



**Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
(IMST-Fonds)**

S3 „Themenorientierung im Unterricht“

ICH, WIR UND DIE WÄRME

**Die Wärme durch von Schüler/innen entdeckten und vorgeführten Versuchen
erforschen und gemeinsam verstehen lernen**

Mag. Roswitha Koch

BG / BRG Knittelfeld

Knittelfeld, April 2007

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|-----------|
| ABSTRACT | 4 |
| 1 EINLEITUNG | 5 |
| 1.1 Ausgangslage und Motivation | 5 |
| 1.2 Schulprofil und Schwerpunktprofil im Kontext des Projekts | 6 |
| 2 ZIELE DES PROJEKTS | 7 |
| 2.1 Hauptziele | 7 |
| 2.1.1 Evaluiertes Hauptziel | 7 |
| 2.2 Zusatzziele | 8 |
| 3 DIDAKTIK, METHODIK UND SOZIALE FORM | 9 |
| 3.1 Didaktik | 9 |
| 3.2 Methodik | 9 |
| 3.2.1 Planungsphase des Versuchs..... | 9 |
| 3.2.2 Vorbereitungsphase des Versuchs | 10 |
| 3.2.3 Durchführungsphase des Versuchs | 10 |
| 3.2.4 Nachbereitungsphase des Versuchs | 10 |
| 3.3 Soziale Form | 12 |
| 4 ZEITPLAN | 13 |
| 5 ERGEBNISSE UND DISKUSSION | 14 |
| 5.1 Evaluation | 14 |
| 5.2 Auswertung und Interpretation | 15 |
| 5.2.1 Auf einen Blick | 15 |
| 5.2.2 Im Detail..... | 17 |
| 5.2.2.1 Themenfeld Wärme und Temperatur | 17 |
| 5.2.2.2 Wärmeübertragungen | 18 |
| 5.2.2.3 Zustandsänderungen | 19 |
| 5.2.2.4 Meteorologie | 20 |
| 6 RESÜMEE UND AUSBLICK | 21 |
| 7 LITERATUR | 22 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 8 | ANHANG | 23 |
| 8.1 | Der Wasseranstieg | 23 |
| 8.2 | Mein eigenes kleines Solarkraftwerk..... | 24 |
| 8.3 | Der Bimetallstreifen..... | 25 |
| 8.4 | Der feuerfeste Luftballon..... | 26 |
| 8.5 | Der Luftballonaufblasautomat | 27 |
| 8.6 | Die Parfumkälte | 28 |
| 8.7 | Die Weihnachtsmühle | 29 |
| 8.8 | Das Ei in der Flasche | 30 |
| 8.9 | Der fliegende Teebeutel..... | 31 |
| 8.10 | Die Thermoschuhschachtel..... | 32 |
| 8.11 | Licht an, Licht aus | 33 |
| 8.12 | Gedehntes Metall..... | 34 |
| 8.13 | Einkochen | 35 |
| 8.14 | Die zerdrückte Flasche | 36 |
| 8.15 | Der unbrennbare Papierbecher..... | 37 |
| 8.16 | Der Flaschenvulkan | 38 |

ABSTRACT

In einem schüler/innenorientierten aktiven Unterrichtsprozess sollten die Lehrinhalte zur Thermodynamik, die laut schulstufenspezifischen Lehrplan zu vermitteln sind, von den Schüler/innen erworben werden. Hierfür führten die Schüler/innen ihre eigenen, selbst entdeckten Versuche zur Thermodynamik im regulären Unterricht mit 2 Wochenstunden vor, wodurch unter diesen Rahmenbedingungen ein Fenster für das selbstständige, eigenverantwortliche und von Freude getragene Experimentieren aufgetan wurde. Jeder Versuch wurde ausführlichst erklärt und in einem Protokoll gemäß den vorgegebenen Punkten mit mehr oder weniger Unterstützung der Lehrerin verschriftlicht. So entstand eine didaktisch geordnete und gestaltete Sammlung von vielen, größtenteils einfachen Versuchen rund um die Wärme mit Erklärungen.

In einer Abfrage nach dem thermodynamischen Wissen nach ca. zwei Monaten nach Projektende wurde festgestellt, wie viel sich die Schüler/innen tatsächlich von dem Lehrstoff, den sie im Gedächtnis behalten hätten sollen, gemerkt haben. Es wurde am gleichen Tag im gleichen Unterrichtsraum, nur eine Unterrichtsstunde zeitversetzt, ein Wissenstest in der IMST-Klasse und in einer Parallelklasse durchgeführt. Im Physikunterricht in der Vergleichsklasse spielten der Lehrervortrag und die Demonstrationsversuche durch die Lehrerin eine zentrale Rolle. Durch eine Auswertung der Wissenstests in den beiden nach verschiedenen Methoden unterrichteten Parallelklassen sollten Erkenntnisse darüber gewonnen werden, ob und wie sehr erfahrungsgeladene Versuche in welcher Anzahl den Lernprozess und die Merkfähigkeit günstig beeinflussen. Es war kein signifikanter Unterschied messbar, was das langzeitige Abspeichern des thermodynamischen, schulstufenadäquaten Lehrstoffs angeht. Von den Schüler/innen in der IMST-Klasse wurde 74,7% gewusst, von denen in der Parallelklasse 73,6%. Wenn jedoch die Auswertung im Detail angesehen wird, sind Unterschiede auffindbar. In der IMST-Klasse konnten drei Schüler/innen weniger alle zwölf Fragen richtig beantworten als in der Vergleichsklasse. Dafür wussten in der IMST-Klasse elf Schüler/innen die richtigen Antworten auf insgesamt zehn Fragen, während in der Parallelklasse nur noch eine Schülerin / ein Schüler zehn Fragen richtig beantworten konnte. Diese Abweichung, wie viele Schüler/innen wie viel wussten, lässt sich auch dadurch interpretieren, dass die IMST-Klasse dem Gymnasium angehörte, während die Vergleichsklasse zum Realgymnasium gehörte. Und im letzteren Schultyp sitzen Schüler/innen, die an Physik sehr interessiert sind, woraus sich für eben diese Schüler/innen eine große Aufnahmebereitschaft und daraus eine 100% Merkfähigkeit herleiten lassen.

Schulstufe: 7. Schulstufe, 3. Klasse im Gymnasium mit insgesamt 28 Schüler/innen, davon 6 Burschen

Fächer: Physik

Kontaktperson: Mag. Roswitha Koch

Kontaktadresse: BG/BRG Knittelfeld, Kärntnerstraße 5, 8720 Knittelfeld

E-Mailadresse: roswitha.koch@gmx.at

Schüler/innen 22 Schülerinnen und 6 Schüler

1 EINLEITUNG

1.1 Ausgangslage und Motivation

In der 6. Schulstufe haben die Schüler/innen einen Physikunterricht von nur mehr einer Wochenstunde, wodurch der Lehrstoff nur mehr schwerpunktmäßig zu unterrichten ist. Die physikalischen Themenschwerpunkte werden von den einzelnen Lehrer/innen individuell ausgewählt. Auch müssen sich in dieser Schulstufe die Schüler/innen für einen Schultyp, Gymnasium oder Realgymnasium, entscheiden, was in der nächst folgenden Schulstufe zu einem neuen Klassenverband führt. Daher kommen in der 7. Schulstufe, in der das Projekt durchgeführt wird, die Schüler/innen mit ganz unterschiedlichen Wissens- und Erfahrungsbereichen zum Thema Wärme in den Physikunterricht. Sie haben verschiedene Vorstellungen darüber, wie alles rund um die Wärme in ihren Alltag integriert ist. Auch zeigen sie verschiedenstes Interesse an der Nutzung der Wärme und am Physikunterricht an sich.

Motivation, einen schüler/innen- und handlungsorientierten Physikunterricht anzubieten, ist der Wunsch, dass die Schüler/innen die zu erlernenden Wissensinhalte als solche erkennen, die für sie bei Aktivitäten und Beobachtungen in ihrem Alltag umsetzbar und nützlich sind. So haben die zu vermittelnden Lerninhalte für die Schüler/innen ein hohes Maß an Authentizität, da das erlernte Wissen für die Erklärungen der Versuche anwendbar ist.

Auch können sich die Schüler/innen gemäß ihren Begabungen in das Projekt einbringen. Es werden die individuellen Fertigkeiten und Fähigkeiten von Schüler/innen gefördert, da im Projekt sowohl handwerkliches Experimentieren als auch künstlerisch ausgestaltetes Verschriftlichen in Form von Versuchsprotokollen vorkommen.

Weiters bietet es Eltern, insbesondere Vätern, die Möglichkeit, gemeinsam oder unterstützend an einer Sache zu arbeiten. Aus vielen Rückmeldungen von Seiten der Eltern in der Unterstufe weiß ich, dass sie die zu Hause vorgeführten Freihandversuche ihrer Kinder im häuslichen Miteinander (meist) als sehr positiv empfinden. Sie erleben in Vorführungen von Versuchen den Forschergeist ihrer Kinder mit, sie werden in die schulische Arbeit miteinbezogen, was in dieser Art vielfach keineswegs als Belastung empfunden wird. Und die Begeisterung der Kinder schwappt vor allem auf die Väter über, die ihre Berufs- und Freizeiterfahrungen im technischen Bereich an ihre Kinder weitergeben können. Das Projekt fördert somit auch die Kommunikation sowie das Miteinander zwischen Eltern und Kindern, was ich für sehr wichtig halte.

1.2 Schulprofil und Schwerpunktprofil im Kontext des Projekts

Auch wenn das Leitbild (SCHULE-MIT-LEBEN) des BG/BRG Knittelfeld für so manchen inhaltlich nichts Neues aussagen mag, so möchte ich doch die Zeilen daraus zitieren, die sehr auffällig auf das Projekt zutreffen.¹

“Wissen

Lernen lernen – das Gelernte anwenden

Wir setzen uns über die Wissensvermittlung und den Wissenserwerb hinaus noch weitere Ziele:

- *Freude am Lernen*
- *die Fähigkeit, erworbenes Wissen erfolgreich zu präsentieren und anzuwenden*

Wir LehrerInnen

- *vermitteln das verbindliche Grundwissen, das den Kernthemen des Lehrplanes entspricht, ganzheitlich (alle Sinne ansprechend);*

Wir SchülerInnen arbeiten im Unterricht aktiv mit und setzen uns mit den Lerninhalten engagiert auseinander.

Persönlichkeit

Lernen für das Leben – Stärken fördern

Wir schätzen einander als aufmerksame Zuhörer.“

Was nun das Schwerpunktprofil S3, Themenorientierung im Unterricht, anlangt, so wird im Projekt ICH, WIR und die WÄRME auf folgende Schwerpunkte großen Wert gelegt:

- *Förderung der Selbstständigkeit und Eigenverantwortung der Lernenden:*
Die Schüler/innen führen ihre eigenen, selbst entdeckten Versuche zur Thermodynamik vor und bestimmen so eigenständig mit, welche Themenbereiche in welchem Umfang im Unterrichtsprozess behandelt werden.
- *Verstehen, Argumentieren, Problemlösen*
Die Schüler/innen lernen Phänomene zur Wärme aus ihrem gegenwärtigen Alltag verstehen. Sie lösen Probleme, indem sie (komplexe) Wissensinhalte in einfache Versuche transferieren.
- *Lehren und Lernen im sozialen Umfeld*
Die Schüler/innen lernen einander zuhören. Sie können in den Phasen des Findens und des Vorbereitens der Versuche die Hilfe ihres sozialen Umfelds zu Hause oder in der Schule in Anspruch nehmen.

¹ Vergleiche SCHULE-MIT-LEBEN, das Leitbild des BG/BRG Knittelfeld

2 ZIELE DES PROJEKTS

2.1 Hauptziele

- im selbstständigen Experimentieren und durch die eigenverantwortliche Auswahl der Versuche den Unterrichtsprozess und die Themenschwerpunkte durch die Schüler/innen aktiv mitgestalten lassen
- an schüler(/innen)eigene Erfahrungen und Beobachtungen im Alltag und familiären, sozialen Umfeld anknüpfen
- Bereitschaft und Verstehen für das, WAS zu lernen ist, durch das, WIE es gelehrt wird, erhöhen
- Aufnahmefähigkeit und Merkfähigkeit für den schulstufenspezifischen thermodynamischen Lehrstoff optimieren

2.1.1 Evaluiertes Hauptziel

| | |
|--|--|
| Ziel | Von den angeführten Hauptzielen wurde evaluiert, ob sich in einem schüler/innenorientierten aktiven Unterrichtsprozess, wie er im Rahmen des Projektes ICH, WIR und die WÄRME erfolgte, die Aufnahmefähigkeit und Merkfähigkeit für den schulstufenspezifischen thermodynamischen Lehrstoff optimieren lassen. |
| Maßnahmen, um das gesetzte Ziel zu erreichen | Die Schüler/innen führten ihre eigenen, selbst entdeckten Versuche zur Thermodynamik im regulären Unterricht mit 2 Wochenstunden vor. Auch wurde jeder Versuch ausführlichst erklärt und in einem Protokoll gemäß den vorgegebenen Punkten mit mehr oder weniger Unterstützung der Lehrerin verschriftlicht. |
| Indikatoren, an denen erkennbar wird, dass durch die gesetzten Maßnahmen das Ziel erreicht wurde | In einem offenen Wissenstest zur Thermodynamik nach ca. zwei Monaten nach Projektende wurde festgestellt, wie viel sich die Schüler/innen tatsächlich von dem Lehrstoff, den sie im Gedächtnis behalten hätten sollen, gemerkt haben. Es wurde am gleichen Tag im gleichen Unterrichtsraum, nur eine Unterrichtsstunde zeitversetzt, der Wissenstest in der IMST-Klasse und in einer Parallelklasse durchgeführt. Im Physikunterricht in der Vergleichsklasse spielten der Lehrervortrag und die Demonstrationsversuche durch die Lehrerin eine zentrale Rolle. Durch eine Auswertung der Wissenstests in den beiden nach verschiedenen Methoden unterrichteten Parallelklassen sollten Erkenntnisse darüber gewonnen werden, ob und wie sehr erfahrungsgel leitete Versuche in welcher Anzahl den Lernprozess und die Merkfähigkeit günstig beeinflussen. |

2.2 Zusatzziele

- sich Informationen aus Büchern, in Bibliotheken oder im Internet beschaffen und diese sichten
- verschiedenste Begabungen durch eine handwerkliche oder sprachliche, kreative Aufarbeitung von Lerninhalten fördern
- Versuchsprotokolle nach einer vorgegebenen Vorlage anfertigen
- im assoziativen Denken geschult werden
- sich in einer naturwissenschaftlichen Präsentationstechnik üben
- sich gegenseitig zuhören lernen
- Physik gemeinsam im sozialen Umfeld zu Hause positiv erleben
- Lerninhalte mit einem hohen Maß an Authentizität für die Schüler/innen versehen
- höhere Akzeptanz der Naturwissenschaften vor allem bei Schüler/innen im Gymnasium
- Imagegewinn für Physik

3 DIDAKTIK, METHODIK UND SOZIALE FORM

3.1 Didaktik

Die Schüler/innen haben eine steuernde Funktion, was die Frequenz eines thermodynamischen Themenbereichs im Unterricht anlangt. Sie bestimmen durch die eigenverantwortliche Auswahl der von ihnen im Unterricht präsentierten Versuche mit, welches thermodynamische Fachwissen wie oft und in welchem Detaillierungsgrad wiederholt wird.

Aus den Versuchsprotokollen, die gemäß einer Vorlage zu verfassen sind, gehen die schüler/innenspezifischen Themenfelder hervor.

Thermodynamische Themenbereiche, die sich in den Schüler/innenversuchen wieder finden:

- Entstehung und Umwandlung von Wärmeenergie
- Druck- und Volumenänderung durch Temperaturänderung
- Wärmeübertragungen: Wärmeleitung, Wärmeströmung und Wärmestrahlung
- Zustandsänderungen und damit verbundene Erscheinungen
- alternative Energiegewinnung

Weitere lehrplanadäquate thermodynamische Lehrinhalte:

- Nahrung, Brennstoffe, Heizungssysteme
- thermodynamische Gesetzmäßigkeiten in der Meteorologie

3.2 Methodik

Die Erziehungsberechtigten der am Projekt teilnehmenden Schüler/innen wurden in einem an sie gerichteten Schreiben über die Ziele von IMST3, die Tätigkeit des MNI-Fonds sowie das Projekt ICH, WIR und die WÄRME im Speziellen informiert. Hierbei erfuhren sie, dass die zentrale Rolle im Physikunterricht aufwändigen und einfachen Versuchen rund um die Wärme zukommt.

3.2.1 Planungsphase des Versuchs

Die Schüler/innen wählten einen Versuch aus. Hierfür lasen sie in Büchern nach, erinnerten sich an Versuche in Kindersendungen im Fernsehen, gingen in Bibliotheken oder recherchierten im Internet. Mitunter holten sie sich bei ihrer Suche nach einem Versuch auch die Unterstützung ihrer Familie und ihrer Freundinnen / ihrer Freunde. Auch nahmen sie sehr gerne die Hilfe von Vätern in Anspruch, wenn es darum ging, technisch aufwändige Versuche zu planen.

Meist lagen ihnen danach viele Versuche vor, die sie erst noch sichten mussten. Für ihre Entscheidung zugunsten eines Versuchs zogen sie sehr oft dieselben Kriterien heran:

- Die Versuchsanordnung muss leicht herstellbar sein, sie darf also nicht zu aufwändig sein.
- Der Versuch „muss“ immer gelingen.
- Noch nie hat jemand im Unterricht einen solchen Versuch vorgeführt.

Wie lange die Durchführung des Versuchs dauert, spielte für die Schüler/innen eine untergeordnete Rolle.

3.2.2 Vorbereitungsphase des Versuchs

Die Schüler/innen bauten, wenn möglich, die Versuchsanordnung zu Hause auf und führten dann den Versuch mindestens einmal durch. Mitunter wurden auch Versuchsgерäte und Versuchsmaterial von der Schule benötigt. Wenn möglich, nahm die Schülerin / der Schüler das von der Schule zur Verfügung gestellte Versuchsmaterial nach Hause mit, um den Versuch doch noch vor der Präsentation in der Schule zu Hause auszuprobieren. Ansonsten war die Premiere des Versuchs vor den Klassenkameradinnen / den Klassenkameraden, wobei die Lehrerin half.

Bei technisch aufwändigen Versuchen beteiligten sich sehr oft die Väter bei der Herstellung der Versuchsanordnung. Die Begeisterung der Kinder schwappte auf die Väter über und gemeinsam verbrachten sie Zeit, in der sie die Physik positiv erlebten.

Mir wurde berichtet, dass die Kinder ihre Versuche voll Enthusiasmus auch den Großeltern vorführten.

In der Vorbereitungsphase war auch das Suchen nach Antworten auf die Frage: „Warum ist das so?“ anzuedeln.

3.2.3 Durchführungphase des Versuchs

Vor der Klasse führte die Schülerin / der Schüler im Physiksaal den Versuch vor. Mitunter halfen die Schulfreundinnen / die Schulfreunde oder die Lehrerin bei der Versuchsdurchführung.

Die Erklärung des Versuchs erfolgte nicht nur mündlich, sondern eine Kurzfassung wurde auch an die Tafel geschrieben. Für die Antwort auf das WARUM? wurde sehr gerne die Hilfe der Lehrerin in Anspruch genommen. Doch bei der Präsentation coram publico war die Phase des Suchens nach Lösungen bereits abgeschlossen.

3.2.4 Nachbereitungsphase des Versuchs

Das war die Phase, die den Schülerinnen / den Schülern nicht immer zur Freude reichte. Hierbei ging es um das Verfassen eines Protokolls. Den Schülerinnen / den Schülern lag eine Vorlage vor, die als Orientierungshilfe gedacht war. Anhand dieses Musterprotokolls fiel es ihnen leichter, ihren eigenen Versuch zu verschriftlichen. Es war nicht zwingend vorgeschrieben, das Protokoll am Computer zu schreiben, da nicht alle Schüler/innen über einen solchen verfügen. Alle im Laufe der Projektmonate abgegebenen Protokolle wurden von der Lehrerin digitalisiert, sodass eine Sammlung entstand.

Musterprotokoll: ICH, WIR UND DIE WÄRME

| | |
|---|---|
| THEMENFELD Ausdehnung der Körper durch Wärme | |
| EINLEITENDE WORTE, die die Neugierde wecken auf das, was kommt Ein unsichtbarer Flaschengeist lässt eine Münze auf einem Flaschenhals tanzen. |  |
| VERSUCHSMATERIAL Flasche, Münze, Spülmittel | ABBILDUNG(EN), ZEICHNUNG(EN) (in chronischer Reihenfolge) |
| VERSUCHSDURCHFÜHRUNG, VERSUCHSBEOBACHTUNG Ich nehme eine Flasche, die möglichst kalt sein soll. Ich befeuchte die Ränder der Flaschenöffnung mit einem Spülmittel und decke diese mit einer leichten Münze zu. Lege ich nun meine Hände um den Flaschenbauch, hebt sich plötzlich die Münze wie von Geisterhand. |  |
| VERSUCHSERKLÄRUNG, VERSUCHSAUSWERTUNG Die kalte Luft in der Flasche wird durch die Hände erwärmt und dehnt sich aus. Sie kann aber nicht entweichen, weil das Spülmittel zwischen Flaschenrand und Münze den Austritt verhindert. Immer, wenn der Druck groß genug ist, hebt sich die Münze und lässt die warme Luft herausströmen. | |

3.3 Soziale Form

In der Planungs-, Vorbereitungs-, Durchführungs-, und Nachbereitungsphase konnte jede Schülerin / jeder Schüler einzeln oder in der Gruppe gemeinsam mit Freundinnen / mit Freunden, mit Familienangehörigen oder mit der Lehrerin arbeiten.

Um Klarheit über die Aufgaben, die die Schülerin / der Schüler im Rahmen des Projekts durchzuführen hatte, zu schaffen, wurden diese sowie die Aufgaben der Lehrerin nicht nur mündlich ausgesprochen, sondern auch schriftlich fixiert. Jeder Schülerin / jedem Schüler lag die nachfolgende Auflistung der Aufgaben in schriftlicher Form vor.

Die 10 Vs

Aufgabe der Schülerin / des Schülers:

Versuch im sozialen Umfeld der Familie und der Freund/innen eruieren
Versuch außerhalb der Schule eigenständig ausprobieren
Versuch vor den Mitschüler/innen präsentieren und erklären
Versuch im Plenum besprechen
Versuch niederschreiben

Aufgabe der Lehrerin:

Versuche initiieren
Versuchsmaterial, wenn gewünscht, zur Verfügung stellen
Versuchsvorführungen koordinieren und organisieren
Versuche zu beschreiben und zu erklären helfen
Versuchsprotokolle anzufertigen unterstützen und sammeln

4 ZEITPLAN

| Beauftragungsphase des Projekts | | |
|--|--|------------------------------------|
| Arbeitspaket | Start des Arbeitspaketes | Ende des Arbeitspaketes |
| | In diesem Zeitrahmen müssen die Arbeitspakete erledigt werden. Der Start- und Endtermin regelt jedoch nicht die dafür zu verwendende Zeit. | |
| Projektantrag erstellen | 22. April 2006 | 27. April 2006 |
| Projektgenehmigung einholen | 11. Juli 2006 | 15. September 2006 |
| Startphase des Projekts | | |
| Unterlagen für das Start-Up in Wien vorbereiten | Ende Juli | 18. September 2006 |
| am Start-Up in Wien teilnehmen | 19. September 2006 | 20. September 2006 |
| Informationsblätter für Eltern und Schüler/innen erstellen | 4. November 2006 | 4. November 2006 |
| Informationsblätter austeilen und mit Unterschrift der Erziehungsberechtigten versehen wieder einsammeln | 7. November 2006 | 29. November 2006 |
| Eingangsevaluation durchführen | | |
| Durchführungsphase des Projekts | | |
| Schüler/innenversuche präsentieren und Protokolle dazu anfertigen | 5. Dezember 2006 | 28. Februar 2007 |
| Abschlussphase des Projekts | | |
| Wissenstest für die IMST-Klasse und die Parallelklasse erstellen | 16. April 2007 | 16. April 2007 |
| Wissenstest in beiden Klassen durchführen | 18. April 2007 | 18. April 2007 |
| Endevaluation durchführen | | |
| Endebericht verfassen und abändern | 20. April 2007 | 10. Juli 2007 |

5 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

5.1 Evaluation

In dem Projekt ICH, WIR und die WÄRME könnte sich die Evaluation auf zwei Bereiche beziehen: den Prozess und den Output.² Ich habe mich für den Output entschieden und das von den Schülerinnen / den Schülern erworbene Fachwissen in einem Wissenstest ca. zwei Monate nach Projektende abgefragt. Um objektiv feststellen zu können, dass sich durch diese Methode des Unterrichtens die Aufnahmefähigkeit und Merkfähigkeit verbessern, habe ich am gleichen Tag im gleichen Unterrichtsraum, nur eine Unterrichtsstunde zeitversetzt, den Wissenstest in der IMST-Klasse und einer von mir unterrichteten Parallelklasse durchgeführt. Hätte ich bei dieser Befragung Antworten zum Ankreuzen gegeben, hätte ich die statistische Trefferquote mitberücksichtigen müssen. Ich habe mich daher für einen „offenen“ Wissenstest entschieden.

Das folgende **Ziel** wurde von den in meiner Zieleformulierung angeführten Hauptzielen evaluiert:

- Aufnahmefähigkeit und Merkfähigkeit für den schulstufenspezifischen thermodynamischen Lehrstoff optimieren

Um dieses Ziel zu erreichen, mussten **Maßnahmen** in der Unterrichtsgestaltung getroffen werden. Die Schüler/innen führten ihre eigenen, selbst entdeckten Versuche zur Thermodynamik im regulären Unterricht mit 2 Wochenstunden vor. Auch wurde jeder Versuch ausführlichst erklärt und in einem Protokoll gemäß den vorgegebenen Punkten mit mehr oder weniger Unterstützung der Lehrerin verschriftlicht.

An **Indikatoren** sollte erkennbar werden, dass durch die gesetzten Maßnahmen das Ziel erreicht wurde. Hierfür gab es den offenen Wissenstest zwei Monate nach Projektende in der IMST-Klasse und in einer Parallelklasse.

Interessant zu erwähnen ist, dass selbst die am Projekt teilgenommenen Schüler/innen diesen Wissenstest nicht im Rahmen des MNI-Projekts von IMST3 gesehen haben, obwohl darauf in der Kopfzeile des ausgeteilten Fragebogens verwiesen wurde. Vielmehr haben sie diesen assoziiert mit Abfragen von „Standards“ in der Physik und ihn dem Känguru-Test in der Mathematik gleichgesetzt, wenn auch zeitmäßig stark verkürzt. Ich musste daher mehrmals darauf verweisen, dass es für falsche Antworten keine Abzüge in den Punkten gibt.

Die Schüler/innen konnten, wenn sie wollten, ihren Namen auf den Fragebogen schreiben.

Die beiden an der IMST-Evaluation teilgenommenen Klassen im Vergleich

| Probandinnen, Probanden | IMST-Klasse A | Klasse B |
|---|----------------------|---------------------|
| Schulstufe | 7. Schulstufe | 7. Schulstufe |
| Schultyp | Gymnasium | Realgymnasium |
| Anzahl der teilgenommenen Schülerinnen / Schüler | 27 davon 5 Burschen | 23 davon 9 Burschen |

² Vgl. Qualitätsevaluation und Qualitätsentwicklung an Schulen, Seite 8

| Probandinnen, Probanden | IMST-Klasse A | Klasse B |
|----------------------------------|--|---|
| Methode des Unterrichtens | Lehrerinvortrag, Versuche durchgeführt von Schülerinnen und von Schülern | Lehrerinvortrag, Versuche: überwiegend Demonstrationsversuche der Lehrerin und einige Versuche von Burschen |

Die in der Befragung gestellten Fragen können vier thermodynamischen Themenfeldern zugeordnet werden. Die **Themenfelder** sind:

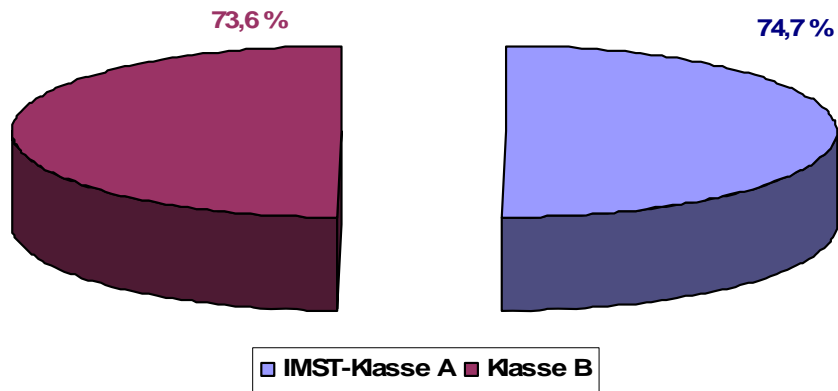
- Wärme und Temperatur
- Wärmeübertragungen: Wärmeleitung, Wärmeströmung und Wärmestrahlung
- Aggregatzustände und deren Änderungen
- Meteorologie

5.2 Auswertung und Interpretation

5.2.1 Auf einen Blick

| Nr. | Wissensfragen | richtige Antworten in % | |
|-----|---|-------------------------|----------|
| | | IMST-Klasse A | Klasse B |
| 1 | Was versteht man unter Wärme? | 92,6 % | 91,3 % |
| 2 | Was versteht man unter Temperatur? | 92,6 % | 87,0 % |
| 3 | 418 kJ sind ungefähr wie viele kcal? | 92,6 % | 73,9 % |
| 4 | Warum leiten Metalle die Wärme sehr gut? | 48,1 % | 52,2 % |
| 5 | Die Fußbodenheizung erwärmt die Luft über dem Boden. Was macht die Luft dann? | 85,2 % | 69,6 % |
| 6 | Im Gegensatz zur Wärmeleitung und Wärmeströmung erfolgt die Wärmestrahlung auch im ...? | 77,8 % | 87,0 % |
| 7 | Wie nennt man die Zustandsänderung von fest auf gasförmig? | 81,5 % | 56,5 % |
| 8 | Wodurch wird das Verdunsten begünstigt? | 70,4 % | 60,9 % |
| 9 | Wie verhält sich die Temperatur während des Schmelzvorgangs? | 29,6 % | 65,2 % |
| 10 | Woraus bestehen Wolken? | 85,2 % | 78,3 % |
| 11 | Wodurch entsteht Wind? | 48,1 % | 65,2 % |
| 12 | Wie nennt man einen Regenmesser? | 92,6 % | 95,7 % |

So viel wurde gewusst



Es war kein signifikanter Unterschied messbar, was das langzeitige Abspeichern des thermodynamischen, schulstufenadäquaten Lehrstoffs anlangt. Wenn ich mir jedoch in der Auswertung ansehe, wie viele richtige Antworten die einzelnen Schüler/innen gegeben haben, so ist in den beiden Klassen ein doch merkbarer Unterschied feststellbar, den ich in nachfolgender Tabelle festhalten möchte. Ich kann jedoch keine Aussage treffen, ob mehr Mädchen oder mehr Burschen alle Fragen richtig beantwortet haben, da keine Namensnennung zwingend gefordert war.

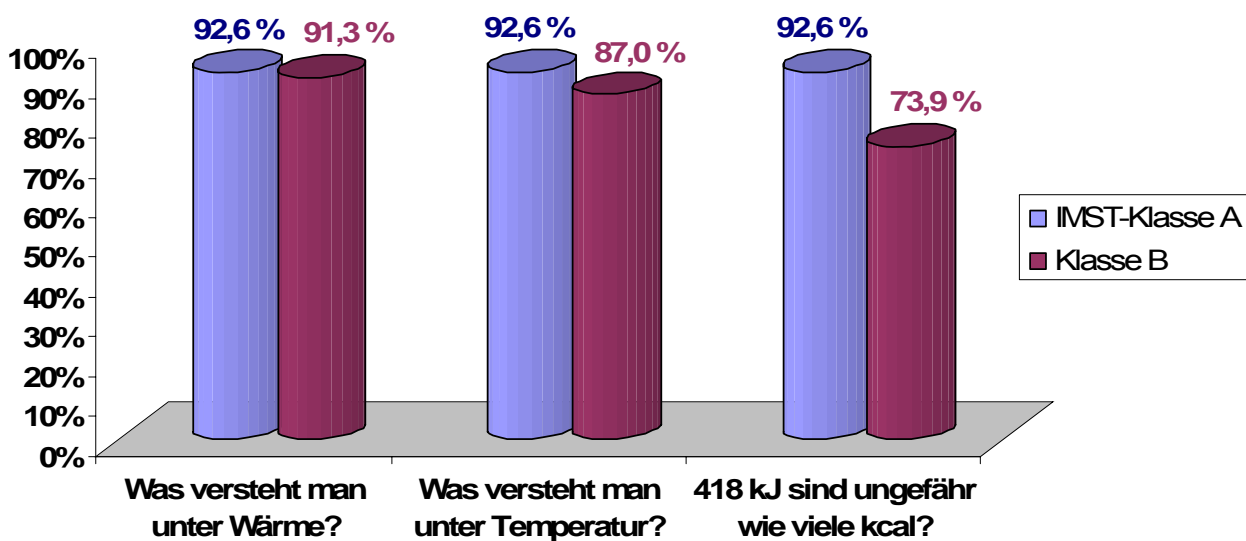
| Insgesamt 12 gestellte Fragen waren zu beantworten. | | |
|---|---|--------------------------------------|
| Anzahl der Antworten, die richtig beantwortet wurden | Anzahl der Schüler/innen, die diese Anzahl von richtig beantworteten Fragen erreicht haben | |
| | IMST-KLasse A 27 Schüler/innen | Klasse B 23 Schüler/innen |
| 12 (alle) richtige Antworten | 1 | 4 |
| 11 richtige Antworten | 3 | 5 |
| 10 richtige Antworten | 11 | 1 |

Das obige Ergebnis möchte ich derart interpretiert sehen, dass im Realgymnasium Schüler/innen sitzen, die an Physik sehr interessiert sind, woraus sich für diese Schüler/innen eine große Aufnahmebereitschaft und daraus eine 100% Merkfähigkeit herleiten lassen.

5.2.2 Im Detail

5.2.2.1 Themenfeld Wärme und Temperatur

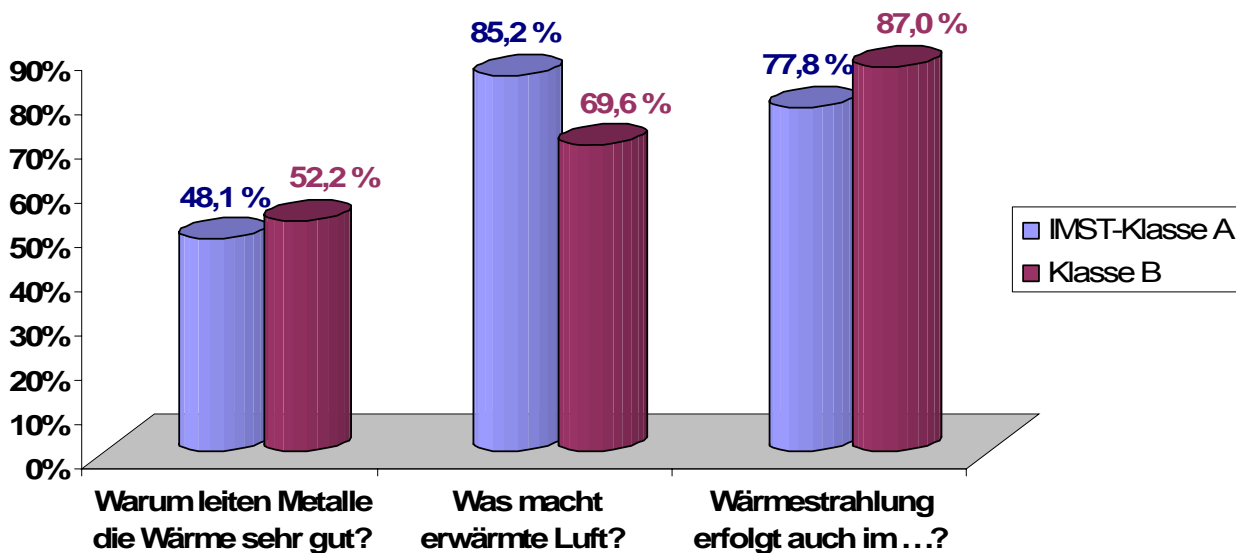
richtige Antworten zu Wärme und Temperatur in %



Die IMST-Klasse konnte jede dieser drei Fragen gleich gut beantworten. Im Experimentieren haben sie offenkundig gelernt, dass die Temperatur messbar ist. Sie können diese Zustandsgröße besser als die Vergleichsklasse von der Wärme unterscheiden. Auch scheinen die IMST-Schüler/innen im Umgang mit thermodynamischen Einheiten kompetenter zu sein. Ich möchte anmerken, dass speziell die Mädchen sich sehr für den Energiegehalt von Nahrungsmitteln in kcal interessiert haben.

5.2.2.2 Wärmeübertragungen

richtige Antworten zu Wärmeübertragungen in %



Zur Frage: **Warum leiten Metalle die Wärme sehr gut?** Frei bewegliche Elektronen sind schuld daran, dass Metalle sehr gute Wärmeleiter sind. Diese elektrisch negativ geladenen Teilchen sind für Schüler/innen beider Klassen abstrakte Modelle, für die es im schüler/(innen)ischen Alltag keine Anknüpfung gibt. Sehr oft kam die Antwort "Teilchen" ohne jedes weitere Attribut. Mit dem Begriff Teilchen assoziieren Schüler/innen kleinste materielle Stoffmengen. Auch scheint es für sie ohne Belang zu sein, was die Ursache für die sehr gute Wärmeleitfähigkeit ist, vielmehr ist es wichtig, zu wissen, dass Metalle sehr gute Wärmeleiter sind.

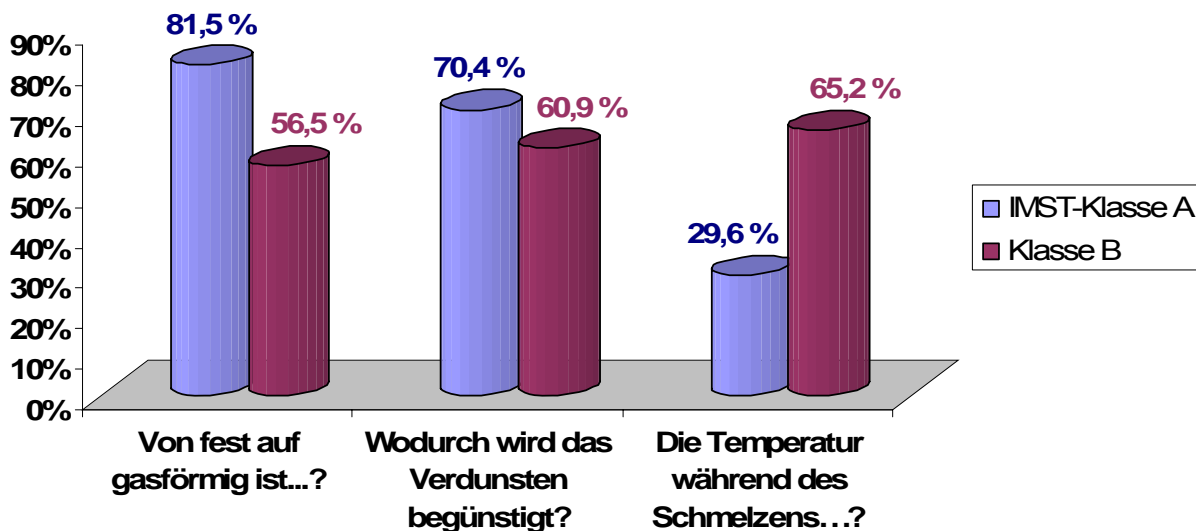
Zur Frage: **Die Fußbodenheizung erwärmt die Luft über dem Boden. Was macht die Luft dann?** Die Schüler/innen der IMST-Klasse haben in zahlreichen Versuchen gezeigt, erwärmte Luft und erwärmte Flüssigkeit dehnen sich aus. Der Stoff nimmt mit der Ausdehnung ein größeres Volumen ein, seine Dichte wird geringer, und er steigt daher auf. Sehr interessant ist die mehrfach aufscheinende Antwort von den Schüler/innen der IMST-Klasse, die erfahrungsgelernt ist. Erwärmte Luft steigt (nur) an den Wänden hoch. Sie braucht also ein "Klettergerüst", um aufsteigen zu können. Diese Antwort wurde von mir als nicht richtig eingestuft.

Zur Frage: **Im Gegensatz zur Wärmeleitung und Wärmeströmung erfolgt die Wärmestrahlung auch im ...?** Die Schüler/innen der IMST-Klasse haben die erfahrungsgelernte Antwort im Universum oder im Weltall gegeben. Sie setzten die Wärmestrahlen den Sonnenstrahlen gleich, die aus dem Weltall zu uns kommen. Die Probandinnen / die Probanden der Klasse B haben bei der Antwortnennung immer Vakuum oder luftleerer Raum angeschrieben.

Im Anschluss an die Befragung löste diese Frage bei der Besprechung vor dem IMST-Klassenverband, für mich völlig unerwartet, eine Diskussion über physikalische Aussagen aus. Wärmeisolierende Doppelglasfenster haben zwischen den Glasscheiben ein Vakuum, um einen Wärmeaustausch zwischen Innen- und Außenraum zu behindern. Nun dringen jedoch Sonnenstrahlen, die Wärme spenden, durch Glasscheiben durch, dann müsste doch eine luftleere Hülle vollkommen ungeeignet zur Wärmeisolierung sein.

5.2.2.3 Zustandsänderungen

richtige Antworten zu Zustandsänderungen in %



Zur Frage: **Wie nennt man die Zustandsänderung von fest auf gasförmig?** Die Schüler/innen der Klasse B haben sehr oft die falsche Antwort Kondensieren gegeben, während diese Antwort bei den Schüler/innen / den Schülern der IMST-Klasse nie aufschien. Letztere konnten durch ihr experimentelles Arbeiten die Zustandsänderungen differenzieren.

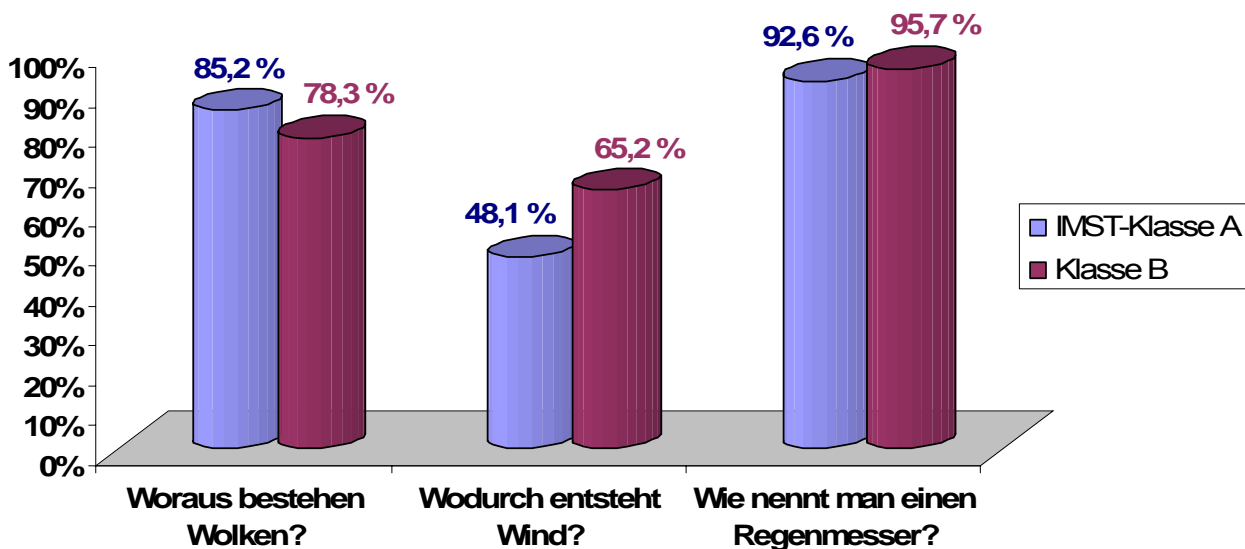
Zur Frage: **Wodurch wird das Verdunsten begünstigt?** Ich habe diese Frage nur dann als richtig bewertet, wenn zumindest zwei Faktoren angeführt wurden: Wind, Wärme und große Oberflächen. Im Physikunterricht wurde in beiden Klassen sehr deutlich ausgeführt, dass das Verdunsten nicht dem Verdampfen gleich zu setzen ist. Nun haben einige Schüler/innen eine Erklärung fürs Verdunsten angeschrieben. Sie haben damit in der Befragung der Lehrerin zu verstehen gegeben, dass sie sehr wohl das Verdunsten vom Verdampfen eines Stoffes unterscheiden können.

Zur Frage: **Wie verhält sich die Temperatur während des Schmelzvorgangs?** Nur jede Dritte / jeder Dritte der IMST-Klasse konnte diese Frage richtig beantworten. Die richtige Antwort widerspricht der Handlung, die die Schüler/innen bei Versuchen zum Schmelzen durchführten. Um einen Stoff zu schmelzen, muss Wärme zugeführt werden. Die Temperatur als Messgröße der Wärme ändert sich während des Schmelzvorgangs nicht. Die Schüler/innen wissen aufgrund ihrer Erfahrungen, wie sie einen Stoff zum Schmelzen bringen. Und nur das ist für sie wichtig, und diese Erkenntnis transferieren sie auf das Verhalten der Temperatur während des Schmelzprozesses.

Die Lehrerin hat im Physikunterricht stets auf die Wichtigkeit verwiesen, zu unterscheiden zwischen: Wodurch leite ich den Vorgang der Zustandsänderung ein? Und was geschieht während des Vorgangs der Zustandsänderung? Zwei Drittel der Schüler/innen der Klasse B haben diese physikalische Aussagen als "sehr wichtiges" Wissen abgespeichert

5.2.2.4 Meteorologie

richtige Antworten zur Meteorologie in %



Die Schüler/innen der IMST-Klasse haben Versuche zur Entstehung der Wolken durchgeführt, während es von Seiten der Schüler/innen keinen einzigen Versuch zum Wind gab. Die Frage "Wie nennt man einen Ombrometer?" wurde von Schülerinnen / von Schülern beider Klassen zu einem hohen Prozentsatz richtig beantwortet. Das dürfte damit zusammen hängen, dass die Benennung der meteorologischen Messgeräte ethymologisch von der Lehrerin erklärt wurde. Aus Lerntheorien ist bekannt, dass Ausgefallenes sehr einprägsam ist.

6 RESÜMEE UND AUSBLICK

Experimente im Physikunterricht haben unabhängig davon, wie groß oder gering der Aufwand bei den Versuchsaufbauten sein mag, einen großen Stellenwert im Physikunterricht. Führen die Schüler/innen die Versuche jedoch eigenständig durch, kommen noch der Spaßfaktor und die Lust zu lernen hinzu. Motivierte Schüler/innen stürmen in den Physiksaal und verlassen diesen selbst nach Einläuten der Pause nicht.

Ich bin nicht enttäuscht darüber, dass beide Klassen im Wissenstest zur Thermodynamik fast gleich gut abgeschnitten haben. Das ist für mich nur ein Beweis dafür, dass selbst die Demonstrationsversuche der Lehrerin die Merkfähigkeit nachhaltig positiv beeinflussen. Auch wäre es möglich, dass die Schüler/innen der IMST-Klasse weniger richtige Antworten gegeben hätten, wenn sie nicht nach der schüler/innenzentrierten, handlungsorientierten, offenen Methode unterrichtet worden wären. Die beiden Klassen, die an der Befragung teilgenommen haben, gehören zwei verschiedenen Schultypen an. Es ist davon auszugehen, dass die Klasse B durch ihre Studentafel eine intensivere naturwissenschaftliche Ausbildung genießt.

An meiner Schule gibt es kein naturwissenschaftliches Labor. Lernen anhand von Versuchen ist im regulären Unterricht bei den vorhandenen Klassengrößen sehr schwierig. Da jedoch den Experimenten eine zentrale Rolle in Hinblick auf "Physik erleben – Physik verstehen" zukommt, werde ich im Focus haben, diesen in meinem Physikunterricht einen großer Zeitrahmen einzuräumen, wie ich es bisher schon mache. So führe ich in den realistischen Klassen der Oberstufe über Jahre hinweg ein Physik-Versuchsheft, in dem die zu Hause oder im Unterricht durchgeführten Versuche protokolliert werden.

7 LITERATUR

BASTIAN, Hans-Werner (1999). Moderne Heizungsanlagen planen, betreiben und warten. Niedernhausen/Ts: Falken Verlag.

CONERT, Hans Joachim (1990). Das Wetter. München: Ars-Edition.

COSGROVE, Brian (1994). Das Wetter. Hildesheim: Gerstenberg Verlag.

JANSCHKE, Wolfgang, KRÄINER, Konrad, POSCH Peter (1999, Version 1.1). Qualitätsevaluation und Qualitätsentwicklung an Schulen – Anregungen, Instrumente, Methoden. IFF/Schule und gesellschaftliches Lernen, pädagogisches Institut des Bundes in Kärnten.

PERELMAN, J. (1989). Unterhaltsame Physik. Wien: Schönbrunn-Verlag.

PRESS, Hans Jürgen (1983). Geheimnisse des Alltags – Entdeckungen in Natur und Technik. RTB 824. Ravensburg: Ravensburger Buchverlag.

PRESS, Hans Jürgen (1987). Spiel – das Wissen schafft. RTB 26. Ravensburg: Ravensburger Buchverlag.

RENTZSCH, Werner (1995). Experimente mit Spaß - Wärme. Wien: Verlag Hölder-Pichler-Tempsky.

TREITZ, Norbert (1991). Spiele mit Physik – Ein Buch zum Basteln, Probieren und Verstehen. Thun: Verlag Harri Deutsch.

WILSON, Francis, MANSFIELD Felicity (1980). Wir entdecken und bestimmen das Wetter. RTB 621. Ravensburg: Ravensburger Buchverlag.

8 ANHANG

8.1 Der Wasseranstieg

Wasser steigt in einem Glas wie von Geisterhand auf.



Themenfeld

Änderung des Gasdruckes in Abhängigkeit von der Erwärmung

Theorie

Kühlt in ein Glas eingeschlossene Luft ab, wird ihr Druck geringer. Die Teilchen der Luft bewegen sich weniger schnell und stoßen daher weniger oft an die Wände des Glases. Sie üben somit weniger Kräfte auf die Glasflächen aus. Also wird der Druck geringer.

Ohne Sauerstoff erlischt eine brennende Kerze.

Versuchsmaterial

eine Untertasse, eine Kerze, ein Glas, Feuerzeug und Wasser

Versuchsdurchführung

Ich stelle eine Kerze auf die Untertasse und zünde die Kerze an. Danach leere ich Wasser auf die Untertasse, bevor ich ein Glas über die brennende Kerze stülpe. Nach ein paar Sekunden erlischt die Kerze, und Wasser steigt im Inneren des Glases hoch.

Versuchserklärung

Bei der Verbrennung wird der Sauerstoff der Luft verbraucht. Die Kerze erlischt. Unter dem Glas ist es warm. Das Gas, das bei der Verbrennung entstanden ist, dehnt sich aus und strömt zum Teil unter dem Glasrand durch nach außen. Das im Glas verbleibende Gas zieht sich zusammen, wenn es unter dem Glas kälter wird. Im Glas entsteht ein geringerer Druck als außen. Die Luft will von außen ins Glas strömen und drückt dabei das Wasser in das Glas.

Robert Weitenhüller



8.2 Mein eigenes kleines Solarkraftwerk

Themenfeld: Energieumwandlung

Theorie

Aus der wärmenden Energie der Sonne wird mit Hilfe einer Solarzelle elektrische Energie gewonnen, die wiederum in Bewegungsenergie umgewandelt wird.

Versuchsmaterial

ein Plastikbecken, Wasser, ein Elektromotor, ein Schaufelrad, eine Halterung, Verbindungskabel, eine Solarzelle, Tintenpatronen und eine Lampe als künstliche Lichtquelle



Versuchsdurchführung

Ich fülle ein Plastikbecken mit Wasser. Auf der aus dem Gehäuse eines Elektromotors ragenden, drehbaren Stange befestige ich ein Schaufelrad. Am Wasserbecken bringe ich meine elektrisch betriebene Turbine derart an, dass die drehenden Schaufeln ins Wasser eintauchen. Nun verbinde ich den Elektromotor mit einer Solarzelle. Halte ich die Solarzelle in einem solchen Winkel gegen die Sonnenstrahlen, dass möglichst viel Licht auf die Fläche aus Halbleitermaterial fällt, dreht sich das Schaufelrad sehr schnell und wälzt das Wasser im Becken um. Um die Bewegung des Wassers deutlich sichtbar zu machen, tropfe ich den Inhalt von ein bis zwei Tintenpatronen ins Wasser.

Versuchsbeobachtung

Um möglichst viel Sonnenlicht ausnützen zu können, führe ich den Versuch am Fensterbrett durch. Ich muss die Solarzelle so zu den Sonnenstrahlen drehen, dass diese unter einem 90° Winkel auf die Fläche auftreffen. Dann wird aus der Sonnenenergie die größte Menge an Stromenergie gewonnen, und das Schaufelrad dreht sich am schnellsten. Auch wenn die Solarzelle mit künstlichem Licht bestrahlt wird, wird elektrische Energie gewonnen, die wiederum in Bewegungsenergie umgewandelt wird.

Versuchserklärung

Die Solarzelle besteht aus Halbleitermaterial und wandelt die Sonnenenergie in elektrische Energie um. Mit dem erzeugten Strom wird ein Elektromotor betrieben, der wiederum ein Schaufelrad antreibt. Auf diese Weise wird die elektrische Energie in Bewegungsenergie umgewandelt. Mit diesem Versuch will ich zeigen, dass Strom auch umweltfreundlich erzeugt werden kann. Nicht jede verbrauchte Kilowattstunde muss zum Treibhauseffekt und damit zur Klimaerwärmung beitragen.

Christian Pucher

8.3 Der Bimetallstreifen

Themenfeld

unterschiedliche Ausdehnung der Körper durch Wärmezufuhr

Theorie

Stoffe, wie Metalle, dehnen sich aufgrund von Erwärmung unterschiedlich stark aus.

Versuchsmaterial

ein Bimetallstreifen, eine Zange, eine Kerze oder ein Bunsenbrenner - das ist ein mit Brenngas arbeitendes Gerät, das bei verstellbarer Flamme zum Erhitzen von Stoffen benutzt wird, und ein Feuerzeug



Versuchsdurchführung

Ich zünde eine Kerze an, fasse den Bimetallstreifen mit der Zange an und halte ihn über die Kerze. Nach einiger Zeit merke ich, dass sich der Bimetallstreifen in der Flamme verbiegt.

Versuchserklärung

Im Bimetallstreifen haften zwei verschiedene Metalle aneinander. Werden die beiden Metalle durch die Kerzenflamme erwärmt, dehnen sie sich unterschiedlich stark aus, und dadurch kommt es zur Verbiegung. Kühlt der Bimetallstreifen ab, geht er wieder in seine Ursprungsform zurück.



Angelika Berr

8.4 Der feuerfeste Luftballon

Themenfeld

Übertragung der Wärmeenergie

Theorie

Luft ist ein sehr guter Wärmeisolator und verhindert daher den Wärmeaustausch.

Versuchsmaterial

zwei identische Luftballone, zwei Kerzen, Feuerzeug und Wasser



Versuchsdurchführung

In einen der beiden Luftballone wird etwas Wasser gefüllt. Anschließend werden beide gleich weit aufgeblasen. Die Kerzen werden angezündet. Nun werden die Luftballone gleichzeitig in gleicher Höhe über die Flammen gebracht, der Abstand sollte dabei etwa 3 cm betragen. Dabei muss ich darauf achten, dass die wasserbedeckte Stelle des Luftballons mitten über der brennenden Kerze liegt.

Nach kurzer Zeit platzt der Luftballon ohne Wasser, während der wassergefüllte Ballon unbeschädigt bleibt.



Versuchsbeobachtung

Halte ich den mit Wasser gefüllten Ballon lange genug über die Kerzenflamme, so wird auch seine Hülle zerstört.

Versuchserklärung

Luft gibt die Wärme schlechter weiter als Wasser. Also ist Luft ein sehr guter Wärmeisolator. Trifft die Wärme der Kerzenflamme auf die Hülle des Luftballons, so gibt es keinen Wärmeaustausch zwischen der Hülle und der umgebenden Luft im Inneren des Ballons. Die Hülle wird übermäßig erwärmt, wodurch sie zerstört wird.

Ist der Ballon mit Wasser gefüllt, nimmt die Flüssigkeit die Wärme auf. Das Wasser kühlt gleichsam den Ballon von Innen und verhindert, dass sich der Ballon in der gleichen Zeit gleich stark erwärmt wie der mit Luft gefüllte Ballon.



Lisa Flattinger

8.5 Der Luftballonaufblasautomat

Themenfeld

Ausdehnung der Körper durch Wärme und Zustandsänderung von Stoffen

Theorie

Stoffe von Körpern dehnen sich aufgrund von Erwärmung aus – Gase stärker als Flüssigkeiten und diese wiederum mehr als Festkörper.

Stoffe kommen in einem festen, flüssigen oder gasförmigen Aggregatzustand vor. Sie ändern durch Wärmezufuhr oder Wärmeabgabe ihren Aggregatzustand.



Versuchsmaterial

eine Glasflasche, ein Luftballon, eine große Kerze oder ein Bunsenbrenner - das ist ein mit Brenngas arbeitendes Gerät, das bei verstellbarer Flamme zum Erhitzen von Stoffen benutzt wird, ein Feuerzeug und Wasser



Versuchsdurchführung

In der Flasche befinden sich Wasser und Luft, und über den Flaschenhals wird ein Luftballon gestülpt. Wird die Flasche über eine brennende Flamme gestellt, erwärmen sich die Luft und das Wasser in ihr. Der Luftballon „bläst“ sich „auf“.

Versuchsbeobachtung

Ich führe den Versuch auch ohne Wasser durch. Wieder wird die in der Flasche eingeschlossene Luft erwärmt. Jetzt richtet sich der Luftballon rascher auf.



Versuchserklärung

Wenn sich die Luft erwärmt, heißt das auch, dass sie sich ausdehnt. Die warme Luft braucht also mehr Platz als die kalte. Diesen Platz gibt es aber in der Flasche nicht. Da ist ja schon alles voll Luft. Also muss sie in den Luftballon ausweichen. Der Luftballon „bläst“ sich „auf“.

Die obere Glaswand der Flasche beschlägt sich. Der Wasserdampf steigt auf und wird an der kühleren Flaschenwand zu Wasser, welches ich auch am Glas herabfließen sehe.

Sandra Binder



8.6 Die Parfumkälte

Themenfeld

Zustandsänderung Verdunsten

Theorie

Beim Verdunsten geht ein Stoff unterhalb der Siedetemperatur vom flüssigen in den gasförmigen Zustand über. Die dafür erforderliche Wärme entnimmt der Stoff seiner Umgebung, die dadurch abkühlt. Das Verdunsten eines Stoffes wird begünstigt durch eine hohe Umgebungstemperatur, durch eine große Oberfläche des Stoffes und durch einen starken Wind. Liegen die Flüssigkeitsteilchen an der Oberfläche, kann ein starker Wind sie sehr leicht von den anderen Teilchen losreißen. Und um so größer die Oberfläche ist, um so mehr flüssige Teilchen gehen in den gasförmigen Zustand über.

Versuchsmaterial

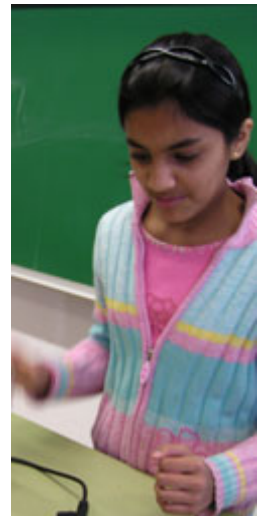
Parfum oder Alkohol

Versuchsdurchführung

Ich sprühe etwas Parfum auf die Haut. Nach kurzer Zeit spüre ich Kälte auf der Haut. Und im Raum ist das Parfum zu riechen.

Versuchserklärung

Das Parfum enthält Alkohol und Duftstoffe. Es wird nur dünn auf die Haut aufgesprüht und hat somit eine große Oberfläche. Das flüssige Parfum entnimmt der Haut Wärme und geht in den gasförmigen Zustand über. Dieser Entzug von Wärme wird als Verdunstungskälte gespürt. Die gasförmigen Parfumteilchen verteilen sich durch die Brownsche Molekularbewegung in der Luft und sind im ganzen Raum zu riechen.



Bisma Shahid

8.7 Die Weihnachtsmühle

Themenfeld

Wärmeströmung und Umwandlung der Wärmeenergie



Theorie

Die Wärmeenergie der aufsteigenden warmen Luft wird in Bewegungsenergie umgewandelt.

Versuchsmaterial

„Weihnachtsmühle“, Kerzen und ein Feuerzeug

Versuchsdurchführung

Ich nehme meine selbst gebaute Weihnachtsmühle und zünde unter dem Flügelrad drei Kerzen an. Wenn die Kerzen genug Wärme „abstrahlen“, fängt sich das Flügelrad zu drehen an.

Versuchsbeobachtung

Es dauert einige Zeit, bis die brennenden Kerzen die umgebende Luft ausreichend erwärmen, und sich meine Weihnachtsmühle dreht.



Versuchserklärung

Die brennenden Kerzen erwärmen die Luft. Warme Luft steigt auf und kühlt ab. Noch bevor die Luft abkühlt, trifft sie auf ein Flügelrad. Die Teilchen in der warmen Luft bewegen sich sehr schnell und stoßen kräftig gegen das Flügelrad. Sie drücken mit einer Kraft gegen die Flächen aus weichem Holz. Durch den Druck, den die Teilchen ausüben, dreht sich das Flügelrad. Aus Wärme entsteht Bewegungsenergie.

Dominic Friedl



8.8 Das Ei in der Flasche

Themenfeld

Wärmeströmung und Änderung des Gasdruckes in Abhängigkeit von der Erwärmung

Theorie

Wird die Luft erwärmt, dehnt sie sich aus. Somit nimmt die gleich schwere Luftmenge ein größeres Volumen ein. Die warme Luft hat eine geringere Dichte und steigt daher auf.

Kühlt die Luft in einem abgeschlossenen Raum ab, wird ihr Druck geringer. Die Teilchen der Luft bewegen sich weniger schnell und stoßen daher weniger oft an die Wände des Raumes. Sie üben somit weniger Kräfte auf die Wandflächen aus. Also wird der Druck geringer.

Versuchsmaterial

eine Glasflasche, ein gekochtes Ei, Papier und ein Feuerzeug

Versuchsdurchführung

Ich nehme ein Stück Papier, zünde es mit einem Zündholz an und stecke das brennende Papierstück in eine Glasflasche. Auf die Flaschenöffnung setze ich ein abgeschältes, gekochtes Ei. Sobald die Flamme erlischt, wird das Ei in die Flasche gesogen.

Versuchsbeobachtung

Die Flaschenöffnung muss groß genug sein, damit das abgeschälte, gekochte Ei, ohne zu zerfallen, durch die Öffnung „fällt“.

Versuchserklärung

Das brennende Papier erwärmt die Luft in der Flasche. Die erhitzte Luft dehnt sich aus, und ein Teil davon entweicht aus der Flasche, während das Papier noch brennt. Das abgeschälte, gekochte Ei wird auf die Flaschenöffnung gesetzt. Ist der Sauerstoff in der Flasche verbraucht, erlischt die Flamme. Nun kühlt sich die verdünnte Luft in der Flasche ab, und die noch in der Flasche verbliebenen Teilchen der Luft bewegen sich weniger schnell. Sie stoßen daher weniger oft an die Wände der Flasche und üben somit weniger Kräfte auf die Flaschenwände aus. Also wird der Druck geringer. Außen herrscht ein größerer Druck, und dieser Außendruck drückt auf das Ei, wodurch das Ei in die Flasche geschoben wird.

Marina Sekić

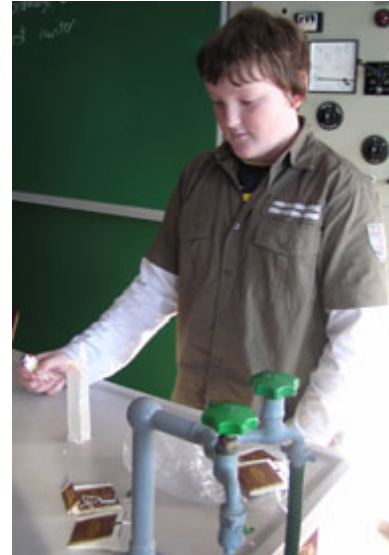
8.9 Der fliegende Teebeutel

Themenfeld

Wärmeströmung

Theorie

Wird die Luft erwärmt, dehnt sie sich aus. Somit nimmt die gleich schwere Luftmenge ein größeres Volumen ein. Warme Luft hat eine geringere Dichte als kalte. Sie steigt daher auf, während kalte Luft zu Boden sinkt.

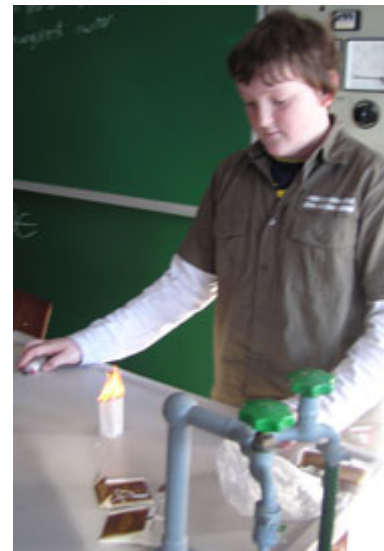


Versuchsmaterial

ein Teebeutel, ein Feuerzeug und eventuell eine Schere

Versuchsdurchführung

Ich entferne mit einer Schere die Klammer am Teebeutel, um den Inhalt des Teebeutels auszuleeren. Nun forme ich aus dem Teebeutel ein Rohr und stelle dieses auf den feuerfesten Tisch. Mit einem Feuerzeug zünde ich das Teebeutel-Rohr oben an. Noch bevor dieses zur Gänze abgebrannt ist, steigen die Verbrennungsreste in die Luft.

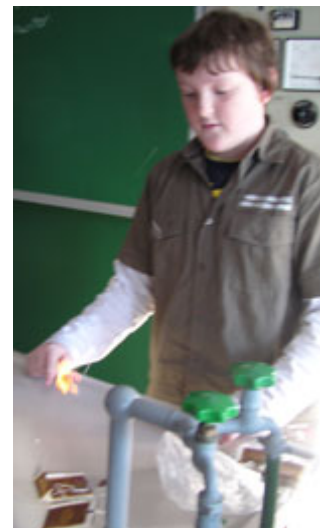


Versuchsbeobachtung

Die Verbrennungsreste des Teebeutels fallen wie Asche wieder zu Boden. Es ist daher am günstigsten, den Teebeutel im Freien steigen zu lassen.

Versuchserklärung

Durch das Verbrennen des Teebeutels wird die Luft in der Umgebung erwärmt. Warme Luft dehnt sich aus, so dass sich die gleich schwere Luftmenge in einem größeren Volumen befindet. Warme Luft hat eine geringere Dichte als kalte und steigt daher auf. Die aufsteigende warme Luft nimmt die leichten Verbrennungsreste mit. Es schaut aus, als könne der Teebeutel fliegen. Wenn die Luft kalt wird, sinkt sie wieder zu Boden, und das, was noch vom Teebeutel übrig ist, sinkt mit herunter.



Sebastian Hinterecker

8.10 Die Thermoschuhschachtel

Themenfeld

Übertragung der Wärmeenergie

Theorie

Luft ist ein sehr guter Wärmeisolator und verhindert daher den Wärmeaustausch.

Versuchsmaterial

eine Schuhschachtel, zwei Gläser, zwei Thermometer, Wasserkocher, Wasser und so viele Zeitungsknödel, wie in die Schuhschachtel passen



Versuchsdurchführung

Ich fülle die Schuhschachtel mit so vielen Zeitungsknödeln, dass nur noch ein Glas Platz darin hat. Dann stelle ich ein Glas in die Schuhschachtel und eines daneben. Wasser wird in einem Wasserkocher zum Kochen gebracht. Nun leere ich das heiße Wasser in die beiden Gläser. Auf die Schuhschachtel gebe ich den Deckel. Ich warte etwa 10 Minuten, bevor ich gleichzeitig mit den beiden Thermometern die Wassertemperaturen in den beiden Gläsern messe. Das Wasser im Glas in der Schuhschachtel ist wärmer als das Wasser im Glas, das draußen steht.



Versuchsbeobachtung

Wenn ich den Deckel von der Schuhschachtel nehme, muss ich sofort die Wassertemperatur bestimmen, da das Wasser rasch auskühlt.

Versuchserklärung

In der Schuhschachtel sind viele Zeitungsknödel, und dazwischen ist Luft. Luft ist ein sehr guter Wärmeisolator und verhindert daher den Wärmeaustausch. Sie gibt die Wärme des Wassers nicht an die Umgebung weiter. Die Schuhschachtel wirkt wie eine Thermosflasche.

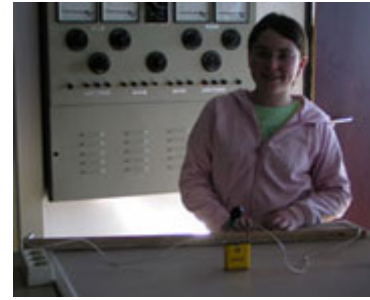


Sabine Krenker

8.11 Licht an, Licht aus

Themenfeld

Ausdehnung von Metallen durch Wärmezufuhr

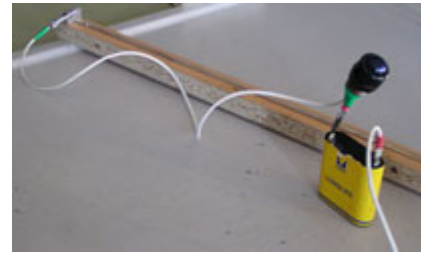
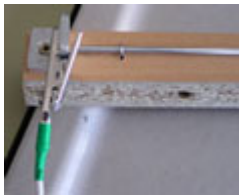


Theorie

Stoffe, wie Metalle, dehnen sich aufgrund von Erwärmung aus.

Versuchsmaterial

ein Aluminiumstab, eine Holzlatte, ein Winkel, Schrauben, eine Flachbatterie, eine Glühbirne, zwei Verbindungskabeln mit Krokodilklemmen und ein Bunsenbrenner - das ist ein mit Brenngas arbeitendes Gerät, das bei verstellbarer Flamme zum Erhitzen von Stoffen benutzt wird, und ein Feuerzeug



Versuchsdurchführung

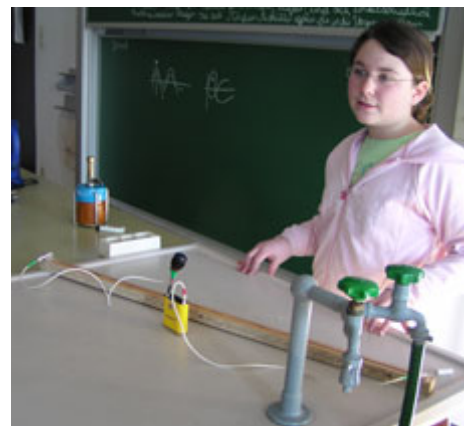
Beim Bau der Versuchsanordnung hilft mir mein Vater. An den beiden Laschen einer Flachbatterie bringen wir mit Krokodilklemmen zwei Verbindungskabeln an, und wir bauen in den offenen Stromkreis noch eine Glühbirne ein. An einer Holzlatte befestigen wir einen Aluminiumstab. Mit einer Krokodilklemme schließen wir an einem Ende des Stabes das erste Kabel an. Am anderen Ende des Stabes befestigen wir auf der Holzlatte einen Winkel im Abstand von ca. einem Millimeter zum Aluminium. Mit einer Krokodilklemme bringen wir das zweite Kabel am Winkel an. Mit dem Bunsenbrenner erhitze ich den Aluminiumstab, und die Glühbirne beginnt nach kurzer Zeit zu leuchten.

Versuchsbeobachtung

Der Umgang mit dem Bunsenbrenner ist gefährlich und nicht einfach. Ich muss die brennende Flamme schräg zum Aluminiumstab richten, um diesen zu erhitzen. Dabei wird auch die Holzlatte versengt.

Versuchserklärung

Vor dem Erhitzen des Aluminiumstabes mit dem Bunsenbrenner ist der Stromkreis nicht geschlossen. Zwischen dem Winkel und dem stromleitenden Stab ist eine Unterbrechung, die mit Luft gefüllt ist. Wird der Aluminiumstab erhitzt, dehnt er sich durch die Erwärmung so stark aus, dass er am Winkel anschlägt. Nun ist die Lücke geschlossen, und die Glühbirne leuchtet. Wenn der Aluminiumstab abkühlt, zieht er sich wieder zusammen. Der Stromkreis ist erneut unterbrochen, und die Glühbirne erlischt.



Christine Reiter

8.12 Gedehtes Metall

Themenfeld

Ausdehnung von Metallen durch Wärmezufuhr

Theorie

Stoffe, wie Metalle, dehnen sich aufgrund von Erwärmung aus.



Versuchsmaterial

zwei gleich hohe Flaschen, eventuell Wasser, eine Aluminium-Stricknadel, ein Korken, eine Nähnadel, ein Pfeil gefertigt aus Karton, eine Kerze oder ein Teelicht, ein Feuerzeug und zwei Plastikbecher

Versuchsdurchführung

Ich stelle zwei Flaschen im Abstand von etwa 15 cm nebeneinander auf. Um die Standfestigkeit der Flaschen zu erhöhen, können sie halbvoll mit Wasser gefüllt werden. Auf einen Flaschenhals lege ich eine Nähnadel, in die ich zuvor einen Pfeil aus Karton gesteckt habe. Den anderen Flaschenhals verschließe ich mit einem Korken. In den aus der Flasche ragenden Korken stecke ich eine lange Aluminium-Stricknadel. Das andere Ende der Stricknadel lege ich sanft auf die Nähnadel. Unter die Stricknadel stelle ich eine brennende Kerze, deren Flammenspitze die Stricknadel berühren soll. Als Unterstellklötzchen für die Kerze verwende ich zwei umgedrehte Plastikbecher. Nach einiger Zeit beobachte ich, dass sich der Pfeil dreht. Entferne ich die brennende Kerze, kühlt die Stricknadel aus, und der Pfeil kehrt in die ursprüngliche Lage zurück.

Versuchsbeobachtung

Die Stricknadel muss aus Aluminium sein, und sie muss einen leichten Druck auf die Nähnadel ausüben, nur dann kann ich bei Erwärmung der Stricknadel eine Drehung des Pfeils beobachten.

Versuchserklärung

Die Aluminium-Stricknadel erwärmt sich durch die Kerzenflamme und dehnt sich daher aus. Die Ausdehnung wird über die Nähnadel auf den Pfeil übertragen, der sich deswegen dreht. Bei einer Stahl-Stricknadel würde der Pfeil weniger ausschlagen, denn Stahl dehnt sich nur halb soviel aus wie Aluminium.



Cornelia Mayerdorfer

8.13 Einkochen

Themenfeld

Änderung des Gasdruckes in Abhängigkeit von der Erwärmung und Wärmeaustausch



Theorie

Kühlt in ein Glas eingeschlossene Luft ab, wird ihr Druck geringer. Die Teilchen der Luft bewegen sich weniger schnell und stoßen daher weniger oft an die Wände des Glases. Sie üben somit weniger Kräfte auf die Glasflächen aus. Also wird der Druck geringer.

Versuchsmaterial

ein großes Marmeladeglas, Einsiedefolie, ein Gummiring, eine Tintenpatrone, eine Schüssel, ein Wasserkocher, Topflappen und Wasser

Versuchsdurchführung

Wasser wird im Wasserkocher zum Kochen gebracht. Mit dem kochenden Wasser fülle ich das Marmeladeglas fast voll. Ich mache die Einsiedefolie nass und spanne sie ganz fest mit dem Gummiring über das Glas. Nun nehme ich einen Topflappen, um das heiße Glas in eine mit kaltem Wasser gefüllte Schüssel zu stellen. Mehrmals muss ich das Wasser in der Schüssel, das durch das heiße Glas erwärmt wird, gegen kaltes Wasser austauschen. Nach einer gewissen Zeit wölbt sich die Einsiedefolie nach innen. Ich leere vorsichtig das mit Tintenpatrone eingefärbte Wasser auf die Klarsichtfolie, um zu zeigen, wie viel Wasser die Vertiefung fasst.



Versuchsbeobachtung

Das mit kochendem Wasser gefüllte Marmeladeglas ist sehr heiß und kann daher nicht mit bloßen Händen in das kalte Wasser gestellt werden.

Der Versuch glückt nur, wenn die Klarsichtfolie so fest über das Marmeladeglas gespannt ist, dass sie das Glas luftdicht verschließt.

Versuchserklärung

Luftdicht schließt die Einsiedefolie das fast voll gefüllte Glas Wasser ab. Über dem heißen Wasser ist die Luft erwärmt. Kühlt sich die Luft ab, zieht sie sich gleichsam zusammen. Die Luftteilchen bewegen sich weniger schnell und stoßen weniger oft an die sie umgebenden Glaswände. Der Druck der Luft im Inneren des Glases wird geringer. Der äußere Luftdruck drückt daher die Einsiedefolie ein, da der Gegendruck fehlt. In die Vertiefung wird eingefärbtes Wasser geleert. Es bildet sich sogar eine Wasserkuppe. Schuld daran ist die große Oberflächenspannung des Wassers, wodurch die Wassermoleküle fest zusammenhalten.

Christina Müller

8.14 Die zerdrückte Flasche

Eine unsichtbare Hand zerdrückt eine Plastikflasche.

Themenfeld

Änderung des Gasdruckes in Abhängigkeit von der Erwärmung



Theorie

Kühlt in eine Plastikflasche eingeschlossene Luft ab, wird ihr Druck geringer. Die Teilchen der Luft bewegen sich weniger schnell und stoßen daher weniger oft an die Wände der Plastikflasche. Sie üben somit weniger Kräfte auf die Wandflächen aus. Also wird der Druck geringer.

Versuchsmaterial

eine Plastikflasche, ein Schraubverschluss, Wasserkocher und Wasser

Versuchsdurchführung

Wir füllen die Plastikflasche nicht randvoll mit heißem Wasser und schrauben sie mit einem Schraubverschluss zu. Dann halten wir die Flasche unter fließendes kaltes Wasser. Die Plastikflasche wird zusammengedrückt.



Versuchsbeobachtung

Die Plastikflasche wird stark eingedrückt, wenn der Temperaturunterschied zwischen kaltem und heißem Wasser sehr groß ist.

Versuchserklärung

Halten wir die Flasche unter das fließende kalte Wasser, kühlen sich das Wasser und die eingeschlossene Luft ab. Wird die Luft kälter, zieht sie sich gleichsam zusammen. Die Luftteilchen bewegen sich weniger schnell und stoßen weniger oft an die sie umgebenden Wände. Der Druck der Luft im Inneren der Plastikflasche wird geringer. Der äußere Luftdruck drückt daher die Flasche ein, da der Gegendruck fehlt.



Stephanie Schmid und Tanja Polacik

8.15 Der unbrennbare Papierbecher

Unmöglich, sagst du! Der Becher beginnt doch zu brennen? Falsch!

Themenfeld

Übertragung der Wärmeenergie und Sieden von Wasser bei normalem Luftdruck

Theorie

Wasser führt die zugeführte Wärme ab und verwendet diese, um vom flüssigen in den gasförmigen Zustand überzugehen.

Versuchsmaterial

zwei gleich hohe Flaschen, Wasser, eine lange Stricknadel, zwei Korke, ein Pappbecher, eine Kerze, ein Feuerzeug und Unterlegklötze

Versuchsdurchführung

Ich stelle zwei Flaschen nebeneinander auf. Um die Standfestigkeit der Flaschen zu erhöhen, können sie halbvoll mit Wasser gefüllt werden. Die beiden Flaschenhälse verschließe ich mit je einem Korke. Durch einen Pappbecher stecke ich eine sehr lange Stricknadel. Nun stecke ich ein Ende der Stricknadel durch einen aus dem Flaschenhals ragenden Korke, das andere Ende der Nadel durch den anderen Korke. In den Pappbecher fülle ich etwas kaltes Wasser. Dann zünde ich die Kerze an und stelle sie auf die Unterlegklötze zwischen den Flaschen. Die Flammenspitze der brennenden Kerze soll den Boden des Pappbechers berühren. Nach einiger Zeit erwärmt sich das Wasser im Becher, ohne dass der Becher zu brennen beginnt.

Versuchsbeobachtung

Die Flammenspitze der brennenden Kerze muss den Boden des Pappbechers berühren, damit der Versuch gelingt.

Versuchserklärung

Die brennende Kerze erwärmt das kalte Wasser im Pappbecher. Die Kerzenflamme erzeugt eine Temperatur von ungefähr $+500^{\circ}\text{C}$. Und obwohl der Becher schon bei $+300^{\circ}\text{C}$ zu brennen beginnen müsste, wird sein Boden nur leicht versengt. Der Grund dafür ist das kalte Wasser, das wie ein Kühlmittel wirkt und die Temperatur des Pappbechers auf maximal $+100^{\circ}\text{C}$ ansteigen lässt. Das Wasser nimmt die Wärme auf und beginnt je nach Luftdruck bei etwa $+100^{\circ}\text{C}$ zu verdampfen. Die ständig von der brennenden Kerze zugeführte Wärme wird zur gänzlichen Verdampfung des Wassers verwendet. Während des Verdampfens steigt die Temperatur des Wassers und damit seiner Umgebung nicht an. Auch die Temperatur des erzeugten Wasserdampfs beträgt $+100^{\circ}\text{C}$.

Stepanie Schmid



8.16 Der Flaschenvulkan

Themenfeld

Wärmeströmung

Theorie

Wird Wasser erwärmt, dehnt es sich aus. Somit nimmt die gleich schwere Wassermenge ein größeres Volumen ein. Warmes Wasser hat eine geringere Dichte als kaltes. Es steigt daher auf, während kaltes Wasser zu Boden sinkt.



Versuchsmaterial

eine kleine Flasche, eine Schnur, eine Schere, ein großes Einweckglas, ein Wasserkocher, Wasser und rote Lebensmittelfarbe

Versuchsdurchführung

Ich fülle das große Einweckglas mit kaltem Wasser. Am Flaschenhals der kleinen Flasche befestige ich eine Schnur. Damit lasse ich die kleine Flasche in das große Einweckglas gleiten. Doch zuvor fülle ich die kleine Flasche mit heißem Wasser, in das ich ein wenig rote Lebensmittelfarbe mische.

Das rot eingefärbte warme Wasser steigt auf und färbt auch das kalte Wasser rot.

Versuchsbeobachtung

Je wärmer das Wasser ist, um so besser gelingt der Versuch. Ist das Wasser jedoch zu heiß, könnte das Glas der Flasche springen.

Versuchserklärung

Wie die Luft steigt auch warmes Wasser auf, da seine Dichte geringer ist als die Dichte des kalten Wassers. Je wärmer das Wasser ist, umso größer ist der Raum, den die Wassermoleküle einnehmen. Befindet sich dieselbe Masse an Wasser in einem größeren Volumen, ist die Dichte geringer. Warmes Wasser ist gleichsam leichter, es steigt daher auf und vermischt sich mit dem kalten Wasser im äußeren Einweckglas.

Julia Unterweger

