

Wettbewerbsjahr: **2013**  
Bundesland: **Nordrhein-Westfalen**  
Sparte: **Schüler experimentieren**  
Fachgebiet: **Physik**  
Betreuer: **Bernhard Osterwind, Helmholtz-Gymnasium Hilden**

## **Power aus der Shower - Experimente zur Abwasserwärmerückgewinnung**

(Projekttitle)

### **1. Teilnehmer**

Vorname: **Valentin**  
Name: **Hohnhorst**  
Geb.-Datum: **02.06.2000**  
E-Mail: **valentinhohnhorst@yahoo.de**  
Schule/Betrieb/Uni: **Helmholtz-Gymnasium Hilden**

Der/die Teilnehmer versichere/n, dass er/sie die Teilnahmebedingungen des Wettbewerbs unter [www.jugend-forscht.de](http://www.jugend-forscht.de) und die Vorgaben des Veranstalters anerkenne/n. Er/Sie hat/haben die Arbeit selbstständig angefertigt und alle verwendeten Quellen sowie alle unterstützenden Unternehmen, Institutionen und Personen und die Art der Unterstützung in der Arbeit genannt. Bei Forschungsarbeiten mit Tieren wurden alle Vorgaben der Tier-, Natur- und Artenschutzgesetze eingehalten und insbesondere das "Formular für Forschungsarbeiten mit Tieren" unterschrieben eingereicht.

# Jugend forscht Wettbewerb 2013

## Power aus der Shower

### Experimente zur Abwasserwärmerückgewinnung

von Valentin Hohnhorst

#### Inhalt

Kurzfassung .....	2
Einleitung.....	3
Entwicklung eines Funktionsmodells für die Hauswasserversorgung .....	4
Boiler 1, Modell Marmeladenglas:.....	6
Boiler 2, Modell Luftballon .....	6
Boiler 3, Modell Schlauchspirale.....	6
Hygiene .....	6
Entwicklung unterschiedlicher Wärmetauscher.....	7
Alufolienwärmetauscher .....	9
Wärmetauscher mit Pumpe .....	10
Wärmetauscher mit Pumpe und Kupferrohr.....	11
Spiralenwärmetauscher .....	11
Kupferrohre in Kiste Wärmetauscher (ohne Dämmung) .....	12
Kupferrohre in Kiste Wärmetauscher (mit Styropor gedämmt).....	13
Kleiner Ausflug in die Theorie.....	14
Was bringt mehr? Tauschen oder Dämmen?.....	14
Zusammenfassung .....	16
Quellen und Literaturverzeichnis.....	17

## Kurzfassung

Unter der Dusche kam mir die Idee, herauszufinden, ob man mit einfachen Mitteln die Duschabwasserwärme zum Erhitzen von Frischwasser nutzen kann. Dazu baute ich ein Hausmodell. Es bestand aus einem Frischwassertank, einem Boiler, einer Dusche, einem Abwassersammelbecken und Verbindungsschläuchen.

Bevor ich überhaupt mit der Entwicklung eines effektiven Wärmetauschers beginnen konnte, stand ich vor dem Problem einen geeigneten Boiler zu bauen. Zum Erhitzen des Wassers benutzte ich einen Babyflaschenwärmer und - nach mehreren Versuchen - eine bestimmte Schlauchlegeweise mit der das Frischwasser ausreichend erwärmt werden konnte. Damit konnte ich dieses Problem lösen.

Im Zentrum meines Projektes stand die Entwicklung mehrerer Wärmetauscher. Ich experimentierte in Testreihen, indem ich die Temperatur für verschiedene Modelle, unterschiedliche Dämmungen und an unterschiedlichen Punkten der Wasserinstallation maß.

Im Ergebnis erwies sich der Tauscher namens „Kupferrohre in Kiste Wärmetauscher (mit Styropor gedämmt)“ als effektivster, da er die Wärme sehr gut übertrug, was auch mit der ausgesprochen hohen Wärmeleitfähigkeit von Kupfer zusammenhing. Eine Abwasserwärmerückgewinnung mit diesem Wärmetauscher ist grundsätzlich wirtschaftlich, weil mit vergleichsweise einfachen Mitteln über einen Tauscher viel Energie eingespart werden kann. Der Energieverbrauch eines Warmwasserboilers lässt sich dadurch reduzieren.

Meine Messungen zeigten als Gesamtergebnis, dass Abwasserwärmerückgewinnung in einem Einfamilienhaus möglich und sinnvoll ist.

## Einleitung

In meinem Projekt wollte ich herausfinden, ob es möglich ist, in einem Privathaushalt Abwasserwärmerückgewinnung zu betreiben und abschätzen, ob diese wirtschaftlich wäre.

Die Idee dazu kam mir, während ich duschte. Ich überlegte mir, ob man die Wärme des Duschabwassers zum Erhitzen von Frischwasser nutzen könnte. Ähnliche Apparaturen gibt es zwar schon z.B. für ganze Stadtviertel oder große Industrieanlagen, aber in Privathäusern ist diese Technik noch nicht weit verbreitet. Im Internet fand ich folgende These:

*„Um eine solche Anlage wirtschaftlich zu betreiben, wird je nach System eine minimale Größe von 25-50 Wohneinheiten benötigt. Für Einfamilienwohnhäuser und kleine Mehrfamilienhäuser sind solche Anlagen unwirtschaftlich, da der technische Aufwand für die Rückgewinnung von der Objektgröße prinzipiell unabhängig ist.“<sup>1</sup>*

Diese These wollte ich durch meine Experimente widerlegen, da ich mir nicht vorstellen konnte, dass man nicht mit kostensparenden und wartungsarmen Materialien ein wirksames System entwickeln kann. Das System sollte hygienischer sein, als die bereits vorhandenen Wärmerückgewinnungssysteme und dadurch auch keine Probleme mit Legionellen verursachen. Mehr dazu steht im Kapitel „Hygiene“.

Um mehrere Möglichkeiten eines Wärmetauschers zu testen, plante ich ein Modell einer funktionierenden Wasserinstallation in einem Haus zu entwerfen. Das Modell sollte möglichst realitätsnah sein, damit das zu entwickelnde Abwasserwärmerückgewinnungssystem in Punkto Effizienz und Arbeitsweise als gute Vorlage für ein Haus in der Wirklichkeit dienen kann. Um ein derartiges System in einem Haus zu installieren, müssten die beiden Rohre für Frisch- und Abwasser relativ nahe beieinander liegen, damit die Wärme übertragen werden kann.

Die Modelle eines Wärmetauschers sollten möglichst unterschiedlich sein, damit es möglich ist zu entscheiden, welches Modell am besten die Wärme tauscht und preiswert in der Bauweise ist.

---

<sup>1</sup> Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Abwasserw%C3%A4rmer%C3%BCckgewinnung>, 18.9.2012

## Entwicklung eines Funktionsmodells für die Hauswasserversorgung

Das Hausmodell, welches ich zur Simulation der Warmwasserversorgung brauchte, musste aus einem Boiler zum Erhitzen des Wassers, einer Dusche und aus einem Wärmetauscher, den ich im Laufe meiner Versuchsreihe zu entwickeln suchte, bestehen.

Im Modell sieht das dann wie folgt aus:

Da der Boiler bei Häusern meist im Keller steht, befand sich der Boiler in meinem Funktionsmodell ebenfalls im „Keller“. Um am Duschkahn ausreichenden Wasserdruck zu haben, positionierte ich den Frischwassertank oberhalb der Dusche. Über die Schläuche war der Wasserdruck ausreichend, so dass das Wasser vom Frischwassertank nach unten durch den Wärmetauscher und den Boiler und dann ein Stück aufwärts bis zum Duschkahn floss. Als Boiler verwendete ich einen Babyflaschenwärmer, der das Wasser bis auf ca. 85 Grad erhitzen kann.

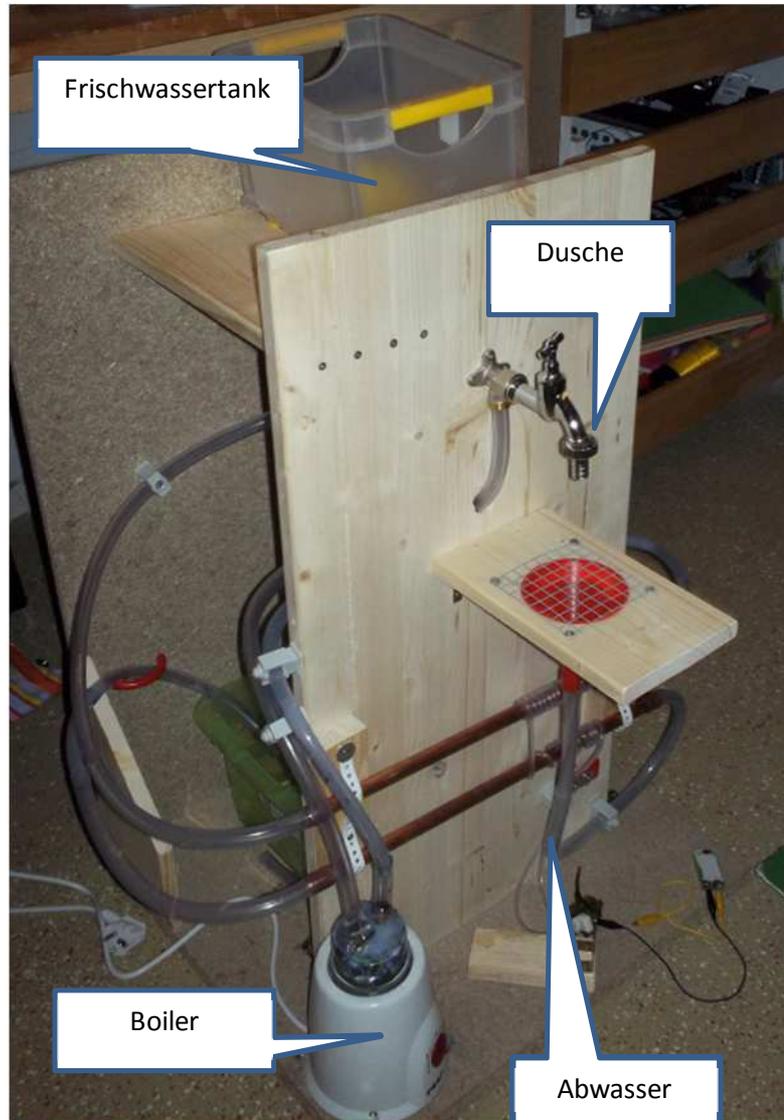


Abbildung 1: Hausmodell



## Unterschiedliche Boilermodelle

Ein Problem stellte zu Beginn meiner Experimente die Dichtigkeit des Boilers dar. Zum einen sollte der Boiler Wasser erwärmen, zum anderen musste er dicht sein. Doch wie sich herausstellte, war es nicht einfach, diese beiden Faktoren mit einander zu vereinen. Deshalb musste ich mehrere Boiler entwickeln, da bei den ersten Modellen mindestens einer der beiden Faktoren nicht zutraf. Alle Boiler verwendeten denselben Babyflaschenwärmer aber mit unterschiedlichen Einsätzen.

### Boiler 1, Modell Marmeladenglas:

Der erste von mir entwickelte Boilereinsatz bestand aus einem leeren Marmeladenglas mit Deckel, in den ich jeweils ein Loch für den Zulauf und für den Ablauf bohrte. Diese Öffnungen dichtete ich als erstes mit Acryl ab; doch hierbei war das Dichtmaterial nicht flexibel, sodass das Wasser aus dem Boiler sickern konnte. Da Silikon elastisch ist, entfernte ich das Acryl und dichtete die Öffnungen mit Silikon ab. Doch auch hierbei konnte Wasser austreten. Außerdem wurde bei beiden Dichtmaterialien das Wasser im Boiler nicht richtig warm, was ich auf die Wand des Marmeladenglases zurückführte.

### Boiler 2, Modell Luftballon

Für einen zweiten Boilertypen überlegte ich mir, dass das Wasser durch ein besser leitendes Material von dem Flaschenwärmer getrennt werden sollte. Deshalb wählte ich Kupfer. Ich verband zwei kurze Kupferröhrchen durch mehrere Luftballons. Durch diese Konstruktion erhitzte sich das Wasser zwar stark, doch lösten sich die Luftballons mit der Zeit durch die Hitze auf. Dadurch entstanden Löcher und das Wasser konnte austreten. Deshalb musste ich eine neue Konstruktion wählen.

### Boiler 3, Modell Schlauchspirale

Als dritten Boilertypen verband ich die beiden Schläuche, die in den Boiler hineingingen, mit einem weiteren Schlauch, den ich wie eine Spirale in den Flaschenwärmer legte. Hierbei gab es ein kleines Problem, da der Schlauch durch die hohen Temperaturen (ca. 80 Grad) instabil wurde und abknickte. Dadurch konnte das Wasser nicht mehr fließen. Aber dieses Problem ließ sich beheben, indem ich einen Zylinder in den Boiler stellte und den Schlauch ganz eng um diesen Zylinder wickelte. Dadurch knickte der Schlauch nicht mehr ab. Das Boilermodell war dicht und sorgte für eine gute Erwärmung des Duschwassers. Mit dem Modell „Schlauchspirale“ führte ich alle weiteren Experimente durch.

## Hygiene

Probleme mit der Hygiene können durch Keime und insbesondere Legionellen hervorgerufen werden.<sup>3</sup> Im Gegensatz zu anderen Wärmetauscher, gibt es bei meinen Wärmetauschern keine Probleme mit der Hygiene. Das liegt daran, dass sich bei meinem Modell der Wärmetauscher vor dem Boiler befindet. Dadurch werden mögliche Keime, die im Bereich des Wärmetauschers entstehen können, durch die hohen Temperaturen des Boilers (85 Grad) abgetötet. Das ist leider bei anderen Wärmetauschern, die zur Wärmerückgewinnung dienen sollen, anders. Dort wird Wasser über den Wärmetauscher vorgewärmt auf ca. 25 Grad. Auf jeden Fall wird nicht eine Temperatur von über 55 Grad erreicht, so dass alle Keime abgetötet werden. Das vorgewärmte Wasser fließt unmittelbar zur Dusche und wird dort mit dem Boilerfrischwasser vermischt. Es können Keime durch das Duschwasser in den Körper gelangen und dadurch können Krankheiten entstehen. Die Legionellen können

---

<sup>3</sup> Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Legionellen#Lebensbedingungen>, 9.1.2013

dann eine Erkrankung an Legionellose herbeiführen, einer Krankheit, die sogar tödlich enden kann, da sie Ähnlichkeiten mit einer Lungenentzündung hat.

Gemäß Artikel Legionellen in Wikipedia gilt:

„Die optimalen Lebensbedingungen für Legionellen sind:

- Süß- und Salzwasser
- Temperaturbereich 25 bis 50 °C
- Frischwassernachspeisung
- lange Verweilzeit“<sup>4</sup>

Durch eine Erhitzung über 55 Grad werden Legionellen sicher abgetötet.

### Entwicklung unterschiedlicher Wärmetauscher

Wärmetauscher, die die Wärme des Duschabwassers aufnehmen und an das noch kalte Frischwasser abgeben, gibt es zwar schon, aber nur als teure Apparaturen. In Deutschland sind sie aufgrund der Trinkwasserverordnung<sup>5</sup> und der Anforderungen an die Hygiene – siehe vorhergehenden Abschnitt – als nicht zulässig oder bedenklich einzustufen. Hier sind ein paar Beispiele:

Die Firma Fercher aus Österreich bietet ein Produkt an, das 279 € zuzüglich Versandkosten kostet. Im Modell sieht diese Abwasserwärmerückgewinnung wie folgt aus:

Das Duschabwasser wird in einen Wärmetauscher geleitet, durch den auch das Kaltwasser fließt. Das Frischwasser, welches in den Boiler fließt, wurde bereits im Voraus von dem Kaltwasser getrennt. Das Problem ist nun, dass sich im Wärmetauscher, wo das Wasser nach Firmenangaben auf ca. 24 Grad erhitzt wird, viele Keime bilden können.

Besonders gravierend ist dieses Hygieneproblem, wenn das Wasser über längere Zeit in dem Wärmetauscher steht.

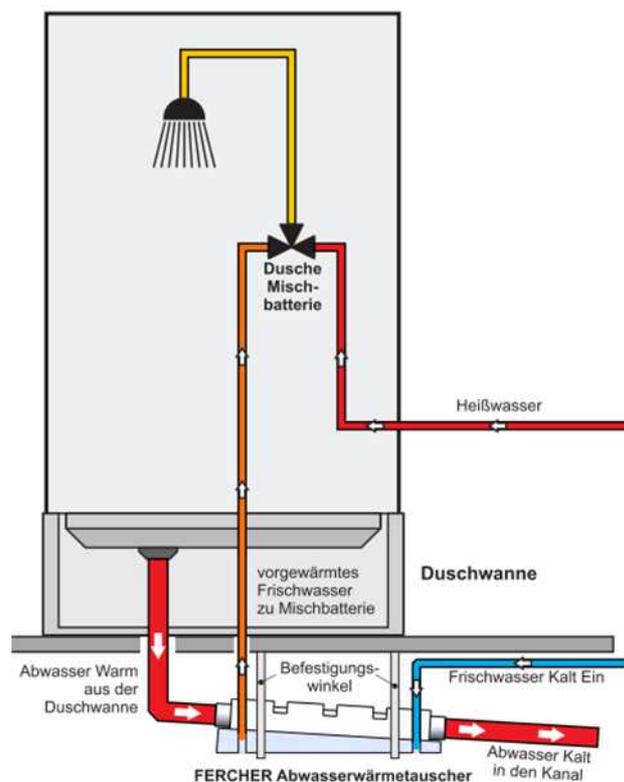


Abbildung 3: Wärmetauscher der Firma Fercher<sup>6</sup>

<sup>4</sup> Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Legionellen#Lebensbedingungen>, 9.1.2013

<sup>5</sup> Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW): Trinkwasserverordnung 2012, Bonn

<sup>6</sup> Quelle: [http://www.fercher.at/download/AWT-911\\_SmartShower\\_Datenblatt.pdf](http://www.fercher.at/download/AWT-911_SmartShower_Datenblatt.pdf), Seite 3, 6.1.2013

Ein anderes Beispiel ist das Produkt „Recoh-vert“ der Firma Hei-Tech. Der Preis war in der Produktbeschreibung nicht angegeben.

Der folgenden Abbildungen ist zu entnehmen, wie das System und dieser Wärmetauscher arbeiten:

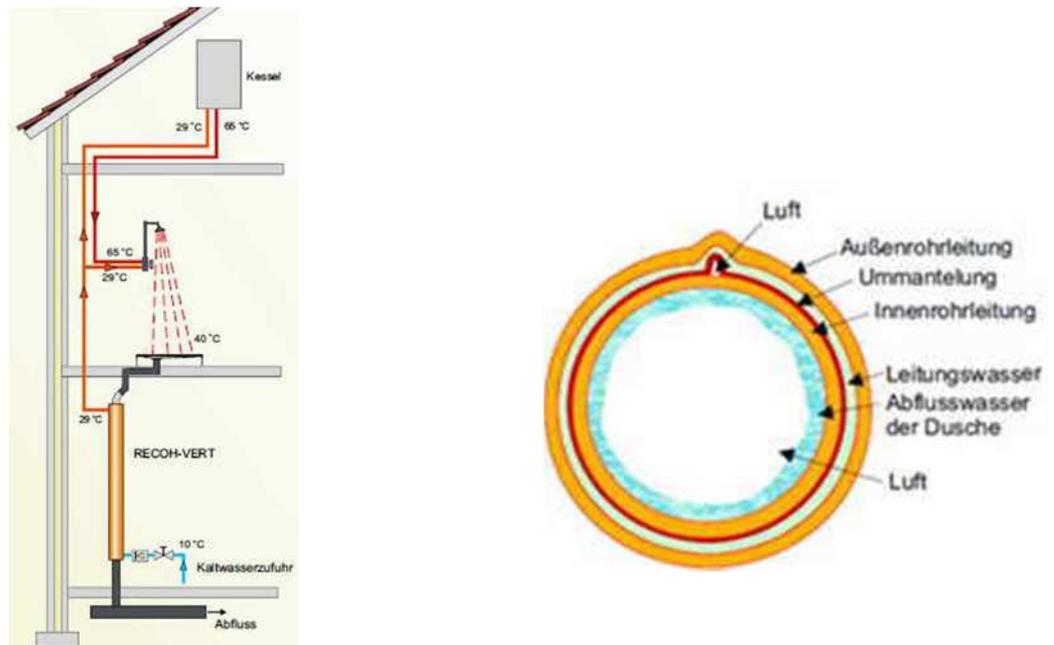


Abbildung 4: Wärmetauscher der Firma hei-tech: Installation und Querschnitt<sup>7</sup>

Das Wasser fließt aus der Leitung in den Wärmetauscher (Recoh-Vert). Dies ist genauso wie auch in meinem Modell. Doch nachdem das Frischwasser in dem Wärmetauscher auf ca. 25 Grad erwärmt wurde, fließt nur ein Teil des Wassers in den Boiler. Der andere Teil des Wassers gelangt ohne weitere Erhitzung zur Dusche. Dadurch wird aber nur ein geringer Teil der Keime sicher abgetötet. Der andere Teil kann ungehindert in unseren Körper gelangen und dort Krankheiten verursachen.

Die Internetseite [http://www.bosy-online.de/Ab-\\_und\\_Grauwasser-WRG.htm](http://www.bosy-online.de/Ab-_und_Grauwasser-WRG.htm) warnt aus diesen Gründen vor einer Verwendung dieses Wärmetauschers:

*„Der Einsatz dieses Systems ist in Deutschland auf Grund der Trinkwasserverordnung nicht möglich, da Trinkwasser (Kaltwasser) nicht über 25 °C erwärmt in der Leitung stagnieren darf, das bedeutet, dass das Kaltwasser diese Temperatur nicht übersteigen darf. Hier ist die Aufkeimung bzw. die Legionellenproblematik besonders hervorzuheben.“*

Deshalb überlegte ich mir, dass meine Wärmetauscher folgende Eigenschaften haben sollten:

Der Tauscher sollte unkompliziert sein, nicht viel Platz verbrauchen und auch aus Materialien bestehen, die man z.B. im Baumarkt kostengünstig erhält, so dass man den Wärmetauscher einfach selber bauen kann.

Ich musste während meiner Arbeit mehrere Tauscher entwickeln, da bei den ersten Tauschern noch kein Effekt zu erkennen war und deshalb auch noch keine Energie gespart wurde. Um die Effizienz

<sup>7</sup> Quelle: <http://www.hei-tech.nl/de/pdf-de/prospektrecoh-vert.pdf>, 1.1.2013

der Wärmetauscher festzustellen, mussten bei allen Tests dieselben Bedingungen herrschen. Deshalb regulierte ich die Temperatur im Frischwassertank (Vorlauf) immer auf 14 Grad. Außerdem ließ ich den Boiler immer vor Experimentstart auf mindestens 70 Grad erhitzen.

Meine Versuche führte ich stets nach dem gleichen Zeitplan durch:

Zeit in Minuten ab Start des Experiments							
1:30	1:40	1:50	2:00	3:30	3:40	3:50	4:00
Dusche angestellt	Dusche läuft	Dusche läuft	Dusche ausgestellt	Dusche angestellt	Dusche läuft	Dusche läuft	Dusche ausgestellt
Temperaturmessung	Temperaturmessung	Temperaturmessung	Temperaturmessung	Temperaturmessung	Temperaturmessung	Temperaturmessung	Temperaturmessung

Tab. 1: Zeitplan der Experimente

Nach 1:30 Minuten stellte ich die Dusche an und ließ das Wasser für 30 Sekunden laufen. Dann wartete ich 1:30 Minuten, um einen weiteren Zyklus zu beginnen. Die zeitlichen Intervalle waren immer gleich, die Anzahl der Zyklen variierte.

Alle Zeitangaben in dieser Fassung sind in Minuten angegeben, alle Temperaturangaben in Grad Celsius.

Ich maß die Temperatur unter dem Duschhahn. Bei einem solchen Messschema sahen die Ergebnisse für den Versuch ohne Wärmetauscher so aus:

Die Höchsttemperatur des Duschwassers betrug je nach Versuch zwischen 26 und 29 Grad.

Die Messungen an dem oberen Kupferrohr (Vorlauf), an dem ich später auch mehrere Wärmetauscher installierte, hatten folgende Ergebnisse: Die Temperatur betrug bei allen Messungen 15 Grad, also 1 Grad höher als die Ausgangstemperatur.

### Alufolienwärmetauscher

Mein erster Wärmetauscher sah so aus:

Durch die beiden Kupferrohre floss Wasser. Durch das obere Rohr floss das Frischwasser Richtung Boiler, durch das untere das schon warme Abwasser. Diese beiden Rohre umwickelte ich mit Alufolie, da diese Wärme gut leitet. Deshalb hoffte ich, dass die Wärme des Duschabwassers sich auf die Alufolie und dadurch auch auf das Frischwasserrohr überträgt.



Abbildung 5: Alufolienwärmetauscher

Messergebnisse: Doch ein solcher Effekt ließ sich in den Messergebnissen meiner Versuche nicht nachweisen. Die Temperatur in meinem Frischwassertank betrug, wie bei der Messung ohne Wärmetauscher, 14 Grad. Die Temperatur des Wassers unter der Dusche lag je nach Versuch

zwischen 26 und 29 Grad. Damit waren die gemessenen Temperaturen genauso hoch, wie bei der Messung ohne Wärmetauscher.

Zeitraum nach Versuchsbeginn	5:30-6:00	7:30-8:00	9:30-10:00	11:30-12:00
Höchsttemperatur unter der Dusche	28°C	27°C	26°C	29°C

Tab. 2: Ergebnisse mit Alufolienwärmetauscher

Bis zum Zeitpunkt 5:30 min wirkte die Anfangswärme des Boilers nach, so dass die Messergebnisse für den Zeitraum bis dahin nicht mit den anderen Versuchen vergleichbar waren.

### Wärmetauscher mit Pumpe

Dieser Wärmetauscher sah so aus:

Durch den Schlauch, der an die Pumpe angeschlossen war, leitete ich Wasser. Das Wasser sollte die Temperatur des Duschabwassers aus dem unteren Kupferrohr aufnehmen und an das noch kalte Frischwasser im oberen Kupferrohr abgeben. Im Unterschied zum Alufolienwärmetauscher wird hierbei kein Aluminium sondern Wasser zum Leiten der Abwasserwärme verwendet.



Abbildung 6: Wärmetauscher mit Pumpe

Außerdem wird nun eine Pumpe benötigt. Sie verbraucht zwar Strom, sollte aber dafür auch mehr leisten als der vorherige Tauscher.

Messergebnisse: Die Temperatur des Wassers, das aus der Dusche kam, betrug zwischen 26 und 28 Grad. Die Messung am oberen Kupferrohr ergab, dass es auch hierbei keine Veränderung bezüglich der Messung ohne Wärmetauscher gab. Diese Feststellung bestätigt, dass auch dieser Wärmetauscher nicht den Effekt zeigte, den ich mir gewünscht hätte.

Zeitraum nach Versuchsbeginn	1:30-2:00	3:30-4:00	5:30-6:00	7:30-8:00
Höchsttemperatur unter der Dusche	28°C	27°C	26°C	26°C
Höchsttemperatur oberes Kupferrohr	15°C	15°C	15°C	15°C

Tab. 3: Ergebnisse mit Wärmetauscher mit Pumpe

## Wärmetauscher mit Pumpe und Kupferrohr

Der Wärmetauscher sah so aus:

Dieser Wärmetauscher hatte im Gegensatz zu dem vorherigen Tauscher anstelle eines Schlauchs Kupferrohre, durch die das Wasser gepumpt wurde. Diese beiden Rohre waren durch Luftballons verbunden. Kupferrohre wählte ich, da diese die Wärme besser aufnehmen beziehungsweise abgeben als Gummischläuche.



Abbildung 7: Wärmetauscher mit Pumpe und Kupferrohr

Das eine dünne Rohr legte ich an das Kupferrohr mit dem Duschabwasser und das zweite dünne Rohr an das Kupferrohr mit dem Frischwasserzulauf zum Boiler. Beide dünnen Rohre bildeten über die Pumpe, Zuleitungen und die Verbindung via Luftballons einen Wasserkreislauf. Die Stellen, an denen der Wärmeaustausch passieren sollte, dämmte ich. Durch diese Veränderung des Versuchsaufbaus erhoffte ich mir einen stärkeren Wärmeaustausch.

Messergebnisse: Die Veränderung am Aufbau des Wärmetauschers zeigte einen minimalen Unterschied zum Vorgängermodell. Die Temperatur bei der Messung am oberen Kupferrohr erhöhte sich um bis zu 1 Grad von 15 auf 16 Grad. Die folgende Tabelle veranschaulicht diese Ergebnisse.

Zeitraum nach Versuchsbeginn	1:30-2:00	3:30-4:00	5:30-6:00	7:30-8:00
Höchsttemperatur oberes Kupferrohr	16°C	15°C	16°C	15°

Tab. 4: Ergebnisse mit Wärmetauscher mit Pumpe und Kupferrohr

## Spiralenwärmetauscher

Rechts ist der neue Tauscher zu sehen:

Bei dem neuen Wärmetauscher ließ ich mich von dem Boilermodell vom Typ „Schlauchspirale“ inspirieren. Primärer Grund, war, dass die Schlauchspirale beim Boiler für einen sehr guten Wärmeaustausch gesorgt hatte. Somit sollte auch die Wärmeübertragung aus dem Duschabwasser mit einer Spirale bessere Ergebnisse erzielen.



Abbildung 8: Spiralenwärmetauscher

Außerdem hat ein solches System eine sehr große Oberfläche, die die Wärme aufnehmen und wieder abgeben kann. Die Spirale im Tauscher bestand aus ca. 2 Metern Schlauch. Bei der Spirale habe ich auf das Gegenstromprinzip geachtet, das heißt, die Fließrichtung war in den beiden Schläuchen gegenläufig.

Der Schlauch mit dem noch warmen Duschabwasser sollte die Wärme an das Wasserbecken abgeben. Danach sollte die Wärme von dem dann hoffentlich warmen Wasserbecken an das kalte Frischwasser übertragen werden.

Messergebnisse: In den Ergebnissen des Versuches ließ sich erkennen, dass zwar die Temperatur bei der Messung im Becken nur langsam stieg, aber auf eine relativ hohe Temperatur, nämlich von 15 auf 17 Grad. Somit hatte ich einen funktionierenden Wärmetauscher.

Aber die Temperatur unter dem Duschhahn war leider genauso wie auch bei den Messungen ohne Wärmetauscher, nämlich zwischen 26 und 28 Grad. In der folgenden Tabelle sind die relevanten Messergebnisse dieses Versuches abzulesen.

Zeitraum nach Versuchsbeginn	1:30-2:00	9:30-10:00	13:30-14:00	25:30-26:00
Höchsttemperatur Messung im Becken des Wärmetauschers	14°C	15°C	16°C	17°C

Tab. 5: Ergebnisse mit Spiralenwärmetauscher

### Kupferrohre in Kiste Wärmetauscher (ohne Dämmung)

Auf diesem Foto ist der neue Tauscher zu sehen:

Dieser Wärmetauscher hat Ähnlichkeiten mit dem Vorherigen. Den Schläuchen sind Kupferrohre aufgrund ihrer besseren Wärmeleitfähigkeit gewichen. Das Wasser ist weiterhin für das Aufnehmen bzw. Abgeben der Wärme zuständig. Da ich Kupfer schlecht biegen konnte, ließ ich die Rohre gerade und verband sie mit Schläuchen.



Abbildung 9: Kupferrohre in Kiste Wärmetauscher (ohne Dämmung)

Jedes Rohr hatte eine Länge von 30 cm; durch drei von den Rohren floss das warme Duschabwasser, durch ein Rohr das noch kalte Frischwasser. Aufgrund dessen wurde die Wärme auf 90 cm abgegeben und auf 30 cm wieder aufgenommen.

Messergebnisse: Auch hierbei ließ sich ein positives Ergebnis feststellen. Außerdem stieg die Temperatur im Wasserbecken des Wärmetauschers schneller als bei dem Versuch vorher. Damit war dieser Wärmetauscher von allen Tests am besten. Die höchste Temperatur, die der Tauscher innerhalb von 21 Minuten erreichte, war 18 Grad. Zur gleichen Zeit betrug die Wärme beim Vorgängermodell 16 Grad.

Damit ist dieser Wärmetauscher zum einen schneller und zum anderen auch effektiver als das Vorgängermodell, wie auch die Tabelle zeigt:

Zeitraum nach Versuchsbeginn	1:30-2:00	3:30-4:00	7:30-8:00	13:30-14:00	21:30-22:00
Höchsttemperatur Messung im Becken des Wärmetauschers	14°C	15°C	16°C	17°C	18°C

Tab. 6: Ergebnisse mit Kupferrohre in Kiste Wärmetauscher (ohne Dämmung)

### Kupferrohre in Kiste Wärmetauscher (mit Styropor gedämmt)

Auf diesem Foto ist der Wärmetauscher zu sehen:

Dieser Wärmetauscher funktioniert genauso wie der „Kupferrohre in Kiste Wärmetauscher“. Der einzige Unterschied zu dem gerade genannten Modell besteht darin, dass ich die ganze Kiste mit Styropor dämmte, von oben, unten und den Seiten.

Dadurch verbesserten sich die Messergebnisse insofern, dass nach 17 Minuten 3 Grad Unterschied zum vorherigen Tauscher zu beobachten waren.



Abbildung 10: Kupferrohre in Kiste Wärmetauscher (mit Styropor gedämmt)

Daraus konnte man schließen, dass die Temperatur während des gesamten Versuchs schneller stieg als beim Vormodell. Zusätzlich positiv war, dass eine höhere Maximaltemperatur erreicht wurde. Die Temperatur maß ich immer im Becken des Wärmetauschers. Diese Entwicklung zeigt die nachfolgende Tabelle:

Zeitraum nach Versuchsbeginn	1:30-2:00	3:30-4:00	5:30-6:00	7:30-8:00	9:30-10:00	13:30-14:00	17:30-18:00
Höchsttemperatur Messung im Becken des Wärmetauschers <b>mit Styropordämmung</b>	15°C	15 °C	16°C	17°C	18°C	19°C	20°C
Höchsttemperatur Messung im Becken des Wärmetauschers <b>ohne Styropordämmung</b>	14°C	15 °C	15°C	16°C	16°C	17°C	17°C

Tab. 7: Ergebnisse und Vergleich zwischen Kupferrohre in Kiste Wärmetauscher mit/ohne Dämmung

Bei beiden Versuchen waren die gleichen Ausgangsbedingungen gegeben.

Der Wärmetauscher mit Kupferrohren zum Tauschen und mit Styropor zur Dämmung erwies sich als am effizientesten.

## Kleiner Ausflug in die Theorie

In dem Fall, dass zwei flüssige Stoffe mit einer verschiedenen Temperatur durch einen Festkörper getrennt sind, treten diese drei Faktoren ein:

1. Die Wärme überträgt sich von der ersten Flüssigkeit auf die Oberfläche des Festkörpers.
2. Die Wärme geht von der Oberfläche auf den Festkörper über.
3. Die Wärme überträgt sich vom Festkörper auf die zweite Flüssigkeit.

Dies nennt man auch Wärmedurchgang.<sup>8</sup>

Dieser, in der Theorie behandelte Sachverhalt, trifft genau auf mein Modell des Wärmetauschers zu. Die erste Flüssigkeit ist das Duschabwasser und die zweite Flüssigkeit ist das Frischwasser. Der Festkörper ist in meinem Tauscher entweder Alufolie, ein Gummischlauch oder ein Kupferrohr. Besonders gut überträgt sich die Wärme, wenn man Kupfer verwendet, wie ich es in meinem als optimal erkannten Wärmetauscher tat. Die Werte für die Wärmeleitfähigkeit von Kupfer und Gummi sind:<sup>9</sup>

$$\lambda_{Kupfer} = 384 \frac{W}{m K}$$

$$\lambda_{Gummi} = 0,15 \frac{W}{m K}$$

Die Einheit für die Wärmeleitfähigkeit ist Watt (W) je Meter (m) mal Kelvin (K).

## Was bringt mehr? Tauschen oder Dämmen?

Ich habe mir überlegt, auf welche Weise man am besten Energie sparen kann. Grundsätzlich bietet sich bei meinem Haus an, Wasserleitungen zu dämmen, Wärme über einen Wärmetauscher zurückzugewinnen oder eine Kombination von beiden Maßnahmen anzuwenden. Hierzu habe ich vier Versuchsreihen durchgeführt. Bei jedem Versuch maß ich die Temperatur unter der Dusche. Wenn ich einen Tauscher verwendete, setzte ich den zuletzt genannten „Kupferrohre in Kiste Wärmetauscher (mit Styropor gedämmt)“ ein.

Als erstes führte ich einen Versuch ohne Dämmung und ohne Tauscher durch. Hierbei habe ich diese Ergebnisse erhalten:

Zeitraum nach Versuchsbeginn	1:30-2:00	3:30-4:00	5:30-6:00	7:30-8:00	9:30-10:00
Höchsttemperatur unter der Dusche	29°C	29°C	27°C	28°C	28°C

Tab. 8: Ergebnisse zum Versuch ohne Dämmung und ohne Tauscher

<sup>8</sup> Kuchling, Horst: Taschenbuch der Physik, 5.-7. Auflage, Frankfurt a.M., 1985, Seite 261 ff.

<sup>9</sup> Kuchling, Horst: Taschenbuch der Physik, 5.-7. Auflage, Frankfurt a.M., 1985, Seite 612

Als zweites führte ich einen Versuch mit Dämmung aber ohne Tauscher durch:

Zeitraum nach Versuchsbeginn	1:30-2:00	3:30-4:00	5:30-6:00	7:30-8:00	9:30-10:00
Höchsttemperatur unter der Dusche	29°C	29°C	28°C	28°C	28°C

Tab. 9: Ergebnisse zum Versuch mit Dämmung und ohne Tauscher

Die Dämmung zeigte keinen nennenswerten Effekt. Obwohl ich einen Großteil der Schlauchverbindungen vom Boiler bis zum Duschhahn dämmte, wurde kaum Energie eingespart. Als Dämmmaterial verwendete ich handelsübliches Hartschaummaterial, das auch Installateure einsetzen.

Als drittes führte ich einen Versuch ohne Dämmung aber mit Tauscher durch:

Zeitraum nach Versuchsbeginn	1:30-2:00	3:30-4:00	5:30-6:00	7:30-8:00	9:30-10:00
Höchsttemperatur unter der Dusche	25°C	33°C	30°C	29°C	29°C

Tab. 10: Ergebnisse zum Versuch ohne Dämmung und mit Tauscher

Bis auf die erste Messung zeigte sich ein durchgehend positiver Effekt. Die Temperatur war immer mindesten ein Grad höher als bei dem Versuch ohne Tauscher und Dämmung.

Als viertes führte ich einen Versuch mit Dämmung und mit Tauscher durch:

Zeitraum nach Versuchsbeginn	1:30-2:00	3:30-4:00	5:30-6:00	7:30-8:00	9:30-10:00
Höchsttemperatur unter der Dusche	30°C	33°C	31°C	30°C	31°C

Tab. 11: Ergebnisse zum Versuch mit Dämmung und mit Tauscher

Obwohl die Dämmung alleine (ohne Tauscher) einen sehr geringen Energiespareffekt zeigte, war die Kombination von Dämmung und Wärmetauscher sehr effizient. Die meiste Energie kann gespart werden, indem die Wasserwärme hinter der Dusche genutzt wird. Hingegen sind Einsparpotenziale vor der Dusche durch Dämmung von Rohren gering. Das war ein Ergebnis mit meinem Hausmodell. Grund ist auch, dass die Wärmeleitfähigkeit der Gummischläuche gering ist und somit schon ein Dämmeffekt ohne zusätzliche Hartschaumdämmung besteht.

Aus der Versuchsreihe lässt sich diese Schlussfolgerung ziehen: Alleine bringt Dämmung wenig, ein Wärmetauscher ist sehr wirksam. Die meiste Energie kann mit einer Kombination aus Dämmung und Tauscher eingespart werden.

## Zusammenfassung

Zusammengefasst habe ich in dem Projekt ein Modellhaus gebaut, um herauszufinden, ob es möglich ist, in einem Privathaushalt Abwasserwärme zurück zu gewinnen. Das Haus habe ich unter folgenden Aspekten konstruiert: Die Wasserinstallation sollte mit der eines Einfamilienhauses vergleichbar sein. Außerdem sollten hygienische Voraussetzungen eingehalten werden. Ferner war Ziel, Versuchsreihen mit Temperaturmessungen zu verschiedenen Modellen bezüglich Boilern, Wärmetauschern und Leitungsdämmungen durchzuführen.

Die Messergebnisse zeigten als Gesamtergebnis, dass Abwasserwärmerückgewinnung in einem Einfamilienhaus möglich und sinnvoll ist.

Mit den Experimenten habe ich gezeigt, dass das Abwasser einer Dusche viel Wärme enthält, die über einen Tauscher aufgenommen und an kaltes Frischwasser wieder abgegeben werden kann. Die Übertragbarkeit meiner Experimente auf die Praxis hängt stark von den Angewohnheiten der Hausbewohner ab (z.B. Häufigkeit und Länge des Duschens) und von der Wasserinstallation (z.B. Abstand zwischen Ab- und Frischwasserleitungen, möglicher Platz für Installation eines Wärmetauschers) ab.

Von verschiedenen Tauschern, mit denen ich experimentierte, war ein Typ unter Verwendung von Kupferrohren und eines mit Styropor gedämmten Tauschers am besten. Eine Abwasserwärmerückgewinnung mit diesem Wärmetauscher ist grundsätzlich wirtschaftlich, weil mit vergleichsweise einfachen Mitteln über einen Tauscher viel Energie eingespart werden kann. Der Energieverbrauch in einem Einfamilienhaus im Allgemeinen und der des Warmwasserboilers im Speziellen lässt sich dadurch reduzieren.

## Quellen und Literaturverzeichnis

Bosy, Bruno: Ab- und Grauwasser-Wärmerückgewinnung,

[http://www.bosy-online.de/Ab-\\_und\\_Grauwasser-WRG.htm](http://www.bosy-online.de/Ab-_und_Grauwasser-WRG.htm), aufgerufen am 11.01.2013

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW): Trinkwasserverordnung 2012, Bonn

Firma Bernhard Fercher, Österreich: Datenblatt Fercher Abwasserwärmetauscher Typ AWT-911-Smart Shower,

[http://www.fercher.at/download/AWT-911\\_SmartShower\\_Datenblatt.pdf](http://www.fercher.at/download/AWT-911_SmartShower_Datenblatt.pdf), aufgerufen am 06.01.2013

Firma Hei-tech b.v., Niederlande: Produktbeschreibung Recoh-vert Wärmetauscher,

<http://www.hei-tech.nl/de/pdf-de/prospektrecoh-vert.pdf>, aufgerufen am 01.01.2013

Kuchling, Horst: Taschenbuch der Physik, 5.-7. Auflage, Frankfurt a.M., 1985

Wikipediaartikel „Abwasserwärmerückgewinnung“,

<http://de.wikipedia.org/wiki/Abwasserw%C3%A4rmer%C3%BCckgewinnung>, aufgerufen am 18.09.2012

Wikipediaartikel „Legionellen“,

<http://de.wikipedia.org/wiki/Legionellen#Lebensbedingungen>, aufgerufen am 09.01.2013