

Fusionswärme



Bildquelle: Pexel

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungsniveau	Durchführungsniveau	Vorbereitung
Sek 1	Chemische Reaktionen	Enthalpie	••	••	unterschiedlich

Aufgabenstellung

Ein Topf mit kochendem Wasser wird nicht heißer als 100 °C, egal wie lange oder wie stark Sie ihn erhitzen. Die zugeführte Energie muss etwas anderes bewirken als die Temperatur des Wassers zu erhöhen. Was passiert mit dieser zusätzlichen Energie?

Hintergrund

Da Atome zu Molekülen zusammengehalten werden, werden Moleküle in den verschiedenen Aggregatzuständen der Materie zusammengehalten: fest, flüssig und gasförmig. Die Kräfte, die Moleküle zueinander ziehen, werden als intermolekulare Kräfte bezeichnet.

In Festkörpern werden die Moleküle durch die intermolekularen Kräfte in engen, starren Mustern gehalten. In Flüssigkeiten stehen die Moleküle zwar noch in Kontakt miteinander, aber sie haben genug Energie, um sich gegenseitig zu umfließen. In Gasen haben die Moleküle genug Energie, um sich von all ihren Anziehungskräften zu befreien und unabhängig voneinander zu existieren, wobei zwischen den Molekülen Platz ist.

Indem man einer Substanz Energie zuführt, gewinnen die Moleküle genug Energie, um die intermolekularen Kräfte zu überwinden. Die Energie, die zur Überwindung der intermolekularen Kräfte benötigt wird, nennt man latente Wärme. Die Menge an Energie, die zum Brechen der Attraktionen benötigt wird, hängt von der chemischen Struktur des Stoffes ab. Wasser zum Beispiel enthält starke Wasserstoffbindungen, so dass es viel Energie benötigt, um die intermolekularen Kräfte zu überwinden.

Die Energie, die benötigt wird, um den Molekülen genug Energie zu geben, um die Anziehungskräfte in einem Festkörper zu überwinden und zu schmelzen, um zu einer Flüssigkeit zu werden, wird als Fusionswärme bezeichnet. Die Verdampfungswärme ist die Energie, die benötigt wird, um eine Flüssigkeit zu einem Gas zu verdampfen. Spezifische Wärme ist die Energie, die benötigt wird, um die Temperatur einer Substanz zu erhöhen. Die Temperatur ist ein Maß für die kinetische Energie (Bewegung) der Moleküle in einem Stoff.

Ein Energieeintrag bewirkt zunächst, dass ein fester Stoff entsprechend seiner spezifischen Wärme seine Temperatur bis zum Schmelzpunkt erhöht. Ist der Schmelzpunkt erreicht, wird zusätzliche Energie (gemessen als Schmelzwärme) zur Überwindung der intermolekularen Kräfte genutzt, wodurch der Feststoff in eine Flüssigkeit umgewandelt wird. Die Temperatur bleibt während eines Phasenwechsels konstant, da die Energie dazu verwendet wird, die intermolekularen Kräfte zu brechen und nicht die kinetische Energie der Moleküle zu erhöhen.

Nachdem ein Stoff vollständig geschmolzen ist, erhöht sich durch die Zufuhr von mehr Energie die Temperatur des Stoffes bis zum Erreichen des Siedepunktes. Am Siedepunkt wird die Flüssigkeit durch zusätzliche Energie (gemessen als Verdampfungswärme) in Gas umgewandelt. Die Umkehrung des Prozesses setzt die gleiche Menge an Energie frei, die zum Aufbrechen der Attraktionen bei der Reform verwendet wird.

Materialien und Ausrüstung

Für jeden Schüler oder jede Gruppe:

- ◆ Datenerhebungssystem
- ◆ Schnell ansprechender Temperatursensor
- ◆ Messzylinder, 100-mL
- ◆ Becherglas (2), 250 mL
- ◆ Kochplatte
- ◆ Polystyrol-Becher (2)
- ◆ Deckel für Polystyrolbecher
- ◆ Papierhandtücher
- ◆ Wasser, 200 mL
- ◆ Eiswürfel (2)

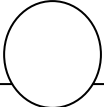
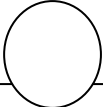
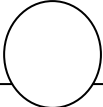
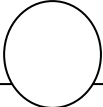
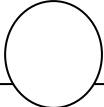
Sicherheit

Fügen Sie diese wichtigen Sicherheitsvorkehrungen zu Ihren normalen Laborverfahren hinzu:

- ◆ Vermeiden Sie Verbrennungen durch Kontakt mit der Heizplatte. Lassen Sie es vor der Lagerung gründlich abkühlen.

