

## EINLEITUNG

Das folgende Experiment beschäftigt sich mit der Isolation eines ätherischen Öls aus einem Samen durch Hydro-Destillation. Hydro-Destillation ist eine Destillationstechnik, bei der kochendes Wasser genutzt wird, um Öle aus bestimmten Rohstoffen zu gewinnen. Sie stellt eine billige und häufig verwendete Destillationstechnik dar, die bei der Isolation von Ölen aus Pflanzenmaterialien genutzt wird.

Praktisch wird das Rohmaterial in Wasser aufgeschlämmt, dann wird die Mischung zum Kochen gebracht und das Destillat wird gesammelt, nachdem es im Kühler kondensiert ist. Aufgrund der Polaritätsunterschiede zwischen dem isolierten Öl und Wasser vermischt sich das Öl normalerweise nicht mit Wasser und trennt sich von der wässrigen Phase. Die Trennung des Öls mittels eines eigenen Scheidetrichters würde zur Gewinnung roher ätherischer Öle führen. Weitere Aufbereitung oder Reinigung ist oftmals erforderlich, um die reinen Bestandteile des isolierten ätherischen Öls zu gewinnen.

Das in diesem Experiment verwendete Pflanzenmaterial sind Frucht und Samen von *Myristica fragrans*, einem immergrünen Baum, der auf den Ost-Molukken (Indonesien) heimisch ist. Der Samen der Pflanze ist als "Muskatnuss" bekannt und ist von einem Samenmantel (besonderer Überzug, der einen Samen vollständig oder teilweise bedeckt) umgeben. Er wird zum Würzen von Speisen und in der Medizin genutzt. In dieser experimentellen Klausur führen die Teilnehmenden das folgende Experiment bezüglich "Muskatnuss und Hydro-Destillation" durch.

Bei diesem Wettbewerb werdet ihr Experimente durchführen, die genutzt werden, um alle Fragen in Physik, Biologie und Chemie zu beantworten. Lest jeden Abschnitt des Vorgehens aufmerksam und genau durch.

### Aufbau der Hydro-Destillations-Apparatur:

1. Elektrische Heizplatte (max. 600 W)
2. Dreihalskolben
3. Kugelkühler
4. Modifizierter Dean-Stark-Wasserabscheider, verbunden mit Kühler (und Kühlwasserzu- und -abfluss)
5. Schlauchmaterial (nicht gezeigt)
6. Stativ
7. Klemme
8. Muffe
9. Wassereimer (nicht gezeigt)
10. Aquariumpumpe (nicht in der Abbildung)
11. Thermometer
12. 600 mL Becherglas (nicht gezeigt)

### Zusätzliche Geräte:

- a. 10 mL Messzylinder
- b. Plastik-Trichter
- c. Probenröhrchen
- d. Schneidebrett
- e. Handschuhe
- f. Lupe
- g. Schutzbrille
- h. Gummistopfen

