

Name:	Datum:
-------	--------

# Wärmespeicherung

## Inhalt

Versuch 1	Wasser als Latentwärmespeicher	2
Versuch 2	Der Paraffinbecher	5
Versuch 3	Mikroverkapselung von Paraffin mit Alginat	10
Versuch 4	Wärmekissen	12
Chemikalien	Vorbereitung und Lösungen	14
Materialliste	Materialliste für 30 SchülerInnen bzw. 15 Zweiergruppen	15

Name:

Datum:

## Versuch 1: Wasser als Latentwärmespeicher

### Geräte

1000 mL Becherglas (Duran), Stativ, 2 Stativklammern, Thermometer, 2 Reagenzglasklammern mit Gummiring, Heizplatte, Stoppuhr, Glasstab

### Materialien

Eis aus der Eismaschine oder zerstoßene Eiswürfel aus dem Gefrierfach (portioniert in Gefrierbeuteln: ca. 500 mL Eis, min. 24 h vorher im Gefrierfach lagern; ggf. mit Gummihammer zerkleinern)

### Sicherheitshinweis

Die Heizplatten werden sehr heiß. Verbrennungsgefahr!



**Soll der Versuch gelingen,  
lies unbedingt erst die ganze Durchführung!**

### Durchführung

#### ***Punkt 1 ist schon vorbereitet:***

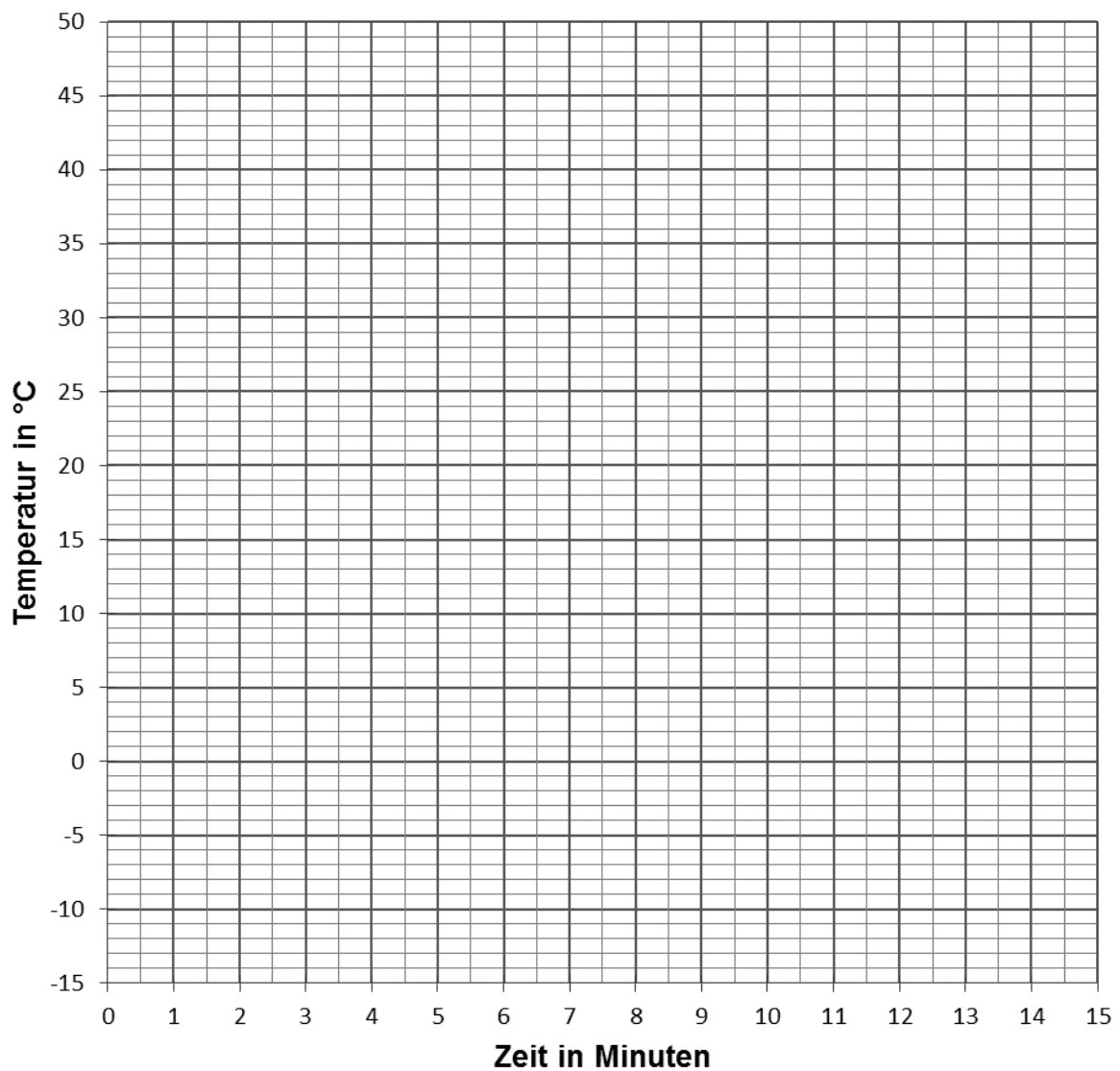
1. Stelle die Heizplatte auf ca. 200 °C ein und warte ca. 10 min bis die Heizplatte die Endtemperatur erreicht hat.
2. Befülle ein 1000 mL Becherglas bis zur Hälfte (bis zur 500 mL-Marke) mit zerstoßenem Eis aus der Gefriertruhe.
3. Stelle das Thermometer in das Becherglas mit Eis und warte bis die Temperatur konstant ist. Notiere sie als Anfangstemperatur (Wert zum Zeitpunkt 0:00) in Tabelle 1.
4. Stelle nun das Becherglas mit Eis auf die heiße Heizplatte und befestige das Thermometer mit zwei Reagenzglasklammern am Stativ. Der Temperaturbereich von -10 bis 40 °C sollte nicht von Klammer verdeckt sein.
5. Starte die Stoppuhr und notiere in der vorgegebenen Tabelle für 15 min alle 30 sec die Temperatur. Rühre vor jeder Messung das Eis vorsichtig mit dem Glasstab um. Pass auf das Thermometer auf! Halte dabei das Becherglas mit der anderen Hand fest.
6. Beobachte, was mit dem Eis passiert.
7. Dein/e Partner/in kann in der Zwischenzeit die Werte in das Diagramm eintragen

