

Gemeinsame Aufgabenpools der Länder

Pool für das Jahr 2025

Aufgaben für das Fach Chemie

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Leinöl – ein einfacher und effektiver Holzschutz
Anforderungsniveau	grundlegend
Inhaltsbereiche	♦ Stoffe, Strukturen, Eigenschaften ♦ Strukturen ausgewählter organischer und anorganischer Stoffe ♦ inter- und intramolekulare Wechselwirkungen ♦ Natürliche und synthetische Stoffe ♦ Fette ♦ Chemische Reaktionen ♦ Energetische und kinetische Aspekte chemischer Reaktionen ♦ Katalyse
Materialien	♦ M 1 Gewinnung und Eigenschaften von Leinöl und Olivenöl ♦ M 2 Leinöl als Holzschutz ♦ M 3 Sicherheits- und Gefahrenhinweise auf Leinölfarben
Quellenangaben	♦ M 1 <i>Fettsäurezusammensetzung wichtiger pflanzlicher und tierischer Speisefette und -öle</i> (o. D.). Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft. http://www.dgfett.de/material/fszus.php (Zugriff am: 8.04.2024) ♦ M 2 ♦ Orlova, Y., Harmon, R. E., Broadbelt, L. J. & Iedema, P. D. (2021). Review of the kinetics and simulations of linseed oil autoxidation. <i>Progress in Organic Coatings</i>, 151. https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.106041 ♦ Simpson, N., Maaijen, K., Roelofsen, Y. & Hage, R. (2019). The Evolution of Catalysis for Alkyd Coatings: Responding to Impending Cobalt Reclassification with Very Active Iron and Manganese Catalysts, Using Polydentate Nitrogen Donor Ligands. <i>Catalysts</i>, 9(10). https://doi.org/10.3390/catal9100825 ♦ Oyman, Z., Ming, W. & Van Der Linde, R. (2005). Oxidation of drying oils containing non-conjugated and conjugated double bonds catalyzed by a cobalt catalyst. <i>Progress in Organic</i>

	<i>Coatings</i>, 54(3), S. 198–204. https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2005.06.004 ♦ M 3 ♦ <i>Leinölfirnis - ein natürlicher Holzschutz</i> (o. D.). Malerversand. https://www.malerversand.de/ratgeber/leinoelfirnis-ein-natuerlicher-holzschutz (Zugriff am: 20.08.2023) ♦ <i>The phenomenon of spontaneous combustion</i> (2009, 20. Juli). Firehouse. https://www.firehouse.com/rescue/article/10528863/the-phenomenon-of-spontaneous-combustion (Zugriff am: 20.08.2023)
Hilfsmittel	♦ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat ♦ mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung
fachpraktischer Anteil	nein

1 Aufgabe

Leinöl – ein einfacher und effektiver Holzschutz

Leinöl ist ein altbewährtes Mittel, um Holzoberflächen wetterfest zu machen. Es ist möglich, die Wirkungsweise des Leinöls durch bestimmte Zusatzstoffe noch zu verbessern. Das deutlich günstigere und in vielen Bereichen vergleichbare Olivenöl wird nicht als Holzschutz eingesetzt.

	BE
1 Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung für die Hydrolyse eines exemplarischen Fett-Moleküls aus dem Leinöl in Strukturformel-Schreibweise (M 1).	5
2 Erklären Sie die Tatsache, dass natürliche Fette und Öle keine Schmelztemperatur, sondern einen Schmelzbereich aufweisen (M 1). Begründen Sie den Unterschied in den Schmelzbereichen von Leinöl und Olivenöl (M 1).	6
3 Erklären Sie anhand von Abbildung 1 die Aushärtung des Leinöls (M 2). Begründen Sie den so erzeugten Schutz vor Feuchtigkeit durch Wettereinflüsse. Stellen Sie eine Hypothese zur Eignung von Olivenöl als Holzschutz auf (M 1, M 2).	10
4 Erklären Sie, dass die Cobalt-Ionen im Leinölfirnis als Katalysatoren wirken (M 2).	5
5 Begründen Sie die Sicherheitsmaßnahmen und Gefahrenhinweise auf der Dose mit Leinölfarbe (M 2, M 3).	4

