

Frühjahr 1999, Thema 3 „Kühlschrank“

Referentin: Judith Friedrich
Dozent: Dr. Thomas Willhelm
Datum: 18.01.2007

1. Im Physikunterricht soll das Teilchenmodell für Gase/ Flüssigkeiten erarbeitet werden.

Begründen Sie, welche physikalischen Phänomene Sie auswählen, um den Schülern das Teilchenmodell nahe zu legen!

1. Leeres Wasserglas mit Öffnung nach unten in ein Wasserbecken drücken oder Luft in einer Fahrradpumpe oder Plastikspritze komprimieren.

Ergebnis:

- ⇒ Gase bestehen aus etwas - Luft ist also nicht „Nichts“.
- ⇒ Gase lassen sich komprimieren.

2. Bromgas in einem zweiten, vorher durch eine Glasplatte getrennten Glaszylinder diffundieren lassen.

Parfüm in einer Ecke des Zimmers versprühen oder ein Duftschälchen aufstellen

- ⇒ Das eigenständige Vermischen der verschiedenen Gase kann vor allem beim Bromgas-Versuch gut deutlich gemacht werden, da die Vermischung zügig und gut sichtbar abläuft.

3. Brownsche Molekularbewegung durch Zigarettenrauch o. ä. sichtbar machen.

- ⇒ Gase und Flüssigkeiten bestehen aus sehr kleinen oder unsichtbaren „Teilchen“ die andere „anschubsen“ können

4. Tropfen weiße Tusche in destilliertes Wasser mit Tropfen Spülmittel geben und unter dem Mikroskop betrachten;

Ein Körnchen Farbstoff in ein Wasserglas geben;

(Vermischen zweier Flüssigkeiten zum Beispiel Wasser und Fruchtsirup;

Ein Stück Würfelzucker süßt eine ganze Tasse Tee.)

- ⇒ Flüssigkeits-„Teile“ mischen sich eigenständig durch, was auf eine Eigenbewegung dieser „Teilchen“ schließen lässt.
- ⇒ Unter dem Mikroskop erkennt man, dass sich keine neue Flüssigkeit gebildet hat, sondern sich wirklich kleine Teile durcheinander gemischt haben.

Von den Phänomenen zum Teilchenmodell:

Dass Flüssigkeiten und Gase aus kleinsten Teilchen bestehen, sollte durch jeden der aufgeführten Versuche zum Ausdruck kommen.

Doch jeder Versuch zeigt zusätzlich noch eine oder mehrere bestimmte Eigenschaften, von Flüssigkeiten oder Gasen, die durch ein Teilchenmodell erklärt werden können und somit ein solches nahe legen.

„Gase lassen sich komprimieren.“ – Flüssigkeiten nicht oder nur wenig. Das führt zu der Annahme, dass in Gasen ein viel größerer Abstand zwischen den Teilchen liegt, die so auch mehr „Platz“ zur freien Bewegung zur Verfügung haben müssen.

Das bestätigen auch Versuche 2 und 4. Die Gase vermischen sich viel schneller miteinander als es bei Flüssigkeiten der Fall ist. Aus dieser selbständigen Vermischung lässt sich wiederum ableiten, dass sich die Teilchen in Gasen und auch in Flüssigkeiten frei bewegen,

obwohl ihre Abstände in Flüssigkeiten sehr klein sein müssen, wie Komprimierungsversuche zeigen.

Noch deutlicher wird die Teilchenbewegung bei der Beobachtung der Brownschen Molekularbewegung. Die „großen“ Teilchen würden keine Zick-Zack-Bewegung durchführen, würden sie nicht von vielen kleinen Teilchen der Flüssigkeit oder – bei Zigarettenrauch - des Gases angestoßen.

2. Stellen Sie die Funktionsweise eines Kühlschranks in einer elementarisierten Form dar!

Elementarisierung:

Elementarisieren heißt Schwieriges oder Komplexes (hier die Funktionsweise eines Geräts) so vereinfachen und zerlegen, dass es von einer bestimmten Adressatengruppe gelernt werden können.

Dabei ist darauf zu achten, dass die physikalischen Sachverhalte nicht verfälscht, oder auf falschen Grundlagen basierend wiedergegeben werden.

Das Elementarisieren sollte auch nicht mit einem Trivialisieren komplexer Sachverhalte verwechselt werden. Es soll den Sachverhalt nicht falsch vereinfachen, sondern einfacher verständlich machen.

Eine Möglichkeit der Elementarisierung ist die Einteilung in elementare Sinneinheiten.

Am Beispiel des Kühlschranks – eines recht komplexen physikalisch technischen Geräts – bedeutet das nicht bloß eine Zerlegung in seine Bestandteile sondern in physikalisch technische Sinneinheiten wie Wärmeentzug durch Verdampfen und Herabsetzen der Siedetemperatur durch Druckverminderung.

Funktionsweise eines Kühlschranks

Um die Funktionsweise eines Kühlschranks zu verstehen, muss man sich, wie eben genannt, vor allem über zwei physikalische Phänomene klar werden:

1. Verdampfung bzw. Kondensation und 2. die Druckabhängigkeit der Siedetemperatur bzw. den Dampfdruck.

1. Verdampfung bzw. Kondensation

Beim Verdampfen gehen Teilchen einer Substanz vom flüssigen in einen gasförmigen Zustand über. Die Teilchen eines Gases besitzen eine höhere mittlere Geschwindigkeit und damit eine höhere mittlere kinetische Energie als die Teilchen einer Flüssigkeit. Diese Energiedifferenz, die so genannte Verdampfungswärme wird beim Verdampfen der Umgebung entzogen. Sie wird kälter. Daher friert man zum Beispiel bei nasser Haut auch wenn es eigentlich warm ist.

Dieses Phänomen macht man sich im Kühlschrank zu Nutze. Ein Kühlmittel geht innerhalb einer Leitung im Innenraum des Kühlschranks durch Verdampfung in den gasförmigen Zustand über. Dabei entzieht es, wie oben erklärt, der Umgebung - in diesem Fall der Luft im Innern des Kühlschranks - Wärme. Dort wird es also kälter als die Raumtemperatur.

Das verdampfte Kühlmittel wird dann außerhalb des Kühlschrankinnenraums wieder kondensiert, was den Umkehrvorgang zum Verdampfen darstellt. Es gibt die Verdampfungswärme nun also an seine Umgebung ab, die sich dadurch erwärmt.

2. Druckabhängigkeit

Die Verdampfung und Kondensation tritt aber nicht spontan, ohne Änderung der Umstände ein.

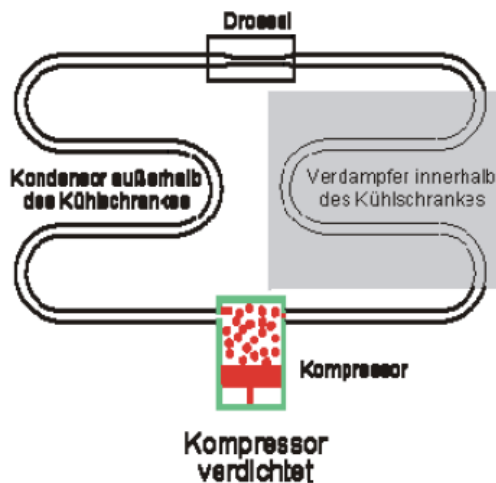
Eine Möglichkeit, Verdampfung oder Kondensation einzuleiten ist eine Temperaturveränderung. Einfachstes Beispiel hierfür ist das Sieden von Wasser.

Allerdings soll mit dem Kühlschrank ja genau eine Temperaturveränderung erst erreicht werden, weshalb man auf eine andere Möglichkeit zurückgreift: die Druckveränderung.

Die Kondensation wird am Kühlschrank durch eine Druckerhöhung durch Kompression des zu kondensierenden Gases erreicht. Analog verdampft das Kühlmittel im Kühlschrankinnern durch Absaugen des bereits verdampften Anteils, was ja (bei gleich bleibendem Volumen) eine Druckveringerung bedeutet.

Eine Verknüpfung dieser physikalischen Vorgänge erreicht man durch die Betrachtung des geschlossenen Kühlmittelkreislaufs.

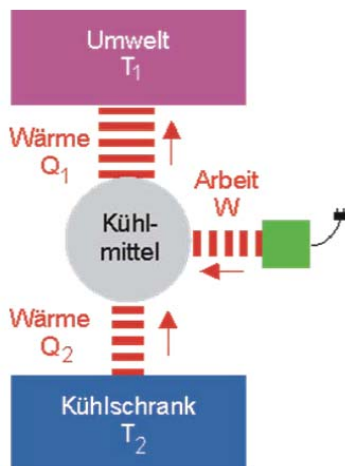
Die Kühlflüssigkeit verdampft im Kühlschrankinnern. Der Kühlsubstanz-Dampf wird abgesaugt, was zu einer Druckerniedrigung im Verdampfer und einer Druckerhöhung im Kondensator führt. Dadurch kondensiert das Kühlmittel im Kondensator und fließt wieder in den Verdampfer. Dabei muss es die sog. Drossel passieren, die die Druckdifferenz zwischen Verdampfer und Kondensator aufrecht erhält.



Eine weitere Möglichkeit die Funktionsweise des Kühlschranks zu elementarisieren ist die Erklärung der thermodynamischen Vorgänge im Sinne von Wärme- bzw. Energietransport. Hier können die physikalischen Phänomene Kondensation und Verdampfung ungeachtet bleiben, was allerdings der geforderten Kompetenz, das Teilchenmodell anwenden zu können natürlich nicht zu gute kommt. Wohl aber einer anderen wichtige physikalische Denkweise, in der komplexe Vorgänge durch die Übertragung und oder Erhaltung der Energie beschrieben werden.

Besonders einfach erscheint mir die Vorstellung der Funktionsweise eines Kühlschranks, der ja eine so genannte Kältepumpe ist, als Umkehrung einer Wärmekraftmaschine. Diese Erklärungsvariante hat zwar einen sehr abstrakten Charakter und ist deshalb für Schüler niedrigerer Jahrgangsstufen und allgemein für Schüler ohne Grundkenntnisse der Thermodynamik eher ungeeignet, ist aber wegen der starken Vereinfachung der physikalischen Vorgänge dennoch erwähnenswert.

Bei einer Wärmekraftmaschine hat man ein Wärmereservoir 1, z. B. ein Heizkessel mit einer hohen Temperatur T_1 . Dieses gibt durch Wärmeausgleich „freiwillig“ innere Energie an ein Wärmereservoir 2 - die Umgebung - mit einer niedrigeren Temperatur T_2 ab. Da dieser Vorgang freiwillig abläuft, kann man einen Teil der übertragenen Energie als mechanische Arbeit nutzen.



Bei einer Kältepumpe wie z. B. dem Kühlschrank ist der umgekehrte Vorgang erwünscht. Von einem Reservoir 2 mit einer niedrigeren Temperatur T_2 – dem Kühlschrankinnern – soll noch Wärme an ein Reservoir 1 höherer Temperatur T_1 abgegeben werden. Natürlicherweise erfolgt Wärmeausgleich aber immer, wie oben beschrieben, vom Reservoir höherer zum Reservoir niedrigerer Temperatur ab. Der Vorgang in einer Kältepumpe kann also nicht freiwillig ablaufen, sondern nur durch Zuführung von Energie.

Man kann den Temperaturunterschied zweier Reservoirs mit dem Höhenunterschied des Wassers in einem Wasserfall vergleichen. Das Wasser fällt freiwillig herunter und man kann seine kinetische Energie beim Fallen mit einem Wasserrad o. ä. nutzbar machen. Das entspräche dann einer Wärmekraftmaschine.

Will man aber das Wasser den Berg hinauf pumpen, arbeitet man entgegen der natürlichen Richtung und benötigt dazu mechanische Energie. Das ist übertragbar auf eine Kältepumpe. Diese Analogie hinkt allerdings etwas, weil sich die Temperaturen in der Mitte treffen, das Wasser allerdings komplett auf das niedrige Niveau absinkt...

Die Vorstellung des Kühlschranks als Wärmepumpe ist zwar etwas abstrakt gehalten, erklärt aber dennoch den Abkühlungsvorgang im Kühlschrankinnern ohne überhaupt auf die physikalischen Phänomene Verdunstung und Kompression zurückgreifen zu müssen.

3. Skizzieren Sie zum Lerninhalt „Funktionsweise eines Kühlschranks“ eine

Unterrichtseinheit!

Geben Sie dazu insbesondere die Lernvoraussetzungen, Lernziele und schülergemäß formulierte Ergebnisse an!

Lernvoraussetzungen

Teilchenmodell

Aggregatzustände

Kondensation und Verdampfen als Aggregatzustandsänderung

Innere Energie als mittlere kinetische Energie der Teilchen

Wärme als Übertragung innerer Energie

Schülergemäß formulierte Ergebnisse:

Kühlschranneres:

Drossel und Kompressor bewirken einen niedrigeren Druck.

Das Kühlmittel kann leichter Verdampfen.

Beim Verdampfen entzieht das Kühlmittel der Luft im Kühlschrank Wärme.

Die Temperatur sinkt.

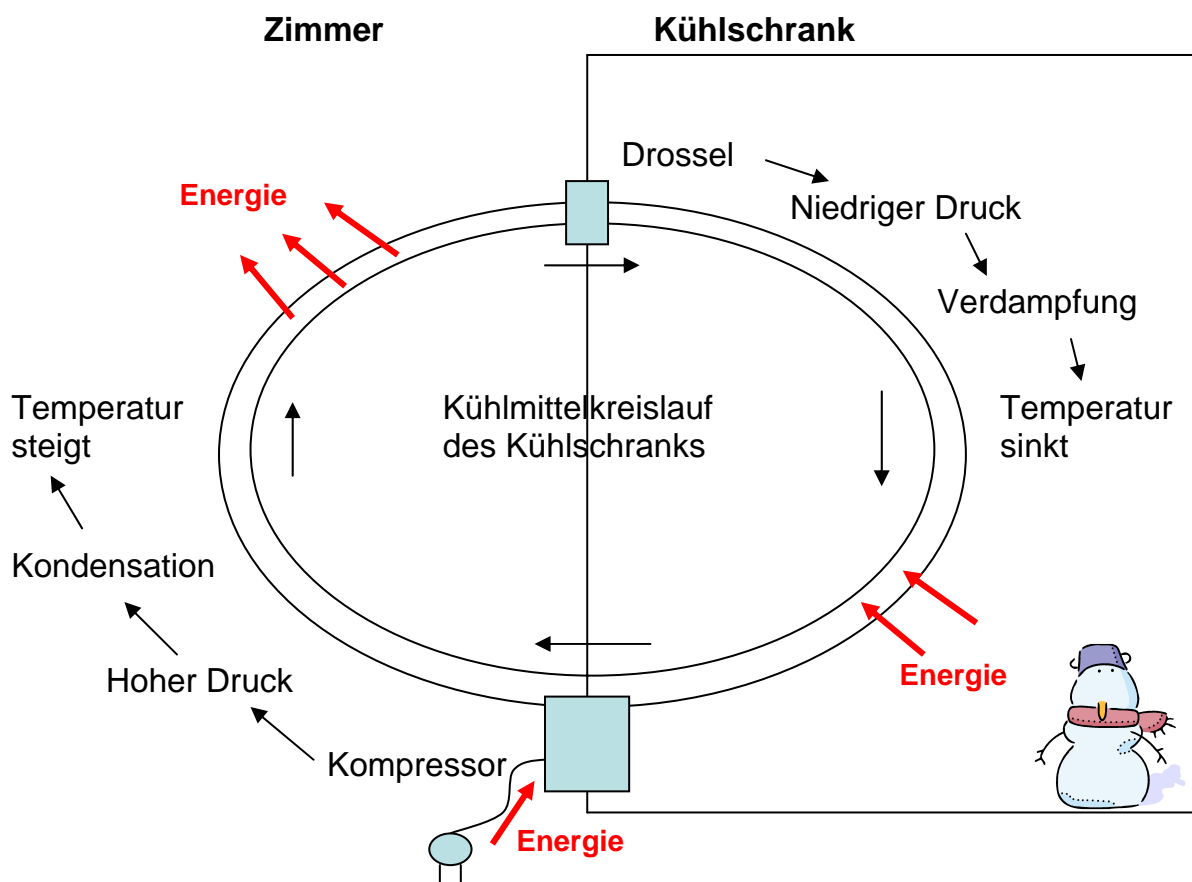
Außerhalb des Kühlschranks:

Drossel und Kompressor bewirken einen höheren Druck.

Das verdampfte Kühlmittel kondensiert wieder.

Beim Kondensieren gibt das Kühlmittel Wärme an die Umgebung ab.

Die Temperatur steigt.



Zusätzlich sollte durch Farbe gekennzeichnet werden wo sich die Kuhlsubstanz in gasförmigen und wo im flüssigen Zustand befindet.

Unterrichtsverlauf

Lernziele

<p>Denkanstoß: „Wenn es mir im Sommer im Haus zu warm ist, mache ich einfach die Kühlschrantüre auf. Nach kurzer Zeit habe ich ein angenehmes Raumklima. Macht ihr das zu Hause auch so?“ Schüler äußern Gedanken, Kritik, Vorstellungen zur Funktionsweise...</p>	<p>Den Schülern soll auffallen, dass sie die Funktionsweise eines Kühlschranks nicht genau kennen und sie sollen darauf neugierig gemacht werden.</p>
<p>Erarbeitung: Das Verdampfen einer Flüssigkeit, wird als Änderung des Aggregatzustands flüssig zu gasförmig anhand des Teilchenmodells und der Begriff „Innere Energie“ als kinetische Energie der Teilchen im Klassengespräch wiederholt und vom Lehrer an die Tafel skizziert.</p>	<p>...durch das Teilchenmodell verstehen, dass durch Verdampfung einer Substanz ihrer Umgebung Wärme entzogen wird und diese Vorstellung präsent haben.</p>
<p>Der Lehrer führt einen Versuch zur Verdunstung einer Flüssigkeit bei Druckverminderung und gleich bleibender Temperatur vor. Beispiel in der Lebenswelt: Wasser kocht in großer Höher bereits bei niedrigerer Temperatur.</p>	<p>...erkennen, dass durch Druckverminderung die Verdampfung (und damit die Kühlung) verbessert werden kann. ...von diesem Phänomen erstaunt sein.</p>
<p>Ein realitätsgetreues und ein stark vereinfachtes statisches Modell eines Kühlmittelkreislaufs werden an die Wand projiziert. Im Klassengespräch wird diskutiert, was in dem Teil des Kreislaufs passieren muss, der sich offensichtlich außerhalb des Kühlschranks befindet und welche Funktion der Kompressor hat.</p>	<p>...die stark vereinfachte Darstellung als richtig und mit der Realität vergleichbar anerkennen ...sich an die Kondensation als Umkehrung der Verdampfung erinnern. ...die gerade gelernten/ wiederholten physikalischen Phänomene nutzen um einen Kühlmittelkreislauf zu erklären.</p>
<p>Ergebnissicherung: Einfaches dynamisches Modell eines Kühlmittelkreislaufs am Computer/ Beamer läuft ab während die Schüler in Partnerarbeit analoges Arbeitsblatt ausfüllen/ gestalten. Der Lehrer erteilt dabei individuelle Hilfestellung.</p>	<p>...in Zusammenarbeit mit ihrem Nachbarn das dynamische Modell des Kühlmittelkreislaufs auf ihr statisches Arbeitsblatt übertragen und es dabei selbst so gestalten, dass der dynamische Kreislauf für sie ersichtlich wird mit Pfeilen, Farben,...</p>
<p>Vertiefung: Der Denkanstoß aus Unterrichtsphase 1 wird noch einmal angesprochen und diesmal etwas ausführlicher diskutiert.</p>	<p>...verstehen, dass die Kühlsubstanz im Kühlschrank, dem Innern Wärme entzieht und diese durch die Kondensation an die Umgebung abführt. ...erkennen, dass zu einer sinnvollen Diskussion ein gewisses Maß an Sachkenntnis sehr dienlich ist.</p>

Als weitere Vertiefungen können die Wahl des Kühlmittels oder die Isolierung des Kühlschranks und damit verbundene Energieeinsparung behandelt werden.