### Was beobachtest du?

**Tabelle 1:**

Zeit [min]	Temp. [°C]	Zeit [min]	Temp. [°C]	Zeit [min]	Temp. [°C]	Zeit [min]	Temp. [°C]
0:00		4:00		8:00		12:00	
0:30		4:30		8:30		12:30	
1:00		5:00		9:00		13:00	
1:30		5:30		9:30		13:30	
2:00		6:00		10:00		14:00	
2:30		6:30		10:30		14:30	
3:00		7:00		11:00		15:00	
3:30		7:30		11:30			

**Diagramm:**



**Welchen Verlauf zeigt das Temperatur-Zeit-Diagramm?**

---

---

**Erkennst du eine Besonderheit im Kurvenverlauf? Wenn ja, an welcher Stelle tritt diese Besonderheit auf (was passiert hier mit dem Eis)?**

---

---

---

**Wasser ist ein Latentwärmespeicher (latent = verborgen). Im Gegensatz dazu gibt es die sensiblen (= fühlbar) Wärmespeicher. Bei sensiblen Wärmespeichern führt eine Energiezufuhr zu einer Temperaturerhöhung.**

**Kannst du eine Definition bzw. Beschreibung für Latentwärmespeicher geben?**

---

---

---

---

Name:

Datum:

## Versuch 2: Der Paraffinbecher

### Geräte

250 mL Becherglas (eng) mit Teeglashenkel, 2 x 100 mL Becherglas (ohne Ausguss mit je 3 Gummiringen), 1 x 150 mL Becherglas (mit 5 Gummi-ringen), 2 Schraubdeckelgläser, Heizplatte, Kristallisierschale (1000 mL – dient als Wasserbad), Siedesteine, kleine Plastikschißel für Eis, Paraffindeckel mit Thermometer, Kunststoffdeckel mit Thermometer, Stoppuhr, 2 verschiedenfarbige Buntstifte