Quellen (ggf. verändert):

- [1] *Fettsäurezusammensetzung wichtiger pflanzlicher und tierischer Speisefette und -öle* (o. D.). Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft. <http://www.dgfett.de/material/fszus.php> (Zugriff am: 8.04.2024)
- [2] Orlova, Y., Harmon, R. E., Broadbelt, L. J. & Iedema, P. D. (2021). Review of the kinetics and simulations of linseed oil autoxidation. *Progress in Organic Coatings*, 151. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.106041>
- [3] Simpson, N., Maaijen, K., Roelofsen, Y. & Hage, R. (2019). The Evolution of Catalysis for Alkyd Coatings: Responding to Impending Cobalt Reclassification with Very Active Iron and Manganese Catalysts, Using Polydentate Nitrogen Donor Ligands. *Catalysts*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/catal9100825>
- [4] Oyman, Z., Ming, W. & Van Der Linde, R. (2005). Oxidation of drying oils containing non-conjugated and conjugated double bonds catalyzed by a cobalt catalyst. *Progress in Organic Coatings*, 54(3), S. 198–204. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2005.06.004>
- [5] *Leinölfirnis - ein natürlicher Holzschutz* (o. D.). Malerversand. <https://www.malerversand.de/ratgeber/leinoelfirnis-ein-natuerlicher-holzschutz> (Zugriff am: 20.08.2023)
- [6] *The phenomenon of spontaneous combustion* (2009, 20. Juli). Firehouse. <https://www.firehouse.com/rescue/article/10528863/the-phenomenon-of-spontaneous-combustion> (Zugriff am: 20.08.2023)

2 Material

Material 1: Gewinnung und Eigenschaften von Leinöl und Olivenöl [1]

Natürliche Öle werden durch Pressen von Früchten und Samen gewonnen. Durch anschließende Reinigungsschritte werden Schwebstoffe und wässrige Anteile des Presssaftes entfernt. So kann unter anderem eine Hydrolyse der Fett-Moleküle bei der Lagerung verhindert werden.

Leinöl wird aus den Samen des Saat-Leins gewonnen und hat einen Schmelzbereich von $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Das deutlich preiswertere Olivenöl wird aus den Früchten des Olivenbaums gewonnen und weist einen Schmelzbereich von $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ auf.

Tab. 1: Fettsäurezusammensetzung von Leinöl und Olivenöl (Fettsäuren mit Doppelbindungen in der cis-Form)

