

# Schulversuchspraktikum

Name: Christoph Biesemann

Semester: Sommersemester 2012

Klassenstufe 5/6



---

## Aggregatzustände und deren Temperaturabhängigkeit

---

**Auf einen Blick:**

Die Aggregatzustände des Wassers (V1), die Temperaturverläufe beim Sieden von Wasser (V4) und Ethanol (V2) und die Schmelzpunktbestimmung am Beispiel von Stearinsäure (V5) leisten einen Beitrag zur Förderung des Fachwissens im Basiskonzept Energie und verbessern die Experimentierkompetenz der SuS. Die Sublimation und Resublimation von Jod (V5) visualisiert diese, den SuS bis dahin wohl unbekannte, Aggregatzustandsänderungen auf eindrucksvolle Weise.

**Inhalt**

1	Beschreibung des Themas und zugehörige Lernziele .....	2
2	Lehrerversuche.....	3
2.1	V 1 – Der „Eis-Luftballon“ .....	3
2.2	V2 – Erhitzen von Alkohol im Wasserbad .....	5
2.3	V 3 – Sublimation und Resublimation von Jod .....	7
3	Schülerversuche .....	9
3.1	V 4 – Erhitzen von Wasser .....	9
3.2	V 5 – Erhitzen und Abkühlen von Stearinsäure .....	11
4	Arbeitsblatt.....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
4.1	Reflexion des Arbeitsblattes .....	14
4.2	Erwartungshorizont (Kerncurriculum) .....	14
4.3	Erwartungshorizont (Inhaltlich).....	14

## 1 Beschreibung des Themas und zugehörige Lernziele

Kaum ein Thema der Chemie hat so viel Relevanz für den Alltag von Schülerinnen und Schülern (SuS) wie die Behandlung der Temperaturabhängigkeit von Aggregatzuständen. Insbesondere bezogen auf den Stoff Wasser sind die im Alltag der SuS erfahrbaren Phänomene zahlreich, sei es der Eiswürfel im Getränk, Eisblumen auf der Fensterscheibe, das kochende Wasser in der Küche oder aber der beschlagene Badezimmerspiegel nach einer heißen Dusche. Auch im Chemieunterricht kommt der Behandlung des Aggregatzustandes als Stoffeigenschaft eine wichtige Rolle im Unterricht der fünften und sechsten Klasse zu. Die in diesem Zusammenhang eingeführten Begriffe und Konzepte zum Schmelzen, Erstarren, Sieden, Kondensieren, Sublimieren, und Resublimieren bilden die Grundlage für weitere Unterrichtseinheiten. Zum einen dient die Schmelz- und Siedepunktsbestimmung zur Identifikation von Stoffen, zum anderen ist das hier erworbene Wissen Grundlage für das im Folgenden einzuführende Trennverfahren der Destillation. Im Basiskonzept Energie ist die Temperaturabhängigkeit der Aggregatzustände ebenfalls ein Grundstein zur Einführung des Energiebegriffs. Energie in Form von Wärme bringt Wasser zum Schmelzen und zum Sieden. Die dazu gehörende Teilchenvorstellung, in der Wärmeenergie als Teilchenbewegung verstanden wird, ist ein wichtiger Schritt, um die SuS an adäquate Modellvorstellungen auf Teilchenebene heranzuführen. Des Weiteren fördern die zu diesem Thema zur Verfügung stehenden Versuche die Kompetenz der SuS im Bereich der Erkenntnisgewinnung und Kommunikation indem einfache und ungefährliche Versuche selbst durchgeführt, protokolliert und ausgewertet werden. Dazu leisten auch die hier vorgestellten Versuche einen Beitrag. Der Lehrerversuch V1 („Eis-Luftballon“) macht die Volumenänderung beim Sieden und Kondensieren von Wasser direkt erfahrbar und ist geeignet, mit den SuS sorgfältiges Beobachten und Protokollieren zu üben. In den Schülerversuchen V4 und V5 werden die Temperaturkurven beim Sieden von Wasser bzw. beim Erstarren von Stearinsäure aufgenommen, wodurch die SuS an die Siedepunkts- und Schmelzpunktmessung herangeführt werden. Hierbei können Sie ihre eigene Experimentierkompetenz ausbauen. Der darauf aufbauende Versuch V2 zum Erhitzen von Ethanol im Wasserbad verdeutlicht, dass der Siedepunkt eine stoffspezifische Größe ist. Die für die SuS aus dem Alltag wahrscheinlich unbekanntem Vorgänge der Sublimation und Resublimation, werden durch den Lehrerversuch zur Sublimation und Resublimation von Jod sichtbar gemacht.

