

**Fort- und Weiterbildung  
für Lehrerinnen und Lehrer  
Fachfortbildung Chemie**

**Kontext- und kompetenzorientierte  
Unterrichtsentwicklung**

**„Chemie - echt cool, aber manchmal auch sehr heiß“**

**Erprobung und Entwicklung von Lernaufgaben unter  
besonderer Berücksichtigung des Basiskonzeptes  
„Energie“**

**Moderatoren:**

**Gregor von Borstel**

**Michael Kremer**

**Patrick Krollmann**

**Petra Schütte**

**Stand: April 2011**

# Kontext- und kompetenzorientierte Unterrichtsentwicklung

## „Chemie - echt cool, aber manchmal auch sehr heiß“

Inhalt	Seite	
1	Theoretische Grundlagen zu Lernaufgaben	
1.1	Auf dem Weg zu einer neuen Aufgabenkultur-Lernaufgaben	
1.2.	Bausteine einer Aufgabe	
1.3	Checkliste zur Aufgabenkonstruktion	
1.4	Analyse von Lernaufgaben	
2	Basiskonzept Energie	
3	Lernaufgaben - Beispiele	
3.1	Heißer Kakao in 40 Sekunden	
3.2	Schnelle Hilfe auf dem Sportplatz – die Einmalkühlkompressen	
3.3	... von eiskalten Händen und nützlichen Taschenwärmern	
3.4	ThermaCare für eine wirksame Schmerzlinderung	
3.5	Wärmende Beutel für warmes Essen	
4	Literatur	

# THEORETISCHE GRUNDLAGEN ZU LERNAUFGABEN

---

## 1.1. AUF DEM WEG ZU EINER NEUEN AUFGABENKULTUR - LERNAUFGABEN

---

Spätestens seit der **Einführung der** (2004 von der KMK beschlossenen) Bildungsstandards **2004 durch die KMK** und dem (eingeführten) Kernlehrplan Chemie für die Sekundarstufe I am Gymnasium **2008** wird deutlich, dass die bisher eher im Vordergrund stehenden Bereiche des Fachwissens (strukturiert durch Basiskonzepte) und der Erkenntnisgewinnung (fachwissenschaftliche Methoden) nun ergänzt werden durch die Kompetenzbereiche der Kommunikation und der Bewertung. Mit der Kompetenz- und Standardorientierung ist eine Schwerpunktverlagerung hin zum Anwenden von Wissen verbunden. Der Erwerb von Wissen alleine genügt nicht. Der stärker handelnde Umgang mit Wissen (Wissen gewinnen, anwenden, kommunizieren und mit Wissen bewerten) geht auch mit einem veränderten Unterricht einher. Ein Instrument der Veränderung von Chemieunterricht kann ein veränderter Einsatz von Aufgaben sein.

Hierbei rücken einerseits Aufgaben in den Blick, die z.B. am Ende der Sekundarstufe I in Vergleichsarbeiten oder zentralen Abschlussprüfungen bearbeitet werden und die in Vorbereitung sind oder andererseits solche, die im Unterricht dazu beitragen, dass die Lernenden - entsprechend der Standards - Kompetenzen in allen Bereichen aufbauen. Nach Parchmann et al 2006 gibt es trotz gewisser Unterschiede zwischen den Prüfungs- und Lernaufgaben einige gemeinsame Qualitätsmerkmale. Beide Aufgabentypen sollen die Lernenden zu Problemlösungen durch die Anwendung grundlegender Kenntnisse herausfordern, statt lediglich gelernte Fakten abzufragen. Voraussetzung für die Lösung derartiger Aufgaben ist es dann allerdings, dass die konkret benötigten Fakten entweder durch die Aufgabenmaterialien selbst gegeben oder aber so grundlegend sind, dass jeder Unterricht sie behandelt haben muss. Die Verarbeitung der in der Aufgabe bereitgestellten Informationen fördert bereits ein fachbezogenes Leseverständnis und hilft entsprechende Kompetenzen aufzubauen bzw. abzufragen, so wie wir es bereits aus den Zentralabituraufgaben im Fach Chemie kennen.

Parchmann et al 2004 schlagen folgende Fragen vor, mit denen man die Gütekriterien sowohl von Prüfungs- als auch Lernaufgaben überprüfen kann:

- Beinhalten die Aufgaben die zur Lösung notwendigen Informationen oder sind diese Bestandteile einer allgemeinen chemischen Grundbildung?
- Sind die Aufgabenstellungen mit Operatoren formuliert, die den Prüflingen eine klare Aussage über die von ihnen erwartete Lösung bieten?
- Kann anhand der Aufgaben zwischen leistungsstarken und leistungsschwachen Schülerinnen und Schülern differenziert und damit das Leistungsbild realistisch wiedergegeben werden?
- Sind die Aufgaben und die erwarteten Lösungsformate so eindeutig, dass sie von verschiedenen Personen zu unterschiedlichen Zeitpunkten in gleicher Weise verstanden und interpretiert werden?
- Motivieren die Aufgabenstellungen die Prüflinge dazu, ihre Kenntnisse anzuwenden?
- Wird das Anforderungsniveau einer Aufgabe tatsächlich durch die zu erfassende fachbezogene Kompetenz gestaltet und nicht durch Merkmale des Aufgabenformats selbst (z.B. zu lange und komplexe Texte, missverständliche Abbildungen)?

Der vielleicht wichtigste Unterschied zwischen Lernaufgaben und Testaufgaben liegt sicher im Grad der Eindeutigkeit der erwarteten Lösungen. Dieser ist für Testaufgaben sicher von besonderer Bedeutung. Dagegen kann eine gewisse Ergebnis- und Prozessoffenheit bei Lernaufgaben besondere

Lerngelegenheiten ermöglichen und die Aufgaben durch kreative Lösungen oder Lösungswege besonders interessant machen.

Unabhängig vom Aufgabentyp – Lernaufgabe oder Prüfungsaufgabe – müssen sich beide daran messen lassen, inwieweit sie zum Aufbau einer Scientific Literacy<sup>1</sup> beitragen.

In der Schulpraxis wird es künftig darauf ankommen, dass die Schülerinnen und Schüler in beiden Situationen, also beim Lernen und der Überprüfung des Lernerfolges, mit Aufgaben möglichst ähnlichen Zuschnitts konfrontiert werden.

Die parallele Entwicklung von Lern- und Testaufgaben ist somit zentrale Herausforderung für die Arbeit der Fachgruppen. (Parchmann et al 2004).

---

## 1.2. BAUSTEINE EINER AUFGABE<sup>2</sup>

---

### **Setting**

- Fachliche Situation
- Kontext
- Bereitstellung von Material (z.B. Text, Diagramm, Geräte)

### **Problem:**

begrenzend – weit gefasst bzw. einfach – komplex

### **Maß an Vorstrukturierung**

### **Bearbeitungsaufträge:**

- Fragen/Aufforderungen in Verbindung mit Operatoren
- Hilfen und Hinweise zur Bearbeitung (z.B. Ablauf, Zeit, Umfang, Methode)
- Angaben zur Bearbeitungsqualität
- Verzicht auf Angaben

---

<sup>1</sup> Unter naturwissenschaftlicher Grundbildung (Scientific Literacy) wird die Fähigkeit verstanden, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommen Veränderungen betreffen. (KLP Chemie SI, 2008)

<sup>2</sup> Vgl. <http://www.studienseminar-koblenz.de/medien/fachseminare/CH/02%20Die%20Ausbildung%20im%20Fachseminar%20Chemie/3%20Aufgaben%20im%20Chemieunterricht.pdf>, letzter Zugriff 20.02.2011

### 1.3. CHECKLISTE ZUR AUFGABENKONSTRUKTION

---

Die Checkliste stellt verschiedene, didaktische Fragestellungen der Aufgabenkonstruktion zusammen.<sup>3</sup>

- a) Die Einbettung in den Kontext
  - An welcher Stelle des Prozesses erscheint die Aufgabe?
  - Welcher Wissensstand ist bereits oder noch nicht erreicht?
- b) Welche Sozialformen sind vorgesehen?
  - Einzelarbeit, Partnerarbeit, Gruppenarbeit?
  - Handelt es sich tatsächlich um eine kooperative Aufgabe, deren Lösung durch die Gruppe einen Mehrwert erhält?
- c) Ist deutlich, welches Ziel die Aufgabe verfolgt?
  - Wie wird das Ziel den Lernenden vermittelt?
- d) Welcher zeitliche Rahmen ist vorgesehen?
  - Bis wann oder in welcher Taktung sollen bestimmte Tätigkeiten durchgeführt werden?
- e) Wie soll das Ergebnis dokumentiert und gegebenenfalls präsentiert werden?
  - Wann?
  - Durch wen?
  - Online oder präsent?
- f) Welche Art von Rückmeldung ist vorgesehen?
  - Benotung
  - Individuelles Feedback
  - Rückmeldung durch andere Schülerinnen oder Schüler oder durch den/die Lehrer/in
  - Selbstreflexion des Lernprozesses durch die Schülerinnen und Schüler
- g) Ist eine Rückmeldung für den Lehrenden vorgesehen?
  - Wie wurde die Aufgabe aufgenommen?
  - Wird sie als sinnvoll eingeschätzt?
  - Welche Alternativen wären denkbar gewesen?
  - Wurde das erwünschte "Ziel" erreicht?
  - Was wurde außerdem durch die Aufgabe "in Gang gesetzt"?

(Beispiel für einen Evaluationsbogen zur Lernaufgabe  
„Hot pots – heißer Kaffee in 40 s“ als Rückmeldung für den Lehrenden  
– siehe nächste Seite)

Anmerkung: beim AB zur Lernaufgabe fehlt im Titel das s für Sekunden/habe ich ergänzt

---

<sup>3</sup> Vgl. aus: <http://www.zhw.uni-hamburg.de/edidakt/modul/nonflash/index.php?id=56>, letzter Zugriff 20.02.2011.

#### 1.4. ANALYSE VON LERNAUFGABEN:

Nach Stäudel (2004) können Aufgaben sehr unterschiedlichen Zwecken dienen. Man kann sie verwenden um vorhandenes Wissen abzuprüfen oder man kann mit ihrer Hilfe die eigene Strukturierung einer offenen Problemstellung provozieren. Die Frage dabei ist nicht, was besser oder schlechter wäre, denn jede mögliche Zielrichtung kann auch für sich begründet werden. Das Problem ist vielmehr, für den gewählten Zweck auch die richtigen Mittel einzusetzen. Als Analyseinstrument schlägt Stäudel die Analysespinnne vor.

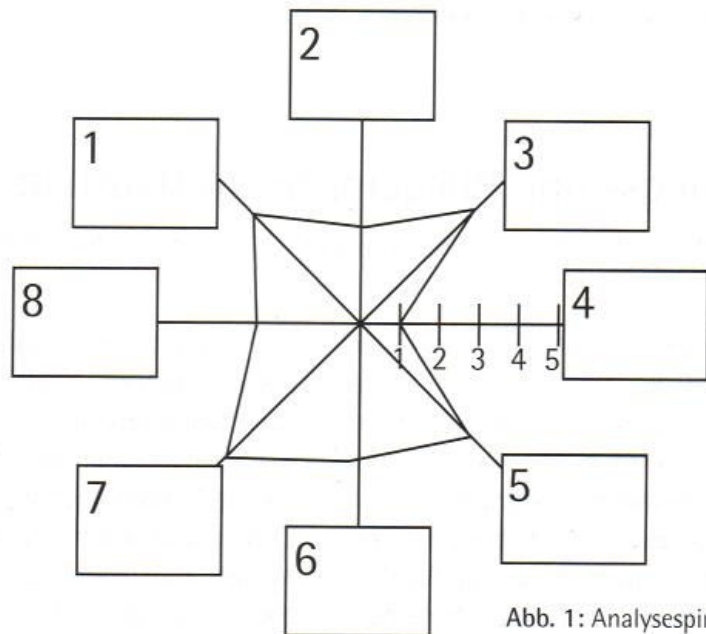


Abb. 1: Analysespinnne

Vom Zentrum des (späteren) Netzes gehen 6 oder 8 Strahlen aus, auf denen die Ausprägung eines noch zu wählenden Kriteriums aufgetragen wird. Je nachdem ob ein Kriterium in geringem Maß (1) oder in besonders hohem Maß (5) zutrifft, wird ein entsprechender Wert auf dem zugehörigen Strahl markiert.

Hat man alle zu analysierenden Kriterien entsprechend eingeschätzt, markiert und die Punkte miteinander verbunden, so ergibt sich eine graphische Veranschaulichung der Charakteristik der betreffenden Aufgabe.

Welche Kriterien man wählt, hängt von der eigenen Zielsetzung für den Unterricht ab. Kriterien könnten sein:

- Grad der Offenheit
- erfordert die Anwendung von Modellen
- regt zur Kommunikation an
- bezieht sich auf einen sinnstiftenden Kontext
- fördert die Lesefähigkeit
- beinhaltet Bewertungsaspekte
- berücksichtigt die Erfahrungen/Interessen der Lernenden
- ermöglicht kreative Lösungen
- ist Lehrplan konform („Curriculare Validität“)

Die Verwendung solcher Analysespinnen zur Bewertung ausformulierter Aufgaben ist dazu geeignet den Austausch bei der Erstellung von Lernaufgaben zwischen den Fachkollegen auf Fortbildungen und in Fachkonferenzen anzuregen und zu strukturieren.

## BASISKONZEPT ENERGIE

---

Die Besonderheit dieses Basiskonzeptes – im Vergleich zu den Basiskonzepten Chemische Reaktion und Struktur der Materie – liegt darin, dass es in allen drei Naturwissenschaften vorkommt, wenngleich auch teilweise mit unterschiedlicher Akzentuierung. Die umfassendste Betrachtung nimmt sicherlich die Physik für sich in Anspruch. Unter dem Gesichtspunkt Energie lassen sich praktisch alle Prozesse in Natur und Technik sinnvoll analysieren.

Eine für die Schülerinnen und Schüler anschauliche, fachlich aber sehr problematische Vorstellung von Energie ist – nach Schecker und Theyßen 2007 - die eines universellen Treibstoffs zum Antrieb von Prozessen. Sie weckt falsche Assoziationen zu einer materiellen Substanz, die geliefert und verbraucht wird. Energie und Energieträger werden leicht gleichgesetzt (z.B. Heizöl oder elektrischer Strom als Energie).

Eine ähnliche Fehlvorstellung offenbarte sich in folgender Schüleraussage auf die Frage, ob der Kühleffekt bei der Einmalkühlkompressenach dem Verdunsten des Wasser wiederholt werden kann: „Nein, der Kühleffekt kann nicht mehr wiederholt werden, denn die Kälte ist ein für alle mal raus aus dem Kühlpack.“ Einige Mitschüler stimmten zu. Die experimentelle Überprüfung der These und die Erklärung unter Verwendung der Begriffe Gitter- und Hydratisierungsenergie, sowie der Betrachtung der zur Verdunstung des Wassers notwendigen Wärmeenergie konnten dieser Fehlvorstellung entgegenwirken.

