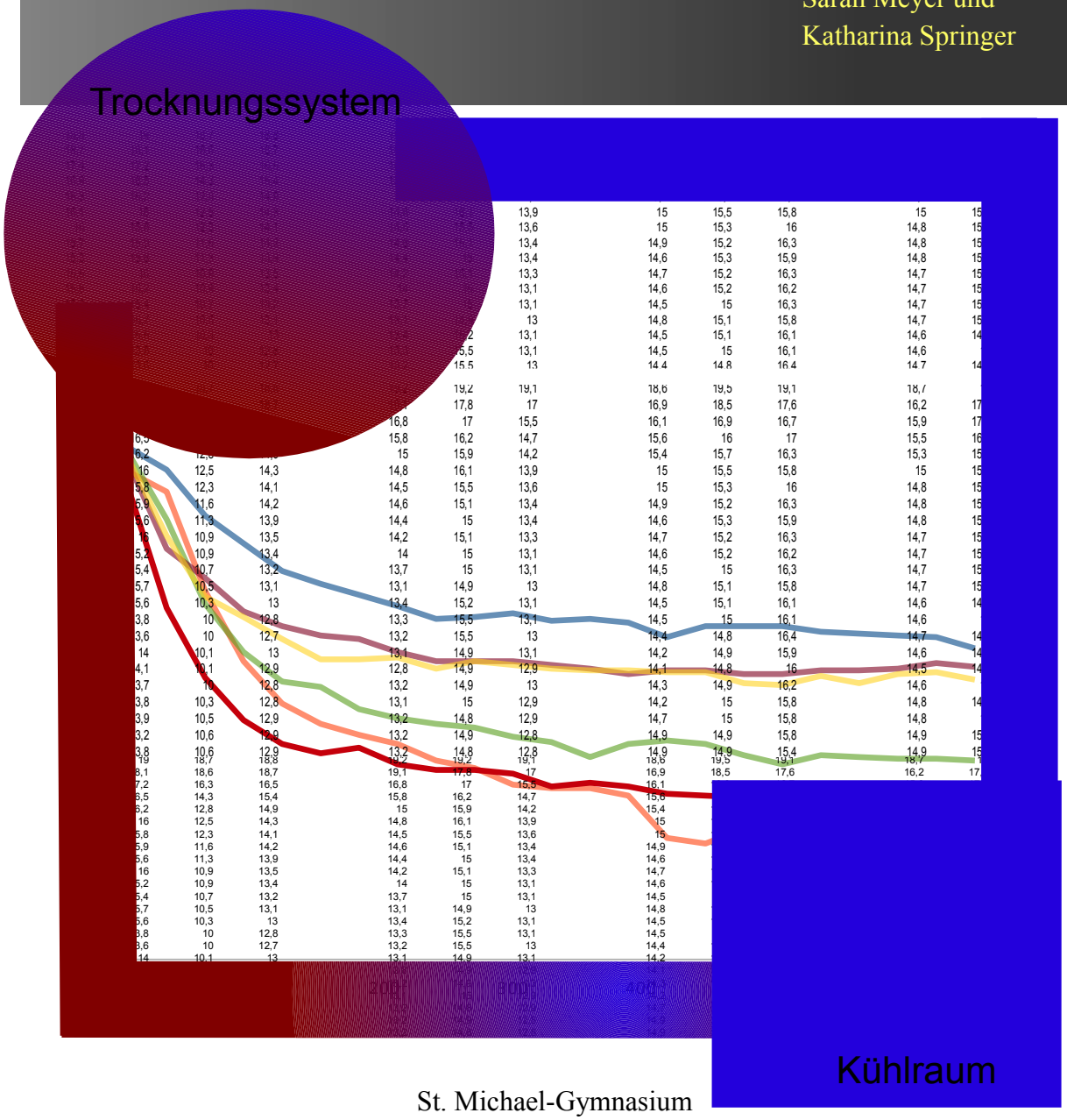
Heiße Kühlung

Ein Projekt zum Thema
„Ressourcen schonen“

von
Sebastian Klick
Sarah Meyer und
Katharina Springer



St. Michael-Gymnasium

Inhaltsverzeichnis

1. Kurzfassung....3

2. Zielsetzung....3

3.Stand der Technik....4

3.1 Funktionsweise....4

3.2 Theorie Kühlschrank....4

3.3 Theorie Klimaanlage....5

4. Aufbau und Funktionsweise unserer Kühlung....6

4.1 Unser erster Versuch....6

4.2 Thermodynamische Grundlagen....7

4.3 Unser 2. Kühlschrank....8

5. Versuche....9

5.1 Teller....10

5.2 Kühlmittel....13

5.3 Desorption....14

6. Ausblick....15

7. Danksagung....15

8. Literatur- und Linkliste....15

1. Kurzfassung

In dieser Arbeit beschäftigten wir uns mit dem Aufbau eines Kühlschrankes, der mit Wärme kühlt. Wenn dieses Prinzip funktioniert so sind vielseitige Anwendungen möglich. Sonnenwärme kann dann z.B. lebenswichtige Medikamente kühlen. Dazu bauten wir zunächst eine eigene Kühlanlage, die Wasser und Ethanol als Kühlmittel sowie Silicagel zur Adsorption nutzt, um diese dann hinsichtlich der Temperatur und des Energieverbrauchs zu optimieren. Wir fanden heraus, welche Mischung von Ethanol und Wasser die besten Kühleigenschaften aufweist. Zudem optimierten wir die Silicagelverteilung in unserem Kühlkreislauf.

2. Zielsetzung

Kühlung ist für den steigenden Energieverbrauch mit verantwortlich. So bricht zum Beispiel in den USA das Stromnetz der südlichen Staaten im Sommer oft wegen dem hohen Stromverbrauch von Klimaanlagen zusammen. Gleichzeitig gibt es viele heiße Regionen, in denen keine zuverlässige Stromversorgung gewährleistet ist, um zum Beispiel lebenswichtige Medikamente zu kühlen. Da der Kühlbedarf in der Regel mit einem großen Angebot an Wärme einhergeht stellt eine Kälteanlage, die mit Wärme kühlt, eine Lösung für die genannten Probleme dar.

