jp/image/VCA0001SP1101.gif> bzw.

**2017/C2**

- 2 Im Jahr 2014 wurde das sogenannte Freistoß-Spray im deutschen Profifußball zum ersten Mal eingesetzt. Beim Aufsprühen auf den Rasen wird ein feiner Schaum erzeugt, der sich nach einigen Minuten wieder auflöst. Im Spray ist neben Wasser und dem Treibgas Butan ein Tensid enthalten, das im Handel unter dem Namen Polysorbat-20 angeboten wird



**Abb. 3: Strukturformel von Polysorbat-20**

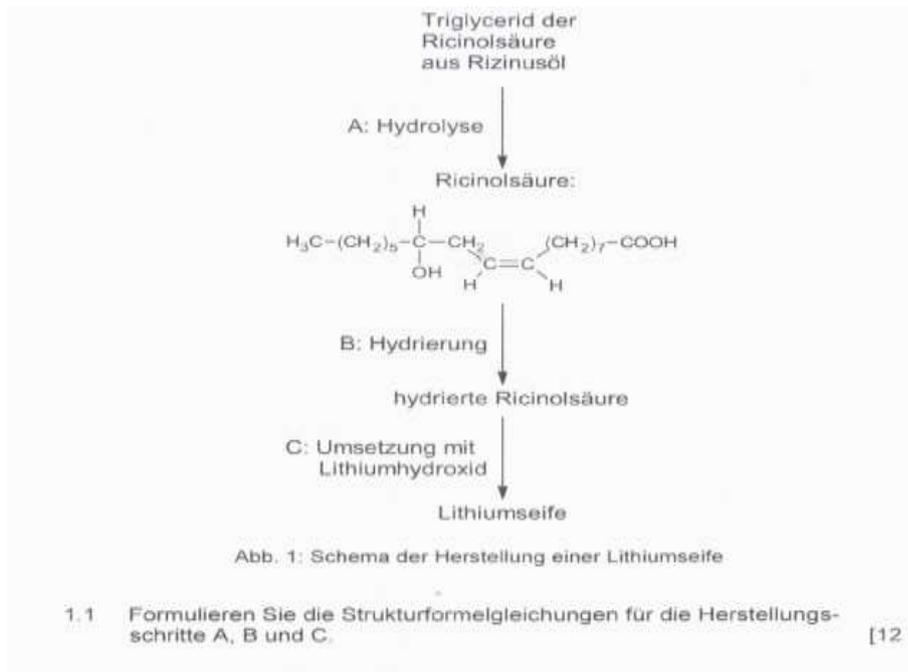
Voraussetzung für die Bildung einer Schaumblase ist eine Tensid-Doppelschicht, in der die einzelnen Tensidschichten durch eine dünne Schicht Wasser voneinander getrennt sind. Im Inneren der Schaumblase befindet sich das Treibgas Butan, außen ist die Blase von Luft umgeben. Fertigen Sie eine beschriftete Skizze des Querschnitts durch eine Schaumblase des Freistoß-Sprays an und erklären Sie die Anordnung der Polysorbat-20-Moleküle. [7 BE]

### 2018 B 2

#### Nachwachsende Rohstoffe

Das Chinaschilf (*Miscanthus sinensis*) und die Rizinusstaude (*Ricinus communis*) liefern nachwachsende Rohstoffe. Aus Chinaschilf kann Bioethanol hergestellt werden. Die Rizinusstaude ist eine Ölpflanze. Das aus ihr gewonnene Rizinusöl besteht zu 80 – 85 % aus dem Triglycerid der Ricinolsäure.

- 1 Aus Rizinusöl kann in einer mehrstufigen Synthese eine Lithiumseife hergestellt werden, die in Schmiermitteln verwendet wird. Das folgende Schema zeigt die einzelnen Herstellungsschritte:  
Triglycerid der Ricinolsäure aus Rizinusöl



3 Als Alternative zum Dieselkraftstoff aus Erdöl kann man Biodiesel einsetzen. Dieser wird durch Umesterung von Pflanzenölen mit Methanol hergestellt. Die Tabelle zeigt ein typisches Fettsäuremuster von Rapsöl:

Tab.: Fettsäuremuster von Rapsöl

Trivialname	IUPAC-Name	Anteil in %
Palmitinsäure	Hexadecansäure	4,0%
Stearinsäure	Octadecansäure	1,5%
Ölsäure	(Z)-Octadecen-9-säure	63%
Linolsäure	(Z,Z)Octadeca-9,12 diensäure	20,0%
Linolensäure	(Z,Z,Z)-Octadeca-9,12,15 triensäure	9,0%
weitere Fettsäuren		2,5 %

- 3.1 Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Umesterung eines charakteristischen Fettmoleküls aus Rapsöl mit drei verschiedenen Fettsäureresten. [5 BE]
- 3.2 Bewerten Sie den Einsatz von Biodiesel im Vergleich zu herkömmlichem Diesel unter Berücksichtigung zweier gesellschaftlich relevanter Werte wie Umweltschutz, Gesundheit, Wohlstand und Würde des Menschen. [5 BE]

**2021**

## B 2 Sonnencreme

- 2 Die Wirkstoffe in Sonnencremes sollen beim Schwimmen nicht abgewaschen werden. Als UV-Filter mit ähnlicher Wirksamkeit stehen Triethanolammoniumsalicylat (Abb. 3) oder Homosalat (Abb. 4) zur Verfügung.

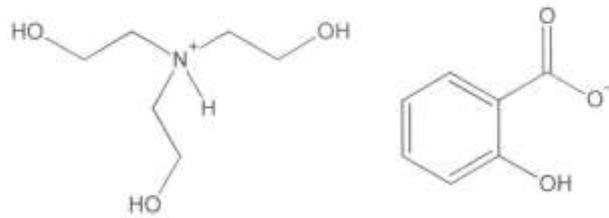


Abb. 3: Strukturformeln der Molekül-Ionen von Triethanolammoniumsalicylat

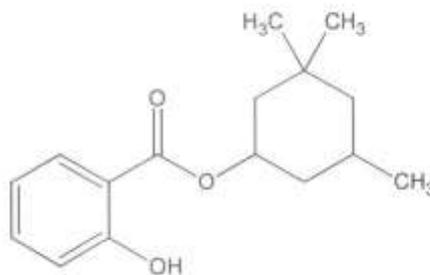


Abb. 4: Strukturformel von Homosalat

- 2.1 Beurteilen Sie, welcher der beiden UV-Filter länger anhaltenden UV-Schutz beim Schwimmen bietet. [4 BE]
- 2.2 Im Homosalat-Molekül liegen zwei Ringe aus je sechs Kohlenstoff-Atomen vor. Vergleichen Sie die Molekülgeometrie dieser beiden Ringstrukturen. [6 BE]
- 3 Damit sich die verschiedenen Komponenten einer Sonnencreme bei längerem Stehenlassen nicht entmischen, kann ihr „PEG-40 hydrogenated castor oil“ (PEG-40, Abb. 5) zugesetzt werden:

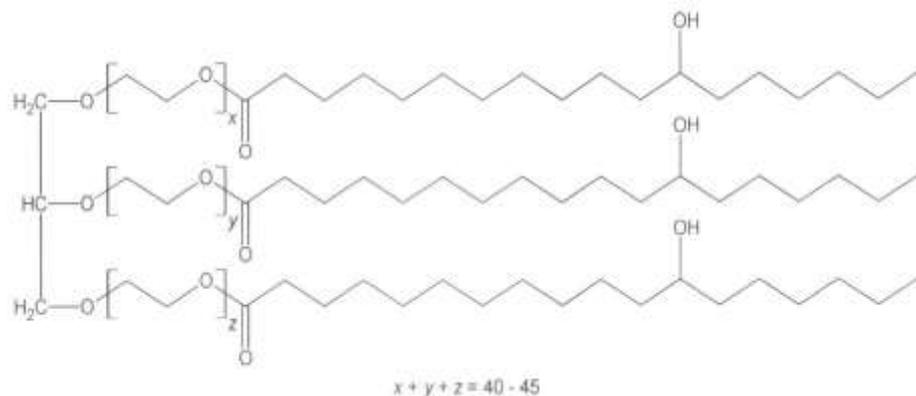


Abb. 5: PEG-40 hydrogenated castor oil

Dieser Stoff wird durch chemische Modifizierung von Rizinusöl hergestellt.

