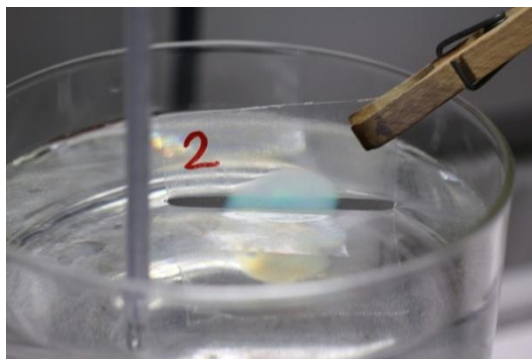




Flüssigkristalle

Experimentieranleitung



Dezember 2010

Stephan Knébel, Marianne Dietiker, Christoph Meili

Modulsponsor:



Dieses Modul wurde mit freundlicher Unterstützung der Metrohm Stiftung Herisau realisiert.

Kontakt:

Die Innovationsgesellschaft St. Gallen

Lerchenfeldstrasse 5, 9014 St. Gallen

Tel. +41 (0) 71 274 72 66

Mail: info@innovationsgesellschaft.ch

www.swissnanocube.ch

Version Dezember 2010

Dieses Modul wurde von der Innovationsgesellschaft St. Gallen im Rahmen des Projektes Swiss Nano-Cube realisiert. Autoren: Stephan Knébel, Marianne Dietiker, Christoph Meili.

Bild Titelseite: Swiss Nano-Cube

Inhalt

1. Nano-Kontext	2
2. Beschreibung des Experiments	2
3. Chemikalien/Substanzen	3
4. Versuchsanordnung/Materialien	3
4.1. Benötigte Materialien Teil 1: Herstellung der Flüssigkristall-Mischungen	3
4.2. Benötigte Materialien Teil 2: Herstellung eines Flüssigkristall-Thermometers	4
5. Versuchsdurchführung und Musterresultate	5
5.1. Teil 1: Herstellung der Flüssigkristall-Mischungen	5
5.2. Teil 1: Herstellung eines Flüssigkristall-Thermometers	6
5.3. Entsorgung der Lösungen und Chemikalien:	8
6. Theoretische Grundlagen	9
7. Anhang 1: Literaturnachweis	11
8. Anhang 2: Chemikalien/Sicherheit/Entsorgung	12
8.1. Allgemeine Hinweise	12
8.2. Links zu den Sicherheitsdatenblättern	12
8.3. Rechtsgrundlagen/Haftung	12
8.4. Details zu den verwendeten Chemikalien	13

[Begleitvideo zur Experimentieranleitung](#)

1. Nano-Kontext

- **Farbveränderungen von Materialien induziert durch die Veränderung der kristallinen Struktur in der Nanodimension**
- **Flüssigkristalle als Kombination von Flüssigkeitseigenschaften mit kristalliner, nanodimensionaler Ordnung**
- **Anwendung von Flüssigkristallen zum Beispiel in Temperatursensoren oder LCD's.**

2. Beschreibung des Experiments

- Bei diesem Versuch wird ein Flüssigkristall-Thermometer hergestellt.
- Die molekularen Bausteine von Flüssigkristallen werden Mesogene genannt.
- Flüssigkristalle stellen eine teilweise geordnete Phase dar mit Eigenschaften, die zwischen denjenigen von Flüssigkeiten und denjenigen von Feststoffen liegen [1]. Sie besitzen eine einzigartige Kombination aus Mobilität und Ordnung auf nanoskaliger Ebene [2].
- Die optischen Eigenschaften von Flüssigkristallen sind davon abhängig, wie die Moleküle angeordnet sind [1]. Im vorliegenden Experiment verändern die Flüssigkristalle ihre Farbe je nach Temperatur, der sie ausgesetzt sind.
- Der Ordnungsgrad von Flüssigkristallen ist stark temperaturabhängig [1].
- Durch die gezielte Mischung verschiedener Flüssigkristalle lässt sich der Temperaturbereich, auf den die Mischung mit Farbveränderungen reagiert, einstellen.