Versuchsablauf / Sequenzierung

Die folgenden Schritte sind Teil des Verfahrens für diese Laboraktivität. Sie sind nicht in der richtigen Reihenfolge. Bestimmen Sie die richtige Reihenfolge und schreiben Sie Zahlen in die Kreise, die die Schritte in die richtige Reihenfolge bringen.

				
Zeichnen Sie die Masse des Kalorimeters und des 50 °C-Wassers auf.	Legen Sie einen Temperaturfühler in das 50 °C-Wasser und starten Sie die Aufzeichnung der Temperatur des Kalorimeterwassers.	Geben Sie einen Eiswürfel in das 50 °C warme Wasser und decken Sie dann das Kalorimeter ab. Fahren Sie mit der Datenaufzeichnung fort, bis das	Erhitzen Sie 150 mL Wasser auf 50 °C und gießen Sie es in ein Kalorimeter.	Entfernen Sie den Deckel und den Sensor und zeichnen Sie die Masse des Kalorimeters, des Wassers und des geschmolzenen Eises auf.

Verfahren

Nachdem Sie einen Schritt abgeschlossen (oder eine Frage beantwortet) haben, setzen Sie ein Häkchen in das Feld () neben diesem Schritt.

Einrichten

1. Beginnen Sie ein neues Experiment mit dem Datenerfassungssystem.
 2. Schließen Sie einen schnell ansprechenden Temperatursensor an das Datenerfassungssystem an.
 3. Anzeige einer Kurve der Temperatur (°C) über der Zeit (s).
 4. Mit einem Messzylinder werden 100 mL Wasser in ein 250-mL-Becherglas gegeben.
 5. Verwenden Sie eine Heizplatte, um das Wasser auf ca. 50 °C zu erwärmen.
 6. Einen Polystyrolbecher in den anderen stellen, um ein einfaches Kalorimeter zu erstellen, und dann das Kalorimeter zur Stabilisierung in einen leeren 250-mL-Becher stellen.
 7. Was passiert mit der Temperatur des warmen Wassers, wenn das Eis hinzugefügt wird?
-

Daten sammeln

8. Messen Sie die Masse des Bechers plus das leere Kalorimeter auf zwei Dezimalstellen. Zeichnen Sie die Masse unten auf.

Masse des Bechers plus des leeren Kalorimeters (g): _____

9. Gießen Sie das erwärmte Wasser in das Kalorimeter.

10. Messen Sie die Masse des Bechers plus Kalorimeter mit dem Wasser auf zwei Dezimalstellen. Zeichnen Sie die Masse unten auf.

Masse des Bechers plus Kalorimeter mit Wasser (g): _____

11. Wie kann die Wassermasse im Kalorimeter berechnet werden?

12. Führen Sie den Temperaturfühler in das Kalorimeter ein und achten Sie darauf, dass er in das Wasser eingetaucht ist.

13. Starten Sie die Aufzeichnung der Daten.

14. Stellen Sie die Skalierung der Grafik ein.

15. Lassen Sie die Temperatur sich stabilisieren.

16. Verwenden Sie ein Papierhandtuch zum Trocknen eines Eiswürfels.

17. Warum ist es notwendig, den Eiswürfel mit einem Papiertuch zu trocknen, bevor er in das Kalorimeter gelegt wird?

18. Ohne Wasser aus dem Kalorimeter zu spritzen, fügen Sie den Eiswürfel hinzu und decken Sie dann das Kalorimeter mit dem Deckel ab.

19. Was passiert mit Ihren Ergebnissen, wenn ein Teil des Wassers im Kalorimeter herausspritzt, wenn Sie das Eis hinzufügen?