Vergleichen Sie das in Abbildung 5 dargestellte PEG-40-Molekül mit einem typischen Fettmolekül.  
 Stellen Sie eine Hypothese zur Erklärung der emulgierenden Wirkung von PEG-40 auf. [7 BE]

### 2022 C 2 Pflanzenöle

Pflanzliche Öle und Fette sind wichtig für eine gesunde Ernährung. Daneben gewinnen sie in der chemischen Industrie als Rohstoffe für nachhaltigere Kunststoffe zunehmend an Bedeutung.

- 1 Einer Gruppe von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ist es gelungen, einen Kunststoff ausschließlich aus dem nachwachsenden Rohstoff Rapsöl herzustellen. Abbildung 1 zeigt ein Reaktionsschema ausgehend von einem in Rapsöl enthaltenen Fett-Molekül:

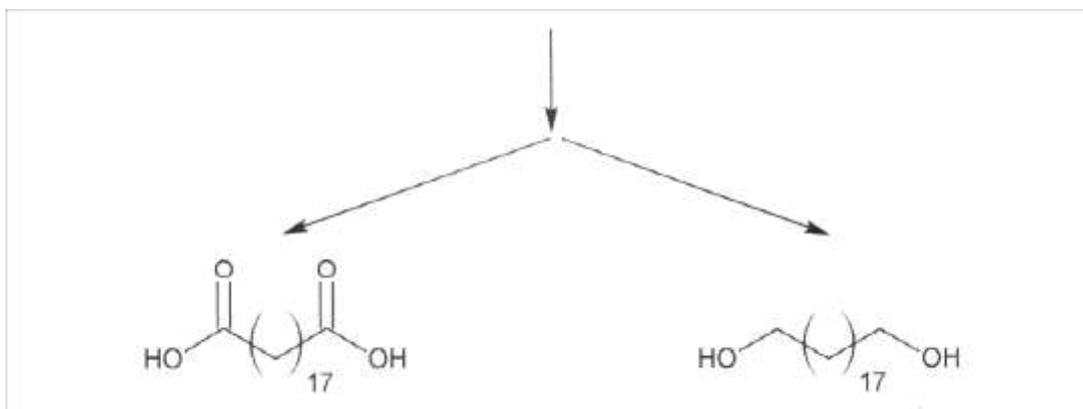
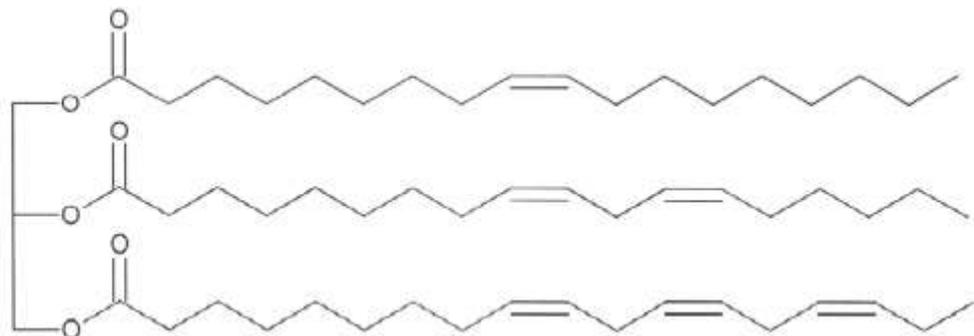


Abb. 1: Reaktionsschema zur Herstellung von Nonadecandisäure und Nonadecan-1,19-diol aus Rapsöl

1.1 Formulieren Sie eine Strukturformelgleichung für die Synthese eines

Kunststoffs aus Nonadecan-1,19-diol und Nonadecandisäure (Abb. 1).

Benennen Sie den Typ der zugrundeliegenden Polyreaktion. [4 BE]

1.2 Der aus Rapsöl gewonnene Kunststoff ähnelt in seinen Eigenschaften dem Kunststoff Polyethen (PE).

Ordnen Sie PE aufgrund seines thermischen Verhaltens einer Kunststoffklasse zu und erläutern Sie Ihre Zuordnung. [5 BE]

1.3 Rapsöl kann zur Gewinnung von Seifen genutzt werden. Häufig werden jedoch anstelle von Seifen synthetische Tenside verwendet.