## 2 Lehrerversuche

### 2.1 V 1 - Der „Eis-Luftballon“

Dieser Versuch demonstriert die Übergänge zwischen den Aggregatzuständen des Wassers: Eis wird geschmolzen und das flüssige Wasser zum Sieden gebracht und anschließend der Wasserdampf kondensiert. Die Volumenänderung beim Sieden und Kondensieren wird durch einen Luftballon sichtbar gemacht.

- Materialien:** Großes Reagenzglas mit Bördelrand, Luftballon, Bunsenbrenner
- Chemikalien:** Eiswürfel
- Durchführung:** Einige Eiswürfel in das Reagenzglas geben und einen Luftballon über die Öffnung stülpen. Das Reagenzglas in flachem Winkel mit einer Stativklammer einspannen. Mit dem Bunsenbrenner das Eis zum Schmelzen und im Anschluss das Wasser zum Sieden bringen. Erst wenn der Luftballon gefüllt ist und sich durch kondensiertes Wasser leicht nach unten hin ausbeult, wird die Bunsenbrennerflamme gelöscht. Nach dem Erschlaffen des Ballons wird dieser vom Reagenzglas entfernt und mit der Öffnung nach Unten gehalten.
- Beobachtung:** Beim Erhitzen mit dem Bunsenbrenner schmilzt das Eis und nach kurzer Zeit beginnt das Wasser zu sieden. Der Luftballon füllt sich und beult sich mit der Zeit immer mehr nach unten aus. Nach dem Löschen der Bunsenbrennerflamme erschlafft der Ballon und hängt neben dem Reagenzglas nach unten. Wird der Ballon vom Reagenzglas entfernt und mit der Öffnung nach unten gehalten tropft Wasser nach unten.

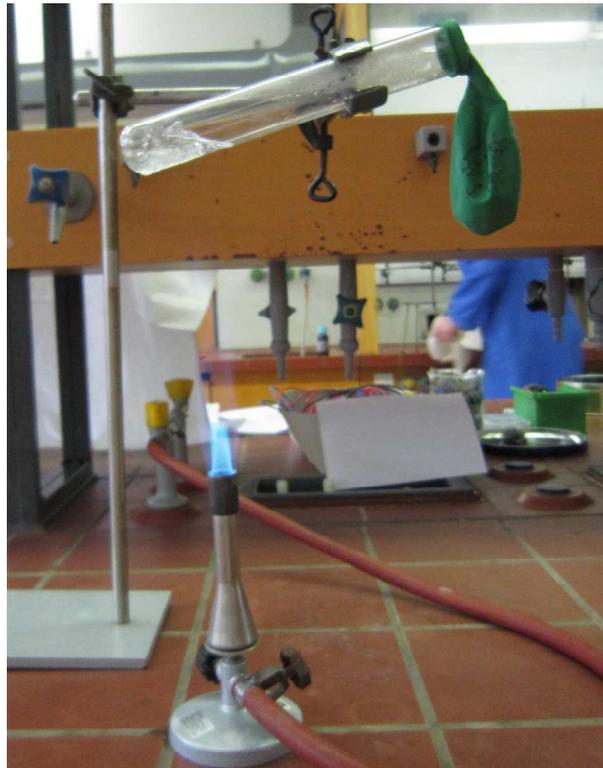


Abb. 1 - Foto des Versuchsaufbaus

**Deutung:** Durch Erhitzen wird das Eis geschmolzen und das gebildete Wasser zum Sieden gebracht. Der aufsteigende Wasserdampf nimmt mehr Raum ein als das Wasser, wodurch sich der Ballon mit Wasserdampf füllt. Ein Teil des Wasserdampfes kondensiert im Ballon. Das so gebildete Wasser zieht die Unterseite des Ballons nach unten. Nachdem die Brennerflamme gelöscht wurde, kühlt sich der Wasserdampf im Ballon ab und kondensiert. Das Wasser nimmt weniger Raum ein als der Wasserdampf, so dass der Luftballon wieder erschlafft.