Diesem fachlich problematischen Energiebegriff steht die fachlich korrekte, aber sehr abstrakte Darstellung von Energie als mathematische Größe gegenüber.

Einen Mittelweg begeht man mit der Vorstellung von Energie als einer mengenartigen, strömenden Größe, die jedoch keinerlei materiellen, stofflichen Charakter hat – also einer Art „Quasisubstanz“. Bei allen fachlichen Einwänden gegen die Konzeptualisierung von Energie als mengenartige Quasisubstanz sind deren Vorteile als anschauliches gedankliches Werkzeug für die Schülerinnen und Schüler gegenüber Umschreibungen von Energie als „gespeicherte Arbeit“, als „Fähigkeit, Arbeit zu verrichten und Wärme zu erzeugen“ oder als rein rechnerische Bilanzierungsgröße unverkennbar (Schecker und Theysen 2007).

Energie kommt in unterschiedlichen Formen vor und kann auf unterschiedliche Weise in Körpern gespeichert sein. Sie ist verbunden mit der Bewegung, der Masse und der Verformung von Körpern, ist gespeichert in Atomkernen, in Atomen, in den chemischen Bindungen, in Feldern und als innere Energie in der thermischen Bewegung von Teilchen. Alle Energieformen (z.B. chemische Energie, Wärmeenergie, elektrische Energie, Bewegungsenergie) lassen sich in andere umwandeln. Dabei bleiben die Energiemengen erhalten und können bilanziert werden. Bei allen energetischen Vorgängen, an denen thermische Prozesse beteiligt sind, findet Entwertung statt. Hierbei wird Energie in die Umgebung abgegeben, die dann nicht mehr vollständig weiter verwendbar ist. (KLP SI Chemie NRW 2008).

Bei den meisten Anwendungsbeispielen, die die Grundlage der Lernaufgaben bilden, ist es Sinn und Zweck, dass die in den Stoffen gespeicherte Energie möglichst vollständig an die Umgebung abgegeben werden soll. Ziel ist sozusagen die vollständige Entwertung. Um die Temperaturänderungen erklären zu können, ist es notwendig Bilanzierungen vornehmen, z.B. indem die Größenordnungen von Gitter- zur Hydratationsenergie abgeschätzt werden. Energetische Betrachtungen können auf einer einfachen qualitativen Ebene bleiben, aber auch quantifiziert werden. Hier besteht die Möglichkeit Lösungsenergien in kJ/g oder in kJ/Mol zu betrachten oder auch experimentell bestimmen zu lassen.

Quantitative energetische Betrachtungen und die Betrachtung der Reversibilität der energetisch nützlichen Prozesse bieten interessante Differenzierungsmöglichkeiten.

In diesem Sinne können die in dieser Fortbildung vorgestellten Lernaufgaben dazu beitragen, das Energiekonzept der Schülerinnen und Schüler schrittweise weiter zu entwickeln.

*"Ausführungen zum Basiskonzept Energie werden in allen Fachlehrplänen Chemie, Biologie und Physik aufgenommen, weil eine gemeinsame Verständnisbasis der Fachlehrerinnen und Fachlehrer dieser Fächer unerlässlich ist, um eine kongruente Entwicklung des Energiekonzeptes bei Schülerinnen und Schülern zu ermöglichen."*<sup>1</sup> findet man als einleitenden Text zu den Basiskonzepten im Fach Chemie im Lehrplan.

Was aber versteht man unter Basiskonzepten, welche Funktion besitzen sie, wie lassen sich Konzepte vermitteln und worin liegt die Besonderheit des Basiskonzeptes Energie?

*"Als Basiskonzept versteht man in der Didaktik die strukturierte Vernetzung aufeinander bezogener (naturwissenschaftlicher) Begriffe, Theorien und erklärenden Modellvorstellungen, die sich aus der Systematik eines Faches zur Beschreibung elementarer Prozesse und Phänomene historisch als relevant herausgebildet haben."*<sup>2</sup> Basiskonzepte sind Leitideen des Denkens, oder kurz dass, was übrig bleiben soll, wenn alles andere vergessen ist.

Diese Leitideen sollen es dem Lernenden ermöglichen naturwissenschaftliche Sachverhalte zu betrachten, nicht aber sie zu strukturieren oder abzubilden. Basiskonzepte sind Denkmuster (oder Strategien) um Sachverhalte grundsätzlich zu verstehen. Sie wachsen über lange Zeit und besitzen eine hohe Nachhaltigkeit.

Basiskonzepte dienen als Anker für die Vernetzung von Wissen aus ganz unterschiedlichen Wissensbereichen und erfüllen so gleich zwei Funktionen: Zum einen das Strukturelement (die strukturierende Funktion), da sie selbst Konzepte mit hoher Komplexität, Reichweite und Erklärungsmächtigkeit sind. Zum anderen das Orientierungselement, sie beschreiben Perspektiven (oder Leitideen), unter denen man Objekte und Sachverhalte betrachten kann.

Als Lernender mache ich an vielen Stellen unbewusst Erfahrungen mit impliziten Basiskonzepten und vergleiche meine eigenen Strukturierungs- und Bedeutungsvorstellungen mit denen des Faches immer wieder ab. Dabei wird mir die Tragweite der Konzeption und der strukturierenden Bedeutung allmählich bewusst. Erst gegen Ende des Lernprozesses wird mir das Basiskonzept als solches explizit bewusst und es gelingt mir das Fachwissen (auch interdisziplinär) aus dem Blickwinkel eines Konzeptes neu zu betrachten.

Für die Unterrichtspraxis bedeutet dies in unseren Augen, dass es problematisch wäre, den Lernenden die Leitidee vorzustellen und das Konzept dann mit Beispielen auszufüllen. Der umgekehrte Weg scheint uns der Richtige zu sein, anhand vieler Beispiele sollen die Lernenden selbst ein Konzept (zur Naturbeschreibung) entwickeln und es immerfort im Lernprozess auf den Prüfstein stellen. Die Regeln ergeben sich aus den Beispielen, vergleichbar dem Prozess beim Spracherwerb. Man muss diese Regeln zunächst nicht einmal explizit benennen können, aber es ist wichtig mit der Anwendung und der Bewertung der Tauglichkeit vertraut zu werden.

Das Basiskonzept Energie besitzt in diesem Zusammenhang eine zentrale Bedeutung, ist es doch in den nationalen Bildungsstandards aller klassischen naturwissenschaftlichen Fächern vertreten. So findet man neben vielen anderen Beispielen für das Fach Biologie den Energiefluss in einem



Ökosystem, in der Physik die Energiegewinnung aus erschöpfbaren und regenerativen Quellen und in der Chemie die Stoff- und Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen. Dies steht im Einklang mit den Alltagserfahrungen der Lernenden, schließlich verändert die Gewinnung von Energie den Lebensraum Erde und ist die Energieumwandlung das Sprungbrett für den technischen Fortschritt, erleichtert unser Leben und macht Mobilität erst möglich. *"Daher ist das konzeptionelle Verständnis von Energie wesentlicher Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung"*<sup>1</sup> fasst der Lehrplan an dieser Stelle zusammen.

Wie soll man aber einen abstrakten und gleichsam vielseitig und ganz unterschiedlich verwendeten Begriff, wie den der Energie, Schülern als Konzeption für die Beschreibung von natürlichen und technischen Prozessen näher bringen? Als Beschreibung findet man folgende Aussage: *"Die Energie ist eine physikalische Größe, die in allen Teilgebieten der Physik, sowie in der Technik, der Chemie, der Biologie und der Wirtschaft eine zentrale Rolle spielt. Ihre SI-Einheit ist das Joule...Viele einführende Texte definieren Energie in anschaulicher, allerdings nicht allgemeingültiger Form als Fähigkeit, mechanische Arbeit zu verrichten."*<sup>3</sup> Das ist für den Lernprozess aber genauso wenig hilfreich, wie die Feststellung, dass Energie die zeitliche Entwicklung von physikalischen Systemen bestimmt und nach Einsteins Relativitätstheorie eine Masseäquivalent darstellt. Praktischer erscheint es nach Differenzierungsmerkmalen zu suchen, nach zentralen Aspekten des Energiebegriffs und sich bei Beispielen und (Lern-) Aufgaben darauf zu beziehen.

Duit<sup>4</sup> unterteilt in fünf Bereiche, (I) das Wesen der Energie, (II) Austausch von Energie zwischen offenen Systemen, (III) Erscheinungsformen der Energie, (IV) Energieumwandlungen als Nullsummenspiel in einem geschlossenen System und (V) Änderung des Verwendungswertes der Energie.

Die Physik nimmt für sich eine umfassende Betrachtung aller fünf Aspekte in Anspruch. Die Biologie und Chemie hingegen konzentrieren sich auf den Energieaustausch (II) und die Energieumwandlungen (III). Die Frage danach, was Energie ist, spielt demnach im Chemieunterricht keine Rolle! Zentrale Bedeutung besitzen mit Blick auf die Lernprogression die Eigenschaften Speicher-, Transport- und Umwandlungsfähigkeit, ebenso wie das Prinzip der Energieerhaltung und die Möglichkeiten der (Verhinderung der) Energieentwertung.

In Folge dessen besitzen Lernaufgaben in der Chemie dann einen besonderen Stellenwert, wenn sie für diese Bereiche das Basiskonzept stützen. Die folgenden Lernaufgaben bieten eben diese auf den Eigenschaften von Energie basierenden Beispiele für die Ausbildung und Erweiterung eines (individuellen) Basiskonzeptes.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein konzeptionelles Verständnis die Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzen soll, die Bedeutung und den Nutzen, aber auch die Gefahren des extensiven Energiegebrauches durch den Menschen einzuschätzen und verschiedene Möglichkeiten der Energiegewinnung, -aufbereitung und -nutzung unter naturwissenschaftlichen, betriebswirtschaftlichen, ökologischen und ethischen Aspekten zu vergleichen und zu bewerten, sowie deren gesellschaftlichen Relevanz und Akzeptanz zu diskutieren. Dies sollte ohne Definition, aber mit hinreichenden aus dem Alltag der Schüler extrahierten Beispielen erfolgen, so dass der Schüler eine einheitliche und übergreifende Leitidee vom Energiebegriff erhält (und in die Konzeption einbettet), aber auch fachspezifisch in der Schwerpunktsetzung und der Wahl der Perspektive differenzieren lernt.

[1] <http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/kernlehrplaene-sek-i/gymnasium-g8/chemie-g8/kernlehrplan-chemie/kernlehrplan-chemie-g8.html>

[2] Demuth/Ralle/Parchmann, ChemKon 2/2005

[3] <http://de.wikipedia.org/wiki/Energie>

[4] Duit, R: Der Energiebegriff im Physikunterricht. Kiel: IPN, Kiel 1986

[5] Schecker/Theyßen, Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Heft 100/101

[6] [www.leisen.studienseminar-koblenz.de](http://www.leisen.studienseminar-koblenz.de)

## LERNAUFGABEN – BEISPIELE

---

Die folgenden Beispiele sind modular an verschiedenen Stellen im Unterricht einsetzbar und basieren entweder auf Redox- oder auf Lösungsvorgängen.

Die Grundlage für die Konstruktion und Verwendung sowohl von elektrischen als auch von Wärme-Akkumulatoren bilden reversible Prozesse. Liegt bei der elektrischen Energiespeicherung in der Regel eine Ladungstrennung zu Grunde, benötigt man für Wärmespeicher ein System in mindestens zwei sich energetisch unterscheidbaren Zuständen (Aggregatzustände, Phasen, etc.). Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe müssen leicht induzierbar (verknüpft mit möglichst geringer zusätzlicher Energieentwertung) und die Zustände stabil, zumindest aber metastabil sein.

Energiezufuhr ändert dabei einen Systemparameter (z.B. Struktur, Ordnung). Die Energieentnahme kehrt den Vorgang nach möglichst einfacher aber zuverlässiger Aktivierung um und setzt die im System gespeicherte Energie wieder frei. Eben diese Energie- bzw. Wärmespeicher haben wir untersucht und im Rahmen der Fortbildung vorgestellt.

Sowohl bei den Wärmeumschlägen (**ThermaCare**) als auch bei den Trekking-Mahlzeiten (**heatermeals**, **MRE**) liegen der Energiefreisetzung Redoxreaktionen zugrunde - die Energie ist sozusagen in den chemischen (Ver-)Bindungen geparkt. Bei beiden Wärmespeichern verlaufen die Prozesse exotherm. Bei den heatermeals bildet sich nach Zugabe von Salzwasser zu einem Eisen/Magnesium-Gemisch ein Lokalelement, wohingegen bei ThermaCare die Energiefreisetzung im Wesentlichen auf der Reaktion von fein verteiltem Eisenpulver mit (Luft-) Sauerstoff in Anwesenheit von Aktivkohle beruht. Beide Prozesse lassen sich didaktisch auf die im Manuskript (S. ) veröffentlichten Reaktionsgleichungen reduzieren. Die freigesetzte Wärmeenergie kann als Reaktionsenthalpie beschrieben und ermittelt werden. Die vorgestellten Lernaufgaben können somit z. B. zum Einstieg in die das Inhaltsfeld freiwillige und erzwungene Elektronenübertragung oder zur Verdeutlichung von Lokalelemente genutzt werden. Auch der Einsatz des MRE im Zusammenhang der Einführung der Familie der Erdalkalimetalle ist denkbar.

Beim „**Heißen Kakao in 40 Sekunden**“ handelt es sich ebenso wie bei den „**Einmalkühlkomresse - Schnelle Hilfe auf dem Sportplatz**“ um exotherme bzw. endotherme Lösungsvorgänge. Die Lernaufgaben sind daher z. B. beim Einstieg in die Ionenbindung oder aber auch beim Zusammenführen polarer Elektronenpaarbindungen und der Ionenbindung (Lösevorgänge) einsetzbar.

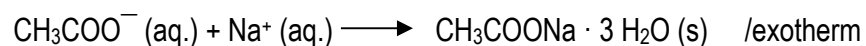
Obwohl sowohl bei der Kühlkomresse (coldpack), dem selbstwärmenden Getränk (hotpot) als auch dem Wärmekissen (auf Natriumacetatbasis) Löse-/Kristallisationvorgänge die Temperaturänderung hervorrufen, muss man im Rahmen einer Energiebetrachtung etwas genauer hinschauen und gezielt abwägen, in wie weit man die Vorgänge unter dem Gesichtspunkt Energieumsatz analysieren möchte.