- 20. Verwirbeln Sie das Kalorimeter vorsichtig, ohne Wasser zu verspritzen.
- 21. Sobald das Eis nicht mehr schmilzt, beenden Sie die Datenaufzeichnung.
- 22. Nennen Sie den Datenlauf "Eisversuch 1".
- 23. Entfernen Sie den Deckel und den Temperatursensor.
- 24. Messen Sie die Masse des Bechers und des Kalorimeters mit dem Wasser und dem geschmolzenen Eis auf zwei Dezimalstellen. Zeichnen Sie die Masse unten auf.

Masse des Bechers plus Kalorimeter mit Wasser
und geschmolzenem Eis (g): _____

- 25. Wiederholen Sie den Vorgang. Notieren Sie die Werte in Tabelle 1 unten.

Tabelle 1: Gesammelte Massen für den Versuch 2

Messe	Eiskunstlauf 2
Becherglas plus leeres Kalorimeter (g)	
Becherglas plus Kalorimeter mit Wasser (g)	
Becherglas plus Kalorimeter mit Wasser und geschmolzenem Eis (g)	

- 26. Nennen Sie den Datenlauf "Eisversuch 2".
- 27. Speichern Sie Ihre Datei und bereinigen Sie nach den Anweisungen des Lehrers.

Die Datenanalyse

1. Berechnen Sie die Wassermenge im Kalorimeter, bevor Sie das Eis hinzufügen. Notieren Sie diese in Tabelle 2 unten.

Tabelle 2: Masse des Wassers im Kolorimeter

Messe	Eiskunstlauf 1	Eiskunstlauf 2
Becherglas plus Kalorimeter mit Wasser (g)		
Becherglas plus leeres Kalorimeter (g)		
Wasser (Kalorimeter mit Wasser - Kalorimeter leer) (g)		

2. Berechnen Sie die dem Kalorimeter zugegebene Eismenge. Notieren Sie diese in Tabelle 3 unten.

Tabelle 3: Masse des Eises im Kolorimeter

Messe	Eiskunstlauf 1	Eiskunstlauf 2
Becherglas plus Kalorimeter mit Wasser und geschmolzenem Eis (g)		
Becherglas plus Kalorimeter mit Wasser (g)		
Eis (Kalorimeter mit geschmolzenem Eis - Kalorimeter mit Wasser) (g)		

3. Bestimmen Sie die Anzahl der dem Kalorimeter zugegebenen Eiswürfel. Verwenden Sie die folgende Gleichung und tragen Sie Ihre Arbeit in Tabelle 4 unten ein.

$$(\text{g ice}) \left(\frac{1 \text{ mol}}{18.02 \text{ g}} \right) = \text{moles ice}$$

Tabelle 4: Eiswürfel

	Eiskunstlauf 1	Eiskunstlauf 2
Maulwürfe aus Eis (zeigen Sie Ihre Arbeit)		

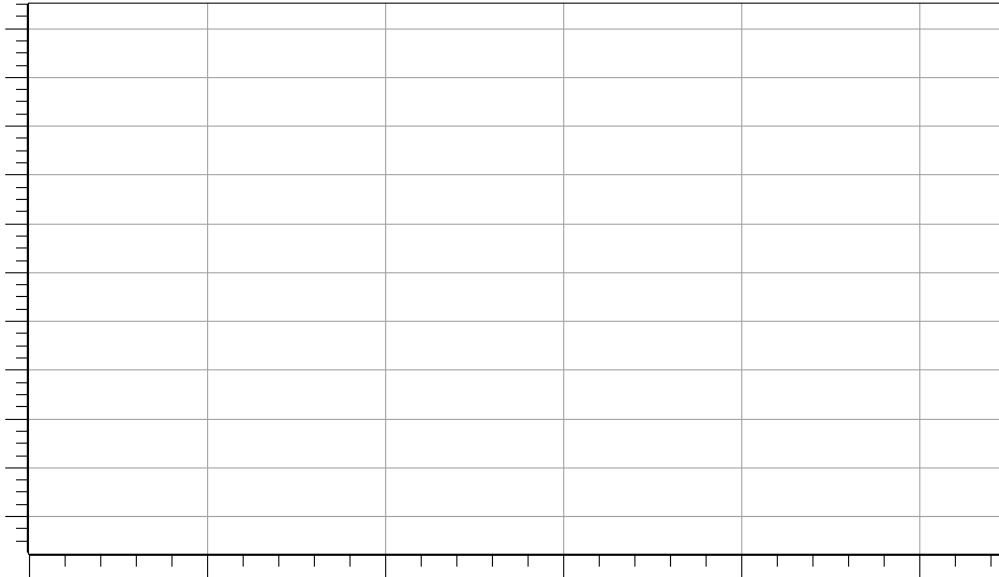
4. Verwenden Sie den Graphen von Temperatur (°C) über der Zeit (s), um die Endtemperatur, die Anfangstemperatur und die Temperaturänderung für das Kalorimeterwasser zu bestimmen. Befolgen Sie die folgenden Schritte, um dies auf Ihrem Datenerfassungssystem abzuschließen:
- Zeigen Sie den zu analysierenden Datenlauf an.
 - Messen Sie die Differenz zwischen der Endtemperatur und der Anfangstemperatur. Wenn dieser Schritt abgeschlossen ist, werden die Endtemperatur, die Anfangstemperatur und die Temperaturänderung auf dem Bildschirm angezeigt.
 - Tragen Sie die Werte für jeden Versuch in Tabelle 5 unten ein.