3. Chemikalien/Substanzen

Details sind im Anhang 2: Chemikalien/Sicherheit/Entsorgung zu finden.

- Cholesteryl Benzoat/ $C_{34}H_{50}O_2$ (Alfa Aesar GmbH)
- Cholesteryl Nonanoat (Cholesteryl Pelargonat)/ $C_{36}H_{62}O_2$ (Alfa Aesar GmbH)
- Cholesteryl Oleyl Carbonat/ $C_{46}H_{80}O_3$ (Sigma Aldrich)
- Leitungswasser

4. Versuchsanordnung/Materialien



Abbildung 1: Versuchsanordnung/Materialien. (Bild: Swiss Nano-Cube)

4.1. Benötigte Materialien Teil 1: Herstellung der Flüssigkristall-Mischungen

Materialangaben für jeweils 2 Schülerinnen und Schuler (Zweierteam)

- 4 Schnappdeckelgläser 25 ml
- 2 Trichter
- 1 Waage (Genauigkeit bis 0.01 g)
- 3 Kleine Wäge-Schalen
- 1 Eisenspatel

4.2. Benötigte Materialien Teil 2: Herstellung eines Flüssigkristall-Thermometers

Materialangaben für die ganze Klasse

- 4 Thermometer (bis 50°C) inkl. Stativ und Halterung
- 5 Heizplatten
- 4 Bechergläser (Ø: ca. 140 mm, zur Hälfte mit Leitungswasser gefüllt)
- Optional (Falls zu wenige Heizplatten): Haartrockner oder Heissluftföhn
- 1-2 Rollen Klarsichtklebefolie aus dem Baumarkt

Materialangaben für jeweils 2 Schülerinnen und Schuler (Zweierteam)

- 1 Schere
- 1 Holzklammer (Reagenzglasalterung)
- 4 Graduierte Plastik-Pasteurpipetten (ca. 5 ml)
- 1 Schwarzes A4-Papier

5. Versuchsdurchführung und Musterresultate

5.1. Teil 1: Herstellung der Flüssigkristall-Mischungen

5.1.1. Berechnungen

Anzahl Schüler = N (Bei einer ungeraden Anzahl Schüler sollte N+1 als N genommen werden)

Anzahl Zweierteams = $(N/2) = n$

Reserve: „Rot markiert“

Tabelle 1: Berechnungs-Schlüssel zur Ermittlung der Chemikalienmengen

Flüssigkristall-Mischungen (angezeigte Temperatur)	Cholesteryl Benzoat	Cholesteryl Nonanoat	Cholesteryl Oleyl Carbonat
Typ 1 (17.0 °C – 23.0°C)	0.10 g	0.25 g	0.65 g
Typ 2 (26.5 °C – 30.5°C)	0.10 g	0.45 g	0.45 g
Typ 3 (32.0 °C – 35.0°C)	0.10 g	0.50 g	0.40 g
Typ 4 (37.0 °C – 40.0°C)	0.10 g	0.60 g	0.30 g
Total pro Zweierteam	0.40 g	1.80 g	1.80 g
Gesamtmenge für n Zweierteams (inkl. Reserve)	$[(0.40 \text{ g}) * n] + [(0.10 \text{ g}) * n]$	$[(1.80 \text{ g}) * n] + [(0.40 \text{ g}) * n]$	$[(1.80 \text{ g}) * n] + [(0.40 \text{ g}) * n]$

5.1.2. Experimentelle Durchführung Teil 1

Dauer ca. 15 min

Menge pro Zweierteam für ein Experiment

Tipp für die Lehrperson:

Die Schülerinnen und Schüler sollen wenn möglich in Zweierteams arbeiten. Falls nur wenige Waagen zur Verfügung stehen, ist zu empfehlen, dass jedes Zweierteam nur eine oder zwei der vier möglichen Mischungen herstellt. Um Materialien einzusparen, können Wäge-Schalen, Trichter und Spatel ohne vorherige Reinigung von mehreren Zweierteams zum Abwiegen der gleichen Chemikalie verwendet werden.