Theoretisch kann man den Begriff der Lösungswärme (Lösungsenthalpie) einführen und wie gewohnt (undifferenziert) zwischen exothermen und endothermen Prozessen unterscheiden. Möchte man aber durch den Vergleich von hotpot und coldpack im Rahmen eines Modells sowohl die Erwärmung als auch die Abkühlung erklären, ist man gezwungen weitere Bezeichnungen für "Energieformen" einzuführen. Nur zwei nacheinander ablaufende Prozesse (Trennung der Ionen und Anlagerung von

Wassermolekülen) die mit Blick auf den Energieumsatz in Konkurrenz zueinander stehen, erklären beim gleichen Vorgang (Auflösen eines Salzes) unterschiedliche Temperaturentwicklungen. Der Begriff Lösungsenergie selbst bildet in diesem Fall als Bezeichnung nur den Mantel und beschreibt letztlich das Zusammenwirken von Gitterenergie und Hydratationsenergie. Ist die Gitterenergie größer als die Hydratationsenergie, erfolgt das Auflösen unter Abkühlung (coldpack). Im umgekehrten Fall erwärmt sich die Lösung (hotpot).

Die Frage, weshalb sich Salze unter Energieaufnahme (endothermer Prozess) spontan auflösen ist berechtigt und erfordert streng genommen die Erweiterung des Konzeptes um den Begriff der Entropie. Eine Möglichkeit den Begriff zu umschiffen besteht darin, lediglich den Ordnungszustand des Systems als weitere Triebkraft chemischer Reaktionen zu benennen. Beim Lösungsvorgang gehen aus einem hoch geordneten Kristall (z.B. Ammoniumnitrat, s. coldpack) Ionen in Lösung, in der sie sich weitestgehend frei bewegen können. Die ungerichtete Eigenbewegung der Teilchen führt dann zu einer Gleichverteilung der Ionen in der Lösung. Die Zunahme an Beweglichkeit der Ionen ist verknüpft mit der Zunahme an Unordnung. Dabei ist es naheliegend, dass die Ordnung, bzw. Unordnung eng verknüpft mit der Temperatur ist. Lediglich die Betrachtung der Summe der Triebkräfte (Energieumsatz und Änderung des Ordnungszustands) gestattet unter Berücksichtigung der Temperatur eine Aussage über die Spontanität einer Reaktion.

Beim Wärmekissen auf Natriumacetatbasis treten neue Aspekte in den Vordergrund. Anstelle eines Lösungsvorgangs liegt hier bei der Energiefreisetzung ein Kristallisationsprozess vor. Vereinfacht lässt sich der Vorgang durch die folgende Reaktionsgleichung wiedergeben (bzw. darauf reduzieren):



Die Energie ist latent im System gespeichert, den Zustand in der übersättigten Lösung bezeichnet man als metastabil. Nur ein kleiner Teil der freigesetzten Energie ist dabei auf die eigentliche Kristallisation zurück zu führen. Der überwiegende Teil rührt von der Ausbildung eines Wassermolekülgitters im Ionengitter her. Dass heißt wir summieren die Energiebeträge simultan ablaufender exothermer Vorgänge auf. Der Zugang wird womöglich für Schüler erleichtert, wenn man sich den Vorgangs des Speicherns der Wärmeenergie ("Laden" des Wärmekissens) anschaut. Erwärmt man Natriumacetat-Trihydrat so bricht zunächst das Wassermolekülgitter zusammen (Abspaltung des Kristallwassers) und das Salz löst sich in der Folgezeit im eigenen Kristallwassers.

## Lernaufgabe: Hot pots – heißer Kaffee in 40 s

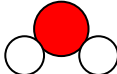




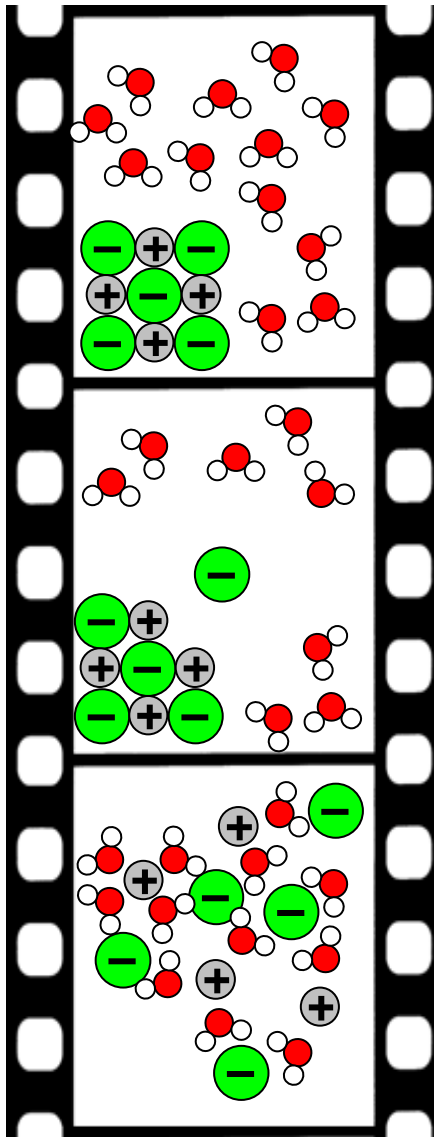
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Vorgaben</b></p>	<p>Die Firma Caldo Caldo verkauft Trinkbecher mit der Aufschrift „Hot Cappuccino, Hot Coffee oder Crema de Tomate – Hot in 40s“ für ca. 2 Euro.</p> <p>Zur Erwärmung des Getränks empfiehlt der Hersteller folgende Vorgehensweise: Boden des Bechers eindrücken –verschlossenen Becher 40s kräftig schütteln – Aluminiumdeckel abziehen und fertig!</p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Arbeitsauftrag</b></p>	<p>Ihr arbeitet als Autorenteam für ein anerkanntes Outdoor-Zeitschriftenmagazin und sollt für eure Leser dieses Produkt testen, beschreiben und bewerten.</p> <p>Ihr habt nun den Auftrag,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das Getränk – entsprechend der Bedienungsanleitung – zu erwärmen. Achtung: Keine Geschmacksproben durchführen, da das Verfallsdatum überschritten ist! Getränketemperatur ermitteln!</li> <li>• den <b>Aufbau und die genaue Funktionsweise des Bechers</b> herauszufinden, zu beschreiben und zu erklären</li> <li>• <b>Verwendungsmöglichkeiten</b> zu erörtern und</li> <li>• das Produkt unter <b>ökonomischen</b> (wirtschaftlichen) und <b>ökologischen</b> (die Natur betreffenden) <b>Aspekten</b> zu betrachten und zu bewerten sowie ggf. <b>Alternativen</b> zu diskutieren</li> <li>• ggf. noch offene Fragen zu benennen.</li> </ul> <p>Eure Arbeitsergebnisse sollt ihr der Redaktion zunächst in Form eines Plakates vorstellen. Als Hilfe stehen Euch unten angegebenen Zusatzinformationen, <b>Hilfekarten</b> und Abbildungen (auch als Kopien für das Plakat) sowie eine Experimentierbox und Euer Chemiebuch zur Verfügung. <b>Jedes Mitglied</b> der Arbeitsgruppe muss in Lage sein, den Vortrag zu halten und bedenkt, dass die Redaktion sehr viel Wert auf <b>einen fachlich und fachsprachlich korrekten Vortrag</b> legt.</p> <p>Zusatzauftrag:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Überlegt gemeinsam, wie der alternative Getränkebecher für Eistee oder Eiskaffee funktionieren könnte.</li> </ul>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Zusatzinformationen und Materialien</b></p>	<p><b>Inhalte der Experimentierbox:</b></p> <p><b>Material:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ein selbsterwärmender Getränkebecher</li> <li>• ein aufgeschnittener Getränkebecher und die Inhaltstoffe des Bechers (am Lehrerpult)</li> <li>• Reagenzgläser, Thermometer, Magnesiastäbchen</li> </ul> <p><b>Chemikalien:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaliumchlorid</li> <li>• Natriumchlorid</li> <li>• Calciumchlorid Xi R36,S2,S22,S24</li> <li>• destilliertes Wasser</li> </ul>	<p><b>Informationen aus <a href="http://www.dauerbrot.de">www.dauerbrot.de</a>:</b></p> <p>Kaufen Sie sich bei uns etwas Unabhängigkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• für Zuhause, z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>-als <b>Lebensmittel-Vorrat</b></li> <li>- wenn Sie krankheitsbedingt das Haus nicht verlassen können</li> <li>-für die <b>schnelle Küche</b></li> <li>-als <b>Snack</b> für zwischendurch</li> <li>-vor wetterbedingtem <b>Zivilisations-Ausfall</b></li> </ul> </li> <li>• für unterwegs, z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>-als <b>Reiseproviant</b> (z.B. für Stau-erprobte Trucker, Vielfahrer, Auslandsreisen)</li> <li>-für <b>Outdoor-Aktivitäten</b> (z.B. angeln, segeln, kanufahren, biken, u.v.m.)</li> </ul> </li> <li>• für Rettungs- und Einsatzkräfte <ul style="list-style-type: none"> <li>-für Retter und Opfer</li> <li>-warmes Essen ohne Feuer oder Strom.</li> </ul> </li> </ul>

# Hilfe Nr. 1: Lösevorgänge eines Salzes in Wasser auf Teilchenebene

Wir betrachten den Lösungsvorgang im Modell und tun so, als liefere er als Film ab:

**Legende:**

	Wassermolekül
<hr/>	
	beliebiges Kation
<hr/>	
	beliebiges Anion
<hr/>	



---

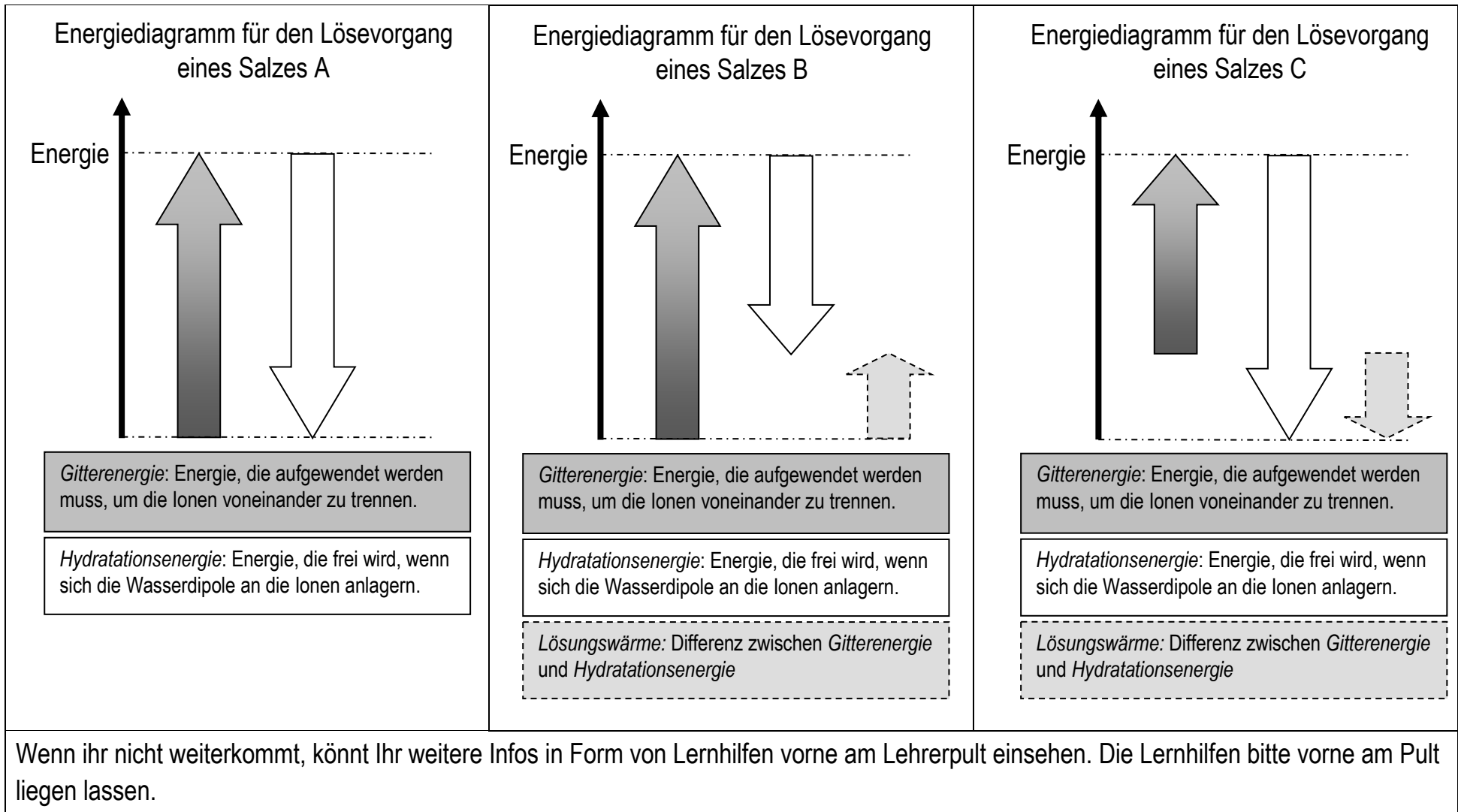
---

---

## So kannst du vorgehen:

- ▶ Ergänze die fehlenden Teilladungen beim Wassermolekül in der Legende.
- ▶ Im mittleren Bild fehlen Wassermoleküle - zeichne diese sinnvoll hinein.
- ▶ Schreibe einen erklärenden Text daneben, verwende folgende Begriffe: **anlagern, Ionenbindung, Kation, Anion, lockern, lösen, Energie, Dipol.**
- ▶ Ergänze dann mit den weiteren Hilfen: **exotherm, endotherm, Hydratationsenergie, Gitterenergie**

## Hilfe Nr. 2: Energiediagramme für die Lösungsvorgänge verschiedener Salze



## Lernhilfen zu den Lösevorgängen auf Teilchenebene

I.	Die Bindungselektronen im Wassermolekül sind symmetrisch zwischen dem Sauerstoff- und dem Wasserstoffatom angeordnet. Sauerstoff hat eine höhere Elektronegativität als Wasserstoff und zieht die Bindungselektronen näher zu sich heran. Welche Auswirkungen hat das auf die Teilladungen?
II.	Wassermoleküle sind Dipole. Die Bindungselektronen sind näher beim Sauerstoff als bei den beiden Wasserstoffatomen im Wassermolekül. Damit ist die Seite mit dem Sauerstoffatom (hier rot gekennzeichnet) teilweise negativ geladen, die Seite mit den Wasserstoffatomen teilweise positiv geladen. Teilladungen werden mit dem griechischen Buchstaben $\delta$ (delta) gekennzeichnet. Zeichne die Teilladungen des Wassermoleküls ein (s. Legende).
III.	Das positiv polarisierte Ende des Wassermoleküls zieht die Anionen an, das negativ polarisierte Molekülende zieht die Kationen an. Überprüfe die Orientierung der Wassermoleküle im „Filmausschnitt“.