### Materialien:

- a. Muskatnussfrucht
- b. Muskatnusssamen-Pulver
- c. Wasser
- d. Siedesteine

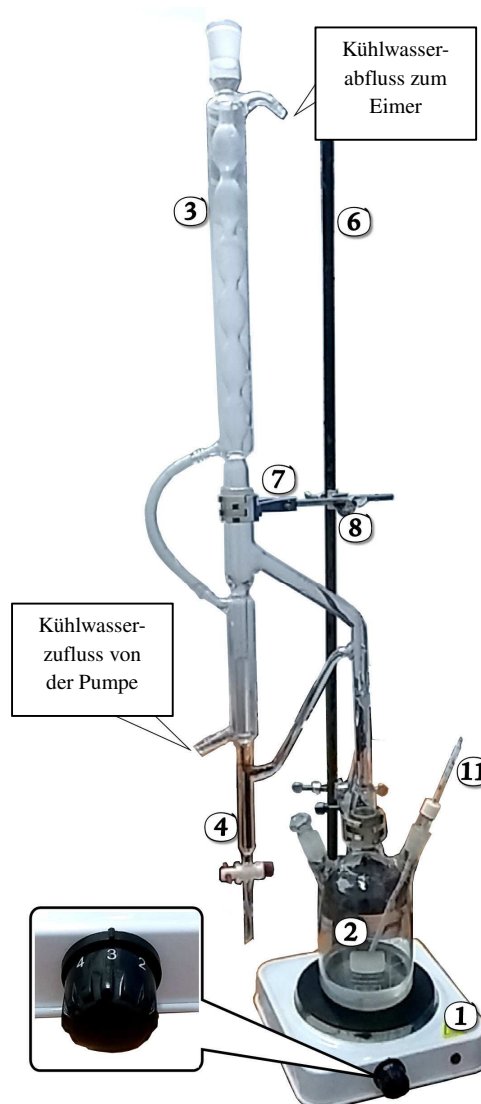


Abb. 1: Hydro-Destillations-Apparatur zur Extraktion von Muskatnussöl aus Muskatnusssamen

## EXPERIMENTELLES VORGEHEN

1. Stellt sicher, dass die Apparatur richtig aufgebaut ist.
2. Füllt 400 mL Wasser in den Kolben. Führt das Thermometer in den Kolben ein und achtet dabei darauf, dass die Spitze des Thermometers den Gefäßboden nicht berührt.
3. Schaltet die Heizplatte auf Stufe 3 ein und startet zur selben Zeit die Stoppuhr. **ACHTET DARAUF, DIE HEIZPLATTE NICHT ZU BERÜHREN! Die Heizplatte ist mit einer automatischen Ein-Aus-Steuerung ausgerüstet, um die Temperatur konstant zu halten und nicht zu überhitzen.**
4. Messt die Temperatur des Wassers insgesamt 12 Minuten lang in 0,5-Minuten-Schritten. Notiert die Werte auf dem grünen Antwortbogen. Schaltet nach 12 Minuten die Heizplatte aus und stoppt die Stoppuhr.
5. Ersetzt das Thermometer durch den Verschluss.
6. Füllt das Wasser im Kolben auf insgesamt 500 mL auf. Gebt das Muskatnussamen-Pulver (120 g) mithilfe des Plastik-Trichters in den Kolben. Gebt außerdem 3 bis 5 Siedesteine in den Kolben.
7. Schaltet die Heizplatte auf die maximale Stufe (5). Erhitzt weitere 90 Minuten. Nutzt dazu ebenfalls die Stoppuhr.
8. Während ihr die 90 Minuten wartet, bearbeitet **TEIL EINS: Physik – Effizienz der Wärmeaufnahme durch Wasser** und notiert eure Ergebnisse auf dem grünen Antwortbogen.
9. Fahrt nach Abschluss der Aufgaben von TEIL EINS mit der Bearbeitung der **Biologie-Experimente** fort.
10. Euch liegt eine Muskatnussfrucht (inkl. Samen) sowie die Längs- und Querschnitte von Frucht und Samen vor.
11. Untersucht die Muskatnussfrucht und deren Bestandteile aufmerksam.
12. Untersucht den Längs- sowie den Querschnitt der Muskatnussfrucht und des -samens und deren Bestandteile.
13. Bearbeitet die Aufgaben von **TEIL ZWEI: Biologie – Merkmale der Muskatnuss** und notiert eure Ergebnisse auf dem grünen Antwortbogen.
14. Schaltet die Heizplatte nach 90 Minuten aus. Bestimmt das Volumen an Muskatnussöl, das sich im Dean-Stark-Wasserabscheider gesammelt hat. Unter Umständen müsst ihr etwas warten, bis sich Muskatnussöl und Wasser getrennt haben.
15. Füllt eure Muskatnussöl-Probe in das Probenröhrchen und gebt es später zusammen mit dem Antwortbogen ab. Schreibt daher euren Team-Code auf den Aufkleber und klebt diesen auf das Probenröhrchen.
16. Bearbeitet **TEIL DREI: Chemie – Muskatnussöl-Destillation** und notiert eure Ergebnisse auf dem grünen Antwortbogen.