Solche sogenannten Ad- bzw. Absorptionsklimaanlagen sind teilweise bereits verfügbar, bzw. werden in Demonstrationsanlagen getestet. Allerdings gibt es noch keine Adsorptionsklimaanlage für Automobile und bei Kühlschränken wird in der Regel Ammoniak als Kühlmittel eingesetzt. Es ist sehr giftig und gefährlich für die Umwelt, und daher nicht für eine breite Verwendung unter ungünstigen Bedingungen (keine gute Wartung, Unfälle etc.) geeignet. Zu diesem Absorberkühlschrank soll in dieser Arbeit eine ungiftige, robuste und preiswerte Alternative gefunden werden, um zum Beispiel auch ohne sichere Stromversorgung Medikamente kühlen zu können und somit das Überleben von kranken Menschen sichern zu können. Außerdem könnten solche Kühlanlagen auch in Gebäuden oder bei weitere Verkleinerung auch in Autos eingesetzt werden, um Strom und damit auch Ressourcen einzusparen.

3.Stand der Technik

3.1 Funktionsweise

Kühlschränke wie auch Klimaanlagen stellen eine Kompressionskältemaschine dar. Dabei wird das flüssige Kühlmittel durch die Drossel in den Verdampfer, in welchem ein geringer Druck herrscht, hinein geschleust. In diesem Raum wird das Kühlmittel verdampft, wodurch die Fläche gekühlt wird. Anschließend wird das Kühlmittel im Kompressor verdichtet und in flüssiger Form in den Kondensator abgegeben. Die Verdichtung des Kühlmittels verbraucht jedoch sehr viel Energie.

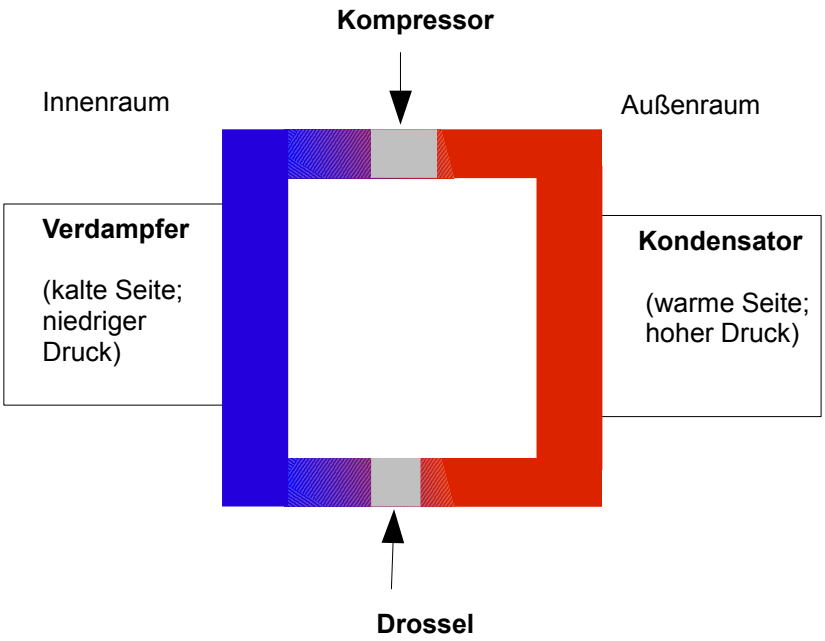


Abb. 3.1.1 Schematische Darstellung der Funktionsweise einer Kompressionskälteanlage

3.2 Theorie Kühlschrank

Die weltweit erste künstliche Kühlung wurde 1748 von William Cullen an der Universität Glasgow entwickelt. Vermarktet wurde der moderne Kühlschrank erstmals von Alexander Twinning, dessen Kühlschränke mit Luftkompression kühlten. Eine der wichtigen Weiterentwicklungen des Kühlschranks war 1859 Ferdinand Carré zu verdanken, der mit Ammoniak kühlte. Im Jahre 1876 wurde der Kühlschrank durch eine Weiterentwicklung durch Carl von Linde industrietauglich, dennoch wurde weiterhin mit dem stinkendem und ätzendem, oft Lecks verursachendem Ammoniak gekühlt. Jedoch wurden dann ab dem Jahre 1920 Ersatzchemikalien entwickelt, die den Kühlschrank nun auch für den Hausgebrauch geeignet machte, daraus folgte, dass ab 1937 jeder zweite amerikanische Haushalt einen Kühlschrank besaß, den ersten Kühlschrank aus Deutschland gab es aber erst 1929. Nach und nach wurden nun die giftigen Kühlmittel Ammoniak, Schwefeldioxid und

Methylchlorid durch Fluorchlorkohlenwasserstoffe ersetzt die jedoch zu damaligen Unwissen, ozonzersetzend waren und den Treibhauseffekt verstärkten. Erst 1992 wurde von einem deutschen Unternehmen der erste FCKW-freie Kühlschrank produziert und seitdem wird größtenteils mit brennbaren Kältemitteln wie Propan und Butan gekühlt.