## Lernhilfen zu den Energie-Diagrammen

I.	Die Länge der Pfeile im Energiediagramm entspricht einem bestimmten Energiebetrag bzw. einer bestimmten Energiemenge.
II.	Die Richtung der Pfeile im Energiediagramm gibt an, ob für einen Vorgang Energie benötigt wird (Pfeil nach oben) oder ob durch einen Vorgang Energie freigesetzt wird (Pfeil nach unten).
III.	Bei Raumtemperatur besitzt Wasser einen gewissen Energiegehalt. Wasser mit einer im Vergleich höheren bzw. niedrigeren Temperatur besitzt einen höheren bzw. niedrigeren Energiegehalt.
IV.	Man spricht auch von exothermen und endothermen Lösungsvorgängen.



## Lernhilfen zu ökonomischen und ökologischen Bewertungsaspekten und Alternativen

### I. Ökonomische Aspekte:

- Einkaufspreis
- Kosten des Inhalts und der Verpackung
- Transportkosten
- Lagerhaltungskosten
- Absatzmärkte
- .....

### II. Ökologische Aspekte:

Umweltbelastungen durch

- Herstellung der Ausgangsmaterialien
- Energieverbrauch durch Transportkosten
- Entsorgung des Mülls
- .....

### III. Alternativen:

Stell dir vor, du planst ...

- eine Wanderung mit Übernachtung im Zelt ...
- eine längere Autofahrt auf einer stauanfälligen Strecke ..

... und möchtest ein heißes Getränk genießen.

Gibt es Alternativen zum selbsterwärmenden Getränkebecher?

**Tabelle zur Einschätzung der Arbeit in der eigenen Gruppe:**

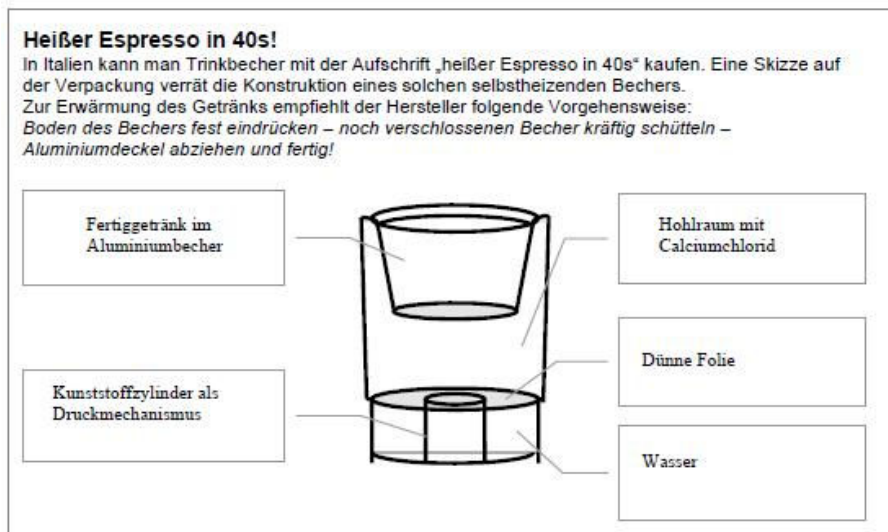
	<b><i>In unserem Vortrag ...</i></b>	<b><i>ja</i></b>	<b><i>nein</i></b>	<b><i>Bemerkungen:</i></b>
1.1	wird der Getränkebecher vorgestellt und Verwendungsmöglichkeiten erörtert.			
1.2	.... wird der Aufbau des Getränkebechers beschrieben.			
1.3	... wird die Funktionsweise unter Verwendung der Fachbegriffe (z.B. Ionengitter, Wasserdipole, Gitterenergie, Hydratationsenergie, Lösungswärme/Lösungsenergie) erklärt.			
1.4	... wird das Produkt unter ökonomischen und ökologischen Aspekten bewertet und ggf. Alternativen diskutiert.			
	<b><i>Unser Plakat enthält ...</i></b>	<b><i>ja</i></b>	<b><i>nein</i></b>	<b><i>Bemerkungen:</i></b>
2.1	eine Überschrift und eine übersichtliche Struktur mit Nummerierung			
2.2	die wichtigsten Infos <u>stichwortartig</u> formuliert.			
2.3	beschriftete Skizzen/Abbildungen.			

**Tabelle zur Einschätzung der Präsentation und Vorbereitung des Feedbacks für eine andere Gruppe:**

	<b><i>In unserem Vortrag ...</i></b>	<b><i>ja</i></b>	<b><i>nein</i></b>	<b><i>Bemerkungen:</i></b>
1.1	wird der Getränkebecher vorgestellt und Verwendungsmöglichkeiten erörtert.			
1.2	.... wird der Aufbau des Getränkebechers beschrieben.			
1.3	... wird die Funktionsweise unter Verwendung der Fachbegriffe (z.B. Ionengitter, Wasserdipole, Gitterenergie, Hydratationsenergie, Lösungswärme/Lösungsenergie) erklärt.			
1.4	... wird das Produkt unter ökonomischen und ökologischen Aspekten bewertet und ggf. Alternativen diskutiert.			
	<b><i>Unser Plakat enthält ...</i></b>	<b><i>ja</i></b>	<b><i>nein</i></b>	<b><i>Bemerkungen:</i></b>
2.1	... eine Überschrift und eine übersichtliche Struktur mit Nummerierung			
2.2	... die wichtigsten Infos <u>stichwortartig</u> formuliert.			
2.3	... beschriftete Skizzen/Abbildungen.			

# Informationen für die Lehrenden – Tipps & Troubleshooting

## Skizzierter Aufbau des Bechers:



aus :

<http://www.studienseminar-koblenz.de/medien/fachseminare/CH/02%20Die%20Ausbildung%20im%20Fachseminar%20Chemie/3%20Aufgaben%20im%20Chemieunterricht.pdf>

## Funktionsweise:

Das im Becher enthaltene Fertiggetränk wird durch die Lösungswärme erwärmt, die beim Lösungsprozess von Calciumchlorid in Wasser entsteht. Die Lösungswärme (auch: Lösungsenthalpie  $\Delta H$ ) ergibt sich aus der Differenz der Gitterenergie und der Hydratationsenergie (Definitionen s. Hilfefkarten). Ist, wie beim wasserfreien Calciumchlorid, die Hydratationsenergie deutlich größer als die Gitterenergie, wird die Differenz in Form von Wärme an das Wasser abgegeben. Ist jedoch die Gitterenergie, wie beim Kaliumchlorid, größer als die Hydratationsenergie, wird der zum Auflösen fehlende Energiebetrag dem Lösungsmittel in Form von Wärme entzogen. Die Lösung kühlt sich ab. Kaliumchlorid würde sich demnach für den Bau eines selbstkühlenden Getränkebechers eignen (s. Zusatzaufgabe). Sind Gitter- und Hydrationsenergie annähernd gleich groß, kommt es beim Lösungsvorgang zu keiner Temperaturänderung (s. Natriumchlorid).



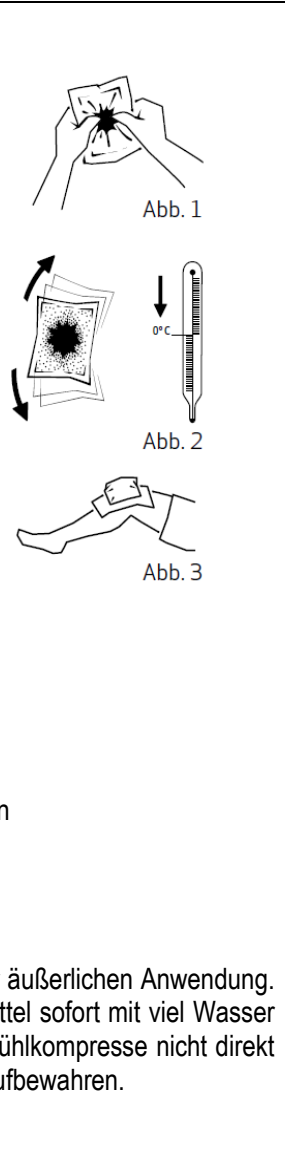
## Lernvoraussetzungen:

1. Der Ionenbegriff und der Aufbau von Salzkristallen, Gitterenergie (Inhaltsfeld 6)
2. Molekulare Struktur und Dipol-Funktion des Wasser-Moleküls, Hydratation, Hydratationsenergie (Inhaltsfeld 8)

## Didaktische Hinweise:

Um die Schülerinnen und Schüler zur Lösung der Problemstellung: „Wie funktioniert ein selbsterwärmender Getränkebecher?“ herauszufordern, sie dabei jedoch fachlich nicht zu überfordern, ist es sinnvoll, dass sie bereits über die o.g. Lernvoraussetzungen verfügen. Diese müssen sie dann zur Lösung des Problems anwenden. Darüber hinaus erarbeiten sie sich jedoch einen weiteren bisher unbekanntem fachlichen Zusammenhang – und zwar das Zusammenspiel von Gitter- und Hydratationsenergie zur Erklärung von Temperaturänderungen bei Lösungsvorgängen. Auch wenn der Begriff „Lösungswärme“ nicht zu den im KLP genannten verbindlichen inhaltlichen Schwerpunkten gehört, erleben die Schülerinnen und Schüler im Rahmen dieser Aufgabe, wie sie ihr vorhandenes und neu erworbenes chemischen Fachwissen zur Lösung der – *mehr oder weniger alltagsbedeutsamen* – aber motivierenden Fragestellung nutzen können. Die Tatsache, dass die selbsterwärmenden Becher *nach und nach vom Markt verschwinden* kann und sollte man thematisieren, um die Chance des Kompetenzauf- bzw. -ausbaus im Bereich der prozessbezogenen Kompetenz „Bewertung“ zu nutzen.


# Lernaufgabe: Kühlpacks – einmal knicken, dann wird's kalt

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Vorgaben</b></p>	<p>Bei Verstauchungen, Blutergüssen, Mückenstichen wird als Sofortmaßnahme empfohlen, die betroffene Körperregion zu kühlen. Neben dem Eisbeutel, den Tiefkühlerbsen (Oma's Geheimtipp) und den sogenannten Gelpacks haben sich in der letzten Zeit immer mehr die Einmal-Kühlkompressen (Eispacks) in den Vordergrund gespielt.</p> <p>Beschäftigt Euch zunächst mit dem Eispack und klärt den "Kühlmechanismus". Entwickelt anschließend als Produktdesigner in Kleingruppen ein <b>selbstkühlendes Getränk</b>, um es dann in einer Pressekonferenz der staunenden Öffentlichkeit vorzustellen.</p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Arbeitsauftrag -1-</b></p>	<p>Ihr habt zunächst den Auftrag <b>gemeinschaftlich</b>,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>die Kühlkomresse, entsprechend der Bedienungsanleitung (<b>Material -1-</b>), zu aktivieren.</li> <li>den <b>Aufbau und die Funktionsweise der Kühlkomresse</b> herauszufinden, <b>kurz</b> zu beschreiben und die Kühlkomresse mit den gängigen Alternativen (Eisbeutel, Tiefkühlerbsen und Gelpack) zu vergleichen und die Vor- und Nachteile abzuwägen.</li> </ul>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Material -1-</b></p>	<p><b>Gebrauchsanweisung</b></p> <p>Die Kühlkomresse kommt hauptsächlich bei Sportverletzungen wie Verstauchungen, Zerrungen und Prellungen zum Einsatz, ist aber auch geeignet bei leichten Verbrennungen oder Zahnschmerzen. Durch die Kühlung kann das Anschwellen der verletzten Bereiche gemindert und der Schmerz gelindert werden. Die gewünschte Kühltemperatur von ca. 0° C wird erreicht, indem der innere Beutel in der Kühlkomresse durch kräftiges Drücken zum Platzen gebracht wird. Die Bildung von Kondenswasser auf der Beuteloberfläche ist normal.</p> <p>Die Kühlkomresse ist nur einmal verwendbar. Die Entsorgung der Kühlkomresse erfolgt über den Hausmüll bzw. die Müllabfuhr oder den Inhalt weiter verdünnt als Dünger im Garten verwenden. Bitte nutzen Sie die Kühlkomresse ausschließlich zu dem dafür vorgesehenen Zweck. Achten Sie darauf, dass dieses Produkt nicht in die Hände von Kindern oder unbefugten Personen gelangen kann.</p> <p><b>Anbringungsorte</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Beutel an einem Ende fassen und Inhalt nach unten schütteln.</li> <li>2. Die Kühlkomresse mit beiden Händen kräftig drücken (Abb. 1).</li> <li>3. Schütteln Sie die Kühlkomresse (Abb. 2).</li> <li>4. Legen Sie ein Tuch oder ein Stück Stoff auf die verletzte Stelle und legen Sie die Kühlkomresse auf das Tuch/den Stoff (Abb. 3). Stellen Sie sicher, dass offene Wunden vor der Kühlung verbunden sind.</li> <li>5. Bei Sportverletzungen empfiehlt sich zusätzlich das Hochlagern der verletzten Stelle und ein Salbenverband.</li> <li>6. Kühlen Sie die verletzte Stelle 15 bis 20 min.</li> <li>7. Dies ist eine Erste-Hilfe-Massnahme. Suchen Sie bei Bedarf einen Arzt auf.</li> </ol> <p><b>Sicherheitshinweise:</b> Direkten Kontakt mit dem Kühlmittel vermeiden. Nur zur äußerlichen Anwendung. Kühlkomresse nicht in den Mund nehmen. Bei Augenkontakt mit dem Kühlmittel sofort mit viel Wasser das geöffnete Auge 15 min. ausspülen und danach einen Arzt kontaktieren. Kühlkomresse nicht direkt auf die Haut legen. An einem kühlen, trockenen, vor Kindern geschützten Ort aufbewahren.</p>	