**Literatur:** Mündliche Überlieferung

**Unterrichtsanschlüsse:** Zu Beginn einer Unterrichtseinheit zu Aggregatzuständen und deren Temperaturabhängigkeit kann dieser Versuch eingesetzt werden, um über die Beobachtung der Ausdehnung und des Erschlaffens des Ballons die Volumenänderung beim Sieden und Kondensieren rein phänomenologisch zu Veranschaulichen. Der Versuch eignet sich aber auch hervorragend, um die Aggregatzustände des Wassers und deren Übergänge mit SuS zu wiederholen und die Fähigkeit zu Beobachten und zu Protokollieren zu üben.

## 2.2 V2 – Erhitzen von Alkohol im Wasserbad

Ethanol wird im siedenden Wasserbad erhitzt. Dabei wird fünf bis zehn Minuten lang die Temperatur des Ethanols in Abständen von 30 Sekunden gemessen. Am Ende des Versuches wird die Temperatur des Wasserbades gemessen. Die SuS sind bereits mit der Siedepunktmessung von Wasser vertraut und lernen hier, dass der Siedepunkt eine Stoffeigenschaft ist.

Gefahrenstoffe		
Ethanol 1	H: 225	P: 210



- Materialien:** Digitalthermometer mit großer Anzeige, 100 ml Rundkolben, 1 l Becherglas, Heizplatte, Stativ, 2 Siedesteine, Wasserkocher
- Chemikalien:** Ethanol, Wasser
- Durchführung:** 1 L destilliertes Wasser im Wasserkocher zum Kochen bringen und etwa 800 mL in das Becherglas geben und unter Rühren auf der Heizplatte erhitzen. 30 mL Ethanol in einem mit zwei Siedesteinen beschickten 100 mL Rundkolben am Stativ befestigen und im Wasserbad erhitzen. Die Temperatur des Ethanols wird über ein Digitalthermometer in Abständen von 30 Sekunden in eine Tabelle eingetragen. Die Messung muss sofort nach dem Eintauchen des Rundkolbens beginnen. Auf die gute Sichtbarkeit der Thermometeranzeige ist zu achten. Wenn sich die Temperatur des Ethanols über einige Minuten nicht ändert, wird das Thermometer in das Wasserbad gehalten und auch diese Temperatur von den Schülern notiert.
- Beobachtung:** Die Temperatur des Ethanols steigt innerhalb von zwei Minuten von 34 °C auf 76.5 °C an. Bei dieser Temperatur fängt das Ethanol an zu siedeln. Die Temperatur bleibt über mehrere Minuten konstant. Die Temperatur des Wasserbades beträgt 93 °C.

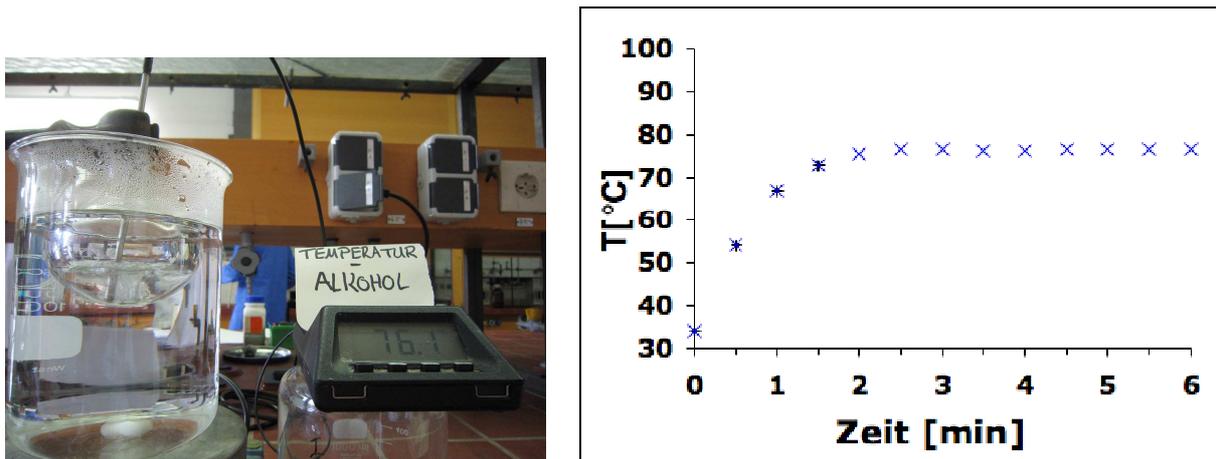


Abb. 2 - Versuchsaufbau und Temperaturverlauf während des Erhitzens von Ethanol im Wasserbad.