### Materialien

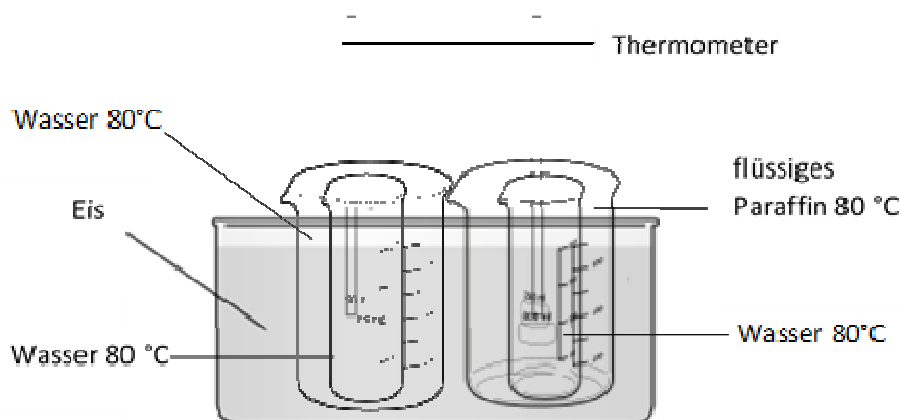
Paraffin (Fa. Fluka; Erstarrungspunkt: 54-56 °C), Eis aus der Eismaschine, (oder zerstoßenes Eiswürfel aus dem Gefrierfach), Leitungswasser

### Sicherheitshinweis

Die Heizplatten werden sehr heiß. Verbrennungsgefahr!

In diesem Versuch sollst du zwei Abkühlungskurven von Wasser (80 °C) aufnehmen. Das Wasser befindet sich in einem Becher mit Paraffinmantel, den du selber herstellst, und einem Becher ohne Paraffinmantel (der Zwischenraum ist hier mit Wasser statt Paraffin gefüllt). **Die Temperaturen werden gleichzeitig in Eis gemessen.**

### Versuchsaufbau



### Vorbereitung

**Die Arbeitsschritte 1-5 sind bereits vorbereitet.**

1. Wiege etwa 65 g Paraffin in ein 250 mL Becherglas (mit Teeglashenkel) ein und stelle dieses zum Schmelzen in ein Wasserbad ( $T_{(H_2O)} = 85^\circ\text{C}$ ,  $T_{(Heizplatte)} = 125^\circ\text{C}$ ).
2. Fülle in ein 150 mL Becherglas ca. 140 mL kochendes Wasser und stelle es in dasselbe Wasserbad.
3. Kontrolliere kurz vor Beginn des Versuches mit dem Thermometer die Temperatur des Wassers im Becherglas. Das Wasser sollte min. 80 °C haben.
4. Fülle die Plastikschißel fast bis zum Rand mit Eis.

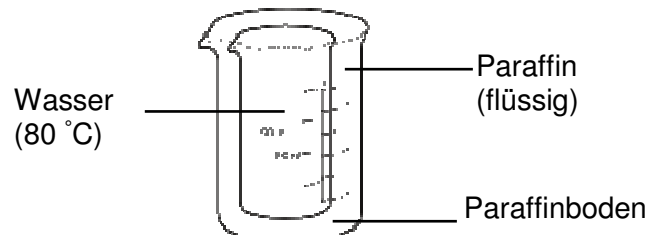
5. *Drücke mit einem 100 mL Becherglas (eng) zwei Löcher nebeneinander in das Eis. In diese Löcher kommen später die Versuchsgefäße.*



**Soll der Versuch gelingen,  
lies unbedingt erst die ganze Durchführung!**

### Durchführung

6. **Arbeite zügig**, damit das temperierte Wasser nicht abkühlt.
7. Gieße wenig flüssiges Paraffin (steht im Wasserbad) in ein 100 mL Becherglas, bis der Boden **gerade** bedeckt ist.
8. Stelle das flüssige Paraffin wieder zurück in das Wasserbad. Warte bis der Boden erstarrt ist (ca. 3 min).
9. Stelle ein Schraubdeckelglas mittig in das leere Becherglas und ein zweites Schraubdeckelglas mittig in das Becherglas mit dem festen Paraffinboden.
10. Nimm das ca. 80 °C heiße Wasser (Becherglas mit Gummiringen) aus dem Wasserbad und fülle das heiße Wasser jeweils bis zum unteren Schraubrand in beide Schraubdeckelgläser.



