



## **ENEFF-BLEND – Energieeffizienz – Blended Learning**

### **Ein integrierter Bildungsansatz zum Erlernen der Energieeffizienz von Gebäuden für Schüler der 8. - 12. Klasse an weiterführenden Schulen**

---

Abschlussbericht über die Durchführung eines Umweltbildungsprojekts  
gefördert unter dem Aktenzeichen 31809 von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Band 1

von

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler und Dipl.-Ing.(FH) Bettina Sickenberger

Februar 2017

Hochschule Aschaffenburg



06/02		<b>Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>			
Az	<b>31809/01</b>	Referat	<b>43/0</b>	Fördersumme	<b>187.417 €</b>
<b>Antragstitel</b>		<b>Durchführung des Umweltbildungsprojekts ENEFF – Energieeffizienz und Blended Learning. Ein integrierter Bildungsansatz zum Erlernen der Energieeffizienz von Gebäuden für Schüler der 8. bis 12. Klasse an weiterführenden Schulen.</b>			
<b>Stichworte</b>		Energieeffizienz, Blended Learning			
Laufzeit		Projektbeginn		Projektende	
<b>26 Monate</b>		<b>01.01.2015</b>		<b>28.2.2017</b>	
Projektphase(n)		<b>1</b>			
Zwischenberichte		nach 6 Monaten			
<b>Bewilligungsempfänger</b>		Hochschule Aschaffenburg Labor für Elektromagnetische Verträglichkeit Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler Würzburger Straße 45  63743 Aschaffenburg		Tel 06021-4206-816 Fax 06021-4206-881 Projektleitung Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler Bearbeiter Stefan Meyer (Administration)	
<b>Kooperationspartner</b>		Keine			
<b>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens</b>					
Ziel ist es, Schülerinnen und Schülern der 8. bis 12. Klassen das Wissen darüber zu vermitteln, wie ein Gebäude der Zukunft aussehen muss, um eine möglichst geringe Belastung für die Umwelt darzustellen. Durch die Beschäftigung mit dem Thema Energieeffizienz erfolgt eine Sensibilisierung der Jugendlichen, die sich mit den gewonnenen Erkenntnissen aktiv an der aktuellen Energiedebatte beteiligen können. Dadurch wird den teilnehmenden Schülerinnen und Schülern das Verständnis für den Zusammenhang von Energieverbrauch und Umweltbelastung über den CO <sub>2</sub> -Ausstoß deutlich gemacht. So kann mit diesem Projekt ein Beitrag zur Bildung des Umweltbewusstseins und eine Sensibilisierung gegenüber Umweltbelastungen geleistet werden.					
<b>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</b>					
Als Lernform wird das „Blended Learning“ (integriertes Lernen) gewählt. Dieses Konzept, welches das E-Learning in klassische Formen der Didaktik und Pädagogik der Präsenzschiulung einbettet sowie praktische Interaktion verlangende Anteile enthält, bietet eine deutlich höhere Vermittlungseffizienz als der klassische Frontalunterricht. Wissensbasis ist neben einem virtuellen Kurs im Internet, auf den die Schüler zurückgreifen können, ein Effizienzpraktikum vor Ort innerhalb der Schulen oder in den Räumen der Hochschule. Das Lernprogramm gliedert sich in einen theoretischen Teil, der auch als PDF-Dokument heruntergeladen und ausgedruckt werden kann, und Kontrollfragen am Ende des jeweiligen Kapitels. Im Effizienzpraktikum werden die Schulen vor Ort besucht oder kommen in das Labor der Hochschule. Der zeitliche Aufwand beträgt ca. drei Stunden. Jede Schülergruppe bearbeitet zwei bis drei Experimente und wertet die Ergebnisse aus. Im Rahmen eines Kurzvortrags werden die Ergebnisse den Mitschülern vorgestellt. Insgesamt sind 12 Versuche vorhanden, die mit einfachsten Mitteln (Baumarktmaterialien, Elektronikversand etc.) die grundlegenden Effekte deutlich machen. Die Versuche befassen sich mit den Themen Klimawandel, Wärmeleitung, Solarthermie, Wärmedämmung, energieeffiziente Beleuchtung, Mehrfachverglasung und Fotovoltaik und können von den Schülerinnen und Schülern mithilfe von Arbeitsunterlagen oder mit dem Tablet eigenständig bearbeitet werden. In einem Vortrag seitens der Hochschule werden den Schülerinnen und Schülern Grundkenntnisse über die Arbeitsweise einer Thermografiekamera vermittelt. Als Abschluss können die Schülerinnen und Schüler in einem Energiequiz ihr Wissen testen.					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • <a href="http://www.dbu.de">http://www.dbu.de</a>					

### **Ergebnisse und Diskussion**

Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Einsparung gewinnen immer mehr an Bedeutung. Ressourcenknappheit, steigende Energiekosten und nicht zuletzt die zunehmende Umweltbelastung durch steigenden CO<sub>2</sub>-Ausstoß sind Schwerpunkte, mit denen sich die Politik immer mehr beschäftigt. Die Zukunft des Bauens und Sanierens läuft sowohl auf die Errichtung als auch die Sanierung aller Gebäude als Passivhäuser oder Plus-Energiehäuser hinaus, um den Bedarf an Energie für Beheizung, Warmwasser und Haushaltsstrom möglichst gering zu halten. Diese Entwicklung betrifft als zukünftige Bauherren auch die Jugendlichen von heute, weshalb eine frühzeitige Beschäftigung und Wissensbildung zu diesem Thema das Gespür für die Voraussetzungen der Errichtung und Sanierung zukunftsfähiger Gebäude fördern kann. Die Vermittlung von Gestaltungskompetenz weitet den Blick für Fragen der Generationengerechtigkeit und den Zusammenhang ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte. Projektziel ist die breite Verankerung des Wissens über Zukunftstechnologien und Klimaschutz sowie über Konzepte nachhaltiger Entwicklung in der schulischen Bildung. Durch diese Kenntnis kann energiesparendes Verhalten eingeübt werden und Kosten für Strom und Heizung werden minimiert. Die Schüler lernen Verbrauchs- und Produktionsgewohnheiten kennen, die durch mehr Effizienz in der Produktion (geringerer Material- und Energieverbrauch) und Veränderung im Konsumverhalten in Hinblick auf Ressourcenverbrauch und Energieeinsparung zu einer Verringerung von Umweltbelastungen führen. Im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung werden Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzt, aktuell sinnvolle Entscheidungen für die Zukunft zu treffen und das eigene Tun zu überprüfen.

Das Konzept des Energieeffizienzpraktikums hat sich in der Praxis als erfolgreich erwiesen. Der zeitliche Rahmen von drei Stunden mit Pause konnte in den schulischen Ablauf ohne große Störungen integriert werden. Im fünfteiligen Aufbau bestehend aus Einführung – Bearbeitung der Experimente – kurze Reflexion – 2. Runde Bearbeitung der Experimente – Energiesparquiz konnte das Wissen adäquat vermittelt werden und die Schüler bewältigten das Arbeitspensum in der verfügbaren Zeit.

Die Umsetzung mit sechs Betreuern war sehr personalintensiv, daher wurden die Arbeitsunterlagen auf eine Tabletversion umstrukturiert, sodass die Schüler diese ohne große Hilfestellung alleine bearbeiten können und nur maximal zwei Personen die Versuche begleiten. Zur Dokumentation wurde eine Handreichung für Lehrer und Interessierte erstellt, die neben dem physikalischen Hintergrund und der Beschreibung der Experimente auch eine Zusammenstellung zum Bezug und den Kosten der Materialien für die Experimente enthält sowie die Arbeitsblätter mit Lösungen und die Tabletversionen in drei Bänden umfasst.

### **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Das Umweltbildungsprojekt wurde auf Veranstaltungen innerhalb der Hochschule wie Girls' Day, Schnupperstudium, Ferienuni oder MINT-Veranstaltungen der Initiative Bayersicher Untermain seitens der Hochschule präsentiert. Mehrere Schulbesuche wurden von der Presse begleitet und in regionalen und überregionalen Zeitungen gewürdigt. In Hochschulorganen und Jahresberichten der Schulen konnte die Vernetzung von Hochschule und Schulen dokumentiert werden. In Zusammenarbeit mit der Johannes-de-la-Salle-Schule in Aschaffenburg fertigten die Schüler zwei Metallhäuschen an, die in die Versuche „Wärmedämmung“ und „Wärmeleitung“ integriert wurden.

### **Fazit**

Die geforderten vierzehn Schulbesuche in den drei Bundesländern Bayern, Hessen und Baden-Württemberg konnten durchgeführt werden, dazu kamen vier Schulen zum Praktikum in die Hochschule. Ferner wurden in der Hochschule dreizehn weitere Veranstaltungen wie Ferienuni, Girls' Day etc. angeboten. Insgesamt wurden 479 Schüler beim Praktikum begleitet. Das Bildungskonzept erwies sich als erfolgreich umsetzbar und kam in reduzierter Version mit zwei Experimenten (Solarthermie und Photovoltaik) bei Hochschulveranstaltungen zum Einsatz. Alle Materialien der Versuchsaufbauten können über Baumärkte oder Elektronikhandel bezogen werden, einige Einbauten wurden im Labor aus Kleinbauteilen zusammengestellt. In der Handreichung für Lehrkräfte wurde eine Unterlage erstellt, auf der das Projekt in den Schulen weiterverfolgt werden kann. Das Angebot der Versuche umfasst zwölf Versuche, sodass insgesamt acht Stationen aufgebaut werden können. Es hat sich herausgestellt, dass die Versuchsaufbauten vor allem für die Jahrgangsstufe 8 bis 9 aller Schularten sehr gut geeignet sind. Das Programm wird hochschulintern weiter eingesetzt und kann von interessierten Schulen bei einem Vor-Ort-Besuch in der Hochschule weiter genutzt werden.

---

## Inhaltsverzeichnis

Projektkennblatt .....	2
Inhaltsverzeichnis .....	4
Abbildungsverzeichnis .....	5
Tabellenverzeichnis.....	6
Zusammenfassung .....	7
1 Ausgangspunkt und Ziele .....	8
1.1 Ausgangssituation .....	8
1.2 Zielsetzung .....	8
1.3 Aufgabenstellung .....	9
2.1 Arbeitsmaterialien .....	9
2.1.1 Experimente .....	9
2.1.2 Arbeitsblätter .....	9
2.1.3 Tabletversionen .....	9
3. Umsetzung des Effizienzpraktikums .....	10
3.1 Schulbesuche vor Ort.....	10
3.2 Hochschulveranstaltungen .....	10
4 Diskussion der Ergebnisse.....	11
5 Bewertung der Ergebnisse .....	13
6 Öffentlichkeitsarbeit .....	13
7 Fazit.....	13
Literaturverzeichnis .....	15
Anhänge .....	16

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Versuchsaufbauten.....	7
Abbildung 2: Besuch Gymnasium Immenstadt.....	10
Abbildung 3: Effizienzpraktikum Gymnasium Hösbach.....	10
Abbildung 4: MINT-Ferienprogramm.....	11
Abbildung 5: Girls' Day Academy in der Hochschule.....	11

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Schulbesuche nach Schularten.....	10
Tabelle 2: Hochschulinterne Veranstaltungen.....	11
Tabelle 3: Ergebnisse Evaluierung .....	12

## Zusammenfassung

Die geplante Umsetzung der Ziele des Umweltbildungsprojekts wurde in einem in zwei Bereiche gegliederten Konzept verwirklicht:

1. Energieeffizienzpraktikum mit zwölf Experimenten für bis zu 16 Schülerinnen und Schüler in Zweiergruppen bei einem Vor-Ort-Schulbesuch oder in der Hochschule Aschaffenburg mit einem Team der Hochschule
2. Virtueller Lernkurs auf der Internetplattform der Hochschule Aschaffenburg mit Skripten und Kontrollfragen zur selbstständigen Bearbeitung von Effizienzthemen (<http://www.h-ab.de/st-virtuell/moodle>).

Für die Durchführung des Umweltbildungsprojekts wurden im Laufe des Förderzeitraums zwölf Versuche zu den Themen

- Klimawandel (2 Experimente),
- Energieeffizienz bei Gebäuden (5 Experimente),
- Wärmeleitung (1 Experiment),
- Wirkungsgrad von Lampen (1 Experiment),
- Photovoltaik (1 Experiment) und
- Solarthermie (1 Experiment)
- Stand-by (1 Experiment)

ausgearbeitet.

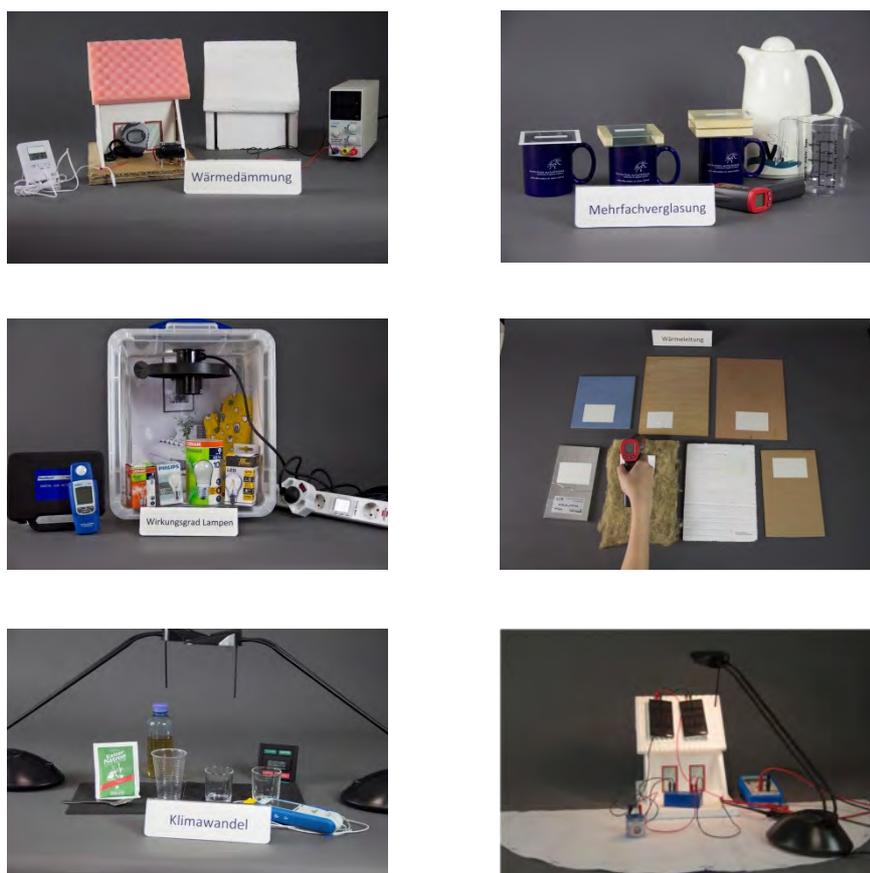


Abbildung 1: Versuchsaufbauten

Die beiden letztgenannten Versuche (Wintergarten und Stand-by) werden dann zu den Schulbesuchen mitgenommen, wenn mehr als 14 Schüler an den Experimenten teilnehmen, um die Anzahl der Schüler pro

Experiment zu verringern. Idealerweise sind alle Stationen mit zwei Schülern besetzt, bei größeren Klassen werden auch drei Schüler gesetzt.

Der Lernkurs bietet auf der Plattform Informationen zu den Themen:

- Verbrauchsdaten eines Haushalts
- Gebäudehülle
- Heizung
- Lüftung
- Beleuchtung
- Arbeitshilfen
- Wasserversorgung
- Experimente

In zahlreichen Angeboten seitens der Hochschule (Tag der offenen Tür, Girls' Day etc.) wurde das Projekt vorgestellt und auch in der Presse gewürdigt. Insgesamt wurden bis 28.2.2017 vierzehn Schulen in Bayern, Hessen und Baden-Württemberg besucht, vier Schulen kamen zum Effizienzpraktikum in die Hochschule. Die Evaluation durch die teilnehmenden Schulen ergab, dass die Resonanz durchwegs sehr positiv war, das Angebot wurde sowohl von den Schülerinnen und Schülern sowie vom Lehrpersonal gut angenommen und durch den hohen Praxisanteil als wertvolle Ergänzung zum Unterricht gesehen.

Im zweiten Förderjahr wurden die Arbeitsunterlagen für die Experimente der Jahrgangsstufen 8 bis 10 in einer Tabletversion für 11 Experimente umgesetzt (Es fehlt Stand-by).

Der Lernkurs soll den Lehrerinnen und Lehrern als Angebot zur Integration in ihren Unterricht vermittelt werden und bietet den Schülern eine Möglichkeit, sich mit dem in den Experimenten vermittelten Wissen weiter zu beschäftigen. Durch die Kontrollfragen können sich zumindest die Schülerinnen und Schüler der höheren Jahrgangsstufen selbstständig mit den Themen der Energieeffizienz auseinandersetzen. Ein Austausch untereinander, auch mit fremden Schulen, kann über das Forum erfolgen.

## 1 Ausgangspunkt und Ziele

### 1.1 Ausgangssituation

Die Erfahrungen der Hochschule bei Veranstaltung wie Kinder-Uni oder Girls' Day machen deutlich, dass der Begriff „Energieeffizienz“ für Jugendliche noch keine große Bedeutung hat oder zumindest nicht angemessen im Fokus steht. Mit dem Umweltbildungsprojekt ENEFF-BLEND werden die künftigen Bauherren fit gemacht, wie ein Gebäude der Zukunft aussehen muss, um eine möglichst geringe Belastung für die Umwelt darzustellen. Durch die Beschäftigung mit dem Thema Energieeffizienz erfolgt eine Sensibilisierung der Jugendlichen, die sich dann mit dem erworbenen Wissen aktiv an der aktuellen Energiedebatte beteiligen können. Über die Schüler können auch deren Erziehungsberechtigte erreicht werden, wodurch eventuell Sanierungsprojekte angestoßen werden können.

### 1.2 Zielsetzung

Die Ziele des Projektes lassen sich wie folgt darstellen:

- Wissensvermittlung über das Thema Energieeffizienz und Energiesparen bei Gebäuden und in der Anlagentechnik in Form von Experimenten am Modellhaus und in einem virtuellen Lernkurs.
- Wissensaustausch im Bereich Energieeffizienz zwischen den Schulen und der Hochschule mit dem Ziel, über die Bereitstellung einer Software bereits vorhandene Kenntnisse zu fördern und Wissenslücken zu füllen

- Schaffung eines Netzwerks, mithilfe dessen die Aktivitäten im Bereich Energieeffizienz und Energiesparen unter Jugendlichen vorangetrieben werden
- Förderung der Begeisterung für technische Berufe und Anwerbung zukünftiger Studierender für die Hochschule Aschaffenburg

### 1.3 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung war, mit Versuchen zur Energieeffizienz ein Effizienzpraktikum für Schülerinnen und Schüler umzusetzen. Dazu mussten passende Versuche zu diesem Thema entwickelt werden und die entsprechenden Arbeitsunterlagen erstellt werden. Die Versuche mussten so verpackt werden können, dass die Kisten bei Besuchen problemlos transportiert werden konnten. Als zusätzliches Angebot wurde im zweiten Förderjahr eine Tabletversion für die Arbeitsunterlagen ausgearbeitet.

## 2.1 Arbeitsmaterialien

Als Arbeitsmaterialien wurden Unterlagen in Form von ausdruckbaren Arbeitsblättern für jedes Experiment entwickelt. Anhand der Unterlagen der 8./9. Klasse wurde ferner eine Tabletversion aufgesetzt. Für Lehrerinnen und Lehrer stehen neben einer Handreichung mit den physikalischen Hintergründen die Arbeitsblätter mit Musterlösungen und eine Zusammenfassung der Materialien für den Aufbau der Experimente mit Bezugsquellen und Kosten.

### 2.1.1 Experimente

Es wurden 12 Experimente entwickelt (siehe Zusammenfassung), die während des Effizienzpraktikums in den Schulen bzw. in der Hochschule aufgebaut wurden. Zwei Experimente wurden während der Projektlaufzeit ergänzt, sodass insgesamt 12 Versuche bearbeitet werden können. Die Experimente Solarthermie und Photovoltaik wurden für die Ferienuni zu einem eigenen Versuchsaufbau zusammengefasst, da während dieser Veranstaltung nur 1 1/2 Stunden für die Bearbeitung zur Verfügung stehen und die Durchführung von zwei Personen übernommen wird.

### 2.1.2 Arbeitsblätter

Alle Arbeitsblätter für die Experimente liegen in drei Versionen vor, Arbeitsblätter Jahrgangsstufe 8 bis 9, Arbeitsblätter Jahrgangsstufe 10 bis 12 und jeweils eine Tabletversion. Die Arbeitsblätter für die 8. und 9. Jahrgangsstufe sowie die Tabletversionen wurde in Zusammenarbeit mit Studierenden der Studiengangs „Multimediale Kommunikation und Dokumentation“ entwickelt.

Die Arbeitsblätter wurden laufend ergänzt und angepasst. Der endgültige Stand wird in den nachfolgenden Bänden des Abschlussberichts mit Lösungen dargestellt.

- Band 2 Handreichung für Lehrer
- Band 3 Arbeitsblätter Jahrgangsstufe 8 bis 9
- Band 4 Arbeitsblätter Jahrgangsstufe 10 bis 12
- Band 5 Tabletversionen

### 2.1.3 Tabletversionen

In die Tabletversionen wurde zwei getrennte Versionen für die Jahrgangsstufen 8 bis 9 sowie 10 bis 12 erstellt. Dies war erforderlich, da die Arbeitsblätter für die Jahrgangsstufen unterschiedlich aufgebaut sind und teilweise die Verweise auf die Rechnungen fehlten. Die Tabletversion wurde im Einsatz getestet und von den Schülerinnen und Schülern als adäquates Lernmittel für die Erklärung der Versuche bewertet. Vor allem bei Schülerinnen und Schülern der unteren Klassenstufen fand der Umgang mit dem Tablet großen Anklang. Durch die Verwendung der Tablets kann das Effizienzpraktikum auch mit einem geringen Personaleinsatz durchgeführt werden.

### 3. Umsetzung des Effizienzpraktikums

Der Ablauf während des Besuchs erfolgte nach folgendem Schema:

1. Begrüßung und Einteilung der Schülerinnen und Schüler in Gruppen zu zweit
2. Durchführung der ersten Versuchsreihe
3. Diskussion der Ergebnisse in den Versuchsreihen
4. Durchführung der zweiten Versuchsreihe
5. Gruppenbild mit der Wärmebildkamera und Informationen zur Thermografie
6. Energieexpertenquiz am PC
7. Abschluss mit Preisvergabe (Hochschultasse bzw. LED-Taschenlampe) und Verabschiedung

#### 3.1 Schulbesuche vor Ort

Im Betrachtungszeitraum bis 28.2.2017 wurden vierzehn Schulen in Bayern, Hessen und Baden-Württemberg besucht, vier Schulen kamen zum Effizienzpraktikum in die Hochschule. Der Schwerpunkt bei den Vor-Ort-Besuchen wurde auf die Mittelschule gelegt, Realschulen zeigten leider wenig Interesse. Ein Gymnasium wurde im Allgäu besucht und mit einer Workshopveranstaltung des Hochschulpersonals begleitet.

#### 3.2 Hochschulveranstaltungen

	Vor-Ort	In HAB	Gesamt
Mittelschule	6		6
Gymnasium	2	1	3
Gesamtschule	2		2
Förderschule		2	2
Gemeinschaftss.	1		1
FOS/BOS	2		2
Realschule	1	1	2
<b>Gesamt</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>18</b>

Tabelle 1: Schulbesuche nach Schularten



Abbildung 2: Besuch Gymnasium Immenstadt



Abbildung 3: Effizienzpraktikum Gymnasium Hösbach

Dreizehn Veranstaltungen zum Effizienzpraktikum von der Grundschule bis zum Schnupperstudium fanden in der Hochschule statt, um über Praktika und Workshops Schülerinnen und Schüler für Technik zu begeistern.

Vor allem Veranstaltungen für Schülerinnen wurden verstärkt angefragt, um das technische Verständnis bei Mädchen zu wecken und zu fördern (Girls' Day und Girls' Day Academy). Die Power-Point-Präsentation des Programms bei diesen Veranstaltungen ist im Anhang zu finden. Tabelle zeigt die Verteilung der hochschul-internen Veranstaltungen.

		<b>Gesamt</b>
Tag der offenen Tür	2	
Girls' Academy	2	
Girls' Day	2	
Ferienuni	2	
Schnupperstudium	1	
Schülerpraktikum	1	
Infoveranstaltung Rotary	1	
Mint-Ferienprogramm	1	
Laborpraktikum	1	
	<b>1</b>	<b>12</b>
		<b>13</b>

**Tabelle 2: Hochschulinterne Veranstaltungen**



**Abbildung 4: MINT-Ferienprogramm**



**Abbildung 5: Girls' Day Academy in der Hochschule**

## 4 Diskussion der Ergebnisse

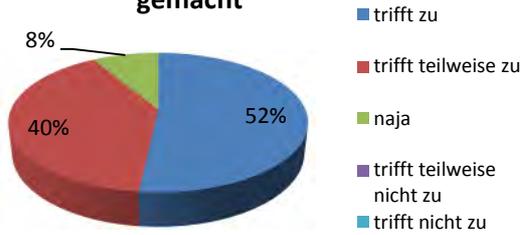
14 Schulen mit 237 befragten Schülerinnen und Schülern fließen in die nachfolgende Auswertung der Fragebögen ein. 92% der Befragten gaben an, dass ihnen die Experimente Spaß bzw. teilweise Spaß gemacht haben, wobei 82% gerne öfter solche Experimente machen würden. Daraus lässt sich schließen, dass diese Art der praktischen Wissensvermittlung von den Schülern gerne angenommen wird. In der Bewertung, „was gefallen, bzw. nicht gefallen hat“, stand auch unabhängig von der Schulart der Wunsch nach Bearbeitung von weiteren Experimenten an erster Stelle. Aufbereitung und Aufbau der Experimente kamen durchwegs gut an und auch die vermittelte Information und der Lerneffekt durch die Versuche waren adäquat. In den höheren Klassen war das Niveau der Versuche teilweise zu niedrig, dennoch hatte auch diese Gruppe ihren Spaß am praktischen Umgang mit der Energieeffizienz.

Schülerzitate aus dem Evaluationsbogen:

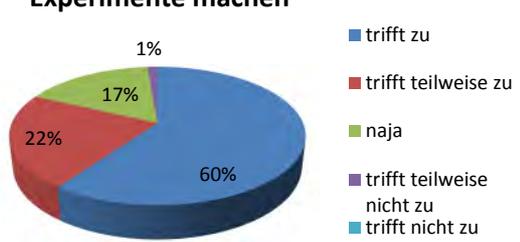
*„Alles war sehr interessant und ich habe viel gelernt“; „Es gab nichts, wo ich sagen könnte, dass es mir nicht gefallen hat“; „Schade, dass wir das nicht öfter machen und auf längere Zeit“.*

Grundsätzlich lässt sich aus den vielen positiven Bewertungen der Schülerinnen und Schülern schließen, dass das Effizienzpraktikum eine willkommene Ergänzung zum theoretischen Unterricht darstellt.

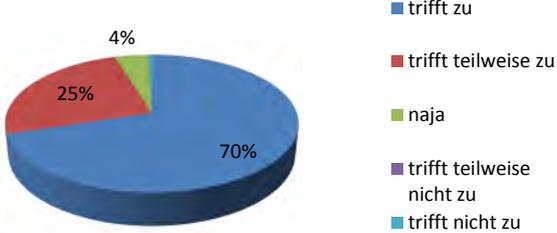
**1. Die Experimente haben Spaß gemacht**



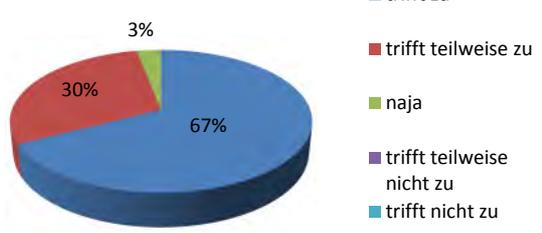
**2. Ich würde gerne öfter Experimente machen**



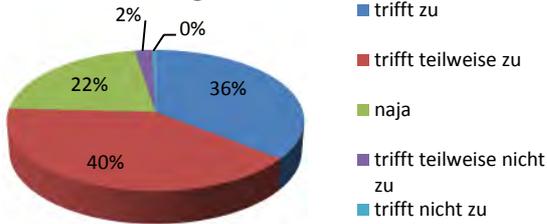
**3. Die Experimente haben gut funktioniert**



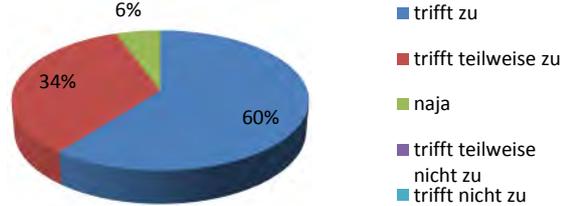
**4. Die Anleitung war verständlich und korrekt**



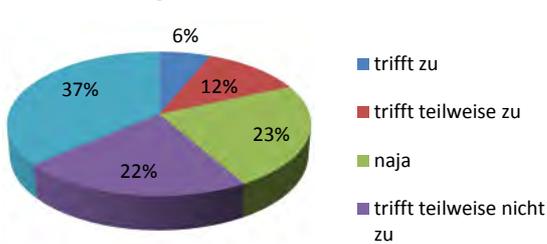
**5. Ich habe viel bei den Experimenten gelernt**



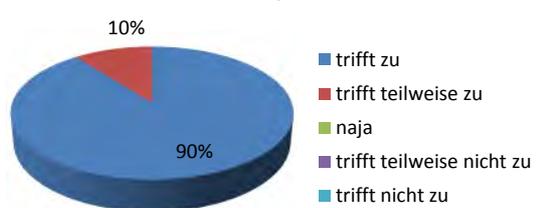
**6. Die Informationen waren gut aufbereitet**



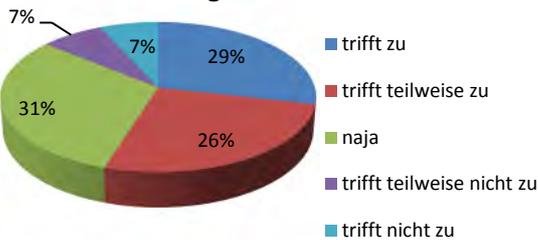
**7. Ich hätte mir mehr Informationen gewünscht**



**8. Die Betreuer waren freundlich und kompetent**



**9. Ich habe Interesse am Thema Energieeffizienz**



**10. Die Arbeit mit dem Tablet hat mir gefallen**

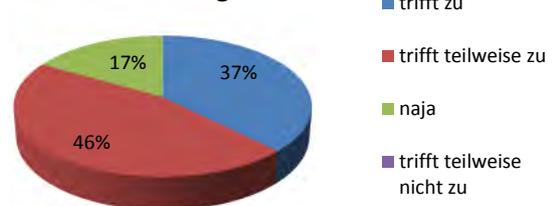


Tabelle 3: Ergebnisse Evaluierung

## 5 Bewertung der Ergebnisse

Erfreulich ist, dass in der Bewertung mehr als 50% der Schülerinnen und Schüler angaben, dass sie sich für das Thema Energieeffizienz zumindest teilweise interessieren. Nur 7% gaben an, sich überhaupt nicht dafür zu interessieren. Dies zeigt, dass auch Jugendliche in diesem Alter für das Thema ansprechbar sind und Spaß an der Durchführung der Experimente haben. Sie würden sogar gern öfter mit dieser Art der Wissensvermittlung im Unterricht konfrontiert werden. Seitens der Lehrer ist leider eine Weiterbehandlung oder Übernahme des Konzepts als Teil des Unterrichts, z. B. mit der Integration der Experimente in die eigene Lehrsammlung in Physik nicht erfolgt. Vielleicht kann diese Lücke mit der erarbeiteten Handreichung geschlossen werden. In den Bewertungspunkt 10 der Evaluierung wurden drei Schulen mit 26 Schülern berücksichtigt, bei denen die Tabletversion zum Einsatz kam. Die Auswertung zeigt eine durchweg positive Resonanz auf dieses Arbeitsmedium, sodass die Zukunft des Projekts mit diesem Arbeitsmittel gestaltet wird.

## 6 Öffentlichkeitsarbeit

Im Zeitraum von der ersten Vor-Ort-Veranstaltung im Februar 2016 bis Februar 2017 wurden sechs Veranstaltungen von der Presse begleitet und mit einem Artikel in der Zeitung gewürdigt

- Ein Artikel in der „Frankfurter Allgemeinen Zeitung“,
- Drei Artikel in der Regionalzeitung „Main-Echo“
- Ein Artikel in der Regionalzeitung „Gießener Anzeiger“
- Ein Artikel im Magazin „Allgäu Alternativ“.

Drei der besuchten Schulen veröffentlichten in ihren Jahresberichten einen Artikel über das Effizienzpraktikum. In den Hochschulveröffentlichungen wurde das Projekt im Fünf-Jahres-Bericht des Zentrums für wissenschaftliche Services und Transfer (Zewis) und im Studierenden-Magazin „Campus-Leben“ erwähnt. Bewerbungen seitens der Hochschule wurden beim Nachhaltigkeitspreis der Firma Lammsbräu, Neumarkt, beim Umweltpreis der Bayerischen Landesstiftung und beim Bayerischen Energiepreis eingereicht, Sie fanden leider keine Berücksichtigung. Eine komplette Liste aller Veranstaltungen und Veröffentlichungen ist im Anhang zu finden (Anlage 5).

## 7 Fazit

Bis zum zweiten Halbjahr 2016 konnten bereits alle der vierzehn geplanten Besuche durchgeführt werden. Das Bildungskonzept erwies sich als erfolgreich umsetzbar und kam in einer reduzierten Version mit zwei Experimenten auch bei dreizehn Hochschulveranstaltungen wie Girls' Day oder Ferienuni zum Einsatz. Für die Lehrer und weitere Interessierte wurde eine Handreichung erstellt, die neben dem physikalischen Hintergrundwissens den Aufbau der Experimente, die Arbeitsblätter und die Bezugsmöglichkeiten der verwendeten Materialien dokumentiert.

Die Handreichung wird in vier Bänden herausgegeben, Band 1 (im Abschlussbericht Bericht Band 2) umfasst die Physikalischen Hintergründe und die Beschreibung der Experimente sowie die Bezugsmöglichkeiten, Band 2 (im Abschlussbericht Band 3) enthält die Arbeitsmaterialien für die Klasse 8 bis 10, Band 3 (im Abschlussbericht Band 4) die Unterlagen für die 11. und 12. Klasse und Band 4 (im Abschlussbericht Band 5) die Unterlagen der Tabletversionen. Eine weiterführende Bearbeitung der Experimente seitens der Schulen unabhängig von der Hochschule kann so gewährleistet werden, um dem Wunsch der Schüler nach mehr Experimenten entgegen zu kommen.

Es hat sich herauskristallisiert, dass das entwickelte Programm vor allem für die Klassenstufe 8 bis 9 bei allen Schularten geeignet ist. Für höhere Klassenstufen waren die Versuche teilweise zu einfach aufgebaut und müssten im Niveau angepasst werden. Grundsätzlich sind das Interesse und der Wunsch nach derartigen Veranstaltungen generell bei allen Schülerinnen und Schülern vorhanden. Besonders das eigenständige praktische Experimentieren fand großen Anklang und sollte vermehrt in den Unterricht integriert werden. Durch das Angebot der Handreichungen und Musterlösungen seitens der Hochschule für die Schulen kann diesem Wunsch relativ leicht entsprochen werden.

---

## Literaturverzeichnis

- [Bug08] BUGGISCH, W und C.: *Klima, Bd. 125*. Tessloff Verlag, 2008
- [Köt10] KÖTHE, R. *Unsere Erde, Bd. 1*. Tessloff Verlag, 2010
- [KU99] KREUZINGER, S. und UNGER, H.: *Agenda 21 – Wir bauen unsere Zukunft*. Verlag an der Ruhr, 1999
- [Gor07] GORE, A.: *Eine unbequeme Wahrheit*. Cbj-Verlag, 2007
- [BDEW13] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.: *Lernen an Stationen- Energieeffizienz* (Lehrer und Schülerheft). EW-Medien und Kongresse, 2013
- [Plö13] PLÖGER, S. u.a.: *Klimafakten*, Westend Verlag, 2013
- [Wan03] WANDREY, u. : *Kraftwerk Sonne*, Rowolth Taschenbuch Verlag, 2003
- [Kos15] KOSCHAK, M.: *Entdecke den Klimawandel*, Natur und Tier Verlag, 2015
- [Hou08] HOUGH, R.: *Rette die Erde*, Frankh Kosmos Verlag, 2008
- [Qua015] QUASCHNING, V.: *Regenerative Energiesysteme*, Hanser Verlag, 2015
- [Mar12] MAREK, R./NITSCHKE, K.: *Praxis der Wärmeübertragung*, Hanser Verlag, 2015

## Anhänge

Anhang 1: MINT Ferien-Programm, Website der Hochschule

### SCHÜLER/INNEN ERHALTEN MINT FORSCHER DIPLOME

Kategorie: Öffentlich

#### Ferienprogramm-Finale an der Hochschule Aschaffenburg



47 Schülerinnen und Schüler erlebten im "MINT-Ferienprogramm" eine Woche lang Technik zum Anfassen. Eine Woche lang hieß es "staunen, mitmachen und experimentieren".

Die Regionalmanagement-[INITIATIVE BAYERISCHER UNTERMAIN](#) hat gemeinsam mit [expirius](#) der Joachim und Susanne Schulz Stiftung sowie weiteren Kooperationspartnern ein spannendes und abwechslungsreiches Ferienprogramm in Amorbach und Großostheim angeboten. Alle interessierten Kinder aus der Region Bayerischer Untermain konnten daran teilnehmen.

Die Abschlussveranstaltung fand heute zum zweiten Mal an der Hochschule Aschaffenburg statt. Erstmals wurden den jungen Forscherinnen und Forschern "MINT Forscher Diplome" verliehen. Anschließend konnten die Kinder in vier Laboren experimentieren.

Im Labor für Produktionstechnik lernten die Schüler die Wasserstrahl-schneideanlage kennen. Beim Airhockey im Labor für digitale Schaltungen und Systeme konnten die kleinen Forscher die Gleitfähigkeit mithilfe von Luft austesten. Bei der Prozessdatenverarbeitung überzeugten sich die Schülerinnen und Schüler vom Können des ETARA-Fahrzeugs und im Labor für Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) erfuhren sie etwas über die praktische Anwendung von erneuerbarer Energie im Haushalt.

Anhang 4 Präsentation Ferienuni/Girls' Day Academy

EFFIZIENZPRAKTIKUM  
HOCHSCHULE  
ASCHAFFENBURG

Ferienuni! 12.9.2016

### Themen

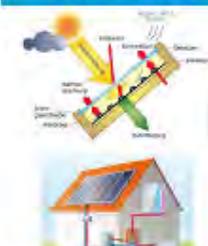
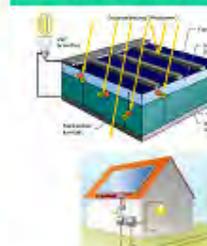
- Solarthermie 
- Photovoltaik 

Findet im Internet heraus, welche Funktionen Solarthermie und Photovoltaik übernehmen können!

### Funktionen Solarenergie

Solarthermie	Photovoltaik
<ul style="list-style-type: none"> <li>Klärt die Begriffe Solarkollektor, Pufferspeicher, Absorber</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Klärt die Begriffe Solarzelle, Wechselrichter, Dotierung</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Energetische Amortisation</li> <li>Wirtschaftliche Amortisation</li> </ul>	

### Aufbau Solarkollektor/Solarzelle

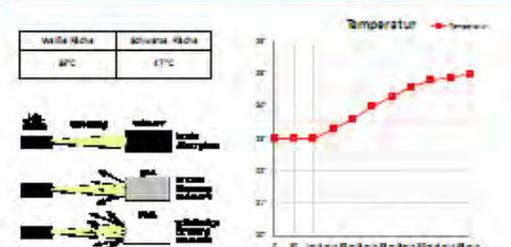
Solarthermie	Photovoltaik
	
	

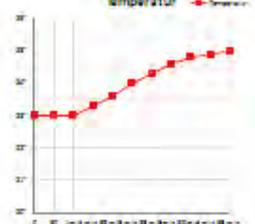
### Versuche

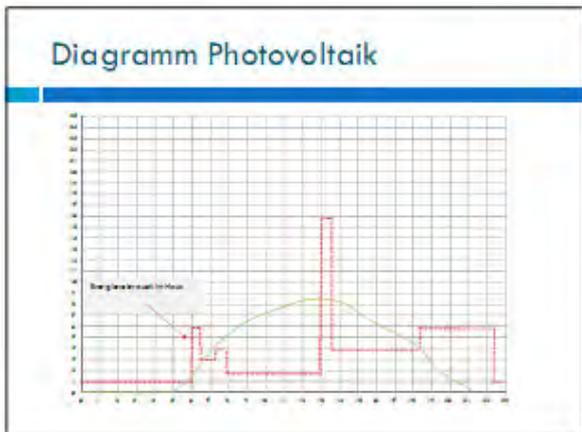
Solarthermie	Photovoltaik
	
Ergebnis?	Ergebnis?

### Diagramm Solarthermie

Weiße Fläche	Schwarze Fläche
40°C	47°C



Temperatur 



### Berechnung Solarthermie

Eine vierköpfige Familie möchte eine Solarthermieanlage kaufen (Energie für Warmwasserbedarf 600 kWh pro Person im Jahr, 1 m<sup>2</sup> Kollektorfläche erzeugt 400 kWh, Speichergröße 60 l/Kollektorfläche).

Wie groß muss die Anlage in m<sup>2</sup> sein?  
 Wie viele Liter hat der Pufferspeicher?

4 Personen \* 600 kWh/Person und Jahr = 2400 kWh/Jahr  
 2400 kWh/Jahr : 400 kWh/m<sup>2</sup> und Jahr = 6 m<sup>2</sup>, 6 m<sup>2</sup> \* 60 l/m<sup>2</sup> = 360 l

Die Anlage kostet 4500 €. Die Energieeinsparung für die Warmwasserbereitung der 4 Personen beträgt 10 Cent pro kWh.  
 Wann hat sich die Anlage ökonomisch amortisiert?  
 2400 kWh/Jahr \* 0,10 €/kWh = 240 €/Jahr  
 4500 € : 240 €/Jahr = 18,75 Jahre

### Berechnung Photovoltaik

Eine vierköpfige Familie möchte eine Photovoltaikanlage kaufen und ihren gesamten Strombedarf damit decken (1 000 kWh/Person, 1 m<sup>2</sup> Solarzelle erzeugt 80 kWh/Jahr).

Wie groß muss die Anlage sein in m<sup>2</sup> und kWp (1kWp = 1 000 kWh)?  
 4 Personen \* 1000 kWh/Person = 4000 kWh entspricht 4 kWp  
 4000 kWh : 80 kWh/m<sup>2</sup> = 50 m<sup>2</sup>

Die Anlage kostet pro kWp 1500 €, sie liefert einen Ertrag von 800 kWh/kWp im Jahr.  
 Für die Einspeisung erhält man 13 Cent/kWh.

Wann hat sich die Anlage ökonomisch amortisiert?  
 800 kWh/kWp \* 4 kWp = 3200 kWh, 3200 kWh \* 0,13 €/kWh = 416 €  
 1500 €/kWp \* 4 kWp = 6000 €, 6000 € : 416 €/Jahr = ~14,5 Jahre

Danke fürs Zuhören!

Noch Fragen?

Anhang 5 Veranstaltungsverzeichnis

Veranstaltungen ENEFF BLEND												
Datum	Ort	Veranstaltung etc.	Ö: Öffentlichkeitsarbeit S: Schülerpraktikum	Schulart	Schüleranzahl							
06.02.2015	Realschule Hösbach	8. Klasse	S	Realschule	14 Schüler	1	1					14
09.02.2015	Hösbach	Artikel in der FAZ (Realschule Hösbach)	Ö						1			
18.02.2015	Hösbach	Artikel in Umweltbriefe	Ö						2			
08.04.2015	Zewis Obernburg	Rotary Infoveranstaltung	Ö			2		1				
14.04.2015	Schule am Schlossplatz, Limbach, BaWü	8. Klasse	S	Gemeinschaftsschule	21 Schüler	3	2					21
18.04.2015	Hochschule Aschaffenburg	Tag der offenen Tür	Ö			4		2				
23.04.2015	Hochschule Aschaffenburg	Girls' Day 7./8. Klasse	S	verschieden	8 Schülerinnen	5		3				8
29.04.2015	Dr. Ellegast, Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst	Artikel im Newsletter, der an alle bayerischen Schulen geht plus Internet	Ö						3			
27.05.2015	Hochschule Aschaffenburg	Schnupperstudium	S	Studienbewerber	6 Schüler	6		4				6
11.06.2015	Ascapha Mittelschule Mainaschaff	9. Klasse	S	Mittelschule	16 Schüler	7	3					16
29.06.2015	Johannes-Butzbach-Gymnasium, Miltenberg	10. Klasse	S	Gymnasium	14 Schüler	8	4					14
04.07.2015	Miltenberg	Artikel Main-Echo (Johannes Butzbach-Gymnasium)	Ö						4			
13.07.2015	Johannes-de-la-Salle-Schule, AB (in HSAB)	Berufsausbildung Metall 1. Lehrjahr	S	Förderschule	16 Schüler	9	5					16
17.07.2015	FOS Obernburg	11. Klasse	S	Fachoberschule	14 Schüler	10	6					14
30.07.2015	Johannes-de-la-Salle-Schule Aschaffenburg	Artikel im Jahresbericht 2014/15	Ö						5			
20.7. -29.7.2015	Hochschule Aschaffenburg	Schülerpraktikum	S	Realschule	2 Schüler	11	5					4
14.09.2015	Hochschule Aschaffenburg	Ferienuni-Workshop (8. bis 10. Klasse)	S	verschieden	2*12 Schüler	12		6				24
	Hochschule Aschaffenburg	Artikel Campus	Ö						6			
18.09.2015	Realschule Hösbach	Artikel im Jahresbericht 2014/15	Ö						7			
13.10.2015	Ricarda-Huch-Schule, Gießen, Hessen	8. Klasse	S	Gesamtschule	22 Schüler	13	7					22
13.10.2015	Ricarda-Huch-Schule, Gießen, Hessen	11. Klasse	S	Gesamtschule	24 Schüler	14	8					24
14.10.2015	Gießen	Artikel im Gießener Anzeiger (Ricarda-Huch-Schule)	Ö						8			
27.10.2015	Mittelschule Großostheim	9. Klasse	S	Mittelschule	14 Schüler	15	9					14
19.02.2016	Karl-Amberg-Schule Alzenau	10. Klasse	S	Mittelschule	18 Schüler	16	10					18
23.02.2016	Karl-Amberg-Schule Alzenau	10. Klasse	S	Mittelschule	16 Schüler	17	11					16
10.03.2016	Realschule Hösbach (in HSAB)	10. Klasse	S	Realschule	10 Schüler	18	12					10
05.04.2016	Realschule Bessenbach (in HSAB)	8./9. Klasse (Girls' Academy)	S	Realschule	10 Schülerinnen	19		7				10
16.04.2016	Hochschule Aschaffenburg	Schnupperpraktikum am Tag der offenen Tür	Ö	verschieden	16 Schüler	20		8				16
18.04.2016	Dalberg Schule, AB	9. Klasse	S	Mittelschule	17 Schüler	21	13					17
20.04.2016	Dalberg Schule, AB	9. Klasse	S	Mittelschule	19 Schüler	22	14					19
23.4/24.4.2016	Aschaffenburg	Artikel Main-Echo (Dalberg-Schule)	Ö						9			
22.04.2016	Johannes-de-la-Salle-Schule, AB (in HSAB)	Berufsausbildung Metall 1. Lehrjahr	S	Förderschule	5 Schüler	23	15					5
28.04.2016	Hochschule Aschaffenburg	Girls' Day (7./8. Klasse)	S	verschieden	14 Schülerinnen	24		9				14
06.06.2016	Marktheidenfeld	Vorklasse FOS/BOS	S	FOS/BOS	26 Schüler	25	16					26
17.06.2016	Gymnasium Immenstadt	8. Klasse	S	Gymnasium	16 Schüler	26	17					16
01.07.2016	Oberrburg	Artikel im 5-Jahresbericht Zewis	Ö						10			
18.07.2016	Realschule Hösbach (in HSAB)	Laborpraktikum 9. Klasse	S	Realschule	14 Schüler	27		10				14
30.07.2016	Johannes-de-la-Salle-Schule Aschaffenburg	Artikel im Jahresbericht 2015/16	Ö						11			
30.07.2016	Berufliche Oberschule Oberrburg	Artikel im Jahresbericht 2015/16	Ö						12			
12.09.2016	Hochschule Aschaffenburg	SmartKids	S	Hochbegabte Kinder	entfallen							
12.09.2016	Hochschule Aschaffenburg	Ferienuni-Workshop (8. bis 10. Klasse)	S	verschieden	2*14 Schüler	28		11				28
04.11.2016	Hochschule Aschaffenburg	MINT-Ferienprogramm (Initiative Bay. Untermain)(3. bis 5. K	S	verschieden	47 Schüler	29		12				47
04.11.2016	Hochschule Aschaffenburg	Beitrag MINT auf der Hompage der Hochschule	Ö						13			
5./6. 11.2016	Hochschule Aschaffenburg	Artikel im Main-Echo (Mint)	Ö						14			
Nov 16	Immenstadt	Artikel Magazin Allgäu Alternativ (Gymn. Immenstadt)	Ö						15			
25.01.2017	Hanns-Seidel-Gymnasium Hösbach (in HSAB)	11. Klasse	S	Gymnasium	14 Schüler	30	18					14
26.01.2017	Ruth-Weis-Realschule, Aschaffenburg (in HSAB)	8./9. Klasse (Girls'Academy)	S	Realschule	12 Schülerinnen	31		13				12
												479



## **ENEF-BLEND – Energieeffizienz – Blended Learning**

### **Ein integrierter Bildungsansatz zum Erlernen der Energieeffizienz von Gebäuden für Schüler der 8. - 12. Klasse an weiterführenden Schulen**

---

Abschlussbericht über die Durchführung eines Umweltbildungsprojekts  
gefördert unter dem Aktenzeichen 31809 von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt  
Band 2 Handreichung für Lehrbeauftragte

von

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler und Dipl.-Ing.(FH) Bettina Sickenberger

Februar 2017

Hochschule Aschaffenburg



06/02		<b>Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>			
Az	<b>31809/01</b>	Referat	<b>43/0</b>	Fördersumme	<b>187.417 €</b>
<b>Antragstitel</b>		<b>Durchführung des Umweltbildungsprojekts ENEFF – Energieeffizienz und Blended Learning. Ein integrierter Bildungsansatz zum Erlernen der Energieeffizienz von Gebäuden für Schüler der 8. bis 12. Klasse an weiterführenden Schulen</b>			
<b>Stichworte</b>		Energieeffizienz, Blended Learning			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
<b>26 Monate</b>	<b>01.01.2015</b>	<b>28.2.2017</b>	<b>1</b>		
Zwischenberichte	nach 6 Monaten				
<b>Bewilligungsempfänger</b>	Hochschule Aschaffenburg			Tel	06021-4206-816
	Labor für Elektromagnetische Verträglichkeit			Fax	06021-4206-881
	Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler			Projektleitung	
	Würzburger Straße 45			Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler	
	63743 Aschaffenburg			Bearbeiter	
				Stefan Meyer (Administration)	
<b>Kooperationspartner</b>		Keine			
<b>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens</b>					
Ziel ist es, Schülerinnen und Schülern der 8. bis 12. Klassen das Wissen darüber zu vermitteln, wie ein Gebäude der Zukunft aussehen muss, um eine möglichst geringe Belastung für die Umwelt darzustellen. Durch die Beschäftigung mit dem Thema Energieeffizienz erfolgt eine Sensibilisierung der Jugendlichen, die sich mit den gewonnenen Erkenntnissen aktiv an der aktuellen Energiedebatte beteiligen können. Dadurch wird den teilnehmenden Schülern das Verständnis für den Zusammenhang von Energieverbrauch und Umweltbelastung über den CO <sub>2</sub> -Ausstoß deutlich gemacht. So kann mit diesem Projekt ein Beitrag zur Bildung des Umweltbewusstseins und eine Sensibilisierung gegenüber Umweltbelastungen geleistet werden.					
<b>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</b>					
Als Lernform wird das „Blended Learning“ (integriertes Lernen) gewählt. Dieses Konzept, welches das E-Learning in klassische Formen der Didaktik und Pädagogik der Präsenzschiung einbettet sowie praktische Interaktion verlangende Anteile enthält, bietet eine deutlich höhere Vermittlungseffizienz als der klassische Frontalunterricht. Wissensbasis ist neben einem virtuellen Kurs im Internet, auf den die Schüler zurückgreifen können, ein Effizienzpraktikum vor Ort. Das Lernprogramm gliedert sich in einen theoretischen Teil, der auch als PDF-Dokument heruntergeladen und ausgedruckt werden kann, und Kontrollfragen am Ende des jeweiligen Kapitels. Im Effizienzpraktikum werden die Schulen vor Ort besucht oder kommen in das Labor der Hochschule. Der zeitliche Aufwand beträgt ca. drei Stunden. Jede Schülergruppe bearbeitet zwei bis drei Experimente und wertet die Ergebnisse aus. Im Rahmen eines Kurzvortrags werden die Ergebnisse den Mitschülern vorgestellt. Insgesamt sind 12 Versuche vorhanden, die mit einfachsten Mitteln (Baumarktmaterialien, Elektronikversand etc.) die grundlegenden Effekte deutlich machen. Die Versuche befassen sich mit den Themen Klimawandel, Wärmeleitung, Solarthermie, Wärmedämmung, energieeffiziente Beleuchtung, Mehrfachverglasung und Fotovoltaik und können von den Schülerinnen und Schülern mithilfe von Arbeitsunterlagen oder mit dem Tablet eigenständig bearbeitet werden. In einem Vortrag seitens der Hochschule werden den Schülerinnen und Schülern Grundkenntnisse über die Arbeitsweise einer Thermografiekamera vermittelt. Als Abschluss können die Schülerinnen und Schüler in einem Energiequiz ihr Wissen testen.					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • <a href="http://www.dbu.de">http://www.dbu.de</a>					

### **Ergebnisse und Diskussion**

Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Einsparung gewinnen immer mehr an Bedeutung. Ressourcenknappheit, steigende Energiekosten und nicht zuletzt die zunehmende Umweltbelastung durch steigenden CO<sub>2</sub>-Ausstoß sind Schwerpunkte, mit denen sich die Politik immer mehr beschäftigt. Die Zukunft des Bauens und Sanierens läuft sowohl auf die Errichtung als auch die Sanierung aller Gebäude als Passivhäuser oder Plus-Energiehäuser hinaus, um den Bedarf an Energie für Beheizung, Warmwasser und Haushaltsstrom möglichst gering zu halten. Diese Entwicklung betrifft als zukünftige Bauherren auch die Jugendlichen von heute, weshalb eine frühzeitige Beschäftigung und Wissensbildung zu diesem Thema das Gespür für die Voraussetzungen der Errichtung und Sanierung zukunftsfähiger Gebäude fördern kann. Die Vermittlung von Gestaltungskompetenz weitet den Blick für Fragen der Generationengerechtigkeit und den Zusammenhang ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte. Projektziel ist die breite Verankerung des Wissens über Zukunftstechnologien und Klimaschutz sowie über Konzepte nachhaltiger Entwicklung in der schulischen Bildung. Durch diese Kenntnis kann energiesparendes Verhalten eingeübt werden und Kosten für Strom und Heizung werden minimiert. Die Schüler lernen Verbrauchs- und Produktionsgewohnheiten kennen, die durch mehr Effizienz in der Produktion (geringerer Material- und Energieverbrauch) und Veränderung im Konsumverhalten in Hinblick auf Ressourcenverbrauch und Energieeinsparung zu einer Verringerung von Umweltbelastungen führen. Im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung werden Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzt, aktuell sinnvolle Entscheidungen für die Zukunft zu treffen und das eigene Tun zu überprüfen.

Das Konzept des Energieeffizienzpraktikums hat sich in der Praxis als erfolgreich erwiesen. Der zeitliche Rahmen von drei Stunden mit Pause konnte in den schulischen Ablauf ohne große Störungen integriert werden. Im fünfteiligen Aufbau bestehend aus Einführung – Bearbeitung der Experimente – kurze Reflexion – 2. Runde Bearbeitung der Experimente – Energiesparquiz konnte das Wissen adäquat vermittelt werden und die Schüler bewältigten das Arbeitspensum in der verfügbaren Zeit.

Die Umsetzung mit sechs Betreuern war sehr personalintensiv, daher wurden die Arbeitsunterlagen auf eine Tabletversion umstrukturiert, sodass die Schüler diese ohne große Hilfestellung alleine bearbeiten können und nur maximal zwei Personen die Versuche begleiten. Zur Dokumentation wurde eine Handreichung für Lehrer und Interessierte erstellt, die neben dem physikalischen Hintergrund und der Beschreibung der Experimente auch eine Zusammenstellung zum Bezug und den Kosten der Materialien für die Experimente enthält sowie die Arbeitsblätter mit Lösungen in drei Bänden umfasst.

### **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Das Umweltbildungsprojekt wurde auf Veranstaltungen innerhalb der Hochschule wie Girls' Day, Schnupperstudium, Ferienuni oder MINT-Veranstaltungen der Initiative Bayersicher Untermain seitens der Hochschule präsentiert. Mehrere Schulbesuche wurden von der Presse begleitet und in regionalen und überregionalen Zeitungen gewürdigt. In Hochschulorganen und Jahresberichten der Schulen konnte die Vernetzung von Hochschule und Schulen dokumentiert werden. In Zusammenarbeit mit der Johannes-de-la-Salle-Schule in Aschaffenburg fertigten die Schüler zwei Metallhäuschen an, die in die Versuche „Wärmedämmung“ und „Wärmeleitung“ integriert wurden.

### **Fazit**

Die geforderten vierzehn Schulbesuche in den drei Bundesländern Bayern, Hessen und Baden-Württemberg konnten durchgeführt werden, dazu kamen vier Schulen zum Praktikum in die Hochschule. Ferner wurden in der Hochschule dreizehn weitere Veranstaltungen wie Ferienuni, Girls' Day etc. angeboten. Insgesamt wurden 479 Schüler beim Praktikum begleitet. Das Bildungskonzept erwies sich als erfolgreich umsetzbar und kam in reduzierter Version mit zwei Experimenten (Solarthermie und Photovoltaik) bei Hochschulveranstaltungen zum Einsatz. Alle Materialien der Versuchsaufbauten können über Baumärkte oder Elektronikhandel bezogen werden, einige Einbauten wurden im Labor aus Kleinbauteilen zusammengestellt. In der Handreichung für Lehrkräfte wurde eine Unterlage erstellt, auf der das Projekt in den Schulen weiterverfolgt werden kann. Das Angebot der Versuche umfasst zwölf Versuche, sodass insgesamt acht Stationen aufgebaut werden können. Es hat sich herausgestellt, dass die Versuchsaufbauten vor allem für die Jahrgangsstufe 8 bis 9 aller Schularten geeignet sind. Das Programm wird hochschulintern weiter eingesetzt und kann von interessierten Schulen bei einem Vor-Ort-Besuch in der Hochschule weiter genutzt werden.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	7
Einleitung .....	8
1 Energieeffizienz bei Gebäuden .....	8
1.1 Physikalische Grundlagen des Wärmeübergangs .....	8
1.2 Experimente zur Energieeffizienz bei Gebäuden.....	12
1.2.1 Versuch 1 - Wärmedämmung .....	12
1.2.2 Versuch 2 - Gebäudehülle .....	14
1.2.3 Versuch 3 - Wärmeleitung .....	14
1.2.4 Versuch 4 - Mehrfachverglasung .....	15
1.2.5 Versuch 5 – Wintergarten .....	16
1.2.6 Versuch 6 - Lüftung .....	17
2. Energieeffizienz bei der Solarenergie .....	17
2.1 Physikalische Grundlagen der Solarenergie.....	17
2.1.1 Photovoltaik .....	19
2.1.2 Solarthermie .....	21
2.2 Experimente bei der Solarenergie .....	22
2.2.1 Versuch 7 - Solarthermie .....	22
2.2.2 Versuch 8 - Photovoltaik .....	23
3 Klimawandel.....	23
3.1. Physikalische Grundlagen beim Klimawandel .....	23
3.2. Experimente im Klimawandel .....	26
3.2.1 Versuch 9 - Treibhauseffekt 1 .....	26
3.2.2 Versuch 10 - Treibhauseffekt .....	27
4.1 Physikalische Grundlagen der Lichttechnik .....	27
4.2 Experimente in der Lichttechnik .....	30
4.2.1 Versuch 11 - Wirkungsgrad von Lampen .....	30
5 Energieeffizienz bei der Unterhaltungselektronik.....	31
5.1 Physikalische Vorgänge bei Bereitschaftsverlusten.....	31
5.2 Experimente zur Vermeidung von Bereitschaftsverlusten .....	32
5.2.1 Versuch 12 - Strombedarf von Computern.....	32
6 Materiallisten und Kosten der Experimente .....	33
Kostenaufwand für die Versuche .....	34
Versuch 1 - Wärmedämmung .....	35
Versuch 2- Gebäudehülle .....	36
Versuch 3 - Wärmeleitung .....	37

---

Versuch 4 -Mehrfachverglasung .....	38
Versuch 5 - Wintergarten.....	39
Versuch 6 - Lüftung .....	40
Versuch 7 - Solarthermie.....	41
Versuch 8- Photovoltaik .....	42
Versuch 9 - Klimawandel 1.....	44
Versuch 10 - Klimawandel 2.....	45
Versuch 11 - Energieeffizienz von Lampen .....	46
Literaturverzeichnis .....	47

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Arten der Wärmeübertragung, Quelle Wolfgang Summer .....	8
Abbildung 2: Definition U-Wert .....	9
Abbildung 3: Dämmwirkung von Bausoffen, Quelle Energieagentur NRW .....	10
Abbildung 4: Versuchsaufbau Wärmedämmung .....	12
Abbildung 5: Innenansicht Versuchsaufbau Wärmedämmung .....	13
Abbildung 6: Papphaus Wand gedämmt /ungedämmt Realbild und Thermogramm .....	13
Abbildung 7: Versuchsaufbau Holz/Styroporhaus .....	14
Abbildung 8: Dach Styroporhaus mit Wärmebildkamera .....	14
Abbildung 9: Versuchsaufbau Wärmeleitung .....	15
Abbildung 10: Versuchsaufbau Mehrfachverglasung .....	15
Abbildung 11: Thermogramm Mehrfachverglasung .....	16
Abbildung 12: Versuchsaufbau Lüftung .....	16
Abbildung 13: Versuchsaufbau Wintergarten .....	17
Abbildung 14: Solarkonstante, Quelle: Solarpraxis AG .....	18
Abbildung 15: Leistung abhängig von Witterung .....	18
Abbildung 16 Diffuse und direkte Strahlung, Quelle Solarpraxis AG .....	18
Abbildung 17; Darstellung der Dotierung .....	19
Abbildung 18: Prinzipskizze einer PV-Anlage .....	19
Abbildung 19: Sonnenstandswinkel jahreszeitenabhängig .....	20
Abbildung 20: Anschluss Solarkollektor an Heizungssystem .....	21
Abbildung 21: Prinzipskizze eines Solarkollektors .....	21
Abbildung 22: Einsparpotential durch Solaranlagen und Dämmung .....	22
Abbildung 23: Versuchsaufbau Solarthermie .....	22
Abbildung 24: Versuchsaufbau Photovoltaik .....	23
Abbildung 25: Anteil Treibhausgase, Quelle Universität Berlin .....	24
Abbildung 26: Klimaerwärmung bis 2100 .....	24
Abbildung 27: Folgen des Klimawandels .....	25
Abbildung 28: CO <sub>2</sub> -Ausstoß nach Ländern .....	25
Abbildung 29: Energiebedingte Pro-Kopf-Emission, G20 Staaten .....	25
Abbildung 30: Versuchsaufbau Klimawandel .....	26
Abbildung 31: Herstellung von CO <sub>2</sub> .....	26
Abbildung 32: Versuchsaufbau Treibhauseffekt .....	27
Abbildung 33: Temperaturmessung .....	27
Abbildung 34: Temperaturen unter Glas .....	27
Abbildung 35: Maximale Lichtausbeute, Quelle: Ledshit .....	27
Abbildung 36: Lichtausbeute der Lampentypen, Quelle: trilux .....	28
Abbildung 37: Beschreibung der Effizienzklassen .....	28
Abbildung 38: Effizienzklassen-Label .....	29
Abbildung 39: Zuordnung Lumen/Watt, Quelle: WSH GmbH, Gummersbach .....	29
Abbildung 40: Lichtfarben, Quelle: WSH GmbH, Gummersbach .....	29
Abbildung 41: Erforderliche Luxwerte, Quelle WSH GmbH, Gummersbach .....	30
Abbildung 42 Versuchsaufbau Wirkungsgrad von Lampen .....	30
Abbildung 43: Versuchsaufbau Halogenlampe/LED .....	31
Abbildung 44: Standby-Verbrauch Elektrogeräte, Quelle : Computer-Bild .....	31
Abbildung 45: Leistungs-Messung PC und Monitor .....	32

## Einleitung

Die Hochschule Aschaffenburg mit dem Effizienzteam des Labors für Schaltungstechnik unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler hat mit einer Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt 12 Experimente für Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 8 bis 12 entwickelt. Das Projekt läuft im Zeitraum 1.1.2015 bis 28.2.2017.

Die Experimente gibt es zu folgenden Themen:

- Energieeffizienz bei Gebäuden und der Gebäudehülle (6 Experimente)
- Energieeffizienz bei der Solarenergie (2 Experimente)
- Klimawandel (2 Experimente)
- Energieeffizienz bei der Beleuchtung (1 Experiment)
- Energiebedarf bei Haushaltsgeräten und in der Unterhaltungselektronik (1 Experiment)

## 1 Energieeffizienz bei Gebäuden

### 1.1 Physikalische Grundlagen des Wärmeübergangs

Besteht in einem Material oder zwischen zwei Materialien ein Temperaturunterschied, so stellt sich ein Wärmestrom in Richtung der niedrigeren Temperatur ein. Dieser Wärmestrom kann auf drei Arten übertragen werden:

- Wärmeleitung
- Wärmeströmung oder Konvektion
- Wärmestrahlung

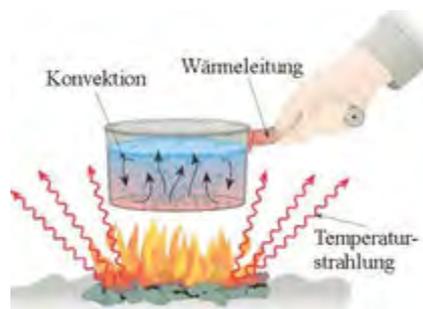


Abbildung 1: Arten der Wärmeübertragung, Quelle Wolfgang Summer

**Wärmeleitung** findet in allen Materialien statt und bezeichnet den Transport von Wärmeenergie zwischen benachbarten Molekülen. Diese Art des Wärmetransports findet in festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen statt. Die Wärmeübertragung geschieht innerhalb eines Stoffes oder von Stoff zu Stoff durch die Bewegungsenergie der Moleküle. Dabei wandert die Wärme nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik immer vom wärmeren zum kälteren Molekül und zwar so lange, bis beide Körper gleich warm sind. Das Temperaturgefälle ist die Voraussetzung für die Wärmeleitung, wobei Stoffe Wärme unterschiedlich leiten, es also gute und schlechte Wärmeleiter gibt. Je weniger Luft einschließt ein Material hat, desto besser ist seine Wärmeleitfähigkeit und somit der Energietransport höher im Baustoff. Dämmstoffe wie Mineralwolle oder Polystyrol verfügen durch ihre wollige oder porige Struktur über eine schlechte Wärmeleitfähigkeit und daher guten Dämmeigenschaften. Gasförmige Stoffe verfügen über eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit, im Vakuum findet keine Wärmeleitung statt. Die Güte der Wärmeleitung wird über die Wärmeleitfähigkeit eines Stoffes bestimmt. Hier wird die Wärmemenge  $Q_t$  angegeben, die pro Stunde durch  $1 \text{ m}^2$  einer  $1 \text{ m}$  dicken Schicht des Stoffes fließt, wenn der Temperaturunterschied zwischen den beiden Oberflächen  $1 \text{ K}$  beträgt. Die Wärmeleitfähigkeit wird mit  $\lambda$  (Lambda) bezeichnet, ihre Einheit heißt Watt durch Meterkelvin,  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  und ist bei einem Baustoff von vielen Einflüssen wie Feuchte, Alterung etc. abhängig. Mit

ihren Rechenwerten bildet sie die Basis der Berechnung des U-Wertes für Bauteile eines Gebäudes. Bei der Bewertung der Gebäudehülle steht die Berechnung des U-Wertes an erster Stelle, denn er gibt Auskunft über die Qualität des Wärmedurchgangs im Bauteil. Um eine erste Einschätzung des vorhandenen U-Wertes zu erhalten, kann der berechnete Wert mit den Vorgaben der Maximalwerte aus der Tabelle der Energieeinsparverordnung verglichen werden. Liegt der Wert höher als der dort ausgewiesene Wert, ist Handlungsbedarf gegeben.

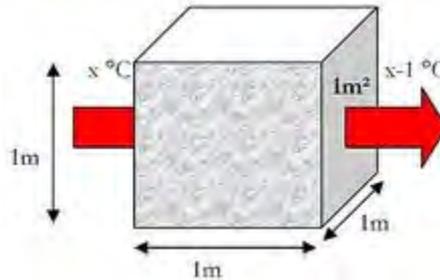


Abbildung 2: Definition U-Wert

Will man den U-Wert eines Bauteils errechnen, muss jede Schicht von innen nach außen in Schichtstärke und Material betrachtet werden. Berechnungsgrundlage für den U-Wert ist der Wärmedurchgangswiderstand  $R_T$  eines Bauteils (T steht für Transmission). Der Wärmedurchgangswiderstand  $R_T$  eines gesamten Bauteils mit der Einheit  $(m^2 \cdot K)/W$  setzt sich aus den Wärmeübergangswiderständen ( $R_{si}$  innen und  $R_{se}$  außen am Bauteil) und den Wärmedurchlasswiderständen  $R_1$  bis  $R_n$  der einzelnen Schichten zusammen. Zur Berechnung des Wärmedurchlasswiderstands  $R$  wird die Schichtdicke  $d$  des Materials durch seine Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  dividiert.

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad [(m^2 \cdot K)/W]$$

Mehrere Schichten werden addiert:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} \quad [(m^2 \cdot K)/W]$$

Der U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) ist der Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstands  $R_T$  und besitzt die Einheit  $W/(m^2 \cdot K)$ . Auch hier gilt, ähnlich wie bei der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$ , je kleiner der U-Wert ist, desto besser ist die Dämmwirkung des Bauteils.

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_i + R_{se}} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

Die Energieeinsparverordnung gibt Höchstwerte bezogen auf den Mittelwert des Bauteils vor, die bei erstmaligem Einbau, Ersatz und der Erneuerung von Bauteilen mit Raum-Solltemperaturen von  $> 19^\circ C$  eingehalten werden müssen. Will man die Gebäudehülle optimieren, führt der Weg über geeignete Dämmmaßnahmen. So kann der Transmissionswärmeverlust über die Bauteilfläche deutlich verringert und Heizkosten eingespart werden.

Die Wärmeleitfähigkeit unterscheidet drei grundsätzliche Baustoff-Gruppen:

- Natürliche Steine:  $\lambda = 2,3$  bis  $3,5 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$
- Dämmstoffe:  $\lambda = 0,02$  bis  $0,13 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$
- Sonstige Baustoffe:  $\lambda = 0,14$  bis  $2,20 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$

Stoff	Rechenwerte $\text{W}/(\text{m}^*\text{K})$ Wärmeleitfähigkeit $\lambda$
Diamant	2300
Kupfer	380
Stahl	50
Stahlbeton	2,1
Putz	0,7
Glas	0,76
Sand	0,58
Mauerwerk	0,08 - 0,85
Faserdämmstoffe	0,035 - 0,045
Vakuumdämmplatte	0,004 – 0,006
Holz	0,13
Wasser (20°)	0,5562
Luft	0,026
Argon	0,0179
Krypton	0,00949
Xenon	0,0055
Vakuum	0

Tabelle 1: Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit

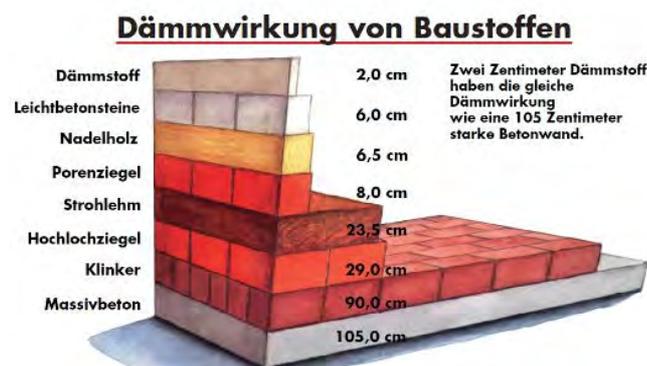


Abbildung 3: Dämmwirkung von Baustoffen, Quelle Energieagentur NRW

Bei der **Wärmeströmung (Konvektion)** wird Wärme nur in Gasen oder Flüssigkeiten transportiert und findet auch zwischen zwei Bauteilen oder in Hohlräumen statt. Der Wärmetransport entsteht durch die Fortbewegung der Moleküle im Raum, angeregt durch Temperatur- oder Druckunterschiede, die eine Veränderung der Dichte und eine Ausdehnung des Mediums bewirken. Durch diese Veränderung steigt das erwärmte Medium nach oben und es entsteht ein Strömungskreislauf. Die Konvektion findet verstärkt bei Wind und Luftbewegungen im Raum statt.

Der Wärmestrom lässt sich berechnen:

$$\dot{Q} = A * h * (\theta_1 - \theta_2) \quad [W]$$

$\dot{Q}$	Wärmestrom in W
A	Fläche in m <sup>2</sup>
h oder $\alpha$	Wärmedurchgangskoeffizient in W/(m <sup>2</sup> * K)
$(\theta_1 - \theta_2)$	Temperaturdifferenz in K

Beispiele:

- Vom Heizkörper aufsteigende erwärmte, leichtere Luft
- Weiterleitung der Wärme über das Heizwasser an die Heizkörper
- Zwischen den Glasscheiben einer Zwei- oder Dreifachverglasung

**Wärmestrahlung** wird mithilfe elektromagnetischer Wellen ohne Beteiligung von Materie emittiert und wird im langwelligen Bereich zwischen 0,8 bis circa 800  $\mu\text{m}$  ( $1 \mu\text{m} = 1/1000 \text{ mm}$ ) übertragen. Das erklärt, warum auch im Vakuum Wärmestrahlung möglich ist. Sie wirkt ähnlich wie Lichtstrahlen und erzeugt von lichtundurchlässigen Gegenständen Schatten. Jedes Objekt strahlt ununterbrochen Wärme ab. Elektromagnetische Strahlung entsteht durch die Bewegung von Atomen und Molekülen, wenn ein Objekt sich erwärmt. Die elektromagnetischen Wellen werden beim Auftreffen auf einen anderen Körper teilweise durchgelassen, reflektiert oder absorbiert

Trifft Wärme auf einen Körper, sind drei Effekte möglich:

1. Die Strahlung wird teilweise durchgelassen
2. Die Strahlung wird reflektiert
3. Die Strahlung wird absorbiert und in Wärme umgewandelt

Mit einer Wärmebildkamera kann die nicht sichtbare Wärmestrahlung sichtbar gemacht werden. Die Farbe des Materials spielt dabei nahezu keine Rolle, ausschlaggebend ist vielmehr die Emissionszahl der Oberfläche. Blanke Metalle besitzen eine niedrige Emissionszahl und damit einen niedrigen Strahlungsaustausch, sie reflektieren stark bei einer geringen Absorption. Mineralische oder organische Baustoffe sind sich in der Emissionszahl sehr ähnlich und haben eher einen höheren Wert, das heißt die Strahlungswärme wird gut abgegeben, wobei sie eine geringe Reflexion bei einer starken Absorption aufweisen. Die Strahlungsenergie wird bei der Absorption in Wärmeenergie umgesetzt.

Beispiele:

- Wärmeenergie durch Sonnenlicht
- Strahlungsheizungen (Fußboden, Wand, Kachelofen)

Unterschiedliche Farben bei gleichem Material fühlen sich trotz gleicher Temperatur nicht gleich warm an. Schwarz (als Papier oder Kleidungsstück etc.) wird im Gegensatz zu weiß besonders warm, weil es das Licht aufnimmt und fast nicht wie bei weißer Farbe reflektiert.

Stoff	Emissionsgrad $\epsilon$
Kupfer	0,07
Kupfer poliert	0,037
Stahlblech	0,65
Stahlblech poliert	0,16
Glas	0,94 - 0,91
Sand	0,6 - 0,9
Mauerwerk	0,93
Putz	0,9
Eisfläche	1
Holz	0,8 – 0,9
Wasser (20°)	0,98
Haut	0,98
Papier weiß	0,7
Papier schwarz	0,9

Tabelle 1: Emissionsgrade von Stoffen

## 1.2 Experimente zur Energieeffizienz bei Gebäuden

Die Versuche zur Energieeffizienz bei Gebäuden umfassen sechs Experimente. Zum besseren Verständnis werden die Versuchsaufbauten realitätsnah aufgebaut und können so gut auf den tatsächlichen Anwendungsfall übertragen werden.

### 1.2.1 Versuch 1 - Wärmedämmung

Das Experiment veranschaulicht die materialabhängige Wärmeströmung durch die Gebäudehülle. Unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten der Materialien lassen die Wärme mehr oder weniger gut durch das Bauteil. Im ersten Teil wird das Papphaus erwärmt und der Temperaturverlauf dokumentiert. Im zweiten Schritt wird das Papphaus mit einem Dämmmantel versehen und der Versuchsaufbau wiederholt.



Abbildung 4: Versuchsaufbau Wärmedämmung

**Materialien:** Papphaus  
 Dämmmantel für Papphaus  
 Netzteil mit Heizwiderstand  
 Thermometer  
 Stoppuhr  
 Wärmebildkamera oder Infrarotthermometer

**Arbeitsablauf:**

1. Heizwiderstand in das Häuschen stellen und hochheizen.
2. Innentemperatur für 6 Minuten alle 30 Sekunden mit einem Thermometer im Innenraum messen, nach 3 Minuten das Netzteil abschalten.
3. Häuschen mit einer Wärmebildkamera oder einem Infrarotthermometer betrachten und die Bilder und Messergebnisse interpretieren.
4. Häuschen auf Ausgangstemperatur abkühlen lassen, Dämmmantel überstülpen und den Versuch wiederholen.
5. Messergebnisse in die Tabelle notieren und auswerten.

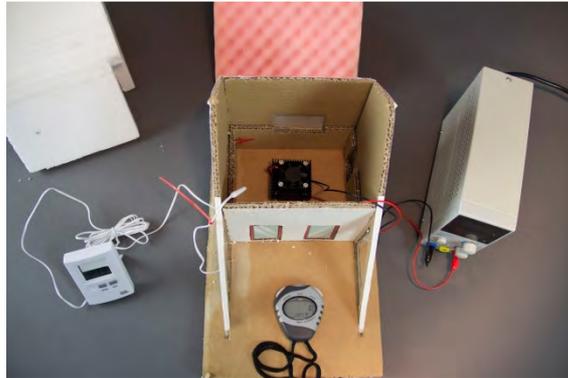


Abbildung 5: Innenansicht Versuchsaufbau Wärmdämmung

