



Mit der Sonne kühlen

1. Kurzfassung

2. Solarzellen und Klimaanlage

3. Die Zeolith-Methode

3.1 Verdunstungskälte

3.2 Zeolith

3.3 Versuche mit dem "Ice-Quick"

3.4 Fazit

4. Die MMO-Methode

4.1 Das Grundprinzip

4.2 Rechnerische Abschätzung

5. Ausblick

6. Literatur



1. Kurzfassung

Ziel unserer Schüler-experimentieren-Arbeit ist es, Wege aufzuzeigen, wie man im Sommer die Energie der Sonne nutzen kann, um umweltfreundlich und preiswert ein angenehm kühles Raumklima zu erzeugen.

Unsere erste Idee, eine handelsübliche Klimaanlage mit Solarzellen zu betreiben, verwarfen wir sehr schnell aufgrund der sehr hohen Kosten und der unzureichenden Beleuchtungsverhältnisse in unseren Breiten.

Bei unserer zweiten Idee wollten wir die Verdunstungskälte von Wasser nutzen. Es gelang uns mit Hilfe der umweltfreundlichen Zeolith-Methode, ohne den Einsatz von elektrischem Strom, Wasser so stark abzukühlen, dass es zu Eis gefror. Die Zeolith-Methode eignet sich somit besonders gut für sonnenreiche Länder in der Dritten Welt, in denen das Stromnetz noch unzureichend ausgebaut ist. In Europa ist die Sonneneinstrahlung allerdings nicht stark genug, um den Zeolith wirtschaftlich und umweltfreundlich wieder zu trocknen. So mussten wir auch diese Idee verwerfen.

Erfolgreich waren wir mit unserer MMO-Methode (Merget-Merget-Osterspey-Methode), bei der wir die Erdkühle und die Sonnenenergie kombinierten. Mittels Rechnung konnten wir zeigen, dass durch diese Kombination auch bei uns eine umwelterträgliche Hauskühlung machbar ist. Weiterhin ist die von uns entwickelte MMO-Methode auch preisgünstig in Altbauten einsetzbar, da sie die vorhandene Heizanlage unter Verwendung von Kältewannen zu Kühlzwecken nutzt. Am elegantesten lässt sie sich jedoch in Neubauten einsetzen. Hier kann man mittels einer Wärmepumpe im Winter die Fußbodenheizung betreiben und im Sommer - solarbetriebenen - die großflächige, optisch ansprechende, weiße Deckenkühlfläche.

Wir hoffen, mit unserer Arbeit Wege aufgezeigt zu haben, wie man Umweltschutz und ein angenehmes Leben sinnvoll miteinander verbinden kann.



2. Solarzellen und Klimaanlage

Mit der Sonne heizen ist in unseren Breiten problematisch, denn genau dann, wenn im Winter die meiste Energie benötigt wird, strahlt die Sonne am wenigsten Energie ein. Umgekehrt ist es aber im Sommer. Wenn man nicht heizen muss, dann strahlt die Sonne so stark, dass man mächtig ins Schwitzen kommt. Diese Tatsache brachte uns auf unsere Schüex-Idee:

Wir wollten die Energie der Sonne nutzen, um umweltfreundlich und preiswert ein angenehm kühles Raumklima zu erzeugen.

Mit der Sonne kühlen, so dachten wir, ist doch ganz einfach. Wir befestigen auf dem Dach eines Hauses Solarzellen und betreiben damit die Klimageräte in den einzelnen Räumen. In Versandhauskatalogen informierten wir uns über Leistungen und Preise von Klimageräten. Ein Klimagerät für Räume bis 140 m^3 (Dies entspricht drei normalen Zimmern.) mit der Kühlleistung von 3.370 Watt und einer elektrischen Leistungsaufnahme von 1.150 Watt kostet bei der Firma QUELLE 3.990 DM. Der Preis von Solarzellen mit einer Spitzenleistung von 115 Wp (Wp = Wattpeak) liegt bei optimaler Beleuchtung und Temperatur bei ca. 11 DM pro Watt (siehe CONRAD-Katalog 2000 S. 316 ff). Wenn wir annehmen, dass die nach Süden orientierte Dachseite eines Hauses 60 m^2 beträgt, so könnte man bei optimalen Bedingungen 6.900 Watt an elektrischer Leistung erzeugen. Damit könnte man, wenn von den Verlusten die im Wechselrichter auftreten abzieht, sechs der oben beschriebenen Klimageräte betreiben und somit ein größeres Haus angenehm kühlen. Leider kostet aber 1 m^2 Solarzellen ohne Montage und Zusatzgeräte 1.300 DM, d.h. für eine Dachfläche von 60 m^2 würden Kosten von 78.000 DM alleine für die Solarzellen entstehen. Ein solch hoher Preis wird bestimmt viele Bauherren davon abhalten, im Sommer umweltfreundlich mit der Sonne zu kühlen. Außerdem muss man bedenken, dass unsere rechnerische Abschätzung von viel zu optimistischen Bedingungen ausgeht, denn die Sonne scheint ja jeden Tag nur für sehr kurze Zeit im optimalen Winkel auf die Solarzellen und diese haben auch selten die optimale Zelltemperatur von 25°C . Weiterhin gibt es in unseren Breiten im Sommer viele schwülheiße Tage, an denen der Himmel bedeckt ist und somit der solare Betrieb der Klimaanlage nicht möglich ist. Und letztlich steht nachts, wenn die Kühle für einen angenehmen Schlaf benötigt wird, überhaupt keine Solarenergie zur Verfügung.

Aufgrund dieser Überlegungen verwarfen wir unsere erste Idee, ein Haus mit herkömmlichen Klimageräten und Solarzellen zu kühlen.



3. Die Zeolith-Methode

3.1 Verdunstungskälte

Bei unserer Suche nach einer neuen Methode, die Wohnräume in einem Haus umweltfreundlich zu kühlen, stießen wir auf die Möglichkeit, die Verdunstungskälte zu nutzen.

Schüttet man eine Flüssigkeit in ein nach oben geöffnetes Gefäß und lässt sie eine Zeit stehen, so verdunstet sie allmählich, auch wenn ihre Temperatur geringer ist, als die Siedetemperatur. Zur Verdeutlichung dieses Vorgangs, stellt man sich einen Wassertropfen vor.

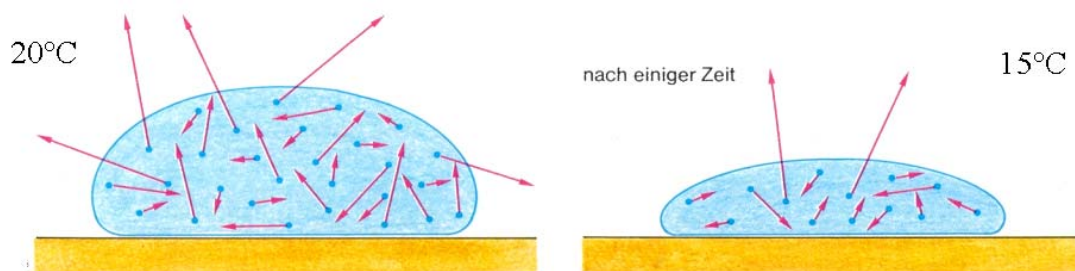


Abb. 3.1: Verdunstender Wassertropfen

Die Wasserteilchen sind in ständiger Bewegung. Aber nicht alle Teilchen haben die gleiche Bewegungsenergie. Einige sind schneller als andere, andere hingegen langsamer. Auf die Wasserteilchen an der Oberfläche wirken elektrische Kräfte, welche sie in der Flüssigkeit halten. Wenn ein Teilchen die Flüssigkeit verlassen will, dann muss es Arbeit gegen diese Kräfte verrichten. Die meisten Teilchen haben aber nicht genug Energie, um den Tropfen zu verlassen. Nur einige Teilchen sind schnell genug. Wenn die schnellen Teilchen den Tropfen verlassen, wird der Tropfen folglich kälter. Seine Temperatur sinkt unter die Umgebungstemperatur, und deshalb gibt die Umgebung Energie an den Tropfen ab. Jetzt sind wieder energiereiche Teilchen vorhanden, die den Tropfen verlassen können. Die Umgebungstemperatur sinkt weiter, da sich der Vorgang oft wiederholt. Dies bezeichnet man als Verdunstungskälte.

Der oben beschriebene Vorgang der Verdunstungskühlung findet jedoch nur in offenen Gefäßen statt. In geschlossenen Gefäßen stellt sich sehr schnell ein Gleichgewichtszustand ein. D.h., nun treten im Mittel genauso viele energiereiche Wasserteilchen pro Zeiteinheit in die Flüssigkeit ein, wie aus ihr heraustreten. Die Temperatur der Flüssigkeit ändert sich in einem geschlossenen Gefäß also nicht.

Mit einem Trick kann man jedoch auch in einem geschlossenen Gefäß die Temperatur der Flüssigkeit sehr stark absinken lassen. Dazu benötigt man den "Zauberstoff" Zeolith.



3.2 Zeolith

Zeolith ist ein natürlicher, umweltfreundlicher Stoff, der eine sehr große innere Oberfläche besitzt. Sie beträgt 800 bis 1200 m² pro Gramm. In seinen Hohlräumen wirken starke elektrostatische Kräfte. Dadurch werden Wassermoleküle heftig angesaugt und in den Hohlräumen festgehalten. Setzt man nun einen Behälter mit Zeolith in einem geschlossenen Gefäß über eine Wasseroberfläche, so werden die aus dem Wasser austretenden energiereichen Wassermoleküle vom Zeolith festgehalten und die Temperatur des Wasser sinkt, obwohl das Gefäß geschlossen ist.

In einem geschlossenen Gefäß kann man natürlich den Luftdruck so weit reduzieren, dass das Wasser schon bei Raumtemperatur anfängt zu sieden. Jetzt treten unzählige energiereiche Wassermoleküle aus dem Wasser aus und werden vom Zeolith aufgefangen. Dabei kann sich das Wasser so stark abkühlen, dass es gefriert.

Wenn der Zeolith sich vollgesaugt hat, dann muss er wieder getrocknet werden. Dies kann mittels Sonnenenergie erfolgen. Danach ist der Zeolith wieder einsatzbereit.

Für das Projekt "Mit der Sonne kühlen" schien uns der "Zauberstoff" Zeolith ideal geeignet zu sein. Doch wo kann man Zeolith kaufen?

3.3 Versuche mit dem "Ice-Quick"

Nach vergeblichem Suchen in Branchenbüchern fanden wir schließlich im Internet die Firma ZEO-TECH aus Unterschleißheim bei München. Bei ihr kauften wir 1 kg Zeolith sowie einen sogenannten "Ice-Quick". Mittels dieses Gerätes wollten wir uns von der Wirkung des Zeoliths überzeugen.

Der Ice-Quick bestand aus einer Handvakuumpumpe, einer Zeolithpatrone, einem Wasserbecher und einem Adapter (Abb. 3.2).

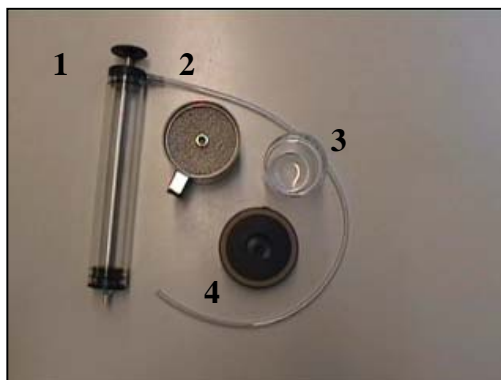


Abb. 3.2: Der "ICE-QUICK":
Vakuumpumpe (1), Zeolithpatrone gefüllt mit Zeolith (2), Becher mit Wasser (3) und Adapter der die Zeolithpatrone und den Becher zusammenhält (4).



Mit der Sonne kühlen

Daniel Merget (12), Florian Merget (13), Sebastian Osterspey (12)



Zuerst nahmen wir den Becher, füllten ihn 1cm hoch mit Wasser und stellten ihn auf eine ebene Unterlage. Dann steckten wir den Schlauch, wie in der Gebrauchsanweisung beschrieben, fest an die Vakuumpumpe und an den Adapter. Jetzt befestigten wir die Zeolithpatrone am Adapter. Danach steckten wir den Adapter mit der Zeolithpatrone auf den Becher. Nun war unser "ICE-QUICK" einsatzbereit.



Abb. 3.3: Florian und Daniel Merget beim Zusammenbau des „ICE-Quicks“.

Wir betätigten zunächst die Vakuumpumpe, um die Luft aus dem Gerät zu ziehen. Dann drückten wir den Kolben bis zum Anschlag durch, um den Widerstand der Luft zu überwinden. Nach zwei Hieben überprüften wir die Dichtheit des Systems. Dazu hoben wir die Zeolithpatrone an. Durch den entstandenen Unterdruck ging der Becher mit hoch. Nach 10 bis 20 Hieben begannen sich Blasen zu bilden (Abb. 3.4) und dann begann das Wasser (Bei Raumtemperatur!) kurzzeitig zu siedet (Abb. 3.5). Nach einigen weiteren Hieben gefror das Wasser an der Oberfläche. Hiernach schwenkten wir den Becher einige Male hin und her. Dadurch kam wieder Wasser nach oben und wir pumpen weiter. Diesen Vorgang wiederholten wir einige Male, bis das gesamte Wasser gefroren war (Abb. 3.6). Anschließend zogen wir die Belüftungslasche, so dass wieder Luft in den Becher gelangte. Jetzt konnten wir den Becher vom Adapter trennen und unser Eis bewundern (Abb. 3.7)!



Abb. 3.4: Es bilden sich Blasen.



Abb. 3.5: Das Wasser siedet.

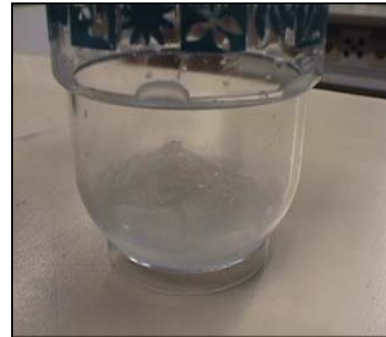


Abb. 3.6: Das Wasser ist gefroren.



Abb.3.7: Unser selbstgemachtes Eis.



3.4 Fazit

Nachdem wir den Versuch mit dem Ice-Quick mehrfach erfolgreich wiederholt hatten, waren wir ganz begeistert von der Zeolith-Methode. Doch dann kam die große Ernüchterung. Um den mit Wasser vollgesogenen Zeolith wieder zu regenerieren, mussten wir ihn laut Gebrauchsanweisung 2 Stunden lang auf mindestens 250°C erhitzen. Dies gelang uns mit der Sonne nicht. Wir trockneten also den Zeolith im Backofen auf höchster Stufe. Dabei wurde natürlich sehr viel elektrische Energie verbraucht.

Die Zeolith-Methode ist gut für sonnenreiche Länder geeignet. Hier kann mit einem nachgeführten Parabolspiegel der Zeolith umweltfreundlich getrocknet werden. Diese Menschen können also wirklich mit der Sonne kühlen.

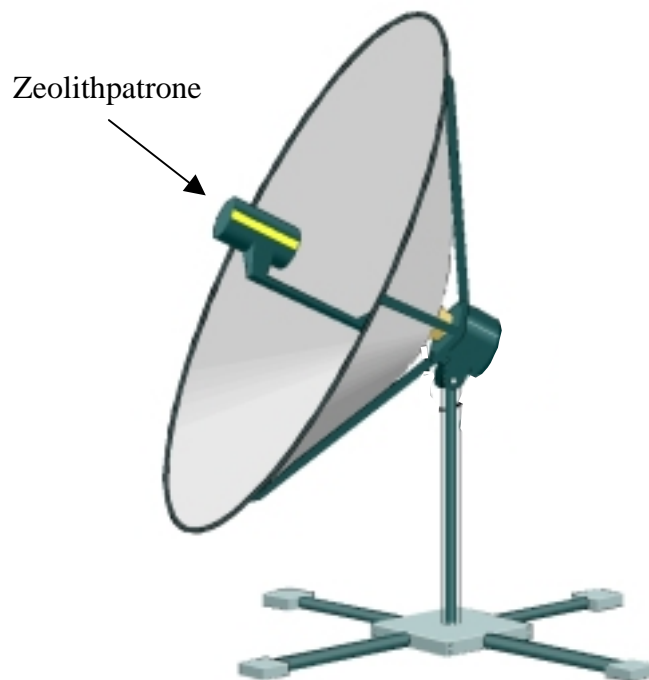


Abb. 3.8: Solarspiegel mit Zeolithpatrone



4. Die MMO-Methode

4.1 Das Grundprinzip

Nachdem wir die Idee, ein Haus mit herkömmlichen Klimageräten und Solarzellen zu kühlen (siehe Kapitel 2) und auch die Zeolith-Methode (siehe Kapitel 3) verworfen hatten, dachten wir zuerst, unser Projekt "Kühlen mit der Sonne", wäre gescheitert.

Doch dann kam uns eine ganz neue Idee. Techniken, die im Sommer die Wohnung kühlen und trotzdem die Umwelt nicht sehr belasten, werden dann von den Menschen am ehesten genutzt, wenn sie preiswert sind und außerdem auch in älteren Häusern ohne allzu große Umbauarbeiten eingesetzt werden können.

Bei unserm neuem Vorschlag, den wir MMO-Methode (Merget-Merget-Osterspey-Methode) nennen, verwenden wir das bereits im Haus vorhandene Heizungssystem im Sommer zu Kühlzwecken. D.h., die im Raum befindlichen Heizkörper werden im Sommer als Kühlkörper benutzt. Damit dies möglich ist, werden im Heizungskeller zwei zusätzliche Umschaltventile im Heizungskreislauf angebracht (Abb. 4.1).

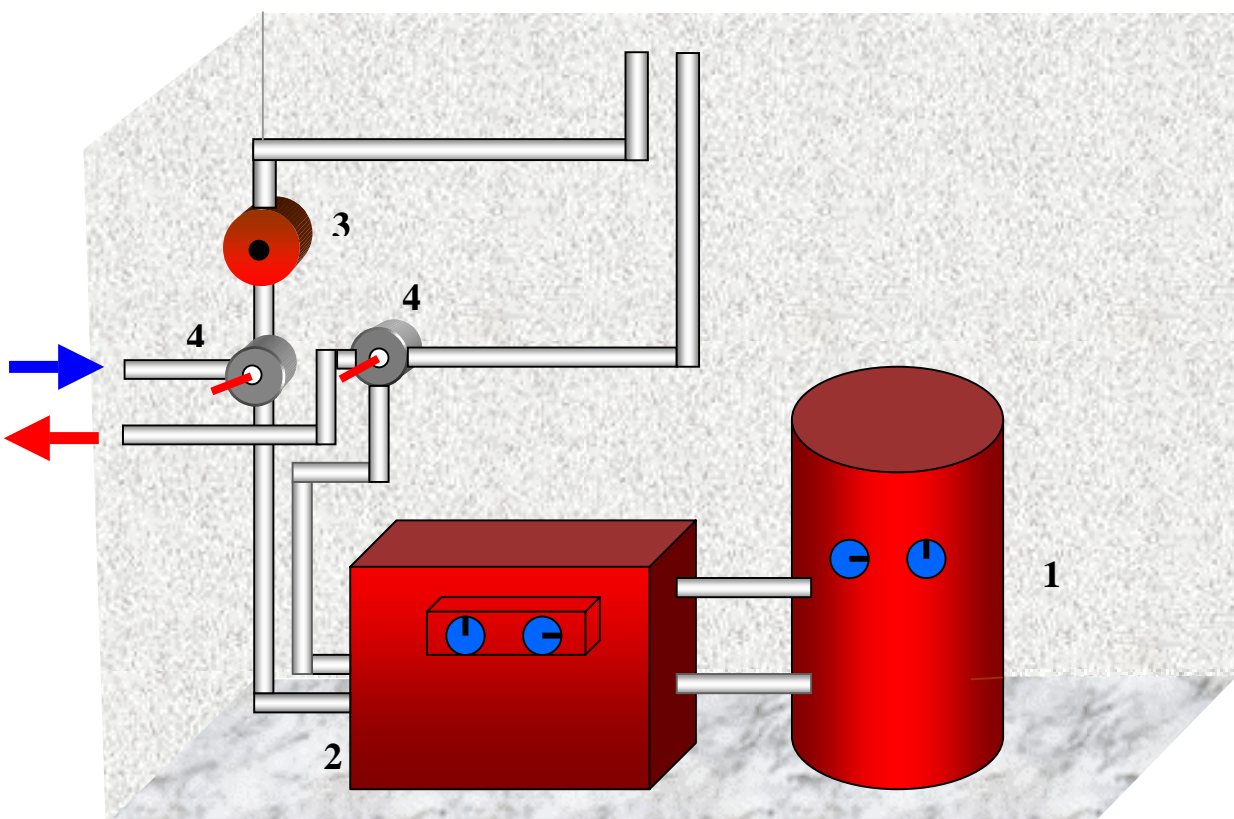


Abb. 4.1: Der Heizungskeller mit den beiden Umschaltventilen

- 1: der Warmwasserboiler
- 2: der Heizkessel
- 3: Umwälzpumpe
- 4: Ventile zur Umstellung von Winter- auf Sommerbetrieb



Mit der Sonne kühlen

Daniel Merget (12), Florian Merget (13), Sebastian Osterspey (12)



Mit diesen Ventilen kann man den Heizkreislauf im Sommer vom Heizkessel trennen und an die Kaltwasserleitung anschließen, die tief im Boden außerhalb des Hauses verlegt ist (Abb. 4.2). Tief im Erdboden beträgt die Temperatur im Sommer wie im Winter ca. 12°C. Dieses kühle Wasser wird nun im Sommer von der Umwälzpumpe durch die Heizkörper gepumpt um die Wohnräume zu kühlen.

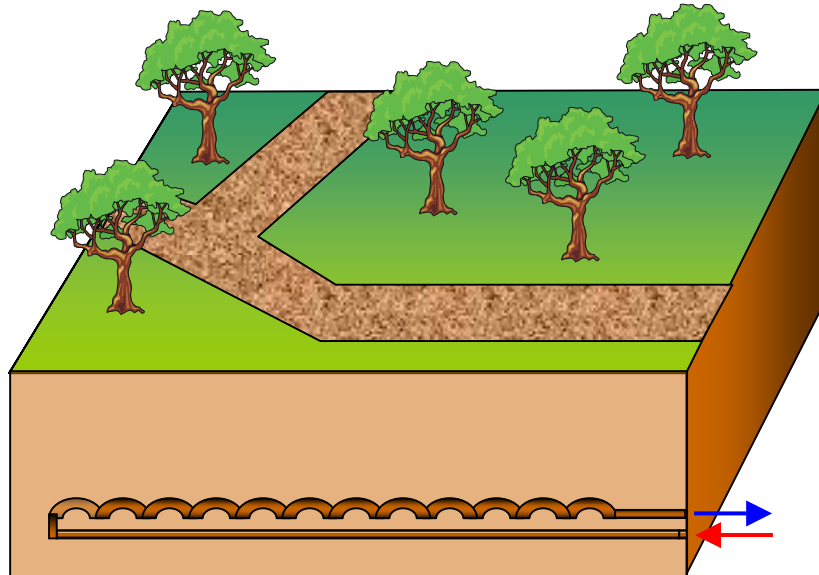


Abb. 4.2: Die Wärme aus dem Haus wird an den Erdboden abgegeben.

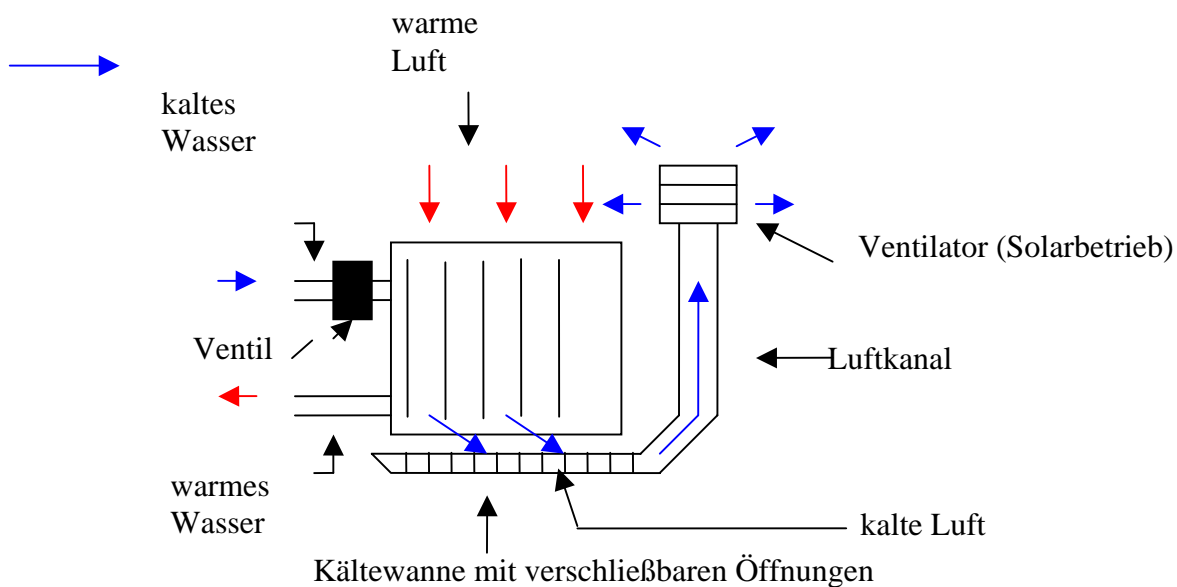


Abb. 4.3: Der Heizkörper wird zum Kühlkörper (Funktionsprinzip)



Mit der Sonne kühlen

Daniel Merget (12), Florian Merget (13), Sebastian Osterspey (12)



Bekanntlich ist kalte Luft schwerer als warme Luft. Deshalb strömt in dem Heizkörper, den wir ja jetzt als Kühlkörper benutzen, die Luft von oben nach unten. Dabei gibt die warme Zimmerluft einen Teil ihrer Energie über den Heizkörper an das kalte Wasser ab. Die unten ausströmende Luft würde jedoch für unangenehm kalte Füße sorgen, wenn wir diese nicht in einer Kältewanne auffangen und durch einen Luftkanal in Deckenhöhe befördern würden. Damit im Winter während der Heizperiode die Luft in umgekehrter Richtung strömen kann, ist die Kältewanne mit verschließbaren Öffnungen versehen. Im Sommer sind die Schieber geschlossen und im Winter geöffnet (Abb. 4.3 und 4.4).

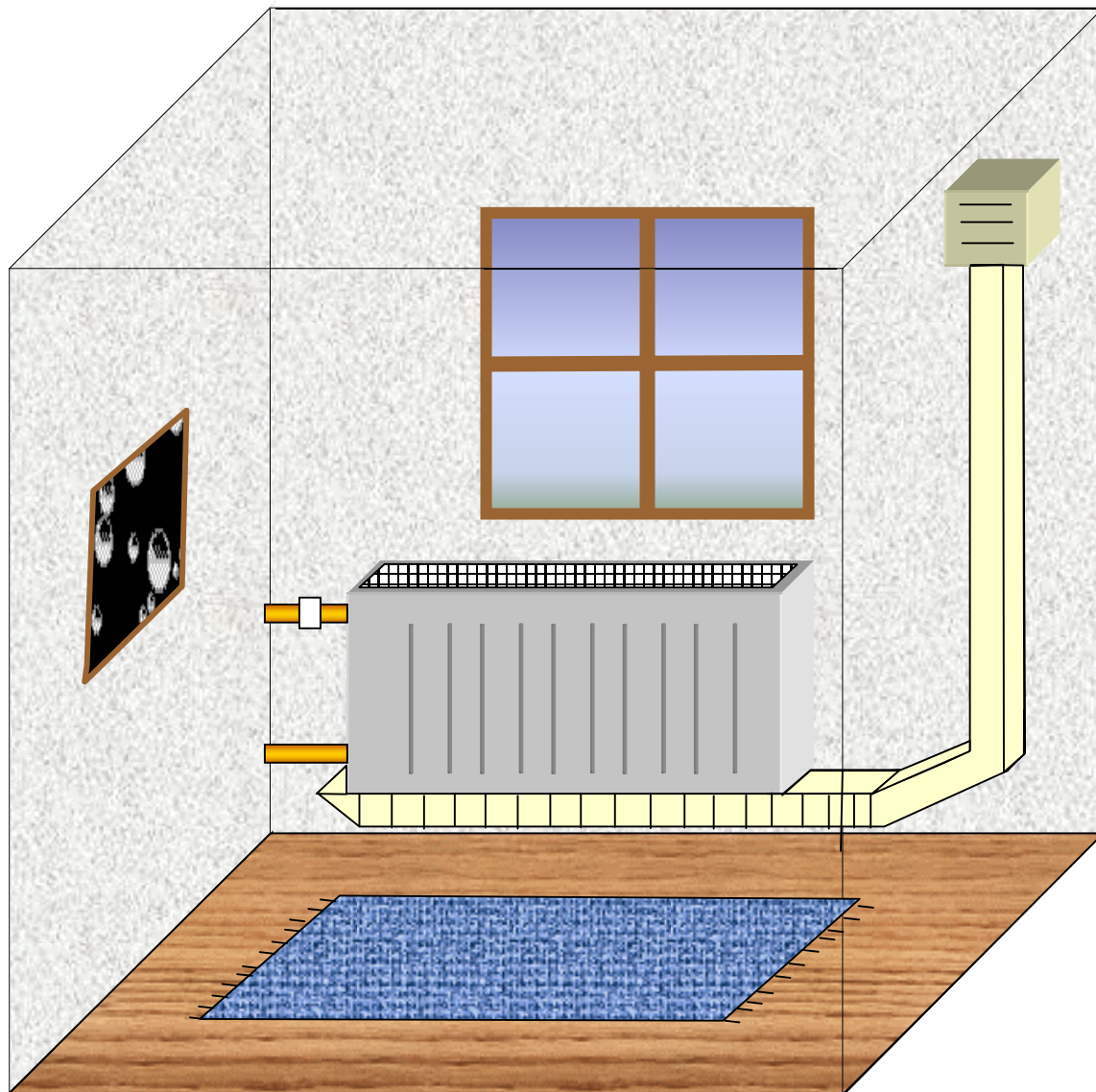


Abb. 4.4: Ein Zimmer, welches nach der MMO-Methode gekühlt wird.

Der schlanke Luftkanal lässt sich natürlich auch unter Putz verlegen.

Der Wirkungsgrad unserer MMO-Methode lässt sich noch erhöhen, wenn man das aus den Erdrohren kommende Wasser mit einer kleinen, solarbetriebenen Wärmepumpe vorkühlt und die so gewonnene Wärme für die Erwärmung des Wassers im Wasserboiler verwendet. Mit dem auf $+5^{\circ}\text{C}$ vorgekühltem Wasser lässt sich natürlich auch besser kühlen.



4.2 Rechnerische Abschätzung

Mittels einer einfachen Rechnung wollen wir nun überprüfen, ob unsere MMO-Methode realistisch ist. D.h., wir möchten wissen, wie viel Liter Wasser von 15°C man braucht, um die Luft in einem normalen Zimmer von 30°C auf 20°C abzukühlen. Wir haben 15°C statt 12°C für die Wassertemperatur in den Heizkörpern angenommen, da wir davon ausgehen, dass sich das Wasser in der Hinleitung zu den Kühlkörpern auch etwas erwärmt. Wir lösen die Aufgabe in zwei Schritten.

1. Aufgabe: Ein Raum hat die Maße $4m \cdot 4m \cdot 2,5m$. Wie viel Energie braucht man, um die Luft in dem Raum von $\vartheta_2 = 30^\circ C$ auf $\vartheta_1 = 20^\circ C$ abzukühlen? Der Einfluss der Wände und Möbel soll vernachlässigt werden.

Geg. : $a = 4m, b = 4m, h = 2,5m; \vartheta_2 = 30^\circ C, \vartheta_1 = 20^\circ C$

Ges. : Q

Lös. : $V = a \cdot b \cdot h = 4m \cdot 4m \cdot 2,5m = 40m^3 = 40.000dm^3$

$$m_{Luft} = ? \quad \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m_{Luft} = \rho \cdot V = 1,293 \frac{g}{dm^3} \cdot 40.000dm^3 = 51,72kg$$

$$\Delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1 = 30^\circ C - 20^\circ C = 10^\circ C$$

$$\text{Formelsammlung: } c_{Luft} = 1,005 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta = 1,005 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot 51,72kg \cdot 10^\circ C$$

$$\underline{\underline{Q = 519,79 kJ}}$$

Erg. : **Um die Luft in dem $4m \cdot 4m \cdot 2,5m$ großen Raum von $30^\circ C$ auf $20^\circ C$ abzukühlen benötigt man eine Energie von $Q = 519,79kJ$.**

2. Aufgabe: Wie viel Liter Wasser von 15°C benötigt man, um die Luft des Raumes von Aufgabe 1 auf 20°C abzukühlen

Geg. : $\vartheta_2 = 20^\circ C; \vartheta_1 = 15^\circ C$

Ges. : V

Lös. : $Q = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta \quad \Delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1 = 20^\circ C - 15^\circ C = 5^\circ C$





Mit der Sonne kühlen

Daniel Merget (12), Florian Merget (13), Sebastian Osterspey (12)



$$m = \frac{Q}{c \cdot \Delta \vartheta} = \frac{519,79 \text{ kJ}}{4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 5^\circ\text{C}} = 24,87 \text{ kg}$$

$$m = 24,87 \text{ kg} \hat{=} V = 24,87 \text{ dm}^3 \approx 25 \text{ l}$$

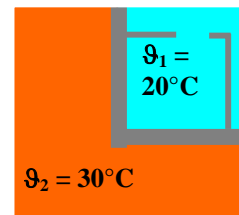
Erg. : Wir benötigen 25 l Wasser von 15°C um die Luft in dem 4m*4m*2,5m großem Raum von 30°C auf 20°C abzukühlen.

Unsere - wenn auch etwas einfache Rechnung - zeigt, dass man die Luft in einem Zimmer mit relativ wenig Wasser auf eine angenehme Temperatur abkühlen kann, wenn keine Energie von außen in das Zimmer strömt. In der Wirklichkeit strömt jedoch laufend Energie durch die Wände von der warmen Außenwelt in das kühle Zimmer. Wie groß dieser Energiestrom ist, berechnen wir nun in Aufgabe 3. Den Wärmedurchgangskoeffizienten (k-Wert) für eine gedämmte Außenwand entnehmen wir den Buch *Physik für Gymnasien 1A, Seite 252 vom CORNELSEN-Verlag*.

3. Aufgabe: Der Raum von Aufgabe 1 und 2 soll als Eckraum zwei 4m*2,5m große Außenwände besitzen.

Die Außenwände haben einen k-Wert von $k = 0,4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$.

Wie groß ist der Energiestrom P ins Zimmer, wenn die Innentemperatur 20°C und die Außentemperatur 30°C beträgt? Das Fenster wird bei dieser Rechnung vernachlässigt.



Geg. : $a = 4\text{m}$, $h = 2,5\text{m}$; $\vartheta_2 = 30^\circ\text{C}$, $\vartheta_1 = 20^\circ\text{C}$, $k = 0,4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$

Ges. : P

Lös. : $A = 2 \cdot a \cdot h = 2 \cdot 4\text{m} \cdot 2,5\text{m} = 20\text{m}^2$

$\Delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1 = 30^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 10^\circ\text{C} = 10\text{K}$

$P = k \cdot A \cdot \Delta\vartheta = 0,4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \cdot 20\text{m}^2 \cdot 10\text{K} = \underline{\underline{500\text{W}}}$

Erg.: Der Energiestrom ins Zimmer hinein beträgt P = 500 W.

Auch diese Rechnung zeigt, dass unsere MMO-Methode realisierbar ist, denn eine solche Kühlleistung besitzt der Kühlkörper gewiss, wenn das kalte Wasser von der Umwälzpumpe schnell genug umgewälzt wird.



5. Ausblick

Unsere rechnerische Abschätzung zeigt, dass man mit der MMO-Methode ein Haus angenehm kühlen kann. Schwierig abzuschätzen ist jedoch, wieviel Wärme der Erdboden im Garten aufnehmen kann, denn dies hängt sehr vom Wassergehalt des Bodens ab. Um auf der sicheren Seite zu sein, empfehlen wir, dem Kühlwasser aus der Gartenleitung mit einer solarbetriebenen Wärmepumpe Energie zu entziehen (Abb. 5.1). Der Wirkungsgrad unserer MMO-Methode lässt sich dadurch deutlich verbessern, denn mit auf $+5^{\circ}\text{C}$ vorgekühltem Wasser lässt sich wesentlich besser kühlen. Die aus dem Gartenkreislauf gewonnene Wärme kann der Hausherr für die Erwärmung des Wassers in seinem Wasserboiler einsetzen. Überschüssige Wärme kann an die Außenluft abgegeben werden.

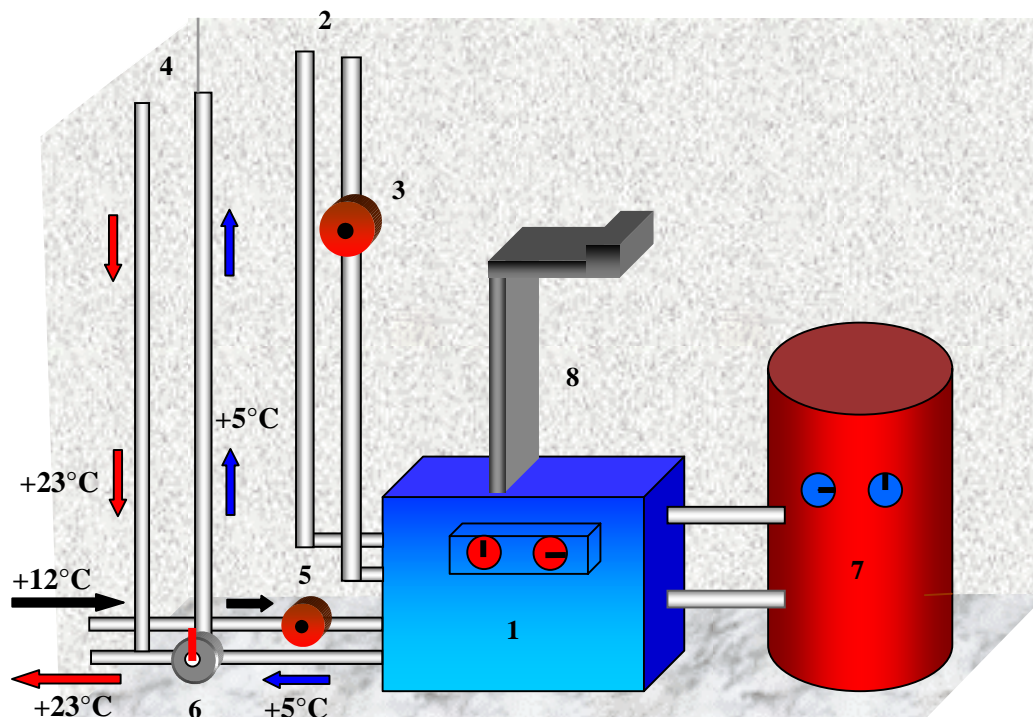


Abb. 5.1 : Der Heizungskeller mit Wärmepumpe im Sommerbetrieb

- 1: Wärmepumpe
- 2: Heizkreislauf für den Winterbetrieb
- 3: Umwälzpumpe für den Heizkreislauf
- 4: Kühlkreislauf für den Sommerbetrieb
- 5: Umwälzpumpe für den Kühlkreislauf und den Gartenkreislauf
- 6: Das Umschaltventil für den Kühlkreislauf steht auf Sommerbetrieb.
- 7: Warmwasserboiler
- 8: Abluftkanal für die überschüssige Wärme

Ist die Wärmepumpe entsprechend groß ausgelegt, so kann sie die Gas- bzw. die Ölheizung ersetzen (Abb. 5.1), wenn der Hausherr sich für eine Fußbodenheizung entscheidet. Hiermit kann er im Winter sein Haus beheizen. Im Sommer kann er, wie oben beschrieben, mit der solarbetriebenen Wärmepumpe das aus dem Gartenkreislauf kommende Wasser auf $+5^{\circ}\text{C}$



Mit der Sonne kühlen

Daniel Merget (12), Florian Merget (13), Sebastian Osterspey (12)



abkühlen und damit die großflächige, weiß verkleidete Deckenkühlung (Abb. 5.2) optimal betreiben. Heizkörper, Kältewanne und Luftschacht (siehe Kapitel 4) entfallen.

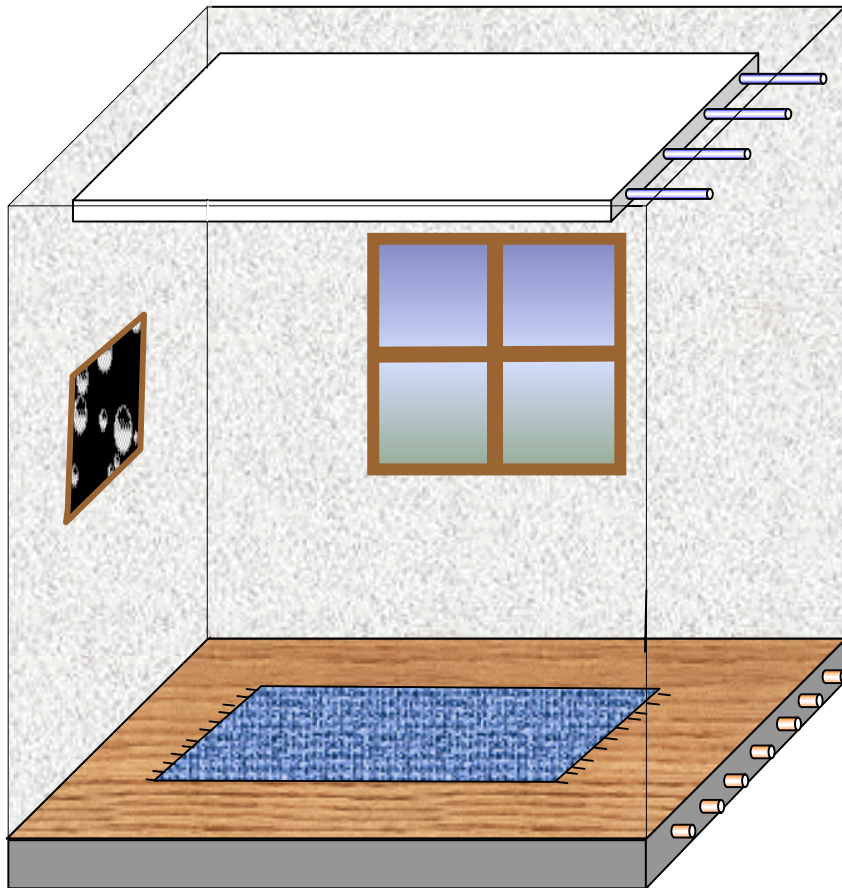


Abb. 5.2: Wohnraum mit Deckenkühlung und Fußbodenheizung

PS: Wir hoffen mit unserer Arbeit Wege aufgezeigt zu haben, wie man Umweltschutz und ein angenehmes Leben verbinden kann.

6. Literatur

Boysen, Gerd u.a. 1990 Physik für Gymnasien, Länderausgabe A
Cornelsen Verlag, Berlin