**Deutung:** Durch Erhitzen wird das Ethanol zum Sieden gebracht. Die Anteile des Ethanols, die eine Temperatur von  $76.5\text{ °C}$  überschreiten werden zu Ethanoldampf. Der Ethanoldampf steigt auf. In der Flüssigkeit verbleiben die Ethanolanteile mit einer geringeren Temperatur. Dadurch bleibt die Temperatur des Ethanols über längere Zeit konstant. Wasser siedet erst bei einer Temperatur von  $100\text{ °C}$ . Daher ist das siedende Wasser heißer, als siedendes Ethanol. Jeder Stoff hat also eine eigene Siedetemperatur. Die Siedetemperatur ist eine Stoffeigenschaft.

**Literatur:** mündliche Überlieferung

**Unterrichtsanschlüsse** Dieser Versuch eignet sich sowohl als Lehrer-Demonstrationsversuch, als auch als Schülerversuch. Viele SuS haben wahrscheinlich die Fehlvorstellung, dass der Alkohol sich bis auf die Siedetemperatur des Wassers aufwärmen wird. Es bietet sich an, den Versuch einzusetzen, um bei den SuS über einen kognitiven Konflikt einen Konzeptwechsel zu motivieren. Ein sinnvoller Anschluss könnte es sein, die Vorgänge bei der Destillation von Wasser-Alkoholgemischen zu betrachten.

### 2.3 V 3 – Sublimation und Resublimation von Jod

Gefahrenstoffe		
Jod	H: 332-312-400	P: 273-302+352



**Materialien:** Weithalserlenmeyerkolben, Uhrglas, Dreifuß, Drahtnetz, flache Glasschale, Bunsenbrenner, großes Becherglas

**Chemikalien:** Jod, Natriumthiosulfat, Wasser, Eis

**Durchführung:** In einem großen Becherglas wird eine Natriumthiosulfat Lösung zur Entsorgung der Jodabfälle angesetzt. Einige Kristalle Jod werden in den Weithalserlenmeyerkolben gegeben und dieser mit einem mit Eis befüllten Uhrglas abgedeckt und in eine flache Glaswanne auf den Dreifuß gestellt. Nun wird so viel Wasser in die flache Glaswanne gegeben, dass der Erlenmeyerkolben noch sicher steht. Das Wasser wird mit dem Bunsenbrenner in einem Bereich neben dem Erlenmeyerkolben erhitzt. Wenn die Joddämpfe den Erlenmeyerkolben ausfüllen, wird die Brennerflamme gelöscht. Nach dem Abkühlen werden die Jodkristalle am Uhrglas vorgeführt. Im Anschluss an den Versuch werden das Uhrglas und der Erlenmeyerkolben in der Natriumthiosulfat-Lösung versenkt um das Jod umzusetzen. (Entsorgung im Abfluss)

**Beobachtung:** Beim Erhitzen des Wassers steigen violette Jod-Dämpfe im Erlenmeyerkolben nach oben. Flüssiges Jod ist nicht zu beobachten. Nach einigen Minuten sind glänzende Kristalle an der Unterseite des mit Eis befüllten Uhrglases und an der Seitenwand des Erlenmeyerkolbens zu erkennen.

