SCHOOL-SCOUT.DE

**Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form**

# Auszug aus:

*Das Konzept des Latentwärmespeichers*

**Das komplette Material finden Sie hier:**

School-Scout.de

Das Konzept des Latentwärmespeichers – Wie funktioniert ein Wärmekissen?

Ein Beitrag von Lisa Born

*verändert nach: © donstock/iStock/Getty Images Plus*

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Funktionsweise eines Taschenwärmers, der vielen Schülerinnen und Schülern aus ihrem Alltag bekannt ist. Nach einer ersten Hypothesenbildung werden mithilfe eines Schülerversuchs die tatsächlichen Abläufe erarbeitet und auf Teilchenebene gedeutet. Die Begriffe Schmelz- und Erstarrungsenthalpie werden zugeordnet. Zur Vertiefung werden weitere PCM (Phase-Change-Material) anhand von Beispielen aus dem Bereich Funktionskleidung sowie Gebäudetechnik vorgestellt und ihre Einsatzmöglichkeiten abgewogen.

RAABE, KLASSE SCHULE

**© Copyright school-scout.de / e-learning-academy AG – Urheberrechtshinweis**
Alle Inhalte dieser Material-Vorschau sind urheberrechtlich geschützt. Das Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, bei school-scout.de / e-learning-academy AG. Wer diese Vorschauseiten unerlaubt kopiert oder verbreitet, macht sich gem. §§ 106 ff UrhG strafbar.

# Das Konzept des Latentwärmespeichers – Wie funktioniert ein Wärmekissen?

Ein Beitrag von Lisa Born

*verändert nach: © donstock/iStock/Getty Images Plus*

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Funktionsweise eines Taschenwärmers, der vielen Schülerinnen und Schülern aus ihrem Alltag bekannt ist. Nach einer ersten Hypothesenbildung werden mithilfe eines Schülerversuchs die tatsächlichen Abläufe erarbeitet und auf Teilchenebene gedeutet. Die Begriffe Schmelz- und Erstarrungsenthalpie werden zugeordnet. Zur Vertiefung werden weitere PCM (Phase-Change-Material) anhand von Beispielen aus dem Bereich Funktionskleidung sowie Gebäudetechnik vorgestellt und ihre Einsatzmöglichkeiten abgewogen.

RAABE, KLASSE SCHULE

# Das Konzept des Latentwärmespeichers – Wie funktioniert ein Wärmekissen?

## Niveau: einführend, vertiefend

**Klassenstufe: 11–13**

**Autorin:** Lisa Born


| | |
|---|---|
| **Methodisch-didaktische Hinweise** | **1** |
| **M1: Wie funktioniert ein Wärmekissen?** | **5** |
| **M2: Auswertung auf Teilchenebene** | **7** |
| **M3: Auswertung auf Teilchenebene** | **9** |
| **M4: Latentwärmespeicher in Funktionskleidung** | **11** |
| **M5: Latentwärmespeicher in der Gebäudetechnik** | **14** |
| **Lösungen** | **16** |
| **Literatur** | **22** |


© RAABE 2022

## Kompetenzprofil:

| | |
|---|---|
| **Niveau** | einführend und vertiefend |
| **Fachlicher Bezug** | Schmelz- und Erstarrungsenthalpie, Latentwärmespeicher |
| **Methode** | Schülerversuch, Gruppen- und Partnerarbeit |
| **Basiskonzepte** | Energiekonzept, Stoff-Teilchen-Konzept |
| **Erkenntnismethoden** | Erkenntnisgewinn durch das Experiment, auswerten, Sachverhalte neu anwenden und vertiefen |
| **Kommunikation** | Fachsprache anwenden |
| **Bewertung/Reflexion** | Lernvideos bewerten, Stoffe im Hinblick auf ihre Funktion als Latentwärmespeicher bewerten |
| **Inhalt in Stichworten** | Enthalpie, Wärmespeicher, Teilchenmodell, Anwendungsbeispiele, Funktionskleidung, Gebäudetechnik |