Tabelle 5: Erfasste und berechnete Temperatur

Temperatur	Eiskunstlauf 1	Eiskunstlauf 2
Endtemperatur (°C)		
Anfangstemperatur (°C)		
Änderung der Temperatur, $\Delta T = T_{final} - T_{initial}$ (°C)		

5. Erstellen Sie ein Diagramm mit den beiden Datenreihen, die auf Ihrem Datenerfassungssystem angezeigt werden.

6. Skizzieren oder drucken Sie ein Diagramm der Temperatur (°C) über die Zeit (s). Achten Sie darauf, dass jeder Versuch sowie die Gesamtgrafik, die x-Achse und die y-Achse beschriftet sind und die Einheiten auf den Achsen enthalten.



7. Berechnen Sie die vom Wasser im Kalorimeter auf das Eis übertragene Energie q_{trans} und die vom Eis aus dem Wasser gewonnene Energie $-q_{trans}$. Verwenden Sie die folgende Gleichung und zeigen Sie Ihre Arbeit in Tabelle 6 unten.

$$q_{trans} = m_{H_2O} \times c \times \Delta T$$

Tabelle 6: Von Wasser auf Eis übertragene Energie

	Eiskunstlauf 1	Eiskunstlauf 2
Übertragene Energie aus dem Wasser (J) q_{trans}		
Vom Eis absorbierte Energie (J) $-q_{trans}$		

8. Die durch das Eis gewonnene Energie $-q_{\text{trans}}$ wird genutzt, um die Eisschmelze zu schmelzen und die Temperatur des Schmelzwassers auf die Endtemperatur zu bringen $q_{0^\circ\text{C} \rightarrow T_f}$.

$$-q_{\text{trans}} = q_{\text{melt}} + q_{0^\circ\text{C} \rightarrow T_f}$$

Bestimmen Sie die Energie, die das frisch geschmolzene Eis zur Erwärmung von 0°C auf die Endtemperatur aufnimmt. Verwenden Sie die folgende Gleichung und tragen Sie Ihre Arbeit in Tabelle 7 unten ein.

$$q_{0^\circ\text{C} \rightarrow T_f} = m_{\text{ice}} \times c \times (T_f - 0^\circ\text{C})$$

Tabelle 7: Energieaufwand für die Erwärmung des geschmolzenen Eiswassers

	Eiskunstlauf 1	Eiskunstlauf 2
Zeigen Sie Ihre Arbeit hier $q_{0^\circ\text{C} \rightarrow T_f}$		
Energie für die Erwärmung des Eiswassers (J)		

9. Bestimmen Sie die Energie, die zum Schmelzen des Eises (fest bei 0 °C zu einer Flüssigkeit bei 0 °C) benötigt wird. Verwenden Sie die folgende Gleichung und notieren Sie sie in Tabelle 8 unten.

$$q_{\text{melt}} = -q_{\text{trans}} - q_{0^{\circ}\text{C} \rightarrow T_f}$$

Tabelle 8: Energiebedarf zum Schmelzen des Eises

	Eiskunstlauf 1	Eiskunstlauf 2
Zeigen Sie Ihre Arbeit hier		
Energieaufwand zum Schmelzen der Eisschmelze (J)		