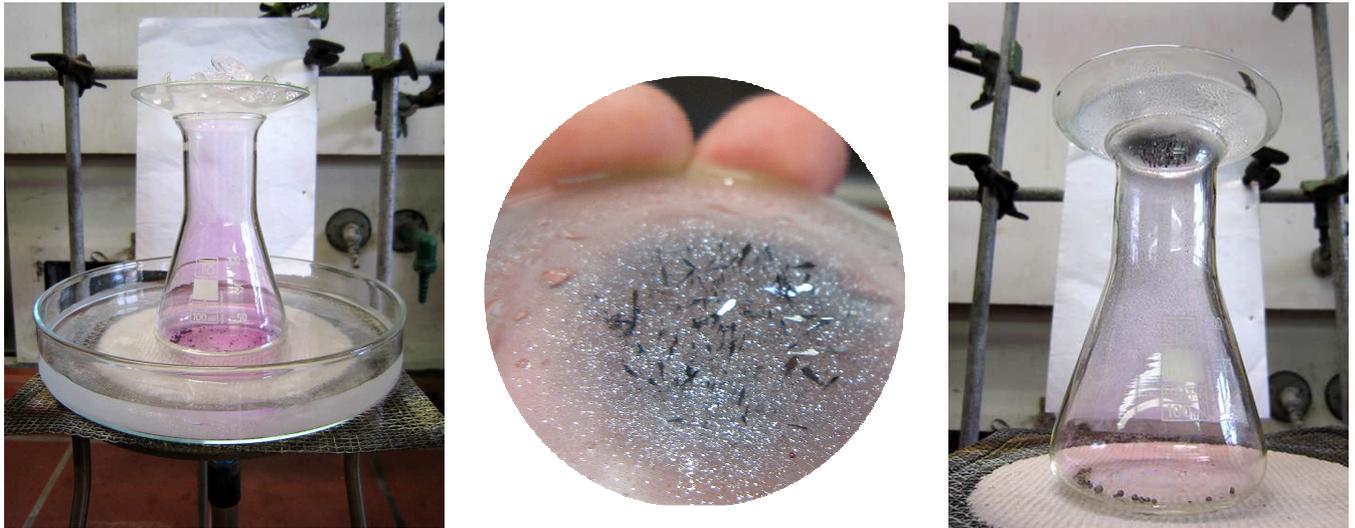


Abb. 3 - Versuchsaufbau und Temperaturverlauf beim Abkühlen der Stearinsäure

**Deutung:** Durch Erhitzen sublimiert das Jod und die violetten Jod-Dämpfe steigen auf. An der kühlen Uhrglasunterseite resublimiert das Jod, so dass sich dort Jodkristalle bilden.

**Literatur:** Eisner, W., et al. (Hrsg.) (2009). *Elemente Chemie 1* (G8, NRW 1. Auflage). Stuttgart: Ernst Klett Verlag GmbH

**Unterrichtsanschlüsse:** Der Versuch eignet sich sehr gut, um die Vorgänge der Sublimation und Resublimation für die SuS erfahrbar zu machen. Da die Sublimation und Resublimation von Eis wesentlich alltagsnäher ist, als die von Jod, bietet es sich an den Versuch in diesem Kontext zu präsentieren.

### 3 Schülerversuche

#### 3.1 V 4 - Erhitzen von Wasser

Wasser wird unter Rühren auf einer Heizplatte bis zum Sieden erhitzt. Dabei wird die Temperatur in Abständen von einer Minute gemessen.

- Materialien:** Digitalthermometer, 100 ml Becherglas, Heizplatte mit Magnetrührer, Stativ
- Chemikalien:** Wasser
- Durchführung:** 70 mL destilliertes Wasser im Becherglas zum Kochen bringen und dabei in Abständen von einer Minute mit Hilfe eines Digitalthermometers die Temperatur messen. Die Messwerte werden in eine Tabelle eintragen.
- Beobachtung:** Die Temperatur des Wassers steigt im Verlauf des Versuches bis auf 98 °C an und bleibt dann über fünf Minuten konstant.



Abb. 4 - Versuchsaufbau.

- Deutung:** Durch Erhitzen wird das Wasser zum Sieden gebracht. Die Anteile des Wassers, die eine Temperatur von 98 °C überschreiten werden zu Wasserdampf. Der Wasserdampf steigt auf. In der Flüssigkeit verbleiben die Wasseranteile mit einer geringeren Temperatur. Dadurch bleibt die Temperatur des Wassers beim Sieden konstant. Die Siedetemperatur von Wasser ist 100 °C.

Literatur: mündliche Überlieferung

**Unterrichtsanschlüsse** Im Anschluss an diesen Versuch bietet es sich an, V2 mit in den Unterricht einzubauen, um den SuS klar zu machen, dass die Siedetemperatur eine Stoffeigenschaft ist.