<b>Arbeitsauftrag -2-</b>	<p><b>Als Produktdesigner sollt Ihr nun arbeitsteilig ein selbstkühlendes Getränk entwickeln und am Markt platzieren.</b> Bildet nun selbstständig vier <b>Arbeitsgruppen</b> (Chemie, Werbung, Physik und Technik), bearbeitet die unten stehenden Aufgaben und bereitet in den Gruppen einen <b>Kurzvortrag</b> mit Euren Ergebnissen vor.</p> <p>Aufgabe (<a href="#">Gruppe Technik</a>): Entwickelt eine Konstruktion für den optimalen Behälter. Welchen Anforderungen muss er genügen? Wie soll er aufgebaut sein? Aus welchem Material/ welchen Materialien sollte er bestehen. Dokumentiert Eure Ergebnisse. Begründet Eure Aussagen kurz aber sorgfältig.</p> <p>Aufgabe (<a href="#">Gruppe Werbung</a>): Wie soll das Produkt heißen? Für welche Zielgruppe wurde es entwickelt? Welche Besonderheiten weist es auf und wie setzt es sich von vergleichbaren Produkten ab? Wo soll es zur Anwendung kommen? Entwickelt einen beschreibenden Text, in dem Ihr alle Vorzüge hervorheben. Erläutert Eure Vorgehensweise.</p> <p>Aufgabe (<a href="#">Gruppe Chemie</a>): Auf dem Lehrertisch findet Ihr unterschiedliche Chemikalien. Prüft, unter zur Hilfenahme des ausgegebenen Materials (Box 2), die Eignung dieser Substanzen für die Entwicklung eines selbstkühlenden Getränks. Überlegt Euch, welche Kriterien für die Auswahl geeigneter Chemikalien maßgeblich sind und recherchiert unter diesen Gesichtspunkten nach möglichen Substanzen. Bewertet die ausgegebenen Substanzen mit Blick auf deren Eignung und beschreibt kurz Eure Recherchestrategie.</p> <p>Aufgabe (<a href="#">Gruppe Physik</a>): Wie lässt sich die maximale Kühldauer gewährleisten? Worauf muss man achten? Verwendet zur Überprüfung Ihrer Ideen das ausgegebene Experimentiermaterial. Gibt es Materialien die besser geeignet sind? Fasst Eure Ergebnisse systematisch zusammen.</p>
<b>Material -2-</b>	<p>Gruppe "<a href="#">Chemie</a>":</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Natriumchlorid, Ammoniumchlorid, Harnstoff, Dünger (Kalkammonsalpeter), Ammoniumnitrat, Calciumcarbonat (<b>am Lehrerpult</b>)</li><li>• Schutzbrillen, 6 Reagenzgläser, Thermometer, Spatel, Stopfen (<b>Box 2</b>)</li><li>• <i>Computer mit Internetzugang</i></li></ul> <p>Gruppe "<a href="#">Werbung</a>"/Gruppe "<a href="#">Technik</a>" :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Folie, Folienstift (non-permanent), Blätter (A3, A4)</li><li>• <i>Computer mit Internetzugang</i></li></ul> <p>Gruppe "<a href="#">Physik</a>":</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Pflanzendünger (Kalkammonsalpeter),</li><li>• Reagenzgläser, Thermometer, Schutzbrillen, Spatel, Stopfen, 2 Bechergläser (50ml), div. Materialien (Stahlwolle, Watte, Alufolie, Beutel mit Sand, etc.) (<b>Box 1</b>)</li></ul>

## Informationen für den Lehrenden

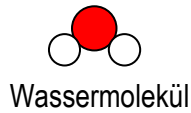
## Lernaufgabe: ... eiskalte Hände und nützliche Taschenwärmer

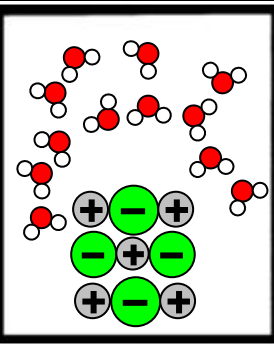
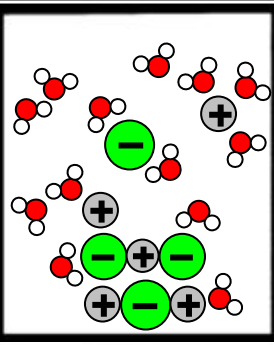
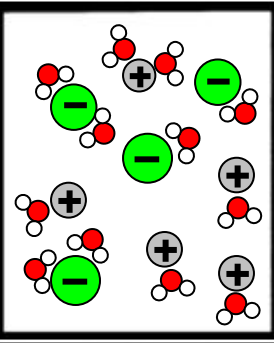
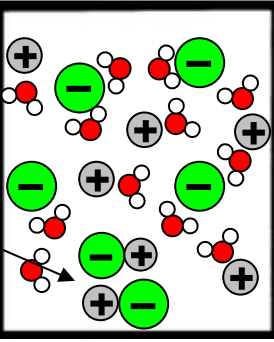
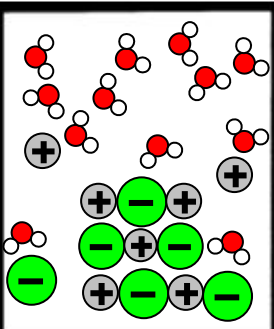
<b>Vorgaben</b>	<p>Kalte Hände sind im Winter unangenehm und sogar schmerzhaft. Manchmal helfen selbst dicke Handschuhe nicht mehr. Dann kann man so genannte Taschenwärmer oder chemische Heizkissen verwenden (Bild rechts oben). Mit einem kleinen Knick auf das darin enthaltene Metallplättchen wird sein Inhalt fest und gleichzeitig wird angenehme Wärme frei.</p> 
<b>1. Vorversuche A und B</b>	<p>Arbeite die folgenden Vorversuche durch und lies den kleinen Info-Text. Dann wirst Du in der Lage sein, ein einfaches Wärmekissen selber zu bauen (s. Versuch nächste Seite). Die Funktionsweise sollst Du mit der Lernaufgabe (nächste Seite) erarbeiten.</p> <p><b>Vorversuch A: Wärmekissen in Aktion:</b> Aktiviere und regeneriere den Taschenwärmer. Führe einen Versuch durch, mit dem Du die maximale Temperatur bei der Aktivierung des Wärmekissens ermitteln kannst.</p> <p><b>Vorversuch B: Was ist drin im Wärmekissen:</b> Öffne ein inaktives Wärmekissen und entnimm seinen festen Inhalt. Führe folgende Tests durch:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Halte einen Streifen Watesmo-Papier an die Masse.</li><li>2. Gib zu einer kleinen Probe einige Tropfen konzentrierte Schwefelsäure und führe eine vorsichtige Geruchsprobe durch.</li></ol> <p><b>Info-Text:</b> In einem handelsüblichen Wärmekissen ist hauptsächlich das Salz Natriumacetat enthalten. Natriumacetat ist das Natriumsalz der Essigsäure. Die Salze der Essigsäure bezeichnet man als Acetate. Das Salz Natriumacetat ist aus positiven Natrium-Ionen (<math>\text{Na}^+</math>) und negativen Acetat-Ionen (abgekürzt: <math>\text{Ac}^-</math>) aufgebaut. Man kürzt die Verbindungsformel mit „<math>\text{NaAc}</math>“ ab.</p> <p>Wie lassen sich die Beobachtungen von Versuch 2 mit diesen Informationen in Beziehung bringen?</p>

<b>2. Bau eines Taschenwärmers</b>	<p><b>Versuch: Bau eines Taschenwärmers</b></p> <p><i>Chemikalien und Geräte:</i> Kunststoff-Beutel (100 mL), 2 Bechergläser (ca. 400 mL), davon eines als Eisbad, Thermometer, Kochplatte, (evtl. Leitfähigkeitsfühler), geknicktes Metallblech (z.B. ein Stück Magnesiumband oder Kupferblech), Holzklammer, Natriumacetat, Wasser</p> <p><i>Durchführung:</i> Wiege 30 g Natriumacetat ab und gib es in den Beutel. Füge 3 mL Wasser hinzu.</p> <p>Fülle das Becherglas etwa zur Hälfte mit Wasser und tauche den Beutel in das Wasserbad (mit Holzklammer am Becherglasrand befestigen). Stecke das Thermometer in die Mischung und erwärme das Wasserbad mit der Kochplatte. Beobachte die Temperatur, bei der die Mischung flüssig wird.</p> <p>Nimm den Beutel aus dem Wasserbad, wenn der gesamt Inhalt flüssig geworden ist und lass ihn langsam ungestört (!) abkühlen. Wenn der noch flüssige Beutelinhalt etwa Zimmertemperatur erreicht hat, gibst Du das Metallstück oder ein paar Natriumacetat-Kristalle hinein. Das Wärmekissen müsste nun aktiviert werden.</p> <p><b>Zusatz-Info zu Natriumacetat:</b></p> <p>Natriumacetat ist extrem gut in Wasser löslich. Bei Zimmertemperatur lösen sich in 1 Liter Wasser ca. 762 g Salz. Bei höheren Temperaturen wird die Löslichkeit noch weiter gesteigert.</p> <p>Neben Natriumacetat ist in dem Wärmekissen auch Wasser enthalten.</p> <p>Wie lässt sich die Information mit den Beobachtungen von Versuch 3 in Beziehung bringen?</p>
<b>3. Lernaufgabe</b>	<p><b>So funktioniert ein Wärmekissen.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ihr habt den Auftrag, die Vorgänge beim Taschenwärmer modellhaft in einem Trickfilm darzustellen. Die Erstellung eines Trickfilms wäre jetzt natürlich zu zeitaufwändig. Man kann aber die Abbildungen unten in den Filmstreifen neben die bei dem Taschenwärmer gemachten Beobachtungen einsetzen, um wichtige Ausschnitte aus dem Film festzuhalten.</li> <li>• Es wäre natürlich gut, wenn der Trickfilm mit Ton wäre. Schreibt daher zu den einzelnen Bildern des Films jeweils eine kurze Erklärung. Berücksichtigt dabei folgende Zusatzinfo:</li> </ul> <p>Präsentiert Eure Bilder und Euren Text vor der Klasse.</p> <p><b>Zusatz-Info:</b></p> <p>Man unterscheidet exotherme und endotherme Vorgänge. Bei exothermen Vorgängen wird Wärmeenergie verfügbar, also frei gesetzt, bei endothermen Vorgängen muss Energie aufgewandt werden.</p> <p>Um Teilchen, die sich über entgegen gesetzt geladene Ladungen anziehen, zu trennen, benötigt man Energie (endotherm). Können sich entgegen gesetzt geladene Ladungen wieder aneinander lagern, so wird Energie frei gesetzt (exotherm).</p>



Der Taschenwärmer im „Trickfilm“:

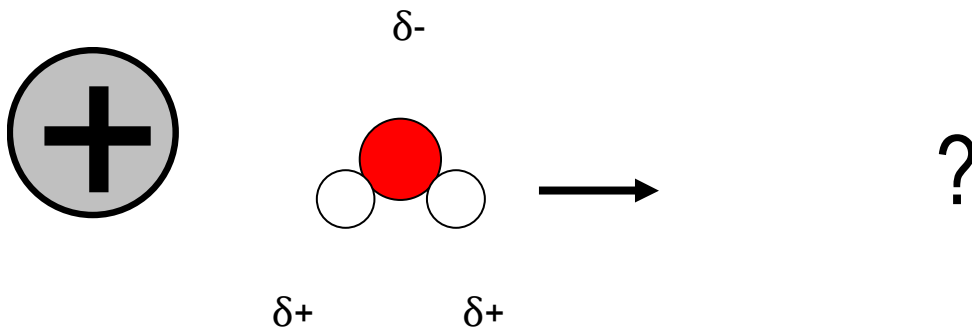


Beobachtungen	„Trickfilm“	Kommentar
<p>Szene 1:</p> <p>Festes Salz in Wasser</p> <p>Temperatur: 20°C</p>		
<p>Szene 2:</p> <p>Mischung wird erhitzt.</p> <p>Mischung wird flüssig.</p> <p>Temperatur: 57°C</p>		
<p>Szene 3:</p> <p>Mischung ist flüssig und wird abgekühlt; sie bleibt flüssig.</p> <p>Temperatur: 20 °C</p>		
<p>Szene 4:</p> <p>Zugabe von Kristallen.</p> <p>Noch flüssige Mischung wird fest.</p>		
<p>Szene 5:</p> <p>Taschenwärmer aktiv.</p> <p>Temperatur steigt auf ca. 57 °C.</p>		

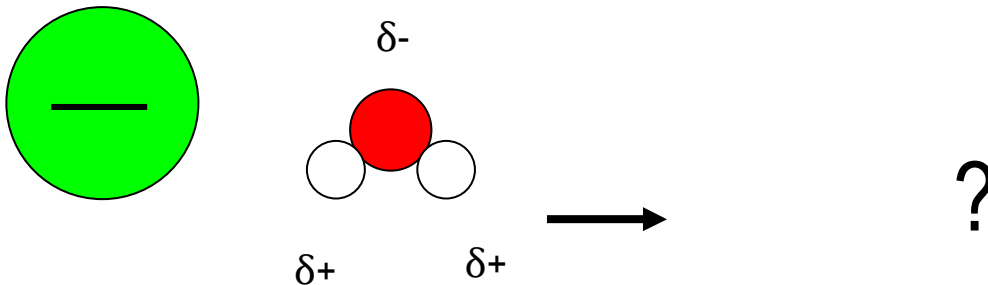
## Hilfen zur Lösung der Aufgabe:

Wie werden sich die Teilchen anordnen?

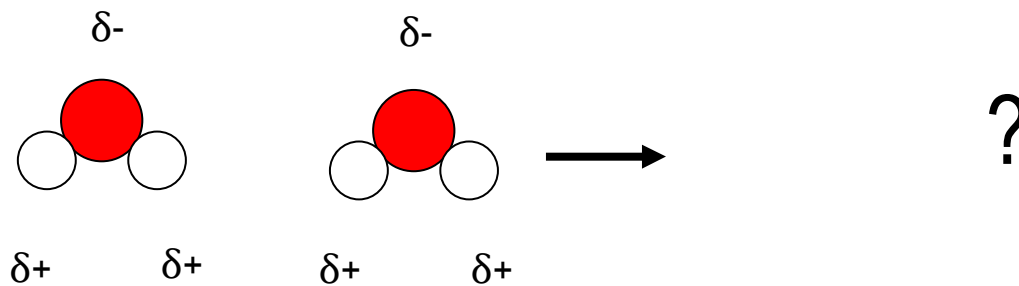
a. Kation und Wasser-Molekül:



b. Anion und Wasser-Molekül:



c. Wasser-Moleküle:



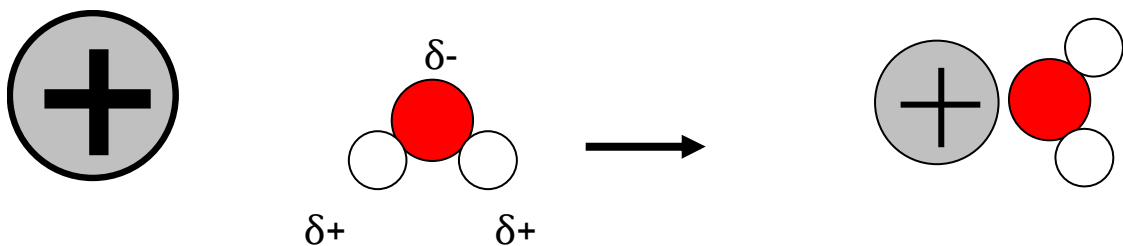
## Hilfen zur Lösung der Aufgabe:

Begründe die Anordnung der Teilchen.