Sicherheitshinweis: Schutzbrille, Handschuhe!

1. Vier Schnappdeckelgläser mit den Typen der herzustellenden Flüssigkristall-Mischungen beschriften (Typ 1 bis 4, Datum).
2. Die in der Tabelle angegebenen Mengen der Chemikalien abwiegen und mit einem Trichter in ein Schnappdeckelglas einfüllen. Beispiel für Typ 1: 0.1 g Cholesteryl Benzoat, 0.25 g Cholesteryl Nonanoat und 0.65 g Cholesteryl Oleyl Carbonat. Dabei soll darauf geachtet werden, dass die Chemikalien vollständig aus dem Trichter und der Wäge-Schale in das Schnappdeckelglas gelangen.
3. Schritte 1 und 2 für alle 4 Typen wiederholen.
4. Parallel dazu kann die Klarsichtklebefolie zugeschnitten werden (siehe Punkt 1 in Teil 2).

5.2. Teil 1: Herstellung eines Flüssigkristall-Thermometers

Tipp für die Lehrperson:

Die Lehrperson kann die vier Wasserbäder mit unterschiedlichen Temperaturen vorbereiten. Idealerweise wird die Heizplatte mit einem Thermostat verbunden. Falls diese Ausrüstung nicht zur Verfügung steht, müssen die Wasserbäder mit den herkömmlichen Thermometern kurz vor Gebrauch auf den gewünschten Temperaturbereich aufgewärmt werden. Wird dieser überschritten, kann durch Nachfüllen von Leitungswasser gekühlt werden.

5.2.1. Experimentelle Durchführung Teil 2

Dauer ca. 20 min

Menge pro Zweierteam für ein Experiment

Sicherheitshinweis: Schutzbrille und Hitzeschutz-Handschuhe tragen!

1. Zuerst die Klarsichtklebefolien zuschneiden. Falls ein Zweierteam alle 4 Kristalltypen herstellt, müssen 8 Quadrate (ca. 10 cm x 10 cm) zugeschnitten werden.
2. Nun müssen die 4 Mischungen verflüssigt werden. Dazu die mit Pulver gefüllten Schnappdeckelgläser verschliessen und auf eine Heizplatte stellen (Temperatur ca. 190 °C). Alternativ kann man auch einen Haartrockner (oder Heissluftföhn) verwenden.

Tipp für die Lehrperson:

Die Zweierteams sollen jeweils jede der 4 Flüssigkristall-Mischungen separat herstellen. Um Engpässe bei den Wasserbädern zu vermeiden, sollen die Zweierteams die Flüssigkristalle in unterschiedlichen Reihenfolgen herstellen.

3. Sobald sich die Mischung vollständig verflüssigt hat und keine weissen Partikel mehr im Schnappdeckelglas erkennbar sind, das Schnappdeckelglas öffnen und mit einer Plastik-Pasteurpipette ca. 2-3 ml der zähflüssigen Substanz in die Mitte der **klebende Seite** eines zugeschnittenen Folien-Stücke pipettieren. Falls der Flüssigkristall zu zähflüssig sein sollte, kann zum Auftragen auch ein Spatel verwendet werden. Danach sofort ein zweites Folien-Stück aufkleben und die Substanz von der Mitte her mit dem Finger vorsichtig mit etwas Druck verteilen. Sobald die Folien verklebt sind, werden sie mit einem wasserfesten Stift mit der Nummer der jeweiligen Mischung versehen (Tabelle 1). Danach können die verklebten Folien bei Bedarf noch auf gewünschte Grössen und Formen zurecht geschnitten werden.