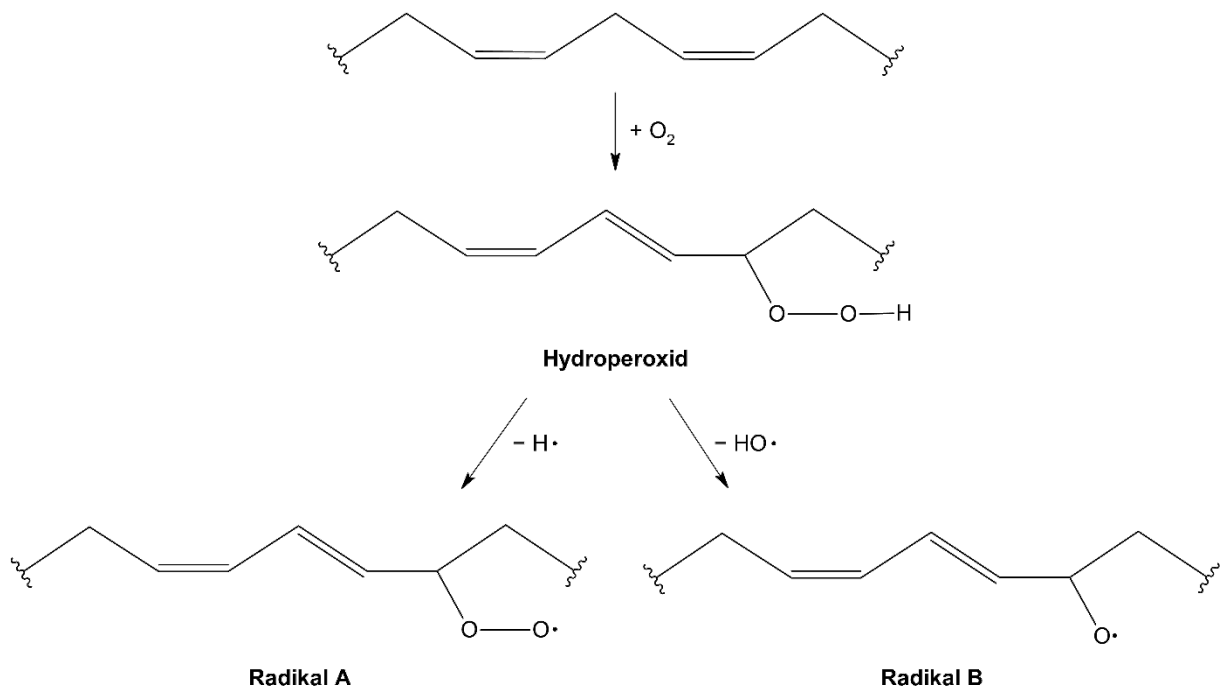
Trivialname	Systematischer Name	Massenanteil ω in Leinöl in %	Massenanteil ω in Olivenöl in %
Ölsäure	Octadec-9-ensäure	10,0–22,0	55,0–83,0
Linolsäure	Octadeca-9,12-diensäure	12,0–18,0	3,5–21,0
Linolensäure	Octadeca-9,12,15-triensäure	56,0–71,0	0–1,0
Palmitinsäure	Hexadecansäure	4,0–6,0	7,5–20,0
Stearinsäure	Octadecansäure	2,0–3,0	0,5–5,0

Material 2: Leinöl als Holzschutz [2] – [4]

Das Leinöl wird mit dem Pinsel in dünnen Schichten auf das zu schützende Holz aufgetragen und härtet dann an der Luft innerhalb von einigen Tagen aus. Dadurch wird das Holz vor Feuchtigkeit durch Wettereinflüsse geschützt.

Beim Härtungsvorgang laufen Prozesse ab, bei denen überwiegend mehrfach ungesättigte Fette und Sauerstoff miteinander reagieren. Dadurch entstehen erst Hydroperoxid-Moleküle und im Anschluss daran verschiedene Radikale, die maßgeblich an der Aushärtung des Leinöls beteiligt sind. Diese Reaktionen sind in der Summe exotherm (siehe Abb. 1).

Reaktion eines mehrfach ungesättigten Fettsäure-Rests mit Sauerstoff:



anschließende Reaktion für Radikal B:

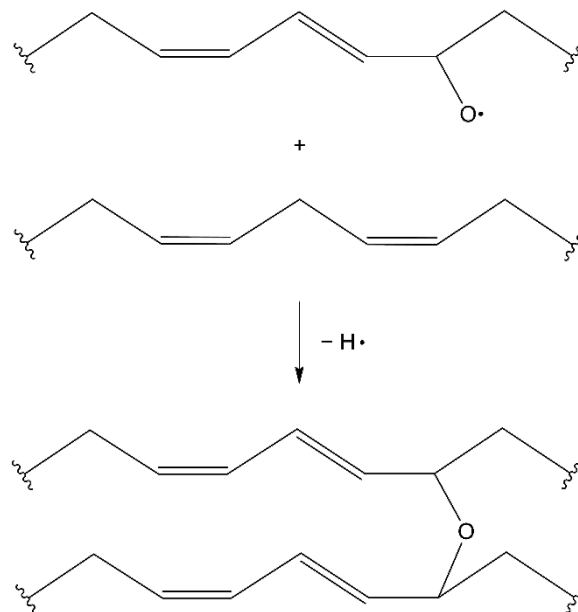


Abb. 1: schematische Darstellung der Vorgänge auf Teilchenebene bei der Aushärtung des Leinöls

Bei Leinölfirnis handelt es sich um ein Produkt, das neben reinem Leinöl weitere Zusätze enthält, die den Aushärtungsprozess beschleunigen sollen. Unter anderem werden als Zusätze Cobalt-Salze beigefügt. Die Wirkungsweise der Cobalt-Ionen aus den Salzen ist in Abb. 2 dargestellt.