10. Berechnen Sie die Schmelzwärme für Eis (in kJ/mol) anhand der vom Eis absorbierten Energiemenge und der Anzahl der Eismole im Kalorimeter. Verwenden Sie die folgende Gleichung und tragen Sie sie in Tabelle 9 ein.

$$\Delta H_{\text{fus}} = \frac{q_{\text{melt}}}{\text{moles}}$$

Tabelle 9: Schmelzwärme

	Eiskunstlauf 1	Eiskunstlauf 2
Zeigen Sie Ihre Arbeit		
Schmelzwärme (kJ/mol)		

11. Berechnen Sie den Mittelwert für die Schmelzwärme des Eises aus den beiden Versuchen.

Fragen zur Analyse

1. Der akzeptierte Wert für die Schmelzwärme für Eis beträgt 6,01 kJ/mol. Wie hoch ist der prozentuale Fehler für die experimentell ermittelte Fusionswärme?

$$\text{percent error} = \left| \frac{(\text{accepted value} - \text{experimental value})}{\text{accepted value}} \right| \times 100$$

2. Was sind einige mögliche Fehlerquellen und wie können Sie diese korrigieren oder zumindest erklären?

Synthese-Fragen

Nutzen Sie die verfügbaren Ressourcen, um die folgenden Fragen zu beantworten.

1. Wie viel Energie wäre nötig, um einen 50,0 kg schweren Eisblock bei 0 °C zu schmelzen? Die Schmelzwärme für Eis beträgt 6,01 kJ/mol.
2. Wie sind Schmelz- und Verdampfungswärme ähnlich? Wie unterscheiden sie sich?

Verwenden Sie die folgenden Informationen, um die Synthesefragen 3 und 4 unten zu beantworten:

Eine unbekannte Substanz, die eine Masse von 250,0 g hat, erreicht ihren Schmelzpunkt in einem Kaffeetassenkalorimeter. Beim Wechsel von fest zu flüssig bleibt die Temperatur der Substanz unverändert. Die Masse des Wassers im Kalorimeter beträgt 500,0 g. Das Wasser hat eine Anfangstemperatur von 90,0 °C und sinkt auf 19,0 °C, wenn der unbekannte Feststoff schmilzt.

3. Wie viel kJ Energie das Wasser beim Schmelzen des Feststoffes freisetzt:

4. Wenn eine unbekannte Substanz ein Formelgewicht von 77,3 g/mol hat, wie hoch ist die Schmelzwärme für die Substanz?

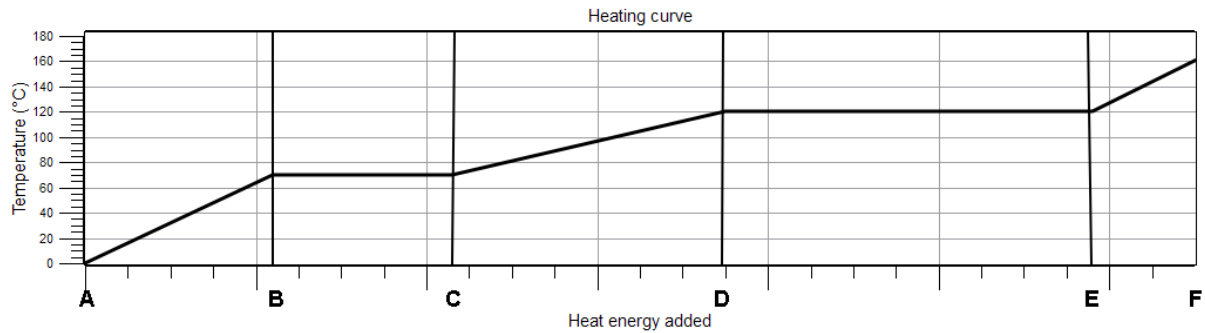
5. Wie unterscheidet sich die Fusionswärme von der spezifischen Wärme? Bei welchen gibt es keine beobachtete Temperaturänderung?

Multiple-Choice-Fragen

Wählen Sie die beste Antwort oder Vervollständigung zu jeder der untenstehenden Fragen oder unvollständigen Aussagen aus.