Geben Sie die Strukturformel eines aus Rapsöl (Abb. 1) gewonnenen Seifen-Moleküls an. Beurteilen Sie die Nutzung von Seifen auf Rapsölbasis gegenüber der von synthetischen, nichtionischen Tensiden auf Erdölbasis hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit und ihrer Waschwirkung bei hoher Wasserhärte. [5 BE]

1.4 Um Rapsöl als Rohstoff für die chemische Industrie nutzen zu können, muss es für manche Prozesse vorher hydriert werden.

1.4.1 Erklären Sie die unterschiedlichen Schmelzbereiche der vor und nach der Hydrierung von Rapsöl vorliegenden Fette. [5 BE]

1.4.2 Der für die Hydrierung benötigte Wasserstoff kann durch die sog. Dampfreformierung gewonnen werden. Dabei reagieren Methan und Wasser endotherm in einer Gleichgewichtsreaktion zu Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid. Bei den Bedingungen im Reaktor liegen alle Stoffe gasförmig vor.

In zwei Versuchsreihen wird der prozentuale Anteil an umgesetzttem Methan in Abhängigkeit von der Temperatur bzw. dem Druck bestimmt. Die Ergebnisse der Versuchsreihen sind in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt:

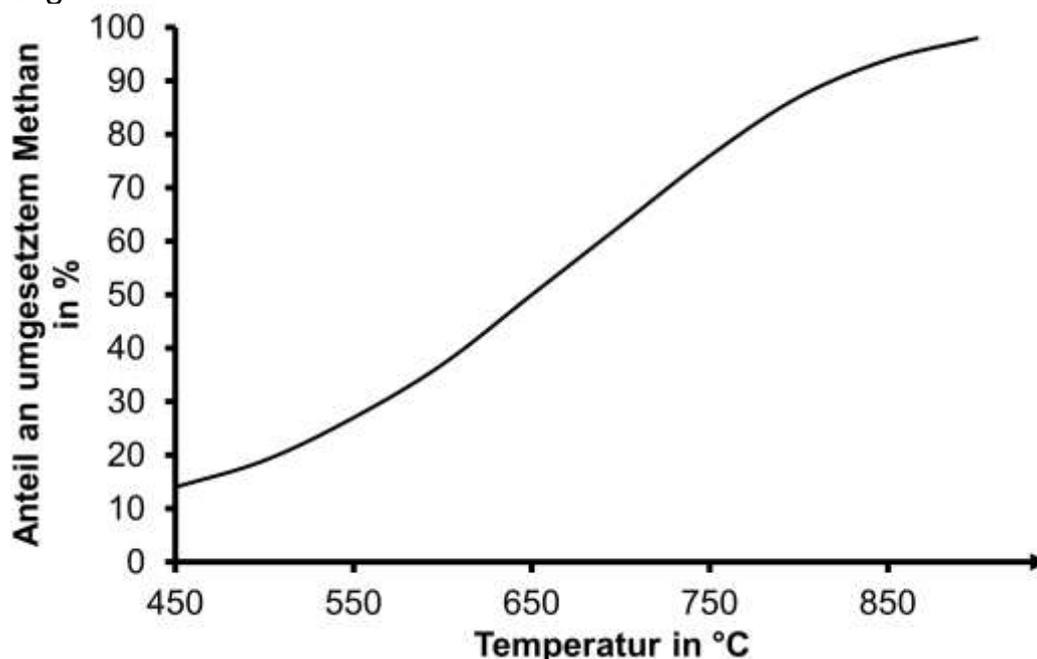


Abb. 2: Prozentualer Anteil an umgesetzttem Methan in Abhängigkeit von der Temperatur