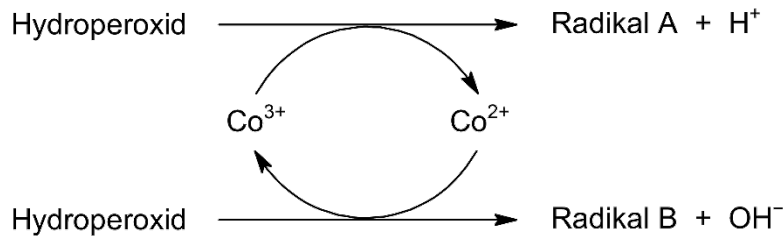


Abb. 2: Wirkungsweise der Cobalt-Ionen aus den Cobalt-Salzen im Leinölfirnis

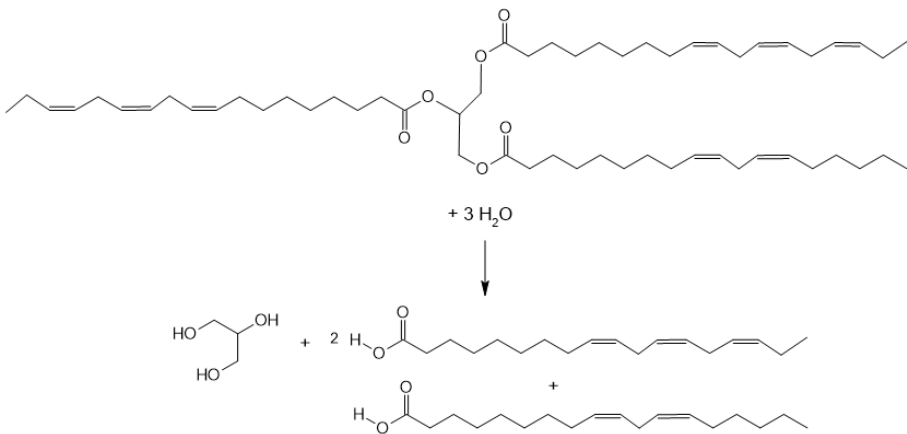
Material 3: Sicherheits- und Gefahrenhinweise auf Leinölfarben [5], [6]

Im Februar 1991 kam es im „One Meridian Plaza“, einem Hochhaus in Philadelphia, aufgrund von lieengelassenen, leinölgetränkten Lappen zu einem der größten Hochhausbrände in den USA.

Auf einer Dose mit Leinölfarbe finden sich folgende Sicherheits- und Gefahrenhinweise:
 „Leinölfarbe nur in verschlossenen Gefäßen aufbewahren und transportieren. Bei Verschütten, wenn mit saugfähigem Material aufgenommen, dieses feucht halten. Brennbar in sehr feiner Verteilung. Bei großer wirksamer Oberfläche und Luftzutritt selbstentzündlich.“

3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	<u>Formulierung einer Reaktionsgleichung in Strukturformel-Schreibweise:</u> 	1 1 1	1	
2	<u>Erklärung zum Schmelzbereich:</u> ♦ Nur ein Reinstoff weist eine eindeutige Schmelztemperatur auf. ♦ Fette und Öle sind aber Stoffgemische, da darin Fett-Moleküle enthalten sind, die verschiedene Fettsäure-Reste aufweisen. <u>Begründung der unterschiedlichen Schmelzbereiche:</u> ♦ Die Höhe des Schmelzbereichs ist abhängig von der Fettsäure-Zusammensetzung der Öle. ♦ In beiden Ölen finden sich Fettsäure-Reste vergleichbarer Kettenlänge. ♦ Im Leinöl findet sich aber ein deutlich höherer Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäure-Resten. Die Doppelbindungen erzeugen „Knicke“ in den sonst linearen Ketten. Dadurch wird ein Aneinanderlagern der Fett-Moleküle erschwert. Somit bilden sich geringere intermolekulare Wechselwirkungen zwischen temporären Dipolen aus als zwischen Fett-Molekülen mit gesättigten Fettsäure-Resten. Das führt dazu, dass die intermolekularen Wechselwirkungen bei Leinöl bereits bei niedrigeren Temperaturen überwunden werden.	2 1	3	