Tipp für die Lehrperson:

Es ist wichtig, dass bei Schritt 3 sehr rasch und sauber gearbeitet wird. Der Flüssigkristall ist nur kurze Zeit nach dem Erhitzen dünnflüssig genug, um ihn ohne Mühe zwischen zwei Stücken Klarsichtklebefolien zu platzieren. Um Zeit zu sparen, kann die Abziehfolie der zugeschnittenen Klarsichtklebefolien schon kurz vor dem Ende des Erhitzens abgezogen werden. Ein Schüler/eine Schülerin pro Zweierteam kann dann (mit Schutzhandschuhen) die Flüssigkristalle auf die Folien pipettieren, während die/der andere rasch die beiden Folien-Stücke miteinander verklebt.

4. Der Flüssigkristall kann nun für 1 bis 2 Minuten in jenes Wasserbad getaucht werden, welches der für ihn vorgesehenen Temperatur entspricht (Tabelle 1). Dabei kann das Folien-Stück mit einer Holzklammer festgehalten werden (Abb. 2).



Abbildung 2: Flüssigkristall im Wasserbad. (Bild: Swiss Nano-Cube)

5. Danach den Flüssigkristall aus dem Wasserbad herausnehmen und bei Bedarf kurz auf ein Papiertuch legen. Der Farbumschlag beim Abkühlen lässt sich besonders gut beobachten, wenn die Folie vor ein Stück schwarzes Papier gehalten wird (Abb. 3).

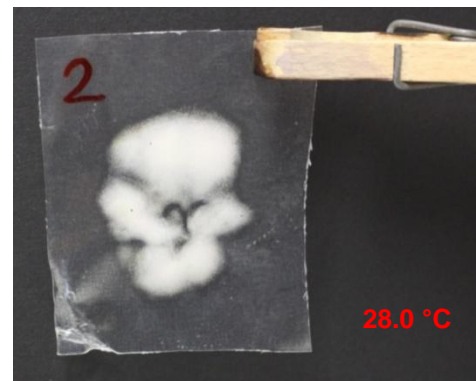
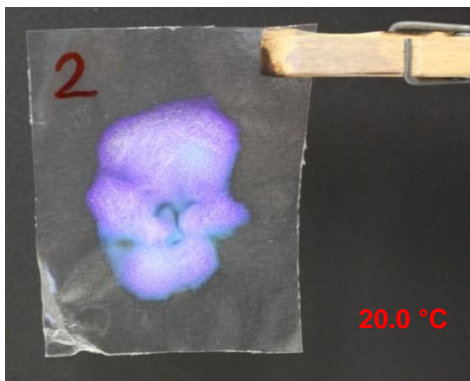


Abbildung 3: (links) Typ 2 Flüssigkristall bei 20 °C. (rechts) Typ 2 Flüssigkristall bei 28 °C. (Bild: Swiss Nano-Cube)

6. Werden alle 4 Folien-Stücke mit den Flüssigkristallen nebeneinander gelegt, hat man ein grobes Raum-Thermometer (siehe Abb. 4).

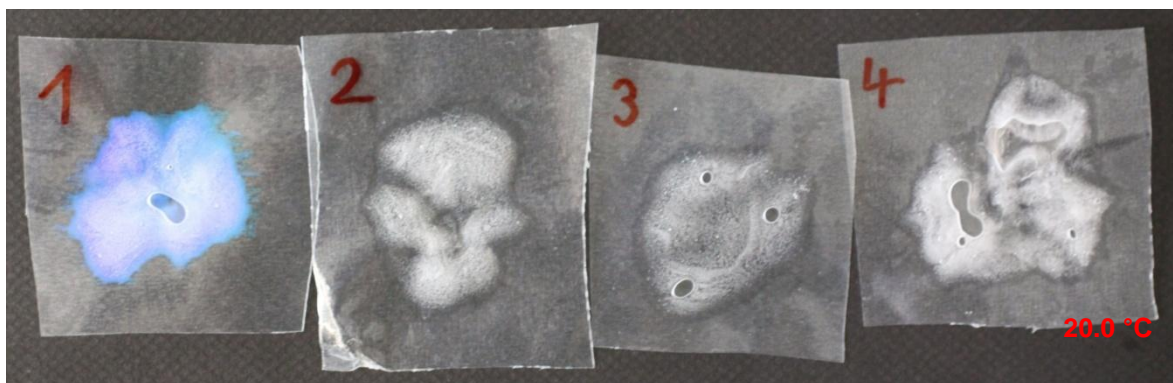


Abbildung 4: Flüssigkristall Raum-Thermometer bei 20 °C. (Bild: Swiss Nano-Cube)