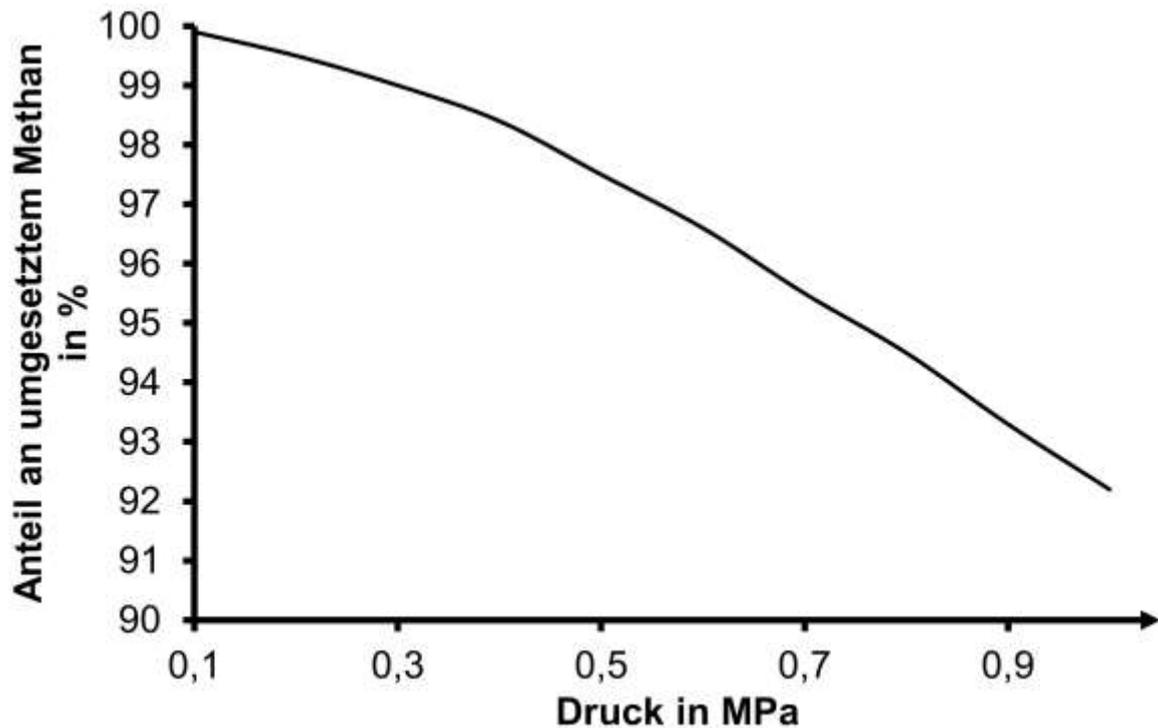


Abb. 3: Prozentualer Anteil an umgesetztem Methan in Abhängigkeit vom Druck<sup>2</sup>

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die angegebene Reaktion. Erklären Sie mithilfe des Prinzips von Le Chatelier und den Abbildungen 2 und 3 die Abhängigkeit der Gleichgewichtslage der Dampfreformierungsreaktion von Temperatur und Druck. [8 BE]

- 2 Aus Sojaöl werden pflanzenölbasierte Epoxide (ESBO, Abb. 4) erzeugt, die als Alternative zu herkömmlichen Weichmachern wie z. B. Diethylhexylphthalat (DEHP, Abb. 5) in Kunststoffen dienen:

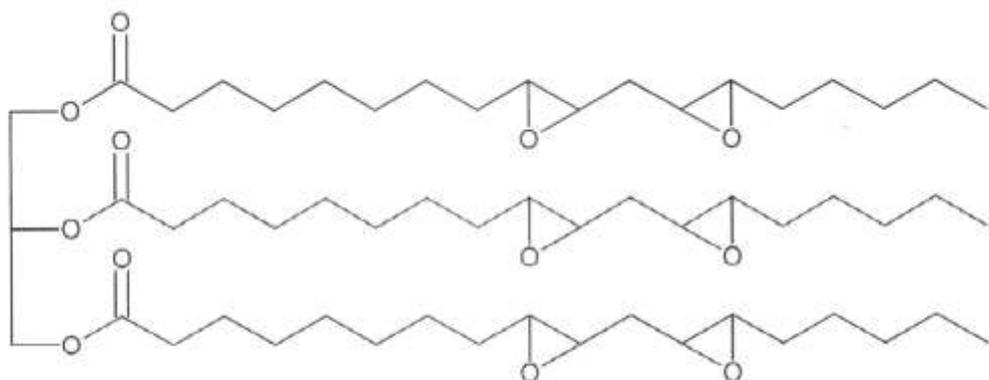


Abb. 4: Strukturformel von epoxidiertem Sojaöl (ESBO)