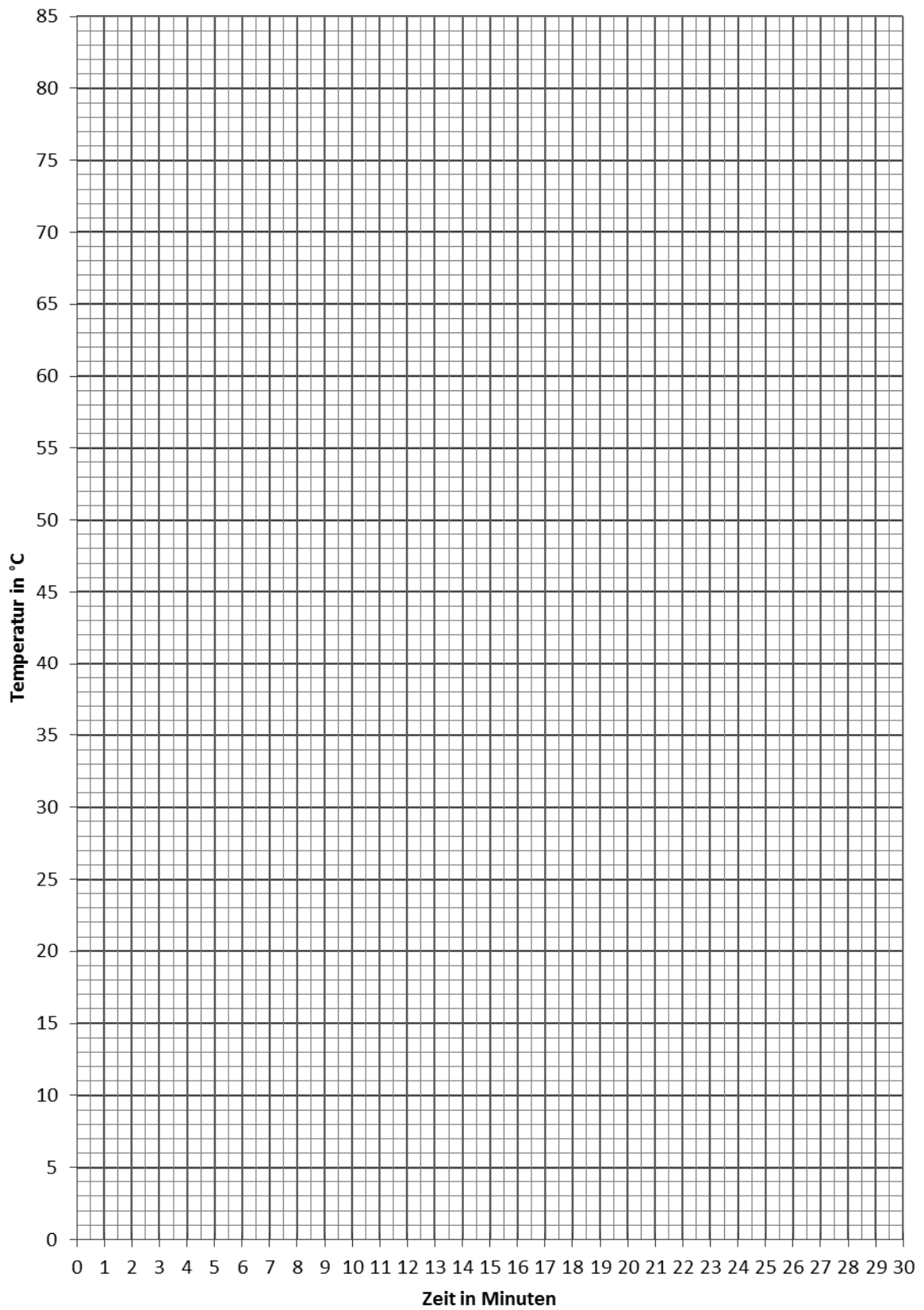
11. Gieße nun flüssiges Paraffin (steht im Wasserbad) bis zum unteren Schraubrand den Zwischenraum des Becherglases mit Paraffinboden.
12. In den Zwischenraum des anderen Becherglases füllst du heißes Wasser.
13. Verschließe den Paraffinbecher **sofort** mit dem Paraffindeckel und das andere Becherglas mit dem Kunststoffdeckel.
14. Warte **kurz**, bis die Temperaturen konstant sind und notiere beide Anfangstemperaturen (Werte beim Zeitpunkt 0:00) in Tabelle 2.
15. Stelle nun beide Versuchsgefäße in die Löcher im Eis und starte die Stoppuhr. (Das Eis sollte bis zum oberen Rand reichen). Lies bei beiden Bechern alle 30 sec. die Temperatur ab und trage sie in Tabelle 2 ein. Die Messung dauert 30 min.
16. Wenn das Eis in der Zwischenzeit schmilzt, fülle es vorsichtig nach.
17. Dein/e Partner/in kann die Temperatur-Werte für beide Becher mit verschiedenfarbigen Buntstiften in das Diagramm eintragen. (2 Kurven!).