5.3. Entsorgung der Lösungen und Chemikalien:

Hinweise zur Entsorgung im Anhang 2 beachten! Die Folien mit den Flüssigkristallen sollen zu Anschauungszwecken aufbewahrt werden. Um die Flüssigkristall-Rückstände vollständig aus den Schnappdeckelgläsern zu entfernen, können diese abermals erhitzt werden. Das überschüssige Material wird in einem Schnappdeckelglas gesammelt und muss bei den dafür vorgesehenen Giftsammelstellen entsorgt werden.

6. Theoretische Grundlagen

Flüssigkristalle können sich in Lösungsmitteln bilden (lyotrop) oder beim Schmelzen von Substanzen mit bestimmten molekularen Eigenschaften (thermotrop). Die in diesem Experiment hergestellten Flüssigkristalle sind sogenannte thermotrope Phasen. [1]. Thermotrope Phasen sind Übergangszustände zwischen fester (kristalliner) und flüssiger Phase und besitzen je nach Temperatur einen unterschiedlich hohen Ordnungsgrad hinsichtlich der einzelnen Moleküle [1]. Voraussetzung für die Entstehung flüssigkristalliner Übergangszustände sind spezielle Eigenschaften der einzelnen Moleküle, sogenannte mesogene Eigenschaften [2].

Entscheidend für die optischen Eigenschaften des Flüssigkristalls ist die gegenseitige Orientierung der molekularen Längsachsen der übereinander liegenden einzelnen Moleküle [1], [2]. Wenn diese Moleküle bestimmte Symmetrieeigenschaften besitzen, lagern sie sich Wendeltreppen-förmig übereinander an [1]. Man spricht von einer Helix. Wichtig sind dabei die Ganghöhe (egnl.pitch) und die Händigkeit der Helix (Abb. 5).

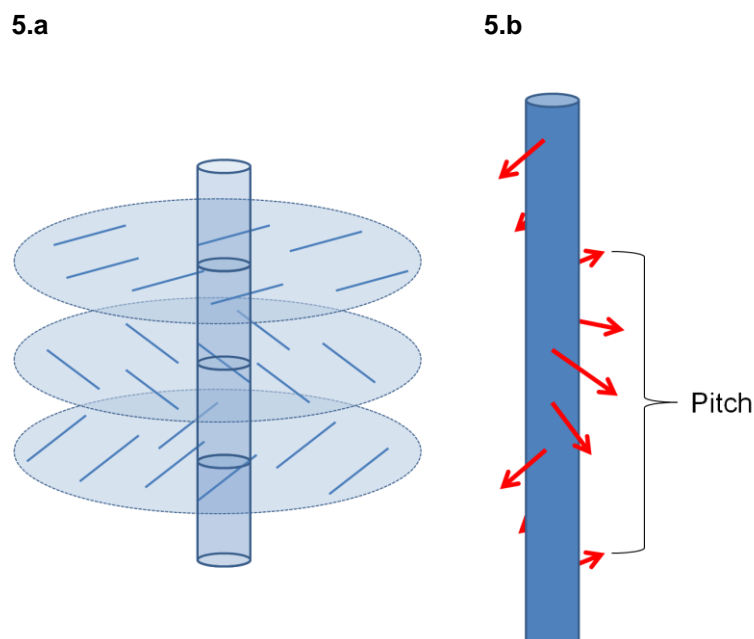


Abbildung 5: (a) Übereinander angeordnete Schichten von Molekülen in einem Flüssigkristall mit der Ausrichtung ihrer Längsachsen (blaue Linien). Die Längsachsen der Moleküle einer Ebene sind jeweils gleichgerichtet **(b)** Drehung der Längsachsen der Moleküle (rote Pfeile) entlang der Helixachse. Pitch: Ganghöhe der Helix. (Abbildung: Swiss Nano-Cube).