3	<u>Erklärung der Aushärtung des Leinöls:</u> ♦ Die Doppelbindung des Fettsäure-Rests reagiert mit einem Sauerstoff-Molekül unter Bildung eines Hydroperoxid-Moleküls. ♦ Durch Abspaltung eines Wasserstoff- bzw. eines Hydroxyl-Radikals entstehen verschiedene organische Radikale, bei denen sich das ungepaarte Elektron am Sauerstoff-Atom befindet. ♦ Diese Radikale reagieren mit jeweils einem weiteren Fettsäure-Rest. ♦ Dadurch kommt es durch Abspaltung von Wasserstoff-Radikalen mit der Zeit zu einer zunehmenden Vernetzung der Fett-Moleküle und so zu einer Aushärtung des Leinöls. <u>Begründung des Schutzes vor Feuchtigkeit:</u> ♦ Die polaren Wasser-Moleküle können mit den unpolaren Makromolekülen nicht in Wechselwirkung treten. Diese sind vernetzt, was zur Bildung eines hydrophoben Feststoffs führt, der sich im Vergleich zu Flüssigkeiten durch Regen nicht mehr so leicht abtragen lässt. <u>Aufstellung einer Hypothese zur Eignung von Olivenöl:</u> ♦ Olivenöl ist nicht für einen witterungsbeständigen Holzschutz geeignet, da deutlich weniger mehrfach ungesättigte Fettsäure-Reste vorhanden sind, weshalb die Vernetzung deutlich schlechter funktioniert und es damit nicht zur Bildung einer festen Schicht kommt.	1	3	1
4	<u>Erklärung des Einflusses der Cobalt-Ionen als Katalysator:</u> ♦ Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit: Die Cobalt-Ionen bewirken eine zusätzliche Bildung derselben Radikale wie in Abb. 1. Dadurch ist deren Konzentration erhöht und die Reaktionsgeschwindigkeit für die Aushärtung vermutlich höher als ohne Zusatz von Cobalt-Ionen. ♦ Änderung des Reaktionswegs: Die Bildung der Radikale erfolgt über einen anderen Mechanismus als in Abb. 1. ♦ Durch die beiden Reaktionen werden ständig Cobalt-Ionen in beiden Oxidationsstufen nachgebildet und somit nicht dauerhaft verbraucht.	1	1	1

5	<u>Begründung der Sicherheitshinweise und Gefahrenhinweise:</u> ♦ Aufbewahrung und Transport in verschlossenen Gefäßen verhindert den Kontakt mit dem Sauerstoff aus der Luft. ♦ Das Feuchthalten der leinölgetränkten Lappen verhindert eine Erhitzung durch die exotherme Reaktion des Leinöls mit dem Luftsauerstoff. ♦ Je größer die Oberfläche, über die eine Reaktion des Leinöls mit Luftsauerstoff stattfinden kann, desto mehr Reaktionen laufen pro Zeiteinheit ab und umso mehr Wärme wird freigesetzt, was zur Entzündung führen kann.	1		
	Summe¹	10	14	6

¹ Bei jeder Aufgabe liegen die Anzahlen der Bewertungseinheiten – abhängig vom Anforderungsniveau – in den Bereichen, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind:

Anforderungsniveau	erhöht			grundlegend		
Anforderungsbereich	I	II	III	I	II	III
Anzahl der BE	11 - 13	17 - 21	8 - 10	10 - 12	13 - 16	4 - 6

4 Standardbezug²

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	16			
2	6, 13		10	
3		3	7, 9, 10	
4	8		2, 8	
5		1		11

5 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster³ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

² Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß den Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife zu nennen, die zur Bearbeitung der Aufgabe erforderlich sind.

³ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.