## AUFGABEN

### TEIL EINS: Physik – Effizienz der Wärmeaufnahme durch Wasser [13 Punkte]

Zustandsänderungen zwischen fester, flüssiger und gasförmiger Phase gehen typischerweise mit der Übertragung einer großen Wärmemenge einher. Einer Menge von Eis werde mit konstanter Rate Wärme zugeführt, um die Phasenübergänge zu Wasser und dann zu Dampf zu erreichen. Die nötigen Wärmemengen für diese Übergänge (Schmelzwärme bzw. Verdampfungswärme) führen zu Plateaus im Temperatur-Zeit-Diagramm. Das Diagramm in Abbildung 2 gilt für konstanten Druck (Standard-Atmosphärendruck).

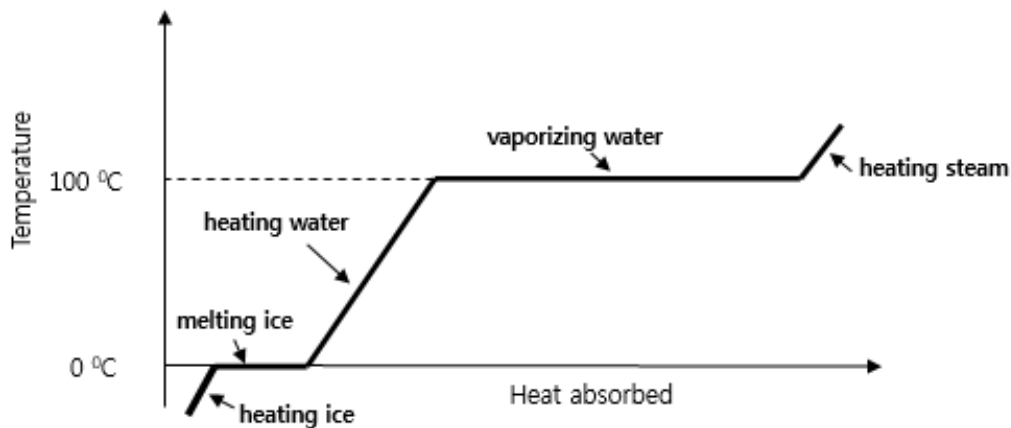


Abb. 2: Verlauf der Temperatur in Abhängigkeit von der absorbierten Wärme

- Ph-1 [3,0 Punkte]** Stellt die Wassertemperatur (in °C) als Funktion der Zeit (in min) in einem Diagramm dar.
- Ph-2 [1,5 Punkte]** Bestimmt die Temperaturänderung ( $\Delta T$ ) im Bereich des linearen Funktionsverlaufs und die Zeitdauer ( $\Delta t$ ) dieses Bereichs.
- Ph-3 [2,0 Punkte]** Berechnet die Rate der Temperaturänderung (in °C/s) für den linearen Bereich des Diagramms.
- Ph-4 [2,0 Punkte]** Berechnet, wie viel elektrische Energie (in Joule) durch die Heizplatte während des linearen Bereichs genutzt wurde (deren elektrische Leistung beträgt 600 W).
- Ph-5 [1,5 Punkte]** Berechnet, wie viel Energie (in Joule) während des linearen Bereichs zur Erwärmung des Wassers genutzt wurde.  
 ( $c_{\text{Wasser}} = 4180 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ ;  $\rho_{\text{Wasser}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ )
- Ph-6 [1,5 Punkte]** Berechnet, wie viel Energie (in Joule) während des linearen Bereichs an die Umgebung abgegeben wurde.

**Ph-7 [1,5 Punkte]** Berechnet für den linearen Bereich den prozentualen Anteil der Energie, die zur Erwärmung des Wassers genutzt wurde, bezogen auf die gesamte abgegebene Energie der Heizplatte.