Die Ganghöhe (Pitch) gibt die Strecke auf der Helix-Längsachse an, entlang welcher die Wendeltreppenstruktur sich einmal um 360° windet. Diese Strecke ist je nach Temperatur unterschiedlich lang. In thermotropen Flüssigkristallen liegt sie zwischen 400 und 700 nm [1], also im Bereich der Wellenlänge des sichtbaren Lichts. Die Händigkeit gibt an, in welche Richtung sich die Längsachsen der einzelnen Moleküle entlang einer Helixlängsachse drehen [3]. In Abbildung 5.b wäre dies eine linksdrehende Helix.

Diese Helixstrukturen können mit denjenigen Anteilen des sichtbaren Lichts, deren Spektren ebenfalls im Bereich von 400 bis 700 nm liegen, wechselwirken [3]. Der Anteil des sichtbaren Lichts, dessen Wellenlänge der Helixganghöhe entspricht und dessen zirkular polarisierte Händigkeit der Helixhändigkeit gleichgerichtet ist, kann mit dem Flüssigkristall wechselwirken und wird reflektiert. Der restliche Anteil wird transmittiert [3]. Dabei wirkt der Flüssigkristall als Zirkularpolarisator und durch die Reflexion der polarisierten Wellen entstehen

Interferenzmuster, welche als schillernde Farben erkennbar sind [3]. Wegen der Temperaturabhängigkeit der Helixganghöhe reflektieren Flüssigkristalle je nach Umgebungstemperatur unterschiedliche Wellenlängen des eingestrahlten sichtbaren Lichts [1].

Durch die Verwendung unterschiedlicher Mesogen-Gemische, wie dies in diesem Experiment der Fall ist, kann eine unterschiedliche Temperaturabhängigkeit der Flüssigkristallmischungen erzeugt werden, so dass die Helixganghöhe bei unterschiedlichen Temperaturen die gleiche Länge aufweist.

7. Anhang 1: Literaturnachweis

- [1] <http://nanoyou.eu>
- [2] *Hegmann T., Qi H. and Marx V.M., Nanoparticles in Liquid Crystals: Synthesis, Self-Assembly, Defect Formation and Potential Applications, Journal of Inorganic and Organometallic Polimers and Materials 17, 2007, 483-508.*
- [3] *Paul M., Dissertation: Synthese und Untersuchung von chiralen Dotierstoffen für cholesterische Effektfarbstoffe, Universität Hamburg, Fachbereich Chemie, 2000*

8. Anhang 2: Chemikalien/Sicherheit/Entsorgung

8.1. Allgemeine Hinweise

Vor der Verwendung der Chemikalien müssen in allen Fällen die Sicherheitsdatenblätter studiert werden!

Diese werden vom Hersteller mit den Chemikalien mitgeliefert oder können auf den Webpages der Hersteller kostenlos heruntergeladen werden. Die Links zu den Sicherheitsdatenblättern sind im Abschnitt 7.2 zu finden.

Weitere Informationen zu den Chemikalien können auch in der [GESTIS-Stoffdatenbank](#) abgerufen werden. Die gesuchten Chemikalien lassen sich in Datenbanken am besten finden, wenn nach der CAS Nummer gesucht wird. Die jeweiligen Nummern sind in diesem Dokument vermerkt.

Alle R- & S-Sätze sind auf der [Webpage des Bundesamtes für Gesundheit BAG](#) zu finden.

Weitere Hinweise zum Umgang mit Chemikalien finden Sie auf der [Infowebpage des Bundes](#).

8.2. Links zu den Sicherheitsdatenblättern

- [Cholesteryl Benzoat](#) (Alfa Aesar GmbH)
- [Cholesteryl Nonanoat](#) (Alfa Aesar GmbH)
- [Cholesteryl Oleyl Carbonat](#) (Sigma Aldrich)

8.3. Rechtsgrundlagen/Haftung

Als verbindlich gelten ausschliesslich die Informationen aus den Sicherheitsdatenblättern der Chemikalien-Hersteller.