**Nimm die Becher nach der Messung aus dem Eis. Was beobachtest du?**

**Tabelle 2:**

Zeit [min]	Temp. [°C] <i>mit Paraffin</i>	Temp [°C] <i>ohne Paraffin</i>	Zeit [min]	Temp. [°C] <i>mit Paraffin</i>	Temp. [°C] <i>ohne Paraffin</i>	Zeit [min]	Temp. [°C] <i>mit Paraffin</i>	Temp. [°C] <i>ohne Paraffin</i>
0:00			11:30			23:00		
0:30			12:00			23:30		
1:00			12:30			24:00		
1:30			13:00			24:30		
2:00			13:30			25:00		
2:30			14:00			25:30		
3:00			14:30			26:00		
3:30			15:00			26:30		
4:00			15:30			27:00		
4:30			16:00			27:30		
5:00			16:30			28:00		
5:30			17:00			28:30		
6:00			17:30			29:00		
6:30			18:00			29:30		
7:00			18:30			30:00		
7:30			19:00					
8:00			19:30					
8:30			20:00					
9:00			20:30					
9:30			21:00					
10:00			21:30					
10:30			22:00					
11:00			22:30					

**Diagramm:**





**Vergleiche die Wasser-Abkühlungs-Kurvenverläufe vom Paraffinbecher und vom Becher ohne Paraffin. Kannst du einen Unterschied beobachten?**

---

**Wenn ja, an welcher Stelle tritt der Unterschied auf (was passiert an dieser Stelle mit dem Paraffin)?**

---

---

---

**Ist Paraffin ein Latentwärmespeicher?**

---

<b>Name:</b>	<b>Datum:</b>
--------------	---------------

### Versuch 3: Mikroverkapselung von Paraffin mit Alginat

#### Geräte

2 Bechergläser (100 mL), 250 mL Bechergläser (weit), 400 mL Becherglas (weit), Kristallisierschale (500 mL – dient als Wasserbad), Heizplatte, Kunststoffpipette, 10 mL Einmalspritze, Glasstab, Waage, 1 Thermometer, Spatel, Löffel, kleines Sieb, Papiertuch, 2 Reagenzglasclammern

#### Materialien

Paraffin (Fa. Fluka; Erstarrungspunkt: 54-56 °C), Mulsifan RT 258 (Fa. Zschimmer und Schwarz), Sudan III, Na-Alginatlösung (1 %), Calciumchlorid-Lösung (CaCl<sub>2</sub>-Lösung – 0,1 mol/L), dest. Wasser

#### Sicherheitshinweis

Die Heizplatten werden sehr heiß. Verbrennungsgefahr!

#### Hintergrundinformation:

Das Polysaccharid Alginat hat die Fähigkeit, mit Calcium-Ionen Gele zu bilden. Diese Eigenschaft wird in diesem Versuch zur Herstellung von Mikrokapseln genutzt.