Es gibt verschiedene Kühlschranktypen, dazu zählen zum Beispiel Kompressorkühlschränke und Absorberkühlschränke bei denen allen das gleiche Wirkungsprinzip zugrunde liegt: Die Wärme aus dem Inneren des Kühlschranks wird entzogen und nach außen abgegeben. Im Kompressorkühlschrank wird ein gasförmiges Kältemittel durch einen Kompressor verdichtet, wodurch es sich erwärmt. Danach wird die Wärme im Verflüssiger, der aus schwarzen Kühlschlangen besteht und an der Rückseite des Kühlschranks angebracht ist, abgegeben, woraus das Kondensieren des Kühlmittels folgt. Danach strömt zur Druckabsenkung durch eine Drossel und weiter in den Verdampfer im Inneren des Kühlschranks, wo das verdampfende Kältemittel aus den Kühlfächern die erforderliche Verdampfungswärme entnimmt und als Gas wieder zum Kompressor strömt. Der unserem Projekt ähnlichere Absorberkühlschrank funktioniert mit einem Wasser-Ammoniak-Gemisch. Zuerst wird das Gemisch im Kocher erhitzt und dadurch voneinander getrennt. Das flüssige Wasser und das gasförmige Ammoniak werden über verschiedene Rohrsysteme weitergeleitet, indem der Ammoniak kondensiert und seine Wärme abgibt. Durch das erneute Verdampfen des Ammoniaks kühlt der Kühlschrank. Als letztes werden Wasser und Ammoniak im Absorber wieder zusammen geführt. Dabei absorbiert Wasser das Ammoniak und gibt dabei Wärme ab. Dieser Kühlschrank weist allerdings einen recht hohen Betriebsdruck auf, um das Ammoniak verflüssigen zu können.

3.3 Theorie Klimaanlage

Eine Klimaanlage erfüllt über das Kühlen hinaus noch weitere Aufgaben. Sie reguliert die Luftfeuchtigkeit, reinigt die Luft von Feinstaub und Pollen, be- und entlüftet den Raum bzw. das Gebäude und kühlt die Luft. Dabei muss sie viele Anforderungen erfüllen: nur wenig Energie verbrauchen, eine geringe Lautstärke aufweisen, effizient sein und eine gute Umweltverträglichkeit haben.

Heutzutage gibt es viele verschiedene Klimaanlagen, die alle auf die gleiche Weise kühlen. Ein Kühlmittel (R134a, R404a: Hydro-Fluor-Kohlenwasserstoff) nimmt die Wärme des Innenraumes auf und gibt diese anschließend an die Umluft ab. Man unterscheidet zwischen mobilen und fest eingebauten Anlagen.

Einer der Vertreter der mobilen Anlagen ist die Fensterklimaanlage, welche überwiegend in den USA eingesetzt wird. Dieses Modell wird fast ausschließlich im Nachhinein in ein Fenster eingebaut. Es ist sehr laut und nicht besonders effizient, da die Wärme leicht wieder hinein gelangen kann. Des Weiteren kann man in diese Anlage nur sehr schlecht Filter für Feinstaub oder Pollen einbauen und eine Regulation der Luftfeuchtigkeit ist ebenfalls nicht möglich.

Die meisten fest eingebauten Anlagen sind Split-Anlagen, das bedeutet, dass sie aus mindestens einem Außengerät und einem Innengerät bestehen, welche sich nicht in einem

Gehäuse befinden. Die Mono-Split Anlage besteht aus einem Außengerät und einem Innengerät, während die Poly-Split Anlage aus mehreren Innengeräten besteht.

Trotzdem gibt es bei diesen noch Unterschiede: Zentralklimaanlagen und dezentrale Klimaanlagen.

Die Zentralklimaanlage besteht aus einem zentralen Kühlungs- und Aufbereitungstrakt von dem über Luftkanäle diese gekühlte Luft in die Räume transportiert wird. Für diese Aufbereitung gibt es zwei Systeme die Luft/Wasser Anlage und die Nur-Luft Anlage. Die zuletzt genannte Anlage eignet sich ausschließlich für große Räumlichkeit, wie zum Beispiel große Säle. Diese Bauweise kühlt ausschließlich über die zugeführte Frischluft. Während die Luft/Wasser Anlage zusätzlich über die Verdunstungskälte kühlen kann.

Beide Kühlungsarten sind bei der dezentralen Klimaanlage ebenfalls vertreten, ansonsten sind die Anlagen unterschiedlich. Die dezentrale Anlage wird in jeden Raum einzeln eingebaut, kann daher auch nachträglich eingebaut werden, und ist ebenfalls eine Splitanlage. Dennoch treten einige Probleme bei dieser Bauart auf, da keine Luftfilter vorhanden sind. Daraus folgt eine schlechte Luftqualität und schlechte Hygiene und außerdem sind diese Anlagen recht laut, da sie direkt im Raum eingebaut sind. Des Weiteren kann dadurch die Luftfeuchtigkeit nicht reguliert werden und es kann durch Klimaanlagen zu Zugluft kommen.

4. Aufbau und Funktionsweise unserer Kühlung

Unsere Kühlung soll keinen hohen Stromverbrauch aufweisen, sondern stattdessen mit Wärme arbeiten. Das klingt zunächst paradox ist aber möglich, wie der Absorberkühlschrank, der heute vor allem in Wohnmobilen eingesetzt wird, zeigt.

Allerdings enthält der Absorberkühlschrank Ammoniak als Kühlmittel und wird mit hohem Druck betrieben. Diese Faktoren machen den Kühlschrank teuer. Außerdem sollte bei Verwendung dafür gesorgt werden, dass keine giftigen Stoffe in die Umwelt gelangen können. Daher möchten wir Wasser oder Ethanol als Kühlmittel verwenden, die beide weniger gefährlich sind als Ammoniak. Das Prinzip des Absorberkühlschranks soll aber erhalten bleiben; ein Kühlmittel verdunstet und setzt Verdunstungskälte frei. Das verdunstete Kühlmittel wird durch einen Absorber aufgenommen und dann durch Wärmezufuhr wieder freigesetzt. Im letzten Schritt wird das Kühlmittel wieder kondensiert.

In unserem Fall verdunstet das Wasser bzw. Ethanol, wodurch die Temperatur sinkt. Dann wird die feuchte Luft durch Silicagel getrocknet um wiederum Wasser/Ethanol aufnehmen zu können. Das Silicagel wird durch warme Luft wieder getrocknet. Anschließend wird aus der feuchten und warmen Luft das Wasser auskondensiert und die Luft wieder, zum Beispiel mit einem Sonnenkollektor, erhitzt.