**TEIL ZWEI: Biologie – Merkmale der Muskatnuss [13 Punkte]**

**A. Muskatnussfrucht**

**Bi-1 [2,0 Punkte]** Zeichnet den Längsschnitt der Frucht mit intaktem Samen.

**Bi-2 [3,0 Punkte]** Beschriftet die Teile der Frucht mit dem jeweils passenden Begriff aus der Liste. Zeichnet dafür einen auf die Struktur der Frucht gerichteten Pfeil ein. Wählt die passenden Bestandteile aus der Liste unten und schreibt nur den zugehörigen Buchstaben (zum Beispiel A, B, C usw.) an den Beginn des Pfeils.

**B. Muskatnussamen**

**Bi-3 [3,0 Punkte]** Zeichnet den Querschnitt des Samens.

**Bi-4 [2,0 Punkte]** Beschriftet die Teile des Samens mit dem jeweils passenden Begriff aus der Liste. Zeichnet dafür einen auf die Struktur des Samens gerichteten Pfeil ein. Wählt die passenden Bestandteile aus der Liste unten und schreibt nur den zugehörigen Buchstaben (zum Beispiel A, B, C usw.) an den Beginn des Pfeils.

**Liste möglicher Beschriftungen:**

A. Blütenachse	E. Samenhöhle	I. Samen	M. Embryo
B. Mesokarp	F. Sporangium/Pollensack	J. Samenschale	N. Exokarp
C. Blütenstandsstiel	G. Endosperm	K. Samenmantel	O. Plazenta
D. Perisperm	H. Endokarp	L. Samenstielchen	P. Blütenbecher

### C. Muskatnuss – Frucht- und Sameneigenschaften

#### Frucht- und Samenklassifikation:

Einzelfrucht	:	Eine Frucht, die aus einem einzelnen Fruchtblatt entsteht.
Sammelfrucht	:	Eine Frucht, bei der entweder eine Blüte mehrere Fruchtblätter enthält, die während der Entwicklung verwachsen oder mehrere Blüten, mit jeweils eigenem Fruchtblatt, sich zu kleinen Früchten entwickeln, die sich dann zusammenballen oder zu einer größeren Frucht verschmelzen.
Echte Frucht	:	Eine Frucht, deren Gewebe alle aus einem gereiften Fruchtknoten und seinen Bestandteilen entstanden sind.
Scheifrucht	:	Eine Frucht, die sich aus einem gereiften Fruchtknoten entwickelt aber auch einen großen Anteil an sonstigem Gewebe enthält.
Saftfrucht	:	Eine Frucht mit einem weichen, fleischigen Perikarp im reifen Zustand.
Trockenfrucht	:	Eine Frucht mit einem trockenen Perikarp im reifen Zustand.
Apfelfrucht	:	Eine aus mehreren Balgfrüchten, Fruchtblättern, Blütenachsen entstandene Frucht.
Steinfrucht	:	Eine aus einem einzelnen Fruchtblatt entstandene Frucht mit normalerweise nur einem Samen.
Monokotyl	:	Im Samen befindet sich ein Keimblatt.
Dikotyl	:	Im Samen befinden sich zwei Keimblätter.
Kugelförmig	:	Form einer Kugel oder eines Balls.
Eiförmig	:	Eiförmig mit einem breiteren und einem spitzeren Ende.

**Bi-5 [3,0 Punkte]** Betrachtet die Früchte und die Samen sorgfältig. Markiert in jeder Rubrik (A - F) eine korrekte Antwort mit einem Häkchen im entsprechenden Kästchen.

**Frage:**

**Antwort:**

- |                                |                          |              |                          |               |
|--------------------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|---------------|
| A. Ursprung der Frucht:        | <input type="checkbox"/> | Einzelfrucht | <input type="checkbox"/> | Sammelfrucht  |
| B. Zusammensetzung der Frucht: | <input type="checkbox"/> | Echte Frucht | <input type="checkbox"/> | Scheifrucht   |
| C. Wassergehalt der Frucht:    | <input type="checkbox"/> | Saftfrucht   | <input type="checkbox"/> | Trockenfrucht |
| D. Art der Frucht:             | <input type="checkbox"/> | Apfelfrucht  | <input type="checkbox"/> | Steinfrucht   |
| E. Keimblätter des Samens:     | <input type="checkbox"/> | Monokotyl    | <input type="checkbox"/> | Dikotyl       |
| F. Form des Samens:            | <input type="checkbox"/> | Kugelförmig  | <input type="checkbox"/> | Eiförmig      |



---

### TEIL DREI: Chemie – Destillation von Muskatnussöl [14 Punkte]

Nach der Destillation von 120 g einer Muskatnussamen-Probe solltet ihr ein bestimmtes Volumen an Muskatnussöl erhalten haben.