- 1. was passiert mit der durchschnittlichen kinetischen Energie der Moleküle, wenn sich Eis bei 0 °C in flüssiges Wasser verwandelt?**
 - A. Erhöht
 - B. Verringert
 - C. Bleibt gleich
 - D. Mit diesen Informationen kann nicht festgestellt werden
- 2. die Fusionswärme für einen Stoff ist die Energie, die während welcher Zeit gemessen wird?**
 - A. Phasenwechsel von fest zu flüssig
 - B. Phasenwechsel von einer Flüssigkeit zu einem Gas
 - C. Temperaturänderung
 - D. Veränderung der kinetischen Energie
- 3. wenn 20,0 g eines Stoffes bei seinem Schmelzpunkt vollständig geschmolzen sind, werden 820 Joule Energie absorbiert. Wie hoch ist die Fusionswärme für diesen Stoff?**
 - A. 0,024 J/g
 - B. 16,4 J/g
 - C. 24 J/g
 - D. 41 J/g
- 4. die Schmelzwärme für Ethanol beträgt 5,02 kJ/mol. Wie viel Energie wird benötigt, um 24,5 g Ethanol am Gefrierpunkt zu schmelzen? Die Molmasse des Ethanols beträgt 46,07 g/mol.**
 - A. 0,205 kJ
 - B. 2,67 kJ
 - C. 5,67 kJ
 - D. 123 kJ

Benutzen Sie die untenstehende Grafik, um die Multiple-Choice-Fragen 5 und 6 zu beantworten. Die Grafik stellt die Beziehung zwischen Temperatur und zugeführter Energie zu einer Substanz dar. Bei Punkt "A" ist die Substanz ein Feststoff.



5. Was ist der Gefrierpunkt der in der obigen Grafik dargestellten Substanz?

- A. 20 °C
- B. 70 °C
- C. 120 °C
- D. 160 °C

6. In welchem Intervall stellt die von der Substanz aufgenommene Wärme die Verdampfungswärme dar?

- A. B bis C
- B. C bis D
- C. von D bis E
- D. E bis F

Lückentext / Herausforderung

Füllen Sie die Leerzeichen aus der Liste der Wörter in der Wortbank aus.

1. Wenn eine Substanz ihren Aggregatzustand ändert, erfordert sie _____. Die Moleküle müssen sich überwinden und _____ voneinander befreien. Diese Kräfte werden als _____. In Wasser sind es Wasserstoffbrücken. Die Energie, die zur Überwindung dieser Kräfte notwendig ist, wird als _____. Insbesondere die Energie, die benötigt wird, um eine Substanz von einem festen in einen flüssigen Zustand zu bringen, ist die Wärme von _____, und die Energie, die benötigt wird, um von einer Flüssigkeit in ein Gas zu wechseln, ist die Wärme von _____. Fusion ist ein anderer Begriff für _____.

2. Je stärker die intermolekularen Kräfte innerhalb eines Stoffes sind, desto größer ist _____ die latente Wärme. Wasser hat eine besonders hohe latente Wärme, weil seine Wasserstoffbindungen zu den _____ Arten der intermolekularen Kräfte gehören. Je stärker oder fester sie sich aneinander "festhalten", desto mehr _____ Energie ist nötig, um sie auseinander zu ziehen. Die Energiemenge _____, die Wasser beim Schmelzen aufnimmt, wird beim Gefrieren wieder freigesetzt. Ein Energieeintrag kann jedoch entweder zur Überwindung der Anziehungskraft oder zur Erhöhung der kinetischen Energie der Moleküle genutzt werden. Die Erhöhung der kinetischen Energie kann als eine Erhöhung der _____. Bei einem Phasenwechsel, der einen Energieeintrag erfordert, wie z.B. Fusion oder Verdampfung, werden die Temperaturen _____. Nachdem der Phasenwechsel abgeschlossen ist, wird durch weitere Energiezufuhr die Temperatur auf _____.



Lückentext / Herausforderung Wortbank

Absatz 1	Absatz 2
Attraktion	Abnahme
kochend	endotherme
chemische Verbindungen	exothermisch
Verdichtung	größer
Energie	erhöhen
Verdampfen	weniger
Einfrieren	weniger
Fusion	Masse
zwischenmolekulare Kräfte	mehr
intramolekulare Kräfte	Druck
latente Wärme	konstant bleiben
Magnetkräfte	gleiche
Schmelzen	stärkste
Abstoßung	Temperatur
Raum	Band
spezifische Wärme	am schwächsten
Verdampfung	