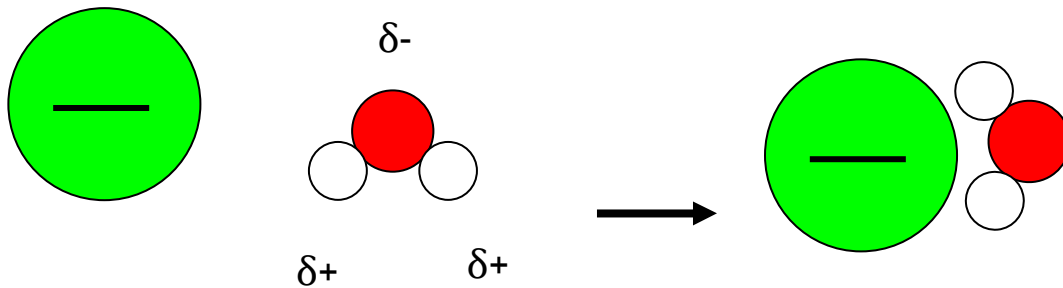
Sind die drei dargestellten Vorgänge exotherm oder endotherm?

(s. Zusatz-Info)

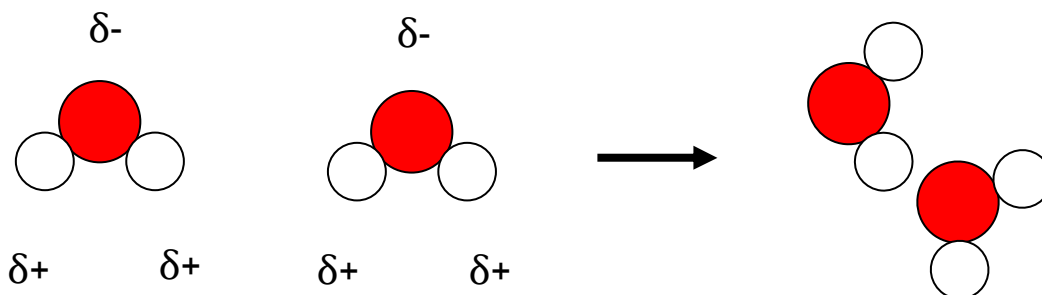
a. Kation und Wasser-Molekül:



b. Anion und Wasser-Molekül:



c. Wasser-Moleküle:



Fotos zur Versuchsanleitung:



B1: Der Versuchsaufbau im Überblick



B2: Der verflüssigte Beutelinhalt wird im Eisbad abgekühlt.



B3: Das selbst gebaute Wärmekissen in Aktion.

Tipp:

Den Lösevorgang des Salzes kann man sehr gut verfolgen, wenn man während des Erwärmens die Leitfähigkeit der Flüssigkeit misst. Hierfür eignet sich ein selbst gebauter Leitfähigkeitsprüfer. Siehe hierzu die Bastelanleitung (nächste Seite).

## Bauanleitung für einen einfachen Leitfähigkeitsprüfer



Bild 1

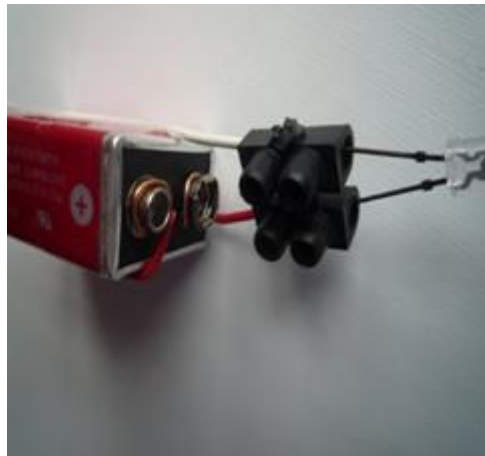


Bild 2

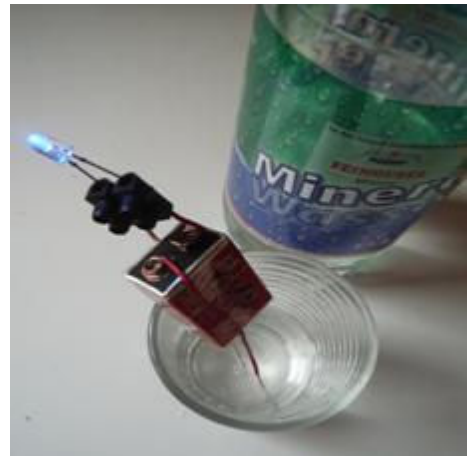


Bild 3

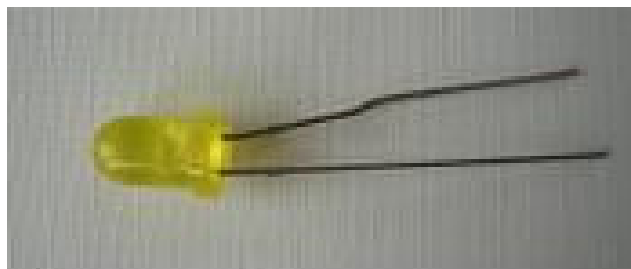


Bild 4: Beachte, dass der längere Kontakt der Diode immer mit dem Pluspol, der kürzere mit dem Minuspol einer Batterie verbunden wird.

### *Material:*

Eine 9 V Blockbatterie, eine Lüsterklemme, eine Leuchtdiode, Klingeldraht, Klebestreifen

### *Bauanleitung:*

Befestige die beiden Kontakte der Leuchtdiode mit der Lüsterklemme. Merke Dir dabei die Polung (s. Bild 4). Verbinde den Minuspol der Batterie über einen kurzen Draht und die Lüsterklemme mit dem kürzeren Ende der Diode (Bild 2). In den freien Kontakt der Lüsterklemme steckst Du einen langen Draht (ca. 10 cm). Schließe an den Pluspol der Batterie ebenfalls einen ca. 10 cm langen Draht. Befestige die langen Drähte mit Klebestreifen an der Batterie. Entferne von den beiden langen Drähten unten die Isolierungen (Bild 1). Bild 3 zeigt den Leitfähigkeitsprüfer in Funktion, die Diode leuchtet. Die freien Drahtenden kann man nun in verschiedene Flüssigkeiten tauchen.

## Informationen für die Lehrenden – Tipps & Troubleshooting

Beim Erwärmen des Gemisches aus Natriumacetat und Wasser erfolgt eigentlich kein Schmelzen, sondern vielmehr ein Lösen des Salzes. Die Löslichkeit von Natriumacetat steigt mit der Temperatur stark an, sodass bereits das austretende Kristallwasser löslich wirkt (s. Literatur). Da in dem Beutel des Versuchs „: Bau eines Taschenwärmers“ auch zusätzlich Wasser eingefüllt wird, dürfte für die Schüler/innen der Lösevorgang als Grund für die Verflüssigung plausibel sein.

Damit die Schülerinnen und Schüler auf dieser Basis die Lernaufgabe auch lösen können, müssen folgende Inhalte bekannt sein:

1. Der Ionenbegriff und der Aufbau von Salzkristallen (Inhaltsfeld 6)
2. Molekulare Struktur und Dipol-Funktion des Wasser-Moleküls (Inhaltsfeld 8)

Das Thema eignet sich daher z. B. besonders gut, den Begriff der Hydratisierung aufzugreifen, der inhaltlich beide Schwerpunkte der genannten Themenfelder zusammenführend aufgreift und erweitert.

Mögliche weiterführende Problemstellung:

*„Könnte man mit dem Prinzip der Wärmekissen ein Haus beheizen?“*


Folgende Aspekte könnten diskutiert und untersucht werden:

- Temperaturverlauf eines aktivierten Wärmekissens in einem isolierten Raum verfolgen.
- Möglichkeiten der Regenerierung von Wärmekissen diskutieren: Heißwasserbereitung z.B. über Solarwärme
- Steuerung der Heizwärme durch kontrollierte Aktivierung von Wärmekissen.

### Literatur und Links:

1. H. Schmidkunz: „Energie als Wärmespeicher“, NiU Chemie, Heft 116, S. 32.ff, März 2010
2. [http://www.geo.tu-freiberg.de/Hauptseminar/2008/Daniel\\_Oriwol.pdf](http://www.geo.tu-freiberg.de/Hauptseminar/2008/Daniel_Oriwol.pdf)
3. [http://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/01\\_99.htm](http://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/01_99.htm)

## Lernaufgabe: Bodyheater

<p><b>Vorgaben</b></p>	<p>Ihr arbeitet in einem „Outdoor-Erlebnis-Team“, welches „ganzjährige Eventreisen für Jedermann“ in das mitunter kalte Skandinavien anbietet.</p> <p>Im Internet seid ihr auf diverse „BodyWarmer“ gestoßen und sollt nun für das Team herausfinden, ob sie sich für eure Reisen als transportable Wärmequelle nutzen lassen.</p>	
<p><b>Arbeitsauftrag</b></p>	<p>Nutzt die <b>Produktbeschreibung</b> sowie <b>Experimente</b> für folgende Aufträge:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fasst zusammen, wofür das Produkt laut Hersteller eingesetzt wird.</li> <li>• Findet heraus wie ein „BodyWarmer“ laut Herstellerangaben funktioniert. Versucht dies experimentell zu bestätigen.</li> <li>• Lässt sich der „BodyWarmer“ auch für Fahrten in die Kälte abseits der Zivilisation verwenden? Diskutiert dazu auch die Problematik der Entsorgung.</li> <li>• Benennt ggf. noch offene Fragen.</li> </ul> <p>Möglicher Zusatzauftrag (freiwillig):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versucht mit Hilfe des „BodyWarmers“ den Sauerstoffanteil der Luft zu bestimmen</li> </ul> <p>Präsentiert eure Ergebnisse in einem Plakat und einem gemeinsamen Vortrag, den ihr zu ca. gleichen Teilen untereinander aufteilen könnt. Grundlage für Plakat, Vortrag und anschließendes Schülerfeedback sind unten genannten Kriterien.</p>	
<p><b>Experimente</b></p>	<p><b>Untersuchung der Inhaltsstoffe – wie funktioniert ein „BodyWarmer“?</b></p> <p><i>Material:</i></p> <p>Bodywärmer, Löffel, Schere, Magnet, 7 Kunststoffspritzen, 3 Dreiwegehähne, 4 Papiertücher (ca. 5cm x 5cm), Sauerstoff, Luft, Stickstoff</p> <p><i>Durchführung:</i></p> <p>a) <i>Vorbereitung der Spritzen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfe den verschlossenen Beutel mit einem Magneten, öffne ihn dann und beschreibe den Inhalt.</li> <li>• Nimm vier Spritzen und zieh bei jeder den Stempel ganz heraus.</li> <li>• Lege in jede Spritze oben ein Stück Papiertuch hinein.</li> <li>• Fülle ihr ca. 1 Teelöffel von dem Inhaltsstoff aus dem Bodyheater (ggf. mit einer Schere auf- oder ausschneiden) darein.</li> <li>• Drücke mit dem Stempel das Papier mit dem Gemisch bis vorne in die Spritzen und zugleich die ganze Luft aus jeder Spritze heraus.</li> <li>• Verschließe alle Spritzen mit einem Dreiwegehahn. Legt eine beiseite, mit den anderen drei arbeitet ihr wie folgt weiter:</li> </ul> <p>b) <i>Geben nun über einen Dreiweghahn zu je einer Spritze</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 mL Stickstoff,</li> <li>• 50 mL Sauerstoff</li> <li>• 50mL Luft hinzu.</li> </ul> <p>Beobachte, was nach einiger Zeit passiert. Bestimme von Zeit zu Zeit die Temperatur an der Außenseite der Spritze. Dazu kannst du die Spritze auch mit einer Isolierung ummanteln.</p> <p>Entnehme ganz zum Schluss die Inhaltsstoff des Heaters wieder den Spritzen und betrachte sie erneut.</p>	

## Hilfen: Wichtige Kriterien für Plakat und Vortrag

### **Tabelle zur Einschätzung der Arbeit in der eigenen Gruppe:**

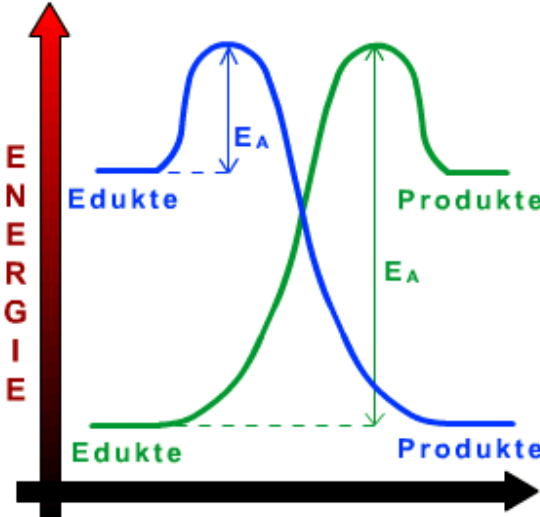
	<b><i>Unser Vortrag ist ...</i></b>	<i>ja</i>	<i>nein</i>	<b><i>Bemerkungen:</i></b>
1.1	vollständig und fachlich richtig			
1.2	fachsprachlich angemessen (chem. Reaktion, Oxidation, exotherme Reaktion, Zerteilungsgrad ... )			
1.3	gleichmäßig unter den Gruppenmitgliedern aufgeteilt			
	<b><i>Unser Plakat enthält ...</i></b>	<i>ja</i>	<i>nein</i>	<b><i>Bemerkungen:</i></b>
2.1	eine Überschrift			
2.2	eine Übersichtliche Struktur mit Nummerierung			
2.3	Beschriftete Skizzen der Experimente			
2.4	Weitere Informationen, Beobachtung und Deutung in Stichworten bzw. als Reaktionsschema			

### **Tabelle zur Einschätzung der Präsentation und Vorbereitung des Feedbacks:**

	<b><i>Der Vortrag ist ...</i></b>	<i>ja</i>	<i>nein</i>	<b><i>Bemerkungen:</i></b>
1.1	vollständig und fachlich richtig			
1.2	fachsprachlich angemessen (chem. Reaktion, Oxidation, exotherme Reaktion, Zerteilungsgrad ... )			
1.3	gleichmäßig unter den Gruppenmitgliedern aufgeteilt			
	<b><i>Das Plakat enthält ...</i></b>	<i>ja</i>	<i>nein</i>	<b><i>Bemerkungen:</i></b>
2.1	eine Überschrift			
2.2	eine Übersichtliche Struktur mit Nummerierung			
2.3	Beschriftete Skizzen der Experimente			
2.4	Weitere Informationen, Beobachtung und Deutung in Stichworten bzw. als Reaktionsschema			



## Hilfen: Wichtige Kriterien für Plakat und Vortrag

I.	Eine <b>chemische Reaktion</b> ist ein Vorgang, bei dem aus Stoffen neue Stoffe mit neuen Eigenschaften entstehen und der mit einer Energieaufnahme oder Energieabgabe verbunden ist.
II.	Eine chemische Reaktion, bei der ein Stoff mit Sauerstoff reagiert, nennt man <b>Oxidation</b> . Das Reaktionsprodukt einer Oxidation heißt <b>Oxid</b> z.B. entsteht bei der Verbrennung von Magnesium Magnesium <b>oxid</b> .
III.	 <p><i>Edukte = Ausgangsstoffe</i> <i>Produkte = Endstoffe</i> <i>grün = endotherme Reaktion</i> <i>blau = exotherme Reaktion</i></p>
IV.	Die zum Auslösen einer chemischen Reaktion benötigte Energie bezeichnet man als <b>Aktivierungsenergie (<math>E_A</math>)</b> .
V.	Durch einen <b>höheren Zerteilungsgrad</b> wird die Reaktionsgeschwindigkeit gesteigert. Durch die vergrößerte Oberfläche können die miteinander reagierenden Stoffe besser in Kontakt kommen.
VI.	Ein <b>Reaktionsschema</b> ist die Kurzschreibweise für eine chemische Reaktion: z.B. das Reaktionsschema für die Verbrennung von Magnesium lautet: Magnesium + Sauerstoff $\rightarrow$ Magnesiumoxid ( $\rightarrow$ wird ausgesprochen als „reagiert zu“)
VII.	<b>Luft</b> ist ein Stoffgemisch bzw. Gasgemisch. Die beiden Hauptbestandteile der Luft sind Stickstoff und Sauerstoff. In geringem Maße (ca. 1 %) sind neben Argon auch Kohlenstoffdioxid und Spuren anderer Gase in der Luft enthalten.

## Weiterführendes Material:

Menschen, die sich längere Zeit in der Kälte aufhalten, wie z. B. Fahrradtourenfahrer, Bergsteiger oder Teilnehmer von Polarexpeditionen haben oft mit dem Problem von Erfrierungen an Händen oder Füßen zu kämpfen. Dagegen könnte ein Produkt helfen, welches nach dem selben Prinzip wie ThermaCare funktioniert: der „MyCoal Zehenwärmer“, rechts abgebildet

(Quelle: <http://www.heatpack.de>, zuletzt besucht am 04.10.2010)

Die Zehenwärmer sind luftdicht verpackt, werden vor Gebrauch aus der Schutzfolie entnommen und dann vorne in den Schuh geklebt, welcher nicht luftdicht sein darf.



## Aufgaben:

- 1) Erläutere, wie die Zehenwärmer chemisch funktionieren.
- 2) Nimm begründet Stellung, ob die Zehenwärmer bei einer
  - a. Polarexpedition oder
  - b. Besteigung des Mount Everest (Höhe über 8800m) hilfreich sein könnten.

Bedenke dabei, dass die Teilnehmer derartiger Expeditionen nur das nötigste an Gewicht mitnehmen wollen, da das Tragen der Ausrüstung z. B. Hochgebirge bei der relativ dünnen Luft dort oben sehr mühsam ist.

# Informationen für die Lehrenden – Tipps & Troubleshooting

Bilder der Spritzen mit Kupferrohrisolierung ... thermometer

Bild Heater unter dem Mikroskop

Wer schon einmal leidvolle Erfahrungen mit Rückenschmerzen hatte oder sich im Winter beim Fahrradfahren keine kalten Füße holen wollte, der kennt sie vielleicht: Selbsterwärmende Kissen wie ThermoCare oder BodyWarmer oder Heater [1].

Der Einsatz [2, 3] sowie der Nachbau [4] wurden für ähnliche Produkte bereits ausgezeichnet beschrieben [2-4] und die Funktionsweise ist leicht erklärt: die Kissen sind luftdicht verpackt und enthalten neben Aktivkohle und einer Salzlösung fein verteiltes Eisen. Beim Öffnen an der Luft kommt es schnell zu einer exothermen Reaktion zwischen Eisen und Luftsauerstoff, bei dem letztlich als Produkt Rost entsteht. Letzteres ist bereits nach wenigen Minuten optisch klar zu erkennen.

Diese Reaktion lässt sich an verschiedenen Stellen im Unterricht gewinnbringend einsetzen, z. B. bei:

- der Einführung Stoff- und Energieumsätze bei chem. Reaktionen
- der Anwendung des Oxidationsbegriffs als Reaktion mit Sauerstoff
- zur Einführung der Fachbegriffe Rosten, stille Oxidation in Verbindung mit Atmen, Aktivierungsenergie oder Zerteilungsgrad
- der experimentelle Herleitung des Gesetzes von der Erhaltung der Masse
- zum Einstieg in Elektronenübertragungsreaktionen
- oder eben zur Bestimmung des Sauerstoffanteils an der Luft

Um im Chemieunterricht sowohl konzept- als auch prozessorientierte Kompetenzen anzusprechen, erarbeiteten wir zu dem Kontext eine Lernaufgabe [5]. In dieser stellen wir die Schülerinnen und Schüler vor das Problem, die Funktionsweise selbst herauszufinden. Schon aufgrund der luftdichten Verpackung und der darauf angebrachten Hinweise wie „air activated“ ist schnell klar, dass die Inhaltstoffe des Beutels, der im Übrigen von Magneten angezogen wird, mit einem Bestandteil der Luft reagieren müssen. In einfachen Versuchen kann man dies bestätigen und weiterhin zeigen, dass es sich Reaktionspartner des Eisens um Sauerstoff handelt.

In verschiedenen Kunststoffbeuteln mit Zippverschluss wird der Heater einmal gasdicht verschlossen aufbewahrt, zum anderen mit Stickstoff, Sauerstoff oder Luft begast. Misst man von außen die Temperatur, treten deutlich erkennbare Differenzen auf.

Besser funktionieren die Versuche noch in Kunststoffspritzen [6], da hier auch optisch das Verschwinden des Gasvolumens deutlich wird. Dazu wird ein Pad des ThermoCare Kissens in eine 50mL Luer lock Spritze gegeben und möglichst luftentleert. Alternativ kann man auch ca. zwei Spatel von dem Gemisch aus dem preiswerteren Heater, eingeschlagen in ein Papiertuch, verwenden. Die Spritze wird über einen Dreiwegehahn mit einer weiteren Spritze verbunden, in der sich ein definiertes Volumen des entsprechenden Gases befindet. Bring man alles zusammen in eine Spritze, sieht man nach kurzer Zeit eine Verringerung des Sauerstoffvolumens bis auf Null. Beim Stickstoff hingegen beobachtet man keine Veränderung. Zudem lässt sich außen an der Spritze mit Sauerstoff eine deutliche

Temperaturzunahme fühlen. Mit Hilfe einer Kupferrohrisolierung aus dem Baumarkt kann man einen Temperaturfühler anbringen und so den Temperaturanstieg auch messen.

Abschließend wird das Reaktionsprodukt ausgeschüttet und betrachtet. Beim Sauerstoff erkennt man schnell vereinzelt eine rostrote Färbung im Gemisch, das Gemisch aus der Spritze mit dem Stickstoff ist hingegen unverändert schwarz.

Besonders reizvoll ist dabei die Tatsache, dass man mit eben diesem Aufbau zugleich in einem ungefährlichen Schülerexperiment den Sauerstoffgehalt der Luft quantitativ bestimmen kann. Nimmt man nun statt der reinen Gase Luft als Gasgemisch und verfährt wie oben beschrieben, beobachtet man zum einen eine geringere Temperaturzunahme, zum andere verschwinden von 50mL Luft ca. 10mL (+/- 1mL). Wichtig ist, dass man den Volumentstand beider Spritze vor dem Zusammenbringen notiert und am besten zum Ende des Versuchs das Restgas wieder in die Ursprungsspritze drückt, um hier das Volumen abzulesen.

Der Versuch funktioniert reproduzierbar, ist gefahrenarm und mit einem für Sekundarstufe 1 geringen Messfehler behaftet.

Die Lernaufgabe sieht vor, dass die Schülergruppen am Ende die Funktionsweise des Heaters eigenständig erläutern können und dessen Einsatz in diversen Zusammenhängen bewerten sollen. Ob die Schülerinnen und Schüler dies vollständig erfasst haben, lässt sich z. B abfragen, in dem man sie ein Alternativprodukt wie Ageless erläutern lässt. Dieses funktioniert nach demselben Prinzip wie die Wärmekissen, dient aber nicht der Wärmeproduktion, sondern sorgt dafür, archäologische Grabungsfunde oder Lebensmittel sauerstoffarm aufzubewahren. Desweiteren bieten sich Aufgabenformate an, in denen die Schülerinnen und Schüler zu (fiktiven) Werbeaussagen wie „Ob Grönland oder Himalaya – nie mehr kalte Füße dank yx-Heater!“ kritisch Stellung nehmen.

Bestärkt durch die positiven Rückmeldungen und Erfahrungen haben wir einige weitere interessante Lernaufgaben z. B. zu selbsterwärmenden Essen basierend auf der Reaktion von Magnesium mit Wasser konzipiert und allesamt zum kostenlosen Download bereitgestellt.

### **Literatur und Links:**

- [1] Der Bezug aller Produkte ist online möglich. Preiswerte Anbieter finden Sie über Suchmaschinen, der günstigste Preis pro Beutel liegt deutlich unter 1€ [Stand 11/2010].
- [2] BÜTZER PETER, Handwärmer: Warme Hände, heisser Kopf, <http://www.buetzer.info/fileadmin/pb/pdf-Dateien/Handw%C3%A4rmer.pdf>; zuletzt besucht am 25.10.2010
- [3] SCHMIDKUNZ H., Wärmepackung und „Heisses Eisen“, NiU-Chemie 10, 1999 Nr. 54, S. 51-52
- [4] KRATZ, MICHAEL, Heiße Beutel, NiU-Chemie 7, 1996, S.6-13.
- [5] Weitere Lernaufgaben, Videos und Materialien s. [www.lncu.de](http://www.lncu.de)
- [6] Günstige Bezugsquelle für med. technisches Material für den Chemieunterricht: [www.chemz.de](http://www.chemz.de)

## Lernaufgabe: Redoxreaktionen, Passivierung und Lokalelement

### Vorgaben



Ihr arbeitet im Team der Redaktion der Fernsehendung „**Wissen macht AH!**“ als wissenschaftliche Assistenten. Die Redaktion erhält häufig Zuschaueranfragen, denen sie in der Sendung auf den Grund geht. Eine Zuschaueranfrage lautet:

„Im Internet stieß ich auf selbsterhitzende Mahlzeiten (Heater meals). Das Essen wird zum Erhitzen in einen Extra-Beutel gepackt, die Magnesium enthalten. Kippt man Salzwasser in diese Beutel, blähen sie sich nach kurzer Zeit auf, es dampft

und das Essen kann darin erhitzt werden.

Angeblich entstehen bei der Reaktion ein gefährliches Gas und eine „Lauge“. Könnt ihr mir sagen, ob das stimmt? Ich habe auch versucht, die Beutel nachzubauen, in dem ich Salzwasser auf Magnesium gekippt habe. Das funktioniert nicht so richtig. Was habe ich falsch gemacht?

Beim monatlichen Redaktionstreffen nimmt man sich der Frage an. Als wissenschaftliche Mitarbeiter müsst ihr Hintergründe recherchieren und den Moderatoren der Sendung ein Skript liefern.

### Arbeitsauftrag

Es ist eure Aufgabe, ein Manuskript für die Sendung zu erstellen, in dem Folgendes aufgearbeitet ist:

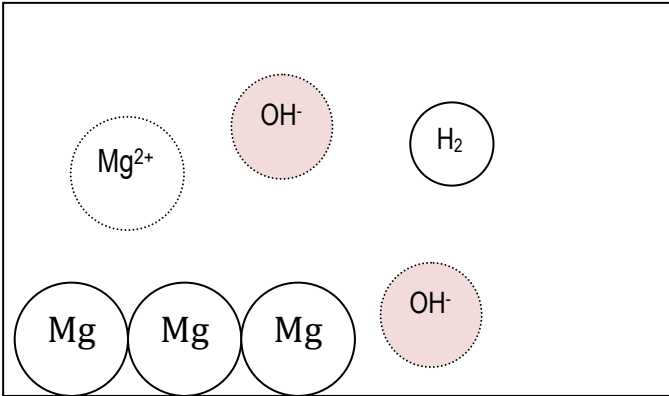
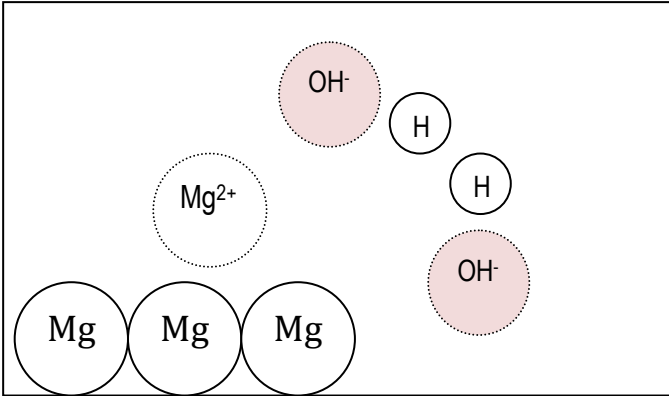
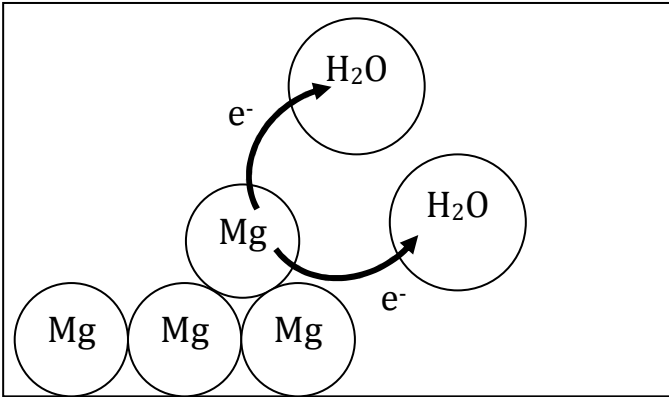
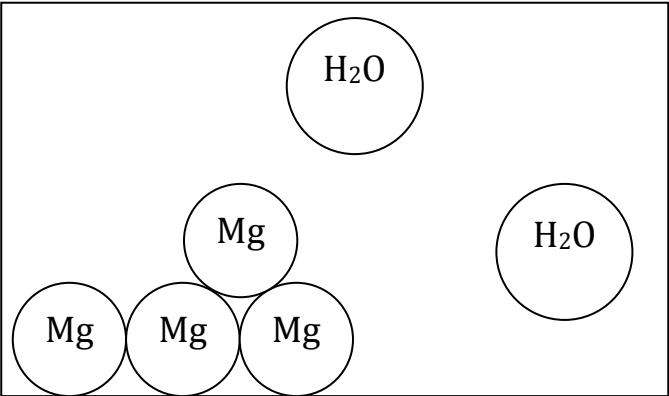
1. Ermittelt experimentell, welche Produkte bei der Reaktion entstehen.  
**Aus Sicherheitsgründen werden wir die Experimente gemeinsam planen und durchführen!**  
Stellt Vermutungen auf, welche chemische Reaktion die nötige Energie für das Erwärmen des Essens liefert. Die Moderatoren brauchen konkrete Reaktionsgleichungen! Ihr könnt hier auch einen „Storyboard der Teilchen zeichnen“. **[Tipp: Bei der Reaktionsgleichung ist das „Salz“ im Salzwasser zunächst unwichtig]**
2. Prüft in einem Reagenzglas, ob man den „Wärmebeutel“ für das Essen einfach nachbauen kann, in dem man Magnesium und Salzwasser verwendet? Erklärt dem Zuschauer, worin möglicherweise die Schwierigkeiten des Nachbaus liegen (Stichwort Passivierung – **Hinweis B**)
3. Wie löst der Hersteller diese Schwierigkeit? (Stichwort Lokalelement - **Hinweis C**)
4. Zeichnet ein Storyboard (Vorlage **Hinweis D**) für eine kurze Trickfilmsequenz, welches auf Teilchenebene die ablaufenden Reaktionen im Lokalelement verdeutlicht. **[Überlegt erst ganz zum Schluss, warum man statt Wasser besser Salzwasser nimmt!]**
5. Stellt den Moderatoren einen Vorschlag für die Sendung zusammen. Darin sollen auch Stichworte für ein Schlusswort auftauchen, in dem nicht nur die Funktion sondern allgemein die Sinnhaftigkeit des Produkts beleuchtet wird

Präsentiert am Ende mit Hilfe eures „Sendungsmanuskript“ in einer simulierten Redaktionssitzung euer Konzept dem Plenum und erklärt dabei, wie ihr euch eine spannende und lehrhafte Sendung zum Thema Heater meals vorstellt.

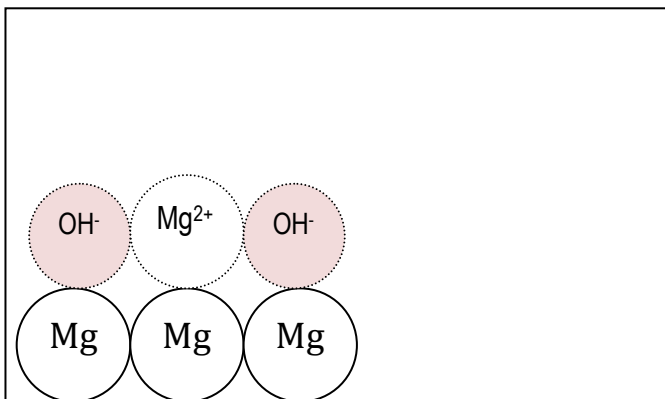
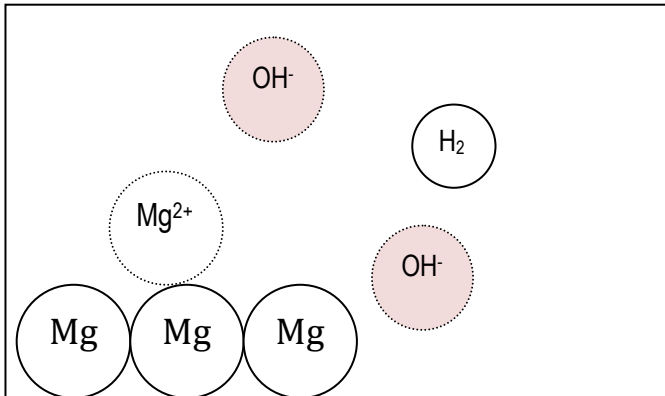
## Lernaufgabe: Redoxreaktionen, Passivierung und Lokalelement

Hinweis A: Produktbeschreibung	<p><b>Die Zubereitung:</b> (laut Vertreiber, s. <a href="http://www.dauerbrot.de">www.dauerbrot.de</a>, letzter Zugriff 22.11.2010)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">     </div> <p>Verpackung öffnen - Inhalt entnehmen, Alu-Beutel mit der Mahlzeit ungeöffnet in den "Erhitzerbeutel"-Beutel stecken, beigefügten Beutel mit Flüssigkeit (Salzwasser - <i>kein</i> Trinkwasser) zugießen, "Erhitzerbeutel" soweit wie möglich einknicken und mit einem beiliegendem Klebestreifen fixieren. Jetzt entwickelt sich Hitze !! <b>10 - 12 Minuten warten - dann steht eine warme Mahlzeit zur Verfügung.</b></p> <p><b>Vorsicht:</b> Die Mahlzeit vorsichtig entnehmen. "Erhitzerbeutel", eingefüllte Flüssigkeit und <b>Mahlzeit ist heiß</b> ! Nicht verbrennen; Flüssigkeit wegschütten; "Erhitzerbeutel" nach dem abkühlen gefahrlos mit dem Hausmüll entsorgen; Karton recyceln.</p>
Hinweis B: Passivierung	<p>Passivierung bezeichnet das Entstehen von reaktionsträgen Oberflächen auf normalerweise reaktionsfreudigen Metallen. Dadurch kann darunterliegendes Metall nur schwer korrodieren. Passivierung tritt bei vielen unedlen wie Magnesium oder Aluminium in Erscheinung. Sie wird dadurch hervorgerufen, dass sich auf der Oberfläche der Metalle eine undurchlässige, fest haftende Schicht aus Oxiden oder Hydroxiden des jeweiligen Metalls ausbildet. Metalle mit einer solchen schützenden Passiv-Schicht verhalten sich ähnlich wie Edelmetalle, d.h. sie sind gegenüber Chemikalien, von denen sie im normalen (aktiven) Zustand angegriffen werden, beständig.</p> <p>Verändert nach <a href="http://www.chemgapedia.de/vsengine/popup/vsc/de/glossar/p/pa/passivierung.glos.html">http://www.chemgapedia.de/vsengine/popup/vsc/de/glossar/p/pa/passivierung.glos.html</a></p>
Hinweis C: Lokalelement	<p>Berühren sich zwei verschieden edle Metalle und tauchen in Wasser oder Säure ein, so korrodiert stets das weniger edle Metall sehr viel schneller als ohne einen derartigen Kontakt. Grund dafür ist die Tatsache, dass in solchen „Lokalelementen“ Oxidation und Reduktion räumlich getrennt ablaufen.</p> <p>Beispielsweise bildet Magnesium in Kontakt mit einem edleren Metall in Wasser Magnesiumkationen (<math>Mg^{2+}</math>). Die dabei freiwerdenden Elektronen fließen durch das edlere Metall in das Wasser ab und lassen damit an einer anderen Stelle Wasserstoff (<math>H_2</math>) sowie Hydroxid-Ionen (<math>OH^-</math>) entstehen. Damit kann sich nicht direkt ein „Schutz“ aus Magnesiumhydroxid auf dem Magnesium bilden, es findet keine Passivierung statt.</p> <p>Dies findet auch in Heater meals Anwendung: man kann mit einem Magneten zeigen, dass im Original Produkt neben Magnesium auch Eisen enthalten ist.</p>
Hinweis D: Storyboard	<p>Ein Storyboard ist eine zeichnerische Version des Drehbuchs. Da bei der Entstehung eines Filmes Teamwork gefragt ist, werden vorab erste Gedanken als Zeichnungen und Texte auf Papier zusammengebracht.</p> <p>Der dabei entstehende Bilderfluss kann in der Folge bis zum Drehbeginn immer weiter perfektioniert werden und erleichtert so die Kommunikation zwischen alle Beteiligten.</p> <p>Einen möglichen Entwurf findet ihr beigeheftet.</p>

# Storyboard: Vereinfachte Reaktion von Magnesium mit Wasser



## Storyboard: Passivierung von Magnesium in Wasser



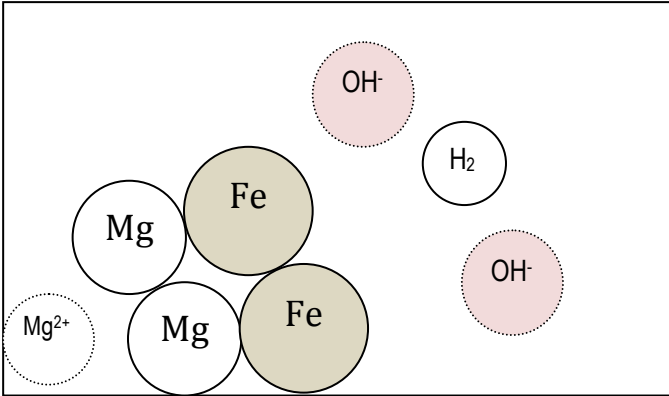
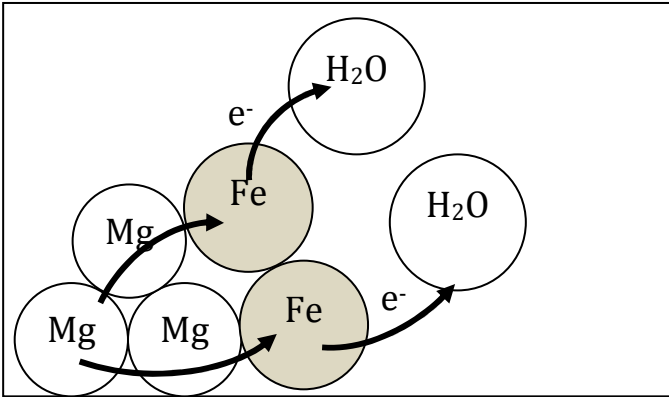
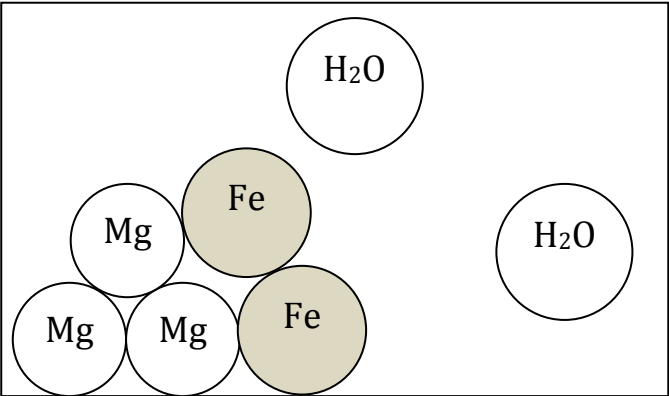
Offene Fragen:

... was bewirkt das Eisen am Magnesium?

... wofür konnte das gelöste Salz dienen?

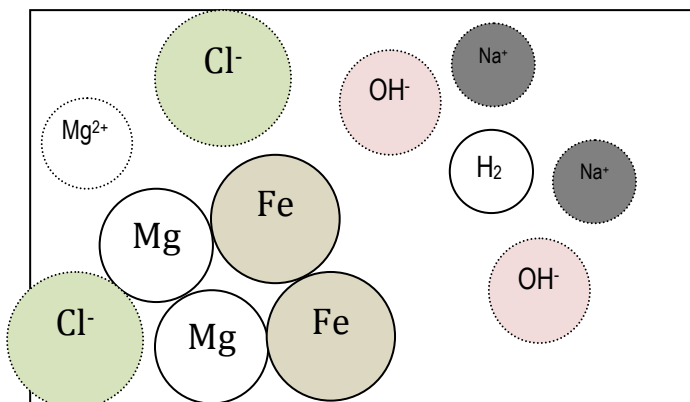
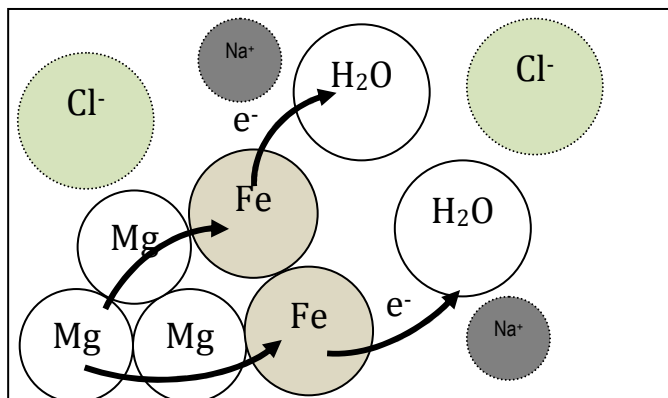
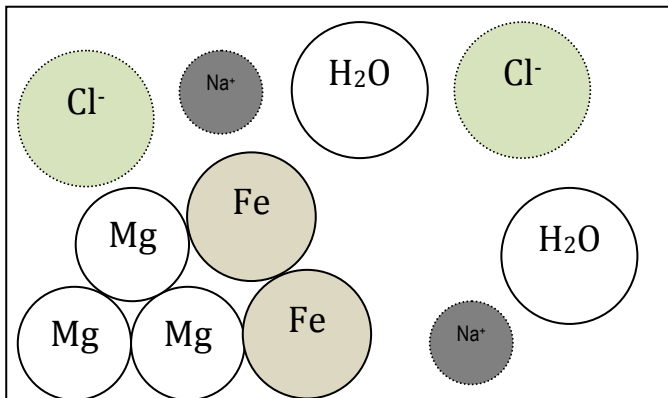


# Storyboard: Magnesium und Eisen im Wasser



usw. (keine Passivierung wegen räumlicher Trennung)

# Storyboard: Magnesium und Eisen im Salzwasser



usw. (keine Passivierung  
wegen räumlicher Trennung  
und schneller  
Ladungsausgleich durch die  
Ionen in der Lösung)

**Informationen für den Lehrenden**

**Fotos,**

**Infos zur möglichen Einbettung (Vergleich mit Mg und Salzwasser,**

**Phenolphthalein**

## LITERATUR: GEORDNET NACH KAPITELN?

---

- Parchmann, I., Kandt, W., Stäudel, L. (2006): Den Kompetenzstand überprüfen: Bildungsstandards – Anlass für eine neue Test-Aufgaben-Kultur?, NiU-Chemie Heft 94+95, 17, S. 94-97
- Checkliste zur Aufgabenkonstruktion; aus: <http://www.zhw.uni-hamburg.de/edidakt/modul/nonflash/index.php?id=56>
- Stäudel, L. (2004): Aufgaben zum Lernen – Aufgaben zum Prüfen?, NiU-Chemie Heft 82/93, 15, S. 95;
- Bausteine einer Aufgabe; aus: <http://www.studienseminar-koblenz.de/medien/fachseminare/CH/02%20Die%20Ausbildung%20im%20Fachseminar%20Chemie/3%20Aufgaben%20im%20Chemieunterricht.pdf>
- Schecker, H., Theysen, H. (2007): Energie Ein Konzept in allen Naturwissenschaften? NiU-Chemie 100/102, 18, S. 82-87;
- MSW, Schule in NRW Nr. 4315, Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen Chemie, Düsseldorf 2008;
- Literatur
- <http://www.chemie-schule.de/chemieAnorganische/anKap6-33-das-loesen-von-salzen.php>
- [http://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/01\\_99.htm](http://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/01_99.htm)
- [www.geo.tu-freiberg.de/Hauptseminar/.../Daniel\\_Oriwol.pdf](http://www.geo.tu-freiberg.de/Hauptseminar/.../Daniel_Oriwol.pdf)
-