### 3.2 V 5 – Erhitzen und Abkühlen von Stearinsäure

In Gruppenarbeit können SuS den Schmelzpunkt von Stearinsäure, die in abgewandelter Form auch in Kerzen enthalten ist bestimmen. Die Stearinsäure wird im Wasserbad zum Schmelzen gebracht, um anschließend die Erstarrungstemperatur zu messen. Die Erstarrungstemperatur und Schmelztemperatur sind identisch und wenn gewünscht, können sowohl Schmelztemperatur als auch Erstarrungstemperatur gemessen werden. Die SuS sollten bereits Erfahrung im Einsatz von Thermometer und Wasserbad haben und müssen gut zusammenarbeiten, um diesen Versuch erfolgreich durchzuführen.

- Materialien:** Digitales Schülerthermometer, 100 ml Becherglas, Heizplatte mit Magnetrührer, Stativ, kurzes Reagenzglas. Draht-Mischer (siehe Durchführung)
- Chemikalien:** Wasser, Stearinsäure
- Durchführung:** Wasser wird im Becherglas unter Rühren auf einem Heizrührer gekocht. Das Reagenzglas wird etwa 3 cm hoch mit Stearinsäure befüllt und mit einer Stativklemme am Stativ befestigt. Zur Herstellung des Drahtmischers wird z.B. Eisendraht ( $\varnothing 1$  mm) in eine Spirale von 1.5 cm Länge um einen Bleistift aufgewickelt und dann ca. 10 cm über der Spirale abgeschnitten. Der Temperaturfühler des Thermometers wird durch die Spirale des Draht-Mischers geführt und beide zusammen im Reagenzglas in die Stearinsäure gesteckt. Das am Stativ befestigte Reagenzglas mit Stearinsäure wird im Wasserbad erhitzt. Mit Hilfe des Draht-Mischers wird die Stearinsäure ab und zu durchmischt bis diese flüssig ist und eine Temperatur von 90 °C angezeigt wird. Danach wird das Reagenzglas mit der Stativklemme am Stativ nach oben geschoben, so dass es frei in der Luft hängt. Ab diesem Zeitpunkt wird die Stearinsäure ständig mit Hilfe des Drahtmischers durchmischt und in Abständen von 30 Sekunden wird die Temperatur der Stearinsäure in eine Tabelle eingetragen.
- Beobachtung:** Die Stearinsäure kühlt sich innerhalb von 2.5 Minuten bis auf 68.5 °C. Ab diesem Zeitpunkt wird die Stearinsäure allmählich fester und die Temperatur sinkt innerhalb von 6 Minuten lediglich auf 65.5 °C ab. Nach dem Erstarren sinkt die Temperatur in 3 Minuten bis auf 47 °C.