4.1 Unser erster Versuch

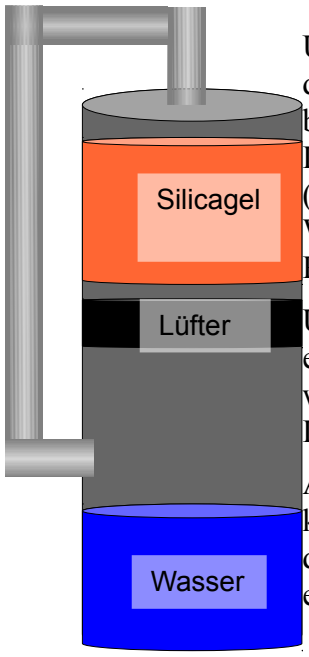


Abb. 4.1.1: Unser erster Aufbau

Unser erster Versuchskühlschrank bestand aus einem Abflussrohr, dass wie in Abbildung 4.1.1 zu sehen, aufgebaut ist. Unten im Rohr befindet sich Wasser. Darüber wird die Temperatur gemessen. Die Luft, die seitlich in das Rohr einströmt, wird durch einen Ventilator (PC-Kühler) angesaugt und in das Silicagel gedrückt. Dort wird das Wasser aufgenommen und die trockene Luft wieder in das kleine Rohr eingeleitet.

Um das Silicagel zu trocknen, sollte das Rohr welches das Silicagel enthält, durch ein zweites Rohr mit trockenem Silicagel ersetzt werden. Das Rohr mit dem nassen Silicagel soll dann von warmer Luft durchströmt werden um es zu regenerieren.

Allerdings stellte sich schnell heraus, dass wir mit diesem Aufbau kaum eine Kühlwirkung erzielen können. Also wollten wir uns nun in die thermodynamischen Grundlagen der Verdunstungskühlung einarbeiten.

4.2 Thermodynamische Grundlagen

In unserem Kühlschrank soll das Kühlmittel (Wasser bzw. Ethanol) verdunsten und damit einen Raum abkühlen. Wasser und Ethanol verdunsten bereits bei normalem Druck und Zimmertemperatur. Allerdings verdunstet Wasser relativ langsam. Um die Geschwindigkeit der Verdunstung zu erhöhen, kann entweder die Temperatur erhöht werden – was im Falle einer Kühlung jedoch nicht sinnvoll ist – oder aber der Druck gesenkt werden. Durch die Verdunstung wird die Umgebung abgekühlt. Dies kann man sehr einfach verstehen, wenn man auf die Ursache der Wärme eingeht. Wärme ist Bewegung von Teilchen. Die Teilchen, die die größte Energie besitzen, bewegen sich am schnellsten und verlassen bei der Verdunstung die Flüssigkeit. Die energieärmeren Moleküle bleiben zurück. Somit sinkt die durchschnittliche kinetische Energie der Teilchen, was eine niedrigere Temperatur bedeutet. Also spielt die Oberfläche eine große Rolle bei der Verdunstung, da nur Teilchen die mit ausreichender Geschwindigkeit die Oberfläche erreichen, in die Luft übergehen können. Zudem werden die Teilchen durch eine hohe Oberflächenspannung gebremst. Daher ist eine möglichst geringe Oberflächenspannung wünschenswert.

Doch welche Faktoren beeinflussen sonst noch die Kühlung bzw. die Verdunstung?

Der Dampfdruck einer Flüssigkeit beschreibt den Druck der sich in einem Gefäß bildet, welches nur die Flüssigkeit enthält und nicht vom Außendruck beeinflusst wird. An ihm kann man erkennen wie viel einer Flüssigkeit verdunstet. Er ist abhängig von der Temperatur und dem verwendeten Stoff. Ethanol hat zum Beispiel einen höheren Dampfdruck als Wasser. Dies bedeutet auch, dass bei gleicher Temperatur mehr Ethanol verdunstet. Auf molekularer Ebene lässt sich dies mit den starken Wasserstoffbrückenbindungen des Wassers und den vergleichsweise schwächeren Wasserstoffbrückenbindungen des Ethanols erklären, da im

Ethanol ein unpolarer Teil vorhanden ist. Allerdings entzieht Wasser der Umgebung mehr Energie pro Teilchen als Ethanol. Das heißt um dieselbe Kühlwirkung zu erreichen, müssen mehr Ethanol- als Wassermoleküle verdunsten. Diese beiden Vorteile könnten sich durch eine Mischung der beiden Flüssigkeiten zusammenführen lassen. Verdunstende Ethanolmoleküle könnten Wassermoleküle mit sich reißen und so dafür sorgen, dass die Temperatur stärker fällt. Zudem senkt die Zugabe von Ethanol die Oberflächenspannung von Wasser, da Ethanol nicht so viele Wasserstoffbrückenbindungen eingehen kann und diese nicht so stark sind. Ethanol wird ebenso wie Wasser durch das Silicagel aufgenommen und kann damit – im Gegensatz zu Seifen – problemlos eingesetzt werden.

4.3 Unser 2. Kühlschrank

Nach der Betrachtung der Grundlagen können wir nun einen neuen Kühlschrank planen, der hoffentlich eine messbare Kühlwirkung bringt.

Das Kühlmittel soll zur Vergrößerung der Oberfläche mittels eines Zerstäubers aus einer Sprühflasche auf ein Kupferblech gesprüht werden. Hinter dem Kupferblech befindet sich der eigentliche Kühlschrank. Auf dem Kupferblech kann das Kühlmittel verdunsten und kühlt somit das Blech ab. Dies nimmt dann Wärme aus dem Kühlschrank auf und kühlt so den Raum ab. Diesen Bereich des Kühlschranks bezeichnet man bei konventionellen Geräten als Verdampfer. Dann gelangt die feuchte Luft in die Adsorptionskammer, in der das Kühlmittel durch das Silicagel adsorbiert wird. Die nun wieder trockene Luft wird in den Verdampfer eingeleitet um dort erneut Kühlmittel aufzunehmen. Um das Silicagel zu trocknen wird es durch warme Luft erwärmt. Dann wird die feuchte, warme Luft in Kupferrohren abgekühlt. Das Kühlmittel kondensiert und kann wieder in den Kühlschrank gesprüht werden. Die Luftbewegung erreichen wir durch PC-Kühler.