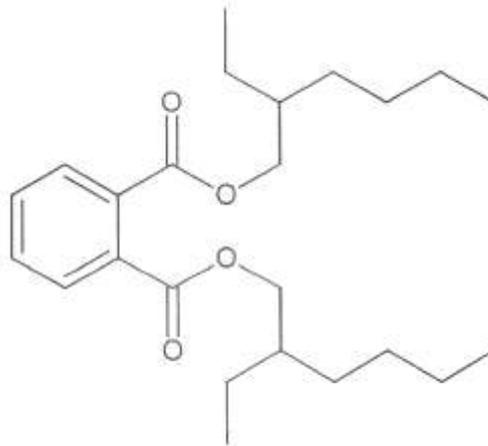


Abb. 5: Strukturformel von Diethylhexylphthalat (DEHP)

Abb. 6: Schema der Phthalsäureanhydrid-Synthese im Labor

Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus für die Herstellung von Toluol ausgehend von Benzol. Als Elektrophil reagiert hier das Chlormethan-Molekül. Die polare Bindung zwischen dem Kohlenstoff-Atom und dem Chlor-Atom wird durch den Katalysator ( $\text{AlCl}_3$ ) zusätzlich polarisiert. [7 BE]

2.2 Kunststoffe, die Weichmacher wie DEHP oder ESBO enthalten, findet man u. a. als Dichtungsmaterial in den Schraubverschlüssen von Einmachgläsern. Sie sollen hier die abdichtende Eigenschaft des verwendeten Kunststoffs verbessern.

Weichmacher können aus den Kunststoffen austreten, da ihre Moleküle keine chemische Bindung mit den Polymeren eingehen. Viele Weichmacher stehen im Verdacht, schädliche Auswirkungen auf den menschlichen Körper zu haben.

Die Tabelle gibt die Ausgangsstoffe für die Herstellung sowie die als unbedenklich geltenden Grenzwerte für die Aufnahme (TDI-Wert) für DEHP und ESBO an:

Tab.: Ausgangsstoffe für die Herstellung und TDI-Werte für DEHP und ESBO3

	DEHP	ESPO
Ausgangsstoff	Fossile Brennstoffe	Sojaöl
TDI-Wert in mg pro kg Körpergewicht	0,05	60

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) rät, DEHP nicht als Weichmacher in Dichtmassen einzusetzen, falls die Gläser für ölhaltige Lebensmittel, wie z. B. Pesto oder Pastasößen, verwendet werden. Begründen Sie die Empfehlung des BfR und bewerten Sie den Einsatz von ESBO als Alternative zu DEHP beim Einmachen ölhaltiger Lebensmittel in Einmachgläsern unter Abwägung der Werte Umwelt und Gesundheit.

[6 BE]

Abbildungen und Tabelle:

<sup>1</sup> entnommen aus:

[https://www.researchgate.net/publication/255752845\\_Polymer\\_precursors\\_from\\_catalytic\\_reactions\\_of\\_natural\\_oils/download](https://www.researchgate.net/publication/255752845_Polymer_precursors_from_catalytic_reactions_of_natural_oils/download), zuletzt aufgerufen am 28.10.2021

<https://www.biooekonomie-bw.de/fachbeitrag/pm/verlustfreie-kunststoffherzeugung-aus-pflanzenoel>, zuletzt aufgerufen am 28.10.2021

<sup>2</sup> verändert nach: <https://www.mdpi.com/2073-4344/9/7/615/htm>, zuletzt aufgerufen am 28.10.2021

<sup>3</sup> entnommen aus:

[https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/uebergang\\_von\\_weichmachern\\_aus\\_schraubdeckel\\_dichtmassen\\_in\\_lebensmittel.pdf](https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/uebergang_von_weichmachern_aus_schraubdeckel_dichtmassen_in_lebensmittel.pdf), zuletzt aufgerufen am 28.10.2021

[https://www.laves.niedersachsen.de/startseite/lebensmittel/ruckstande\\_verunreinigungen/phthalate-inlebensmitteln-](https://www.laves.niedersachsen.de/startseite/lebensmittel/ruckstande_verunreinigungen/phthalate-inlebensmitteln-99796.html)

[99796.html](https://www.laves.niedersachsen.de/startseite/lebensmittel/ruckstande_verunreinigungen/phthalate-inlebensmitteln-99796.html), zuletzt aufgerufen am 28.10.2021