© RAABE 2022

## Überblick:

Legende der Abkürzungen:
**AB** Arbeitsblatt **TA** Tafelbild **TX** Text
**LEK** Lernerfolgskontrolle **SV** Schülerversuch

| Material | | Materialart |
|---|---|---|
| Wie funktioniert ein Wärmekissen? | M1 | AB, SV |
| Auswertung auf Teilchenebene | M2 | AB, TA, TX, LEK |
| Auswertung auf Teilchenebene | M3 | AB, TA, TX, LEK |
| Latentwärmespeicher in Funktionskleidung | M4 | TX, AB |
| Latentwärmespeicher in der Gebäudetechnik | M5 | TX, AB |

# Das Konzept des Latentwärmespeichers – Wie funktioniert ein Wärmekissen?

## Methodisch-didaktische Hinweise

Ein Wärmekissen bzw. einen Taschenwärmer mit dem kleinen Metallplättchen in der Mitte hatte wohl jeder schon mal in der Hand und sich dabei gefragt, was darin eigentlich enthalten ist und welches Prinzip dahintersteckt/was das Prinzip dahinter ist. Somit hat die Thematik des Wärmekissens nicht nur eine gewisse Alltagsrelevanz für die Schülerinnen und Schüler, sondern knüpft auch an das im Lehrplan vorgegebene Energiekonzept an. In dieser Kurzreihe werden sowohl Schmelz- als auch Erstarrungsenthalpie thematisiert, die zum Lehrplanbaustein Energetik zählen, in dem das Konzept des Latentwärmespeichers verankert ist.

### Das Prinzip der latenten Wärme:

Salze, Salzgemische und Wachse verwendet man als Latentwärmespeicher, die zugeführte Wärme wird in der Schmelze, also im **Phasenübergang**, von fest zu flüssig, gespeichert. Die Wärme ist nicht fühlbar, sondern verborgen (latere lateinisch für „verborgen sein“).
Stoffe, deren Phasenübergänge zur Latentwärmespeicherung dienen, werden als Phase- Change-Material (**PCM**) bezeichnet. Typische PCM sind Salzhydrate oder eutektische Mischungen von Salzen.
Der Inhaltsstoff der handelsüblichen Wärmekissen ist ebenfalls ein Salzhydrat, nämlich Natriumacetat-Trihydrat. Dieses schmilzt bei 58 °C, wird diese Temperatur unterschritten, müsste das Salzhydrat wieder kristallisieren, was jedoch nicht der Fall ist. Dieser Widerspruch kann thermodynamisch erklärt werden.
Wird Natriumacetat in Wasser gelöst, geschieht dies unter erhöhter Temperatur und bei Verwendung einer entsprechend hohen Menge an Salz. In Folge entsteht eine **übersättigte Lösung**, d. h., das Salz löst sich in seinem eigenen Kristallwasser. Bei (langsamer) Abkühlung kristallisiert Natriumacetat-Trihydrat in der Regel nicht wieder aus. (Es handelt sich hierbei um einen metastabilen Zustand.) Das liegt daran, dass abhängig von den einzelnen Ionen eines Salzes die Bildung eines ersten Kristalls, von welchem ausgehend die Kristallisation meist lawinenartig voranschreitet, besonders schwierig ist. Die Kristallisation kann jedoch durch Zugabe eines sogenannten **Impfkristalls** gestartet werden. In der Praxis wird die **Kristallisation** in einem Wärmekissen durch das Knicken eines Aluminiumchips im Inneren der Schmelze **ausgelöst**. Dadurch entsteht ein **Kristallisationskeim**, an den sich Ionen als erste Kristallstrukturen anlagern können.