Die Sicherheitsdaten für die verwendeten Chemikalien sowie die Sicherheitshinweise zur Durchführung der Experimente wurden sorgfältig recherchiert. **Trotzdem wird keine Haftung für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Informationen übernommen.**

8.4. Details zu den verwendeten Chemikalien

8.4.1. Cholesteryl Benzoat/ $C_{34}H_{50}O_2$ /490.77 g* mol^{-1}

[Link zum Sicherheitsdatenblatt](#)

Hersteller [Alfa Aesar GmbH](#) (Art.-Nr. L03590)

CAS-Nummer 604-32-0

Cholesteryl Benzoat erscheint bei Raumtemperatur und Standarddruck in festem Aggregatzustand und in Form von weissem, geruchlosem Pulver. Die Substanz ist in Wasser nicht löslich.

Gemäss Hersteller gehen von der Substanz keine akuten Gesundheitsgefahren aus. Details zu allgemeinen Sicherheitshinweisen sind auf der [Alfa Aesar GmbH](#) zu finden.

Gebotszeichen



Schutzbrille tragen



Handschuhe tragen

Hinweise zur Entsorgung

Bei der Giftsammelstelle entsorgen. Nie im Ausguss, in der Toilette oder im Haushaltsabfall entsorgen! Hinweise im [Sicherheitsdatenblatt](#) des Herstellers beachten. Lokale Vorschriften beachten.

Quellen

- [Alfa Aesar GmbH](#)
- [Carl Roth GmbH](#)

8.4.2. Cholesteryl Nonanoat (Cholesteryl Pelargonat)/ $C_{36}H_{62}O_2$ /526.89 g* mol^{-1}

[Link zum Sicherheitsdatenblatt](#)

Hersteller [Alfa Aesar GmbH](#) (Art.-Nr. L02857)

CAS-Nummer 1182-66-7

Cholesteryl Nonanoat erscheint bei Raumtemperatur und Standarddruck in festem Aggregatzustand und in Form von weissem, geruchlosem Pulver. Die Substanz ist in Wasser nicht löslich.

Gemäss Hersteller gehen von der Substanz keine akuten Gesundheitsgefahren aus. Details zu allgemeinen Sicherheitshinweisen sind auf der [Alfa Aesar GmbH](#) zu finden.

Gebotszeichen



Schutzbrille tragen



Handschuhe tragen

Hinweise zur Entsorgung

Bei der Giftsammelstelle entsorgen. Nie im Ausguss, in der Toilette oder im Haushaltsabfall entsorgen! Hinweise im [Sicherheitsdatenblatt](#) des Herstellers beachten. Lokale Vorschriften beachten.

Quellen

- [Alfa Aesar GmbH](#)

8.4.3. Cholesteryl Oleyl Carbonat/ $C_{46}H_{80}O_3/681.13 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

[Link zum Sicherheitsdatenblatt](#)

Hersteller [Sigma Aldrich](#) (Art.-Nr. L02857)

CAS-Nummer 17110-51-9

Cholesteryl Oleyl Carbonat erscheint bei Raumtemperatur und Standarddruck in festem Aggregatzustand.

Gemäss Hersteller gehen von der Substanz keine akuten Gesundheitsgefahren aus. Details zu allgemeinen Sicherheitshinweisen sind auf der [Sigma Aldrich](#) zu finden.

Gebotszeichen



Schutzbrille tragen



Schutzhandschuhe tragen

Hinweise zur Entsorgung

Bei der Giftsammelstelle entsorgen. Nie im Ausguss, in der Toilette oder im Haushaltsabfall entsorgen! Wenn möglich Säuren und Basen vor der Entsorgung neutralisieren. Hinweise im [Sicherheitsdatenblatt](#) des Herstellers beachten. Lokale Vorschriften beachten.

Quellen

- [Sigma Aldrich](#)