Das Silicagel möchten wir bei diesem Aufbau auf drehbar gelagerte Platten aufbringen, die sich durch den Gewichtsunterschied zwischen dem nassen und dem trockenen Silicagel selbst drehen sollen. Bei der Drehung bewegt sich das Silicagel durch zwei Kammern. Diese sind durch Filz voneinander getrennt, um die warme von der kalten Luft zu trennen. Dieses System ist modular aufgebaut, somit können wir Experimente mit beiden Kreisläufen einzeln durchführen, um anschließend beide Kreisläufe zusammenführen zu können. Dadurch vermindern wir die gegenseitigen Einflüsse auf die Messergebnisse.

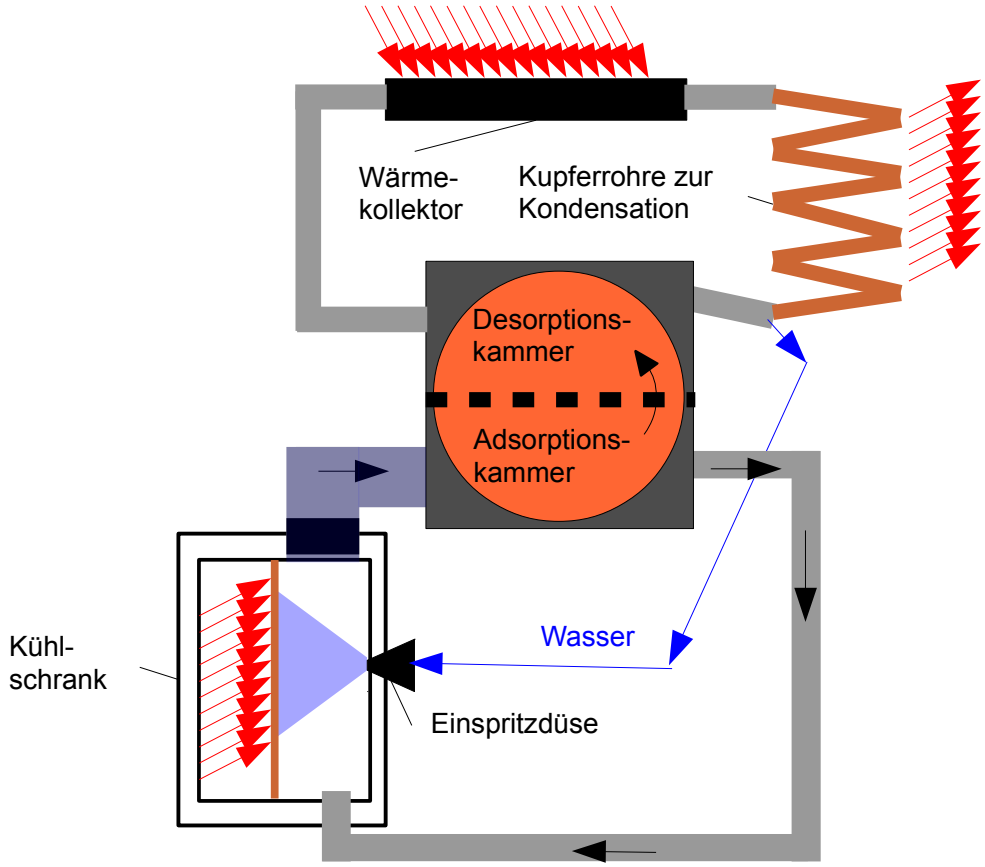


Abb.4.3.1: Schema unseres Aufbaus

5. Versuche

Jede der Messungen wurde 660 Sekunden durchgeführt. Dabei zeichnen wir alle 30 Sekunden einen Messwert auf und spritzen mit dem Sprühflaschenaufsatz einmal auf das Kupferblech. Um einen repräsentativen Wert zu erhalten, bestimmten wir den Mittelwert von je drei Messungen. Der Messpunkt befand sich knapp über dem Boden unseres Kühlschranks und 1cm vom Kuperblech entfernt. Bei den Kühlmitteln handelt es sich um Wasser und Ethanol (bzw. Spiritus) sowie Mischungen der Beiden. Der Kühlschrank ist innen 20x16x17cm (H x B x T) groß. Und aus 1,8cm dicken Schaumstoffplatten gefertigt. Das Kupferblech ist in der Mitte der Kiste befestigt.

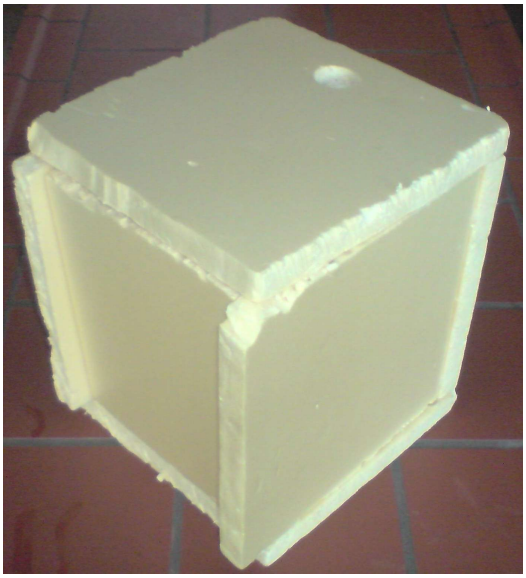


Abb. 5.1: unser Kühlschrank

Abb. 5.2: Messpunkt unserer Temperaturmessungen

5.1 Teller

Am Anfang wollten wir das Silicagel an Holztellern befestigen, jedoch verwarfen wir diese Idee sehr schnell, da Holz sehr unflexibel ist. So entschieden wir uns für Pappteller, welche schon in Rundform geschnitten sind. Daraufhin stellten wir verschiedene Tellerarten her. Teller 1 (Abb. 5.1.1) hatte vier kleine Löcher, welche jeweils mit einer dünnen Schicht Silicagel gefüllt waren. In Teller 2 (Abb.5.1.2) haben wir keine Löcher geschnitten, sondern einfach mit den Silicagel Kugeln so befüllt, dass der Teller im waagerechten Zustand mit einer dünnen Schicht Kugeln bedeckt war. Unser viertes Messobjekt waren zwei Säckchen (Abb.5.1.3), welche wir zuerst mit Heißkleber verschlossen hatten. Dabei hatten wir den Trocknungsprozess, bei dem der Kleber schmilzt, außer Acht gelassen. Deshalb beschlossen wir die nächsten Säckchen zu nähen.

Wir führten die Messungen nach der oben genannten Methode durch.

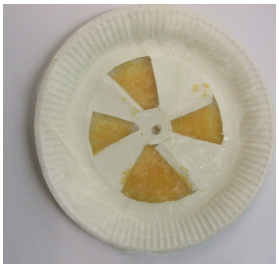


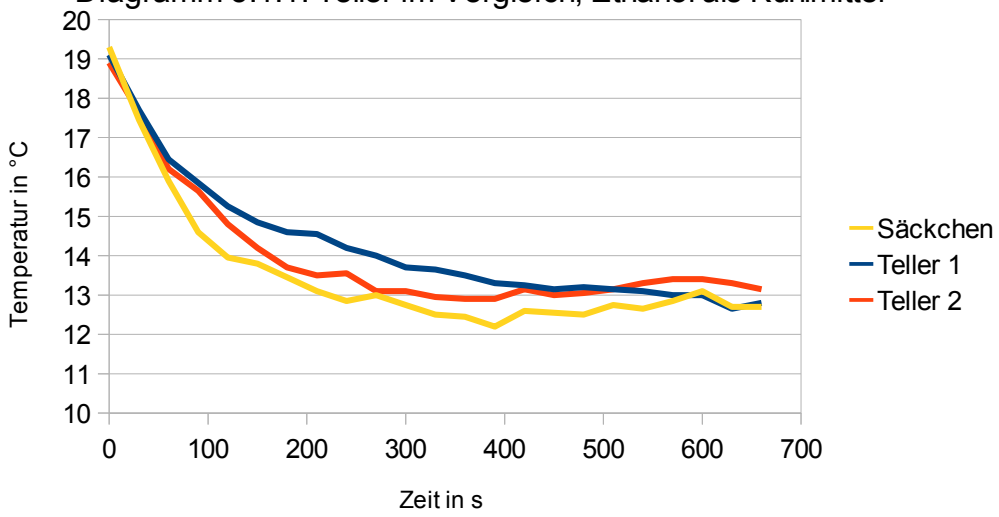
Abb. 5.1.1 Teller 1
Durchmesser: 23cm

Abb. 5.1.2 Teller 2
Durchmesser: 23cm

Abb. 5.1.3 Säckchen
Höhe:12cm;Breite: 8cm

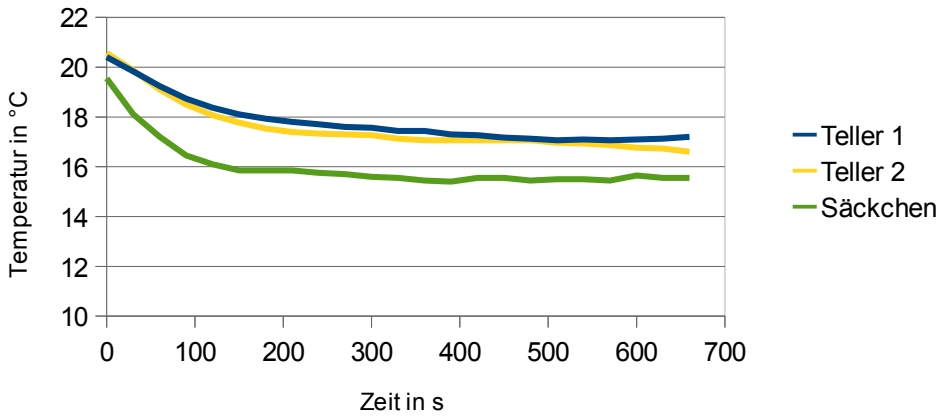
Das erste Diagramm zeigt die Kurve der Messungen von Ethanol. Hierbei sieht man, dass Teller 1 die ersten 400 Sekunden am schlechtesten kühlt, nach dieser Zeitmarke überschneidet sich dieser mit Teller 2. Anschließend nähert dieser sich der Temperatur von den Säckchen an. Die tiefste Temperatur mit 12,8°C ist bei 660 Sekunden erreicht. Teller 2 kühlt schneller ab als der erste Teller und sinkt ebenfalls tiefer. Ab der Marke bei 400 Sekunden fängt dieser wieder an zu steigen. Bei 360 Sekunden erreichte er mit 12,9°C seine tiefste Temperatur. Bei der Messung mit den Säckchen fällt die Temperatur mit 19,3°C auf 13,95°C innerhalb der ersten 120 Sekunden am stärksten ab. Des Weiteren lag die Tiefsttemperatur ebenfalls am niedrigsten (390 Sekunden / 12,2°C).

Diagramm 5.1.1: Teller im Vergleich, Ethanol als Kühlmittel



Bei unserer zweiten Messreihe mit Wasser (Diagramm 2) waren die erzielten Ergebnisse für die Säckchen ebenfalls am besten. Die Messkurven der beiden Teller sind fast identisch und liegen um ca. 2°C höher als die Ergebnisse für die Säckchen.

Diagramm 5.1.2: Teller im Vergleich, Wasser als Kühlmittel



Unsere Schlussfolgerung aus den oben genannten Diagrammen ist, dass man dafür sorgen muss, dass die Luft gleichmäßig an dem Silicagel durchfließt bzw. umfließt. Außerdem darf die Schicht des Silicagels nicht zu dick sein. Auf Grund dieser Tatsachen entschieden wir uns wieder Säckchen (Abb. 5.1.4) zu verwenden. Aber diesmal sollten sie genäht werden und mit Hilfe von mehreren kleinen Abteilen so gespannt werden, dass diese Bedingungen erfüllt werden. Um das Durchströmen der Luft durch die Säckchen zu verhindern befestigten wir kleine, zugeschnittene Holzbretter hinter jedem Silicagelsäckchen. Diesen so genannten Spann-Teller (Abb. 5.1.5) haben wir für unsere folgenden Messungen mit verschiedenen Mischungen benutzt.

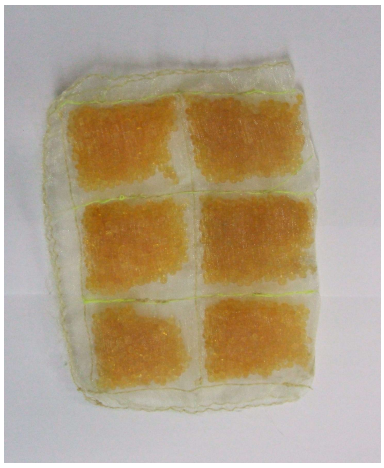


Abb. 5.1.4 Säckchen Höhe:13cm; Breite 8,5cm

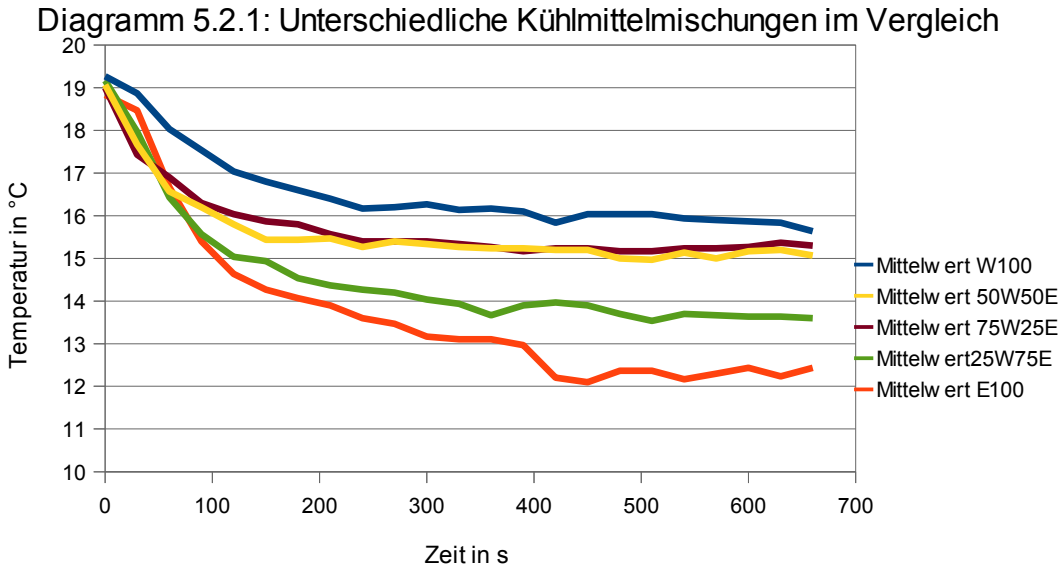
Abb. 5.1.5 Spann-Teller

5.2 Kühlmittel

Nachdem wir nun die Anordnung des Silicagels optimiert halten begeben wir uns auf die Suche nach einem möglichst guten Kühlmittel. Da wir nur Kühlmittel verwenden möchten, die relativ preiswert und sowohl ungiftig als auch für die Umwelt unproblematisch sind entschieden wir uns für Wasser und Ethanol. Dabei haben wir Messungen für die jeweiligen Reinstoffe sowie für Mischungen der Flüssigkeiten gemacht. Hier ein Überblick über unsere Kühlmittel:

Name	100W	75W 25E	50W 50E	25W 75E	100E
Zusammensetzung	100% Wasser	75% Wasser 25% Ethanol	50% Wasser 50% Ethanol	25% Wasser 75% Ethanol	100% Ethanol

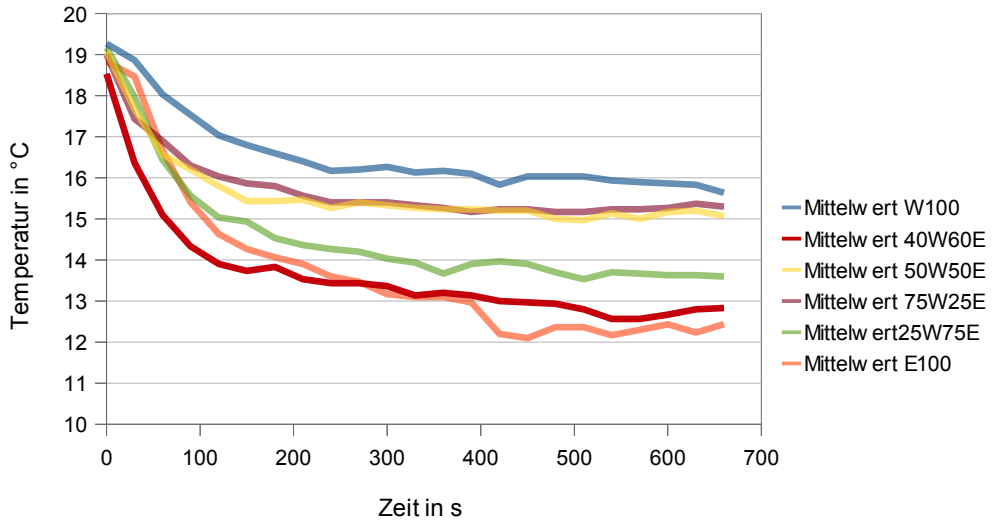
Die Prozentangaben beziehen sich auf Volumenprozente.



Beim Vergleich der unterschiedlichen Messwerte ist uns aufgefallen, dass Ethanol am besten und Wasser am schlechtesten kühlt, dies hatten wir auch so erwartet. Allerdings waren die Mischungen 50W50E und 75W25E etwa gleich gut. Dies könnte durch eine Behinderung der verdunstenden Ethanolmoleküle durch den recht hohen Wasseranteil erklärt werden. Die Mischung 25W75E ist auch noch etwas von Ethanol entfernt. Da Wasser das Ethanol blockieren kann, sollte die umgekehrte Wirkung, d.h. das Mitreißen von Wassermolekülen durch verdunstende Ethanolmoleküle ebenfalls möglich sein. Wir fanden heraus, dass die Mischung 40W60E (60 % Ethanol und 40 % Wasser) besser kühlt als die Mischung W25E75 mit höherem Ethanolanteil. Sie war zwar gegen Ende der Messung schlechter als Ethanol. Zu Beginn der Messung zeigt die 40W60E Mischung jedoch einen steileren Temperaturabfall als die Messung mit reinem Ethanol.

Auch im Vergleich mit einer Mischung mit 45% Wasser und Einer mit 35% Wasser war unsere 40W60E-Mischung besser.

Diagramm 5.2.2: 40W60E im Vergleich mit unseren anderen Mischungen



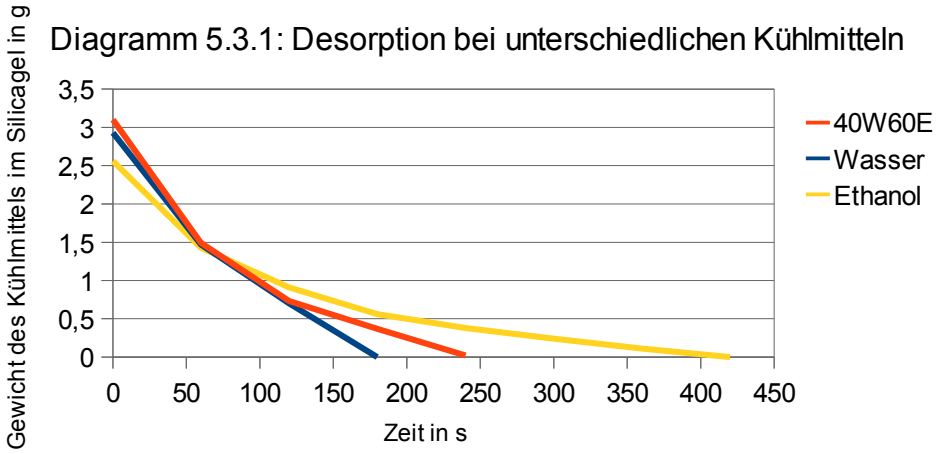
5.3 Desorption

Auch zur Desorption haben wir Messungen durchgeführt um herauszufinden wie schnell das Silicagel regeneriert werden kann. Der Messaufbau besteht aus einem Föhn, der auf ein Sieb gerichtet ist. In das Sieb können nun die Säckchen mit dem Silicagel gelegt werden.

Bevor wir eine Messung starten ermitteln wir das Trockengewicht des Silicagelsäckchen. Dann feuchten wir es mit dem Sprühaufsatz an, um einen zu schnellen Kontakt mit Wasser zu vermeiden, da dieser die Silicagelperlen zerstören kann. Das feuchte Säckchen wird dann zunächst mit einem Papiertuch getrocknet, um Flüssigkeitsrückstände zu entfernen. Bevor das Säckchen dann der etwa 70°C heißen Luft des Föhns ausgesetzt wird, wiegen wir es erneut. Während dem Trocknungsprozess unter dem Föhn wird das Säckchen nach 60 Sekunden unter dem Föhn erneut gewogen.

Diese Messung ergab folgendes Diagramm:

Diagramm 5.3.1: Desorption bei unterschiedlichen Kühlmitteln



Wasser wird also am besten freigesetzt. Hingegen dauert die Desorption des Ethanols recht lange. Die Mischung 40W60E zeigt bei dieser Messung ein Verhalten, welches dem des Wassers recht nahe kommt. Insgesamt lässt sich aus dieser Messung schließen, dass genug Kühlmittel aus dem Silicagel freigesetzt werden kann, um den Verbrauch an Kühlmittel, der bei etwa 20ml/10min liegt zu decken, da in der Messung nur ein Säckchen verwandt wurde. In der Desorptionskammer unseres Kühlsystems befinden sich 3-4 Säckchen.

6. Ausblick

Wir haben in dieser Arbeit einen Kühlschrank entwickelt, der ohne hohen Stromverbrauch kühlt. Damit haben wir unsere Ziel erreicht.

Allerdings werden wir, um aussagekräftigere Daten zu bekommen und so unseren Kühlschrank weiter optimieren zu können, weitere Messungen durchführen. Zudem werden wir die Einspritzung automatisieren oder eine alternative Methode suchen, die möglichst wenig Energie verbraucht und trotzdem eine zufriedenstellende Kühlleistung erbringt. Außerdem werden wir Langzeitmessungen durchführen, um darüber auch eine Energiebilanz unseres Kühlschrankes aufstellen zu können. Zudem werden wir unseren Aufbau verkleinern, indem wir CDs als Träger des Silicagels benutzen und die Luft parallel zur Drehachse durch unsere Kammern strömen lassen. So können wir mehr Silicagel auf kleinerem Raum unterbringen.

7. Danksagung

Zum Schluss möchten wir uns noch bei Herrn Stein bedanken, der uns fachlich unterstütze. Außerdem bedanken wir uns bei Michael Garzem, der uns mit seinen Tipps zur Seite stand. Zu guter letzt bedanken wir uns auch bei unserer Betreuungslehrerin Frau Stein für ihr zeitliches und auch fachliches Engagement.

8. Literatur- und Linkliste

[1] de.wikipedia.org/wiki/klimaanlage

[2] de.wikipedia.org/wiki/kühlschrank

[3] www.gutesklima.de/faq_de.html?mylevel=_2

[4] www.blickpunkt.ch/news/ausland/artikel41476

[5] Bergmann-Schaefer Lehrbuch der Experimentalphysik, Band I – 9. Auflage, Mechanik Akustik Wärme, de Gruyter Verlag