#### Durchführung

##### **Der Arbeitsschritt 1 ist bereits vorbereitet.**

1. Fülle eine Kristallisierschale bis zur Hälfte mit Wasser und stelle sie auf die Heizplatte (ca. 130 °C). Kontrolliere mit einem Thermometer die Temperatur des Wasserbades. Es soll etwa 85 °C haben.
2. Wiege in ein 100 mL Becherglas 2 g Paraffin und 0,4 g Mulsifan (Emulgator für Paraffin) ein und stelle es für etwa 5 min in das 85 °C heiße Wasserbad. Damit das Becherglas nicht umfällt, befestige es mit einer Reagenzglasclammer an dem Wasserbad.
3. Im Wasserbad steht ein Becherglas mit Alginat-Lösung bereit. Fülle eine Einmalspritze mit 10 mL der ca. 80 °C warmen Alginat-Lösung.
4. Gib nun unter Rühren (mit einem Glasstab) die Alginatlösung zum Paraffin-Mulsifan-Gemisch hinzu. Wenn das Gemisch homogen ist, dann füge eine Spatelspitze Sudan III hinzu und rühre nochmals gründlich.
5. Nimm den Ansatz aus dem Wasserbad heraus und lass ihn abkühlen.
6. Fülle etwa 40 mL CaCl<sub>2</sub>-Lösung in ein 250 mL Becherglas und tropfe mit Hilfe einer Kunststoffpipette langsam das Paraffin-Mulsifan-Alginat-Gemisch in die CaCl<sub>2</sub>-Lösung.

#### Was beobachtest du?

7. Gieße die Paraffin-Kapseln über das Sieb in ein 400 mL Becherglas ab. Wasche sie dreimal mit dest. Wasser und lege sie zum Trocknen auf ein Papiertuch.

**Welchen Vorteil hat die Verkapselung von Paraffin für den Einsatz als latenter Wärmespeicher?**

---

---

---

Name:

Datum:

## Versuch 4: Wärmekissen

### Geräte

1 Reagenzglas, Reagenzglasständer, Heizplatte, 2 x 250 mL Becherglas hoch, 1 x 600 mL Becherglas (dient als Wasserbad), kleiner Trichter, Löffelspatel, Siedesteine, Pipette, Thermometer, Teelöffel, Tiegelzange, 1 vorbereiteter Gefrierbeutel (2 Beutel ineinandergesteckt; auf 8 x 11,5 cm zugeschnitten und an drei Seiten verschweißt), Bügeleisen, Pappunterlage, 2 Blätter Backpapier, Kantenstreifen aus Pappe, Metallplättchen

### Materialien

Natriumacetat-Trihydrat, dest. Wasser

### Sicherheitshinweis

Die Heizplatten werden sehr heiß. Verbrennungsgefahr!

### A. Vorversuch im Reagenzglas

#### Durchführung

***Punkt 1, 2 und 3 sind schon vorbereitet.***

1. *Befülle das 600 mL Becherglas bis zur 500 mL-Marke mit heißem Wasser und gib drei Siedesteinchen hinein (dient als Wasserbad).*
2. *Stelle das Becherglas auf die Heizplatte (200 °C). Das Wasser sollte bis kurz vor dem Sieden erhitzt werden.*
3. *Wiege etwa 5 g Natriumacetat in das Reagenzglas ein.*
4. Gib mit der Pipette 2 mL dest. Wasser hinzu. Achte dabei darauf, dass die Salzkristalle, die am Rand kleben, mit in die Lösung hinabgespült werden.
5. Stelle das Reagenzglas so lange in das heiße Wasserbad bis eine völlig klare Lösung entsteht (ca. 5 min). Es dürfen keine Salzkristalle mehr in der Lösung oder am Glasrand vorhanden sein.
6. Befülle in der Zwischenzeit das 250 mL Becherglas mit kaltem Wasser bis zur 200 mL Marke (dient als kaltes Wasserbad).
7. Stelle vorsichtig ein Thermometer in die Lösung und stelle das Reagenzglas zum Abkühlen in das kalte Wasserbad. (Wichtig: Vermeide Erschütterungen!)
8. Sollten sich beim Abkühlen Salzkristalle gebildet haben, müssen sie im heißen Wasserbad wieder geschmolzen werden.
9. Sobald die Lösung auf etwa 20 °C abgekühlt ist, gib ein bis zwei Kristalle Natriumacetat hinzu.
10. Beobachte, was im Reagenzglas passiert und notiere den Temperaturunterschied.