- Ch-1 [4,5 Punkte]** Notiert das Volumen von dem Muskatnussöl, das ihr durch die Destillation gewonnen habt.
- Ch-2 [1,5 Punkte]** Bei einer Temperatur von  $T = 25\text{ °C}$  hat exakt 1,00 mL von Muskatnussöl eine Masse von  $m = 0,862\text{ g}$ . Wie hoch ist der Massenanteil von Muskatnussöl (in Prozent) in der untersuchten Muskatnussamen-Pulverprobe (geht von einer Temperatur von  $T = 25\text{ °C}$  aus).
- Ch-3 [3,0 Punkte]** Myristicin ( $\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{O}_3$ ) stellt den Hauptbestandteil von Muskatnussöl dar. Geht davon aus, dass eure Muskatnussölprobe einen Massenanteil von 65 % Myristicin enthält.
- (a) [1,5 Punkte] Berechnet die Anzahl an Myristicin-Molekülen in eurer Probe.
- (b) [1,5 Punkte] Berechnet die Masse an Kohlenstoff (in Gramm), die im Myristicin eurer Probe enthalten ist.  
(Rel. Atommassen: C = 12; H = 1; O = 16)
- Ch-4 [1,0 Punkte]** Ausgehend von den Ergebnissen eures Experimentes, berechnet die Masse an Muskatnussamen-Pulver (in Kilogramm), die zur Produktion von 100 g Muskatnussöl erforderlich ist.
- Ch-5 [0,5 Punkte]** Welche Funktion erfüllen die Siedesteine in eurem Experiment?
- (a) Die Erwärmung des Wassers zu beschleunigen.
- (b) Die Trennung von Muskatnussöl und Wasser zu beschleunigen.
- (c) Die Verteilung der Wärme innerhalb des Kolbens zu unterstützen.
- Ch-6 [0,5 Punkte]** Warum wird in dem Experiment Muskatnussamen-Pulver anstelle von Muskatnussamen-Granulat genutzt?
- (a) Um die Löslichkeit von Muskatnussamen in Wasser zu erhöhen.
- (b) Um die Kontaktfläche zwischen Muskatnussamen und Wasser zu erhöhen.
- (c) Um das Verdampfen des Wassers im Kolben zu beschleunigen.
- Ch-7 [0,75 Punkte]** Die Trennung von Wasser und Muskatnussöl im Dean-Stark-Wasserabscheider beruht auf:
- (a) Dem Prinzip “Gleiches löst sich in Gleichem“
- (b) Dampfdruckunterschieden
- (c) Dem chemischen Gleichgewicht

- Ch-8 [0,75 Punkte]** Welchen Effekt hätte die Umkehr der Fließrichtung der Wasserkühlung auf die Kondensation von Dampf und Muskatnussöl?
- (a) Sie wäre effektiver.
  - (b) Sie wäre weniger effektiv.
  - (c) Es hätte keinen Einfluss.
- Ch-9 [0,75 Punkte]** Welche der folgenden alternativen Trennverfahren kann ebenfalls genutzt werden, um Muskatnussöl aus Muskatnussamen zu gewinnen?
- (a) Zentrifugation
  - (b) Flüssig-Flüssig-Extraktion
  - (c) Papier-Chromatografie
- Ch-10 [0,75 Punkte]** Welche Änderung im experimentellen Aufbau würde die Ausbeute an Muskatnussöl NICHT verringern?
- (a) Zu schnelles Erhitzen.
  - (b) Die Verwendung von mehr Siedesteinen.
  - (c) Die Verwendung eines zu kurzen Kugelkühlers.