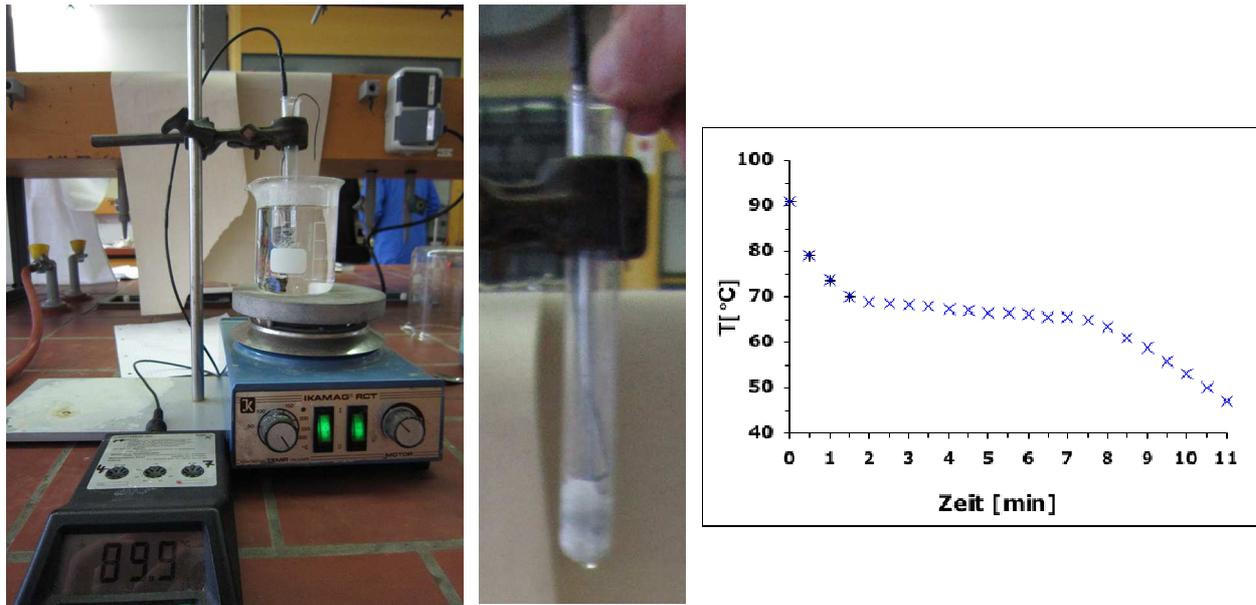


Abb. 5 - Versuchsaufbau und Temperaturverlauf beim Abkühlen der Stearinsäure

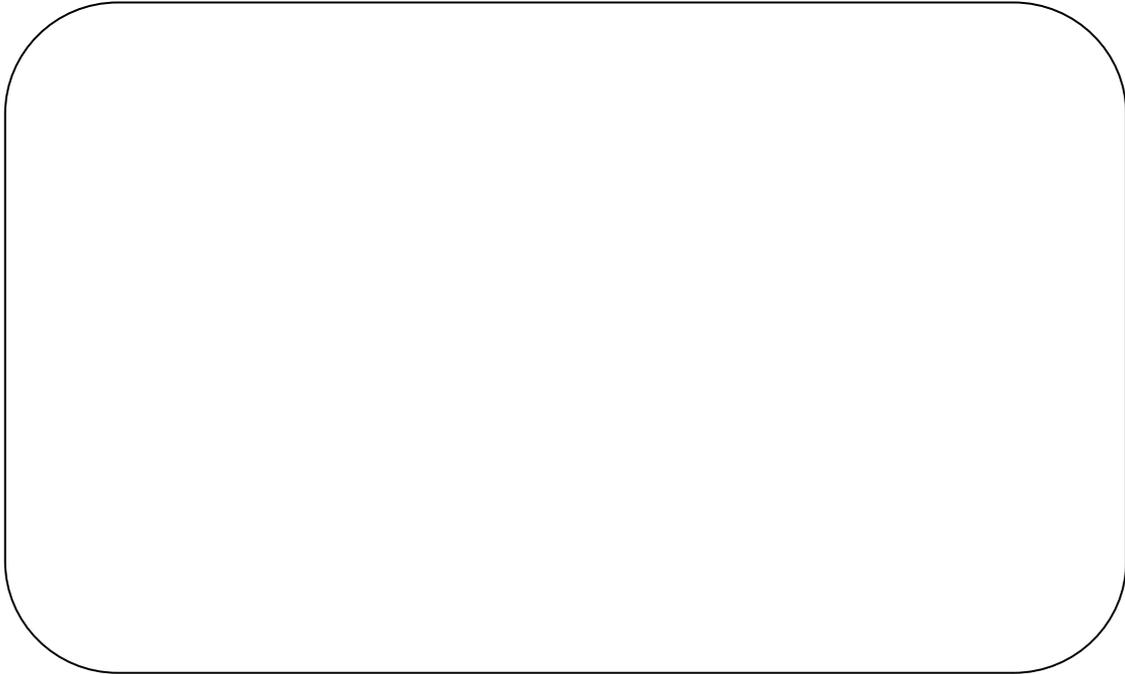
**Deutung:** Durch Erhitzen wird die Stearinsäure geschmolzen. Die Temperatur fällt zunächst stark ab, beim Erstarren der Stearinsäure bleibt die Temperatur aber konstant. Wärmeenergie ist in der Bewegung von Teilchen enthalten. Die Anteile der Stearinsäure die erstarren geben Ihre Wärme an die Umgebung ab, so dass die Temperatur während des Erstarrens konstant bleibt. **Achtung:** Diese Erklärung ist eine Reduktion, aber die fachliche korrekte Erklärung würde die Einführung des Teilchenmodells und der Gitterenergie bedürfen.

**Literatur:** Fischer, W., Glöckner W. (Hrsg.) 1988. *Stoff und Formel* (Ausgabe NRW) Bamberg: C.C. Buchners Verlag,

**Unterrichtsanschlüsse** Der Versuch eignet sich sehr gut, um die Messung von Schmelzpunkt, bzw. Erstarrungstemperatur ohne Bunsenbrenner mit den SuS einzuüben und den Temperaturverlauf bei diesen Aggregatzustandsänderungen in Analogie zum Sieden und Kondensieren zu thematisieren. Im Anschluss an diese gut durchführbare Messung könnten die SuS die Schmelztemperatur einiger Haushaltsstoffe wie z.B. Butter oder Kerzenwachs untersuchen. Bei diesen Stoffen aus dem Haushalt sind nur Schmelzbereiche zu messen, sodass der Unterschied zwischen einem Reinstoff und einem Stoffgemisch thematisiert werden kann.