**Was beobachtest du? Welche Temperatur wird maximal erreicht?**

11. Wiederhole den Vorgang, indem du das Reagenzglas wieder ins heiße Wasserbad stellst.

## B. Herstellung eines Wärmekissens

***Punkt 1, 2 und 3 sind schon vorbereitet.***

1. Befülle das 600 mL Becherglas bis zur 500 mL-Marke mit heißem Wasser und gib drei Siedesteinchen hinein (dient als Wasserbad).
2. Stelle das Becherglas auf die Heizplatte (250 °C). Das Wasser sollte bis zum Sieden erhitzt werden.
3. Wiege 30 g Natriumacetat-Trihydrat in ein mit einem Plastikbeutel ausgekleidetes Becherglas.
4. Gib mittels einer Pipette 3 mL Wasser und das Metallplättchen hinein.
5. Drücke die Luft aus dem Beutel heraus und schweiße ihn mit dem Bügeleisen (Einstellung **..** und **...**) zu:

Zum Bügeln wird der Beutel zwischen zwei Backpapierblätter auf eine Pappunterlage gelegt. Als Begrenzung dient ein Pappstreifen.

Bügele mit leichtem Druck und ständiger Hin- und Her-Bewegung ca. 10 Sekunden entlang der Kante des Pappstreifens über die zu verschließende Naht.

Entferne das Backpapier unmittelbar nach dem Bügelvorgang

6. Lege den verschlossenen Beutel für ca. 5 min in das kochende Wasserbad, bis sich das Salz vollständig gelöst hat.
7. Hole den Beutel mit einer Tiegelfzange heraus.
8. Lass den Beutel auf Raumtemperatur abkühlen. Zur Beschleunigung kann der Beutel unter fließend kaltem Wasser abgekühlt werden. Der Inhalt des Beutels soll flüssig bleiben. Falls doch Kristalle zu sehen sind, muss der Beutel noch einmal ins heiße Wasserbad gelegt werden.
9. Knicke das im Beutel enthaltene Metallplättchen mehrere Male kräftig hin und her bis die Kristallisation beginnt.
10. Verfolge den Ablauf der Kristallisation und prüfe mit der Hand die Temperatur.
11. Zum „Laden“ des Wärmekissens kann der Beutel erneut ins heiße Wasser gelegt werden, bis wieder eine klare Schmelze entstanden ist. Nach dem Abkühlen ist er wieder einsatzbereit.

**Erläutere, inwiefern das Wärmekissen als Wärmespeicher dient?**

---

---

---

## Vorbereitung und Lösungen zum Ansetzen

### Paraffindeckel

In die Mitte zweier Petrischalen-Deckel ( $\varnothing = 5 \text{ cm}$ ) wird – z.B. mit einem heißem Metallstab - jeweils vorsichtig ein Loch gestoßen, so dass ein Thermometer durchgesteckt werden kann. Das Loch der ersten Petrischale wird von außen mit Tesafilm zugeklebt und 5 mm hoch flüssiges Paraffin ( $80 \text{ }^\circ\text{C}$ ) eingegossen. Wenn das Paraffin anfängt zu erstarren wird der zweite Petrischalen-Deckel mit der Oberseite aufgelegt. Der Paraffin-Deckel wird zur Seite gelegt bis das Paraffin vollständig erstarrt ist. Nun kann das Tesafilm entfernt und ein Loch für das Thermometer gebohrt werden. Zum besseren Halt wird ein abgeschnittener Gummischlauch (etwa  $\varnothing$  Thermometer) in das Loch gesteckt.

### Na-Alginat-Lösung (1 %)

1 g Na-Alginat mit dest. Wasser auf 100 g auffüllen und mindestens 1 h quellen lassen bis alles gelöst ist. Die Lösung ist mehrere Tage – im Kühlschrank auch über Wochen – haltbar.

### Calciumchlorid-Lösung ( $\text{CaCl}_2$ ; 0,1 mol/L)

21,9 g  $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$  mit dest. Wasser auf 1000 mL auffüllen

### Herstellen der Gefrierbeutel für das Wärmekissen:

Aus zwei Gefrierbeuteln (extrastark, kochfest) werden ca.  $8 \times 11,5 \text{ cm}$  große Stücke zugeschnitten und beide Beutel ineinander gesteckt. Die Folie wird an drei Seiten mittels eines Bügeleisens (Einstellung zwischen **••** und **•••**) verschweißt. Damit das geschmolzene Plastikmaterial weder an der Pappunterlage, noch am Bügeleisen festklebt, legt man den zu verschweißenden Bereich zwischen zwei Backpapierblätter. Diese werden unmittelbar nach dem Bügelvorgang wieder entfernt.