© RAABE 2022

Kristallisiert nun die sogenannte **unterkühlteSchmelze**, wird **Wärmeenergie** frei, die **Ionen** des Salzes und die Wassermoleküle lagern sich zu einem **Gitter** an. Hierbei wird die gespeicherte (**latente**) **Wärme** abgegeben. Beim **Erstarren** der **Schmelze** werden Temperaturen um 50 °C und höher erreicht. Da es sich um ein Salzhydrat handelt, bilden zunächst die Natrium- und die Acetat-Ionen das Ionengitter, die Wassermoleküle lagern sich anschließend in den Zwischenräumen an.
Will man das **Wärmekissen wieder benutzen**, muss entsprechend Wärmeenergie zugeführt werden, um das **Salzhydrat erneut** zu **schmelzen**. Der Prozess ist je nach Qualität und Umgang mit dem Wärmekissen mehrere Hundert Mal **wiederholbar**. Nach zahlreichem Gebrauch lässt sich der Inhalt des Kissens im Wasserbad nicht mehr schmelzen, da dann Salzhydrate mit einem geringeren Wasseranteil vorliegen, deren Schmelztemperatur bei weit höheren Temperaturen liegt.

## Didaktische Reduktion:

Der Inhaltsstoff des Wärmekissens kann auf ein Salz reduziert werden. Zur prinzipiellen Wirkweise eines Latentwärmespeichers ist es nicht nötig, zwischen Salz und Salzhydrat zu unterscheiden, da es auf die bei der Gitterbildung frei werdende Wärmeenergie ankommt. Die Tatsache, dass beim Schmelzen des Salzhydrats zunächst die Wassermoleküle ihre festen Plätze im Gitter verlassen, das Salz also in seinem eigenen Kristallwasser „schmilzt“, ist zwar entscheidend beim Vergleich der Schmelztemperatur des wasserfreien Salzes und des Salzhydrates, für das Verstehen der energetischen Effekte im Wärmekissen jedoch nicht aus-schlaggebend. Trotz der genannten Reduktion sollte der Lerngruppe mitgeteilt werden, dass es sich hierbei um ein spezielles Salz handelt und ein Wärmekissen z. B. nicht mit dem handelsüblichen Kochsalz nachgebaut werden kann.

© RAABE 2022

## Ablauf:

Als Einstieg in die Kurzreihe dient das Wärmekissen selbst. Hier lassen sich Hypothesen aufstellen, was im Inneren des Kissens ablaufen könnte. Durch ein Experiment im Schülerversuch (**M1**), bei welchem Natriumacetat-Trihydrat geschmolzen und zur Kristallisation gebracht wird, soll der Kreisprozess der Wärmeabgabe und -speicherung erkannt werden. Die Versuchsvorschrift lässt den Anstoß zur Kristallisation offen, da er von den Schülerinnen und Schülern selbst gefunden werden soll. Gerade durch die Variation des Auslösers kann dessen Funktion besser nachvollzogen werden. Außerdem beweist diese, dass keine Reaktion zwischen dem Plättchen (Aluminiumchips) und der Schmelze stattfindet. Es bietet sich an, den Schülerinnen und Schülern einen zweiten Ansatz zur Verfügung zu stellen, um mehrere Möglichkeiten des Auslösens thematisieren zu können.
Weiterhin kann ein Ansatz zurückgehalten werden, um die Schmelze mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam im Plenum vorsichtig in eine Petrischale zu gießen und

die Kristallisation z. B. mit einem Salzkorn zu starten. Hierbei kann man den Prozess der ersten Keimbildung z. B. mithilfe einer Dokumentenkamera deutlich besser beobachten als im Reagenzglas. Dieser Versuch verlangt allerdings etwas mehr Geschick in der Handhabung, damit das Salzhydrat nicht bereits beim Umkippen in die Schale kristallisiert.
Nach der Beobachtung auf Makroebene und einer ersten Zwischensicherung der Versuchsergebnisse soll mithilfe eines Arbeitsblattes die Mikroebene betrachtet und die Vorgänge auf Teilchenebene gedeutet werden (**M2**). In **M2** und der dazugehörigen Lösung wurde auf die eingelagerten Wassermoleküle aus Gründen der didaktischen Reduktion verzichtet. Sollte diese Reduktion aufgrund der Leistungsfähigkeit der Lerngruppe nicht nötig sein, kann mit **M3** gearbeitet werden.
Als Lernerfolgskontrolle dient die Auseinandersetzung mit einem (**M2**) bzw. zwei (**M3**) Erklärvideos.
Ein tieferes Verständnis des Prinzips der Latentwärmespeicherung kann durch die Bearbeitung der Materialien **M4** und **M5** erfolgen. Diese Materialien können bei Bedarf auch arbeitsteilig nach Interessenlage der Schülerinnen und Schüler eingesetzt werden. Im Hinblick auf das Abitur bieten diese Materialien eine gute Übung im Bereich des Bewertens.

## Vorausgesetztes Fachwissen

Zur Bearbeitung von Material **M2** und **M3** ist es nötig, dass die Lerngruppe über Kenntnisse im Bereich des Teilchenmodells verfügt und sicher zwischen Stoff und Teilchen unterscheiden kann. Im Bereich Energetik sollte an das Vorwissen aus der Mittelstufe angeknüpft werden können. Hierbei sind vor allem die Begriffe endotherm und exotherm zu nennen.

### Erklärung zu Differenzierungssymbolen

| | | |
|---|---|---|
| | Finden Sie dieses Symbol in den Lehrerhinweisen, so findet Differenzierung statt. Es gibt drei Niveaustufen, wobei nicht jede Niveaustufe extra ausgewiesen wird. | |
| grundlegendes Niveau | mittleres Niveau | erweitertes Niveau |

© RAABE 2022

# M1 Wie funktioniert ein Wärmekissen? (Schülerversuch)

## Chemikalien

| | |
|---|---|
| ☐ Natriumacetat-Trihydrat | kein GHS-Symbol |
| ☐ Wasser | kein GHS-Symbol |
| ☐ Eiswürfel | kein GHS-Symbol |

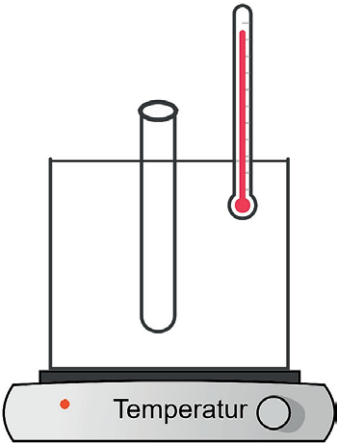
## Geräte

| | |
|---|---|
| ☐ 2 große Reagenzgläser | ☐ verschiedene Materialien: Salzkörner, kleines Stück Alufolie, Plastikrest (z. B. zerschnittene Pipette) |
| ☐ Pipette | ☐ Heizplatte |
| ☐ großes Becherglas als Wasserbad | ☐ Thermometer |
| ☐ großes Becherglas als Eisbad | ☐ Spatel |

**Entsorgung:** Kann über den Abfluss entsorgt werden.

© RAABE 2022

## Versuchsaufbau




*Versuchsaufbau zu „Wie funktioniert ein Wärmekissen?“*

SCHOOL-SCOUT.DE

**Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form**

# Auszug aus:

*Das Konzept des Latentwärmespeichers*

**Das komplette Material finden Sie hier:**

School-Scout.de

Das Konzept des Latentwärmespeichers – Wie funktioniert ein Wärmekissen?

Ein Beitrag von Lisa Born

*verändert nach: © donstock/iStock/Getty Images Plus*

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Funktionsweise eines Taschenwärmers, der vielen Schülerinnen und Schülern aus ihrem Alltag bekannt ist. Nach einer ersten Hypothesenbildung werden mithilfe eines Schülerversuchs die tatsächlichen Abläufe erarbeitet und auf Teilchenebene gedeutet. Die Begriffe Schmelz- und Erstarrungsenthalpie werden zugeordnet. Zur Vertiefung werden weitere PCM (Phase-Change-Material) anhand von Beispielen aus dem Bereich Funktionskleidung sowie Gebäudetechnik vorgestellt und ihre Einsatzmöglichkeiten abgewogen.

RAABE, KLASSE SCHULE

**© Copyright school-scout.de / e-learning-academy AG – Urheberrechtshinweis**
Alle Inhalte dieser Material-Vorschau sind urheberrechtlich geschützt. Das Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, bei school-scout.de / e-learning-academy AG. Wer diese Vorschauseiten unerlaubt kopiert oder verbreitet, macht sich gem. §§ 106 ff UrhG strafbar.