## Der „Eis-Luftballon“

1. Fertige eine beschriftete Skizze des Versuchsaufbaus an. Zeichne die Skizze so groß wie möglich in den vorgesehenen Platz.



2. Beobachte den Versuchsablauf genau und beschreibe deine Beobachtungen.

---

---

---

---

---

3. Deute die Beobachtungen während des Versuches unter der Verwendung der folgenden Fachbegriffe (Schmelzen, Sieden, Kondensieren).

---

---

---

---

---

## 4 Reflexion des Arbeitsblattes

Das Arbeitsblatt (AB) ist begleitend zu Versuch 1 einzusetzen und ähnelt in der Struktur einem Versuchsprotokoll. Die primäre Funktion des Arbeitsblattes ist daher das selbständige Protokollieren bei den SuS vorzubereiten. Zunächst fertigen die SuS eine ausreichend große Skizze des Versuchsaufbaus an. Die SuS werden dann dazu aufgefordert Ihre Beobachtungen aufzuschreiben, um anschließend die Beobachtungen in Bezug auf die Aggregatzustandsänderungen des Wassers zu deuten. Beim Einsatz im Unterricht sollte auf die schrittweise Bearbeitung des AB geachtet werden. Aufgabe 1 sollte erledigt werden, bevor der Versuch gestartet wird. Auf diese Weise ist während des Versuches allen SuS der Versuchsaufbau bewusst. Aufgabe 2 sollte erst bearbeitet werden, wenn der Versuch abgeschlossen ist. Hierbei empfiehlt es sich die SuS zunächst Ihre Beobachtungen notieren zu lassen und diese dann im Plenum zu diskutieren. Auf diese Weise werden die Beiträge der SuS konstruktiver und fehlerhafte Beobachtungen oder Formulierungen können korrigiert werden. Bei der Deutung der Versuche ist es auch denkbar diese zunächst im Unterrichtsgespräch mit den SuS zu entwickeln und dann jeden der SuS aufzufordern die Deutung noch einmal in eigenen Worten auszuformulieren.

### 4.1 Erwartungshorizont (Kerncurriculum)

Basiskonzept Stoff-Teilchen:

Erkenntnisgewinnung: Die SuS beobachten und beschreiben sorgfältig

Fachwissen: Die SuS beschreiben, dass der Aggregatzustand eines Stoffes von der Temperatur abhängt

Kommunikation: Die SuS protokollieren einfache Versuche

### 4.2 Erwartungshorizont (Inhaltlich)

Aufgabe 1: Es wird eine möglichst große, aussagekräftige Skizze mit folgenden Beschriftungen für die Geräte und Bestandteile erwartet: Stativ, Reagenzglas, Eis, Luftballon (siehe Abb. 1 auf S.4).

Aufgabe 2: Beim Erhitzen mit dem Bunsenbrenner schmilzt das Eis im Reagenzglas. Danach beschlägt das Reagenzglas von innen und das Wasser beginnt nach einiger Zeit zu sieden. Wenn das Wasser im Reagenzglas kocht füllt sich der auf dem Reagenzglas befestigte Luftballon. Nach einiger Zeit beult sich der Luftballon nach unten hin aus. Nachdem der Bunsenbrenner gelöscht wurde, siedet das Wasser nicht mehr, es bilden sich Wassertropfen an der Reagenzglaswand und der Luftballon erschlafft. Wird der Luftballon mit der Öffnung nach unten gehalten, so tropft Wasser heraus.

Aufgabe 3: Durch Erhitzen mit dem Bunsenbrenner wird das Eis geschmolzen und das Wasser zum Sieden gebracht. Der beim Sieden entstehende Wasserdampf benötigt mehr Raum als das flüssige Wasser, so dass der Wasserdampf den Luftballon aufbläst. Im Luftballon sinkt die Temperatur des Wasserdampfes ab, so dass ein Teil des Wasserdampfes im Luftballon kondensiert.