Die Schweißnaht wird besonders gerade, wenn man einen stabilen Pappstreifen (mit gerader Kante) so anlegt, dass ein 1,5 - 2 cm breiter Rand übersteht und diesen entlang der Kante bügelt. Das Bügeleisen sollte dabei ca. 10 Sekunden hin und her bewegt werden

## Materialliste für 30 SchülerInnen bzw. 15 Zweiergruppen

### Versuch 1: Stationsversuch (4 Plätze)

- 4 x 1000 mL Becherglas (Duran-Glas)
  - 4 Heizplatten
  - 4 Stative, 8 Stativklammern, 8 Reagenzglasklammern mit Gummiringen
  - 4 Thermometer
  - 4 Stoppuhren
  - 4 Glasstäbe
  - 1 Gummihammer
  - 2 x 15 Gefrierbeutel + 15 Klammern
- Eis aus der Eismaschine: vorportioniert in Gefrierbeuteln (doppelt) (15 x 500 mL = 15 x 500 g) Eis sollte min. 24 h vorher im Gefrierfach lagern)

### Versuch 2: Stationsversuch (7 Plätze)

- 7 x 250 mL Bechergläser weit mit Teeglashenkel
  - 7 x 150 mL Becherglas (eng) mit 5 Haargummiringen versehen
  - 14 x 100 mL Becherglas eng ohne Ausguss mit 3 Haargummiringen versehen
  - 7 Kristallisierschalen (1000 mL): dient als Wasserbad
  - Siedesteine
  - 7 Heizplatten
  - 14 Schraubdeckelgläser ohne Deckel
  - 7 kleine blaue Plastikschüsseln für Eis
  - 7 Paraffin-Deckel , 7 Kunststoffdeckel mit Loch
  - 14 Thermometer
  - 7 Stoppuhren
  - 77 Haargummis (dient als Hitzeschutz)
- Paraffin-Pastillen (Fa. Fluka, Erstarrungspunkt: 54-56 °C), ca.1 kg
- Eis für blaue Plastikschüsseln
- Leitungswasser

### Versuch 3: Stationsversuch (4 Plätze)

- 8 x 100 mL Becherglas (4 BG davon für Alginate)
- 4 x 250 mL Becherglas (weit)
- 4 x 400 mL Becherglas (weit)
- 4 x 250 mL Becherglas für CaCl<sub>2</sub>- Lsg.
- 1 x 400 mL Becherglas für Paraffin zum Abwiegen + Löffel
- 4 Kristallisierschalen (500 mL): dient als Wasserbad
- 4 Heizplatten
- 4 Einmalspritzen (10 mL) , 4 Kunststoffpipetten
- 4 kleine Siebe, 4 Glasstäbe, 4 Papiertücher
- 4 Thermometer

- 8 Reagenzglasklammern oder Wäscheklammern
- 6 Spatel (2 Spatel davon zum Einwiegen von Mulsifan)
- Abfallgläser für  $\text{CaCl}_2$
- Handschuhschilder, Handschuhe (wegen Sudan III)
  - Paraffin-Pastillen (Fa. Fluka, Erstarrungspunkt: 54-56 °C)
  - Mulsifan RT 258 (Fa. Zschimmer und Schwarz; Emulgator für Paraffin)
  - 4 Schnapdeckelgläser mit Sudan III
  - Na- Alginat-Lösung (1 %)
  - Calciumchlorid-Lösung ( $\text{CaCl}_2$ -Lösung; 0,1 mol/L)
  - Dest. Wasser

#### Versuch 4:

- 15 Reagenzgläser
- 15 Reagenzglasständer
- 8 Heizplatten
- Waage
- 30 Bechergläser hoch (250 mL)
- 15 Bechergläser (600 mL)
- 15 kleine Trichter
- 15 Löffelspatel
- Siedesteine
- 15 Pipetten
- 15 Thermometer
- 15 Teelöffel
- 15 Tiegelzangen
- 15 vorbereitete Gefrierbeutel
- Bügeleisen
- Pappunterlage
- 2 Blätter Backpapier
- Kantenstreifen aus Pappe
- 15 Metallplättchen
  - Natriumacetat-Trihydrat
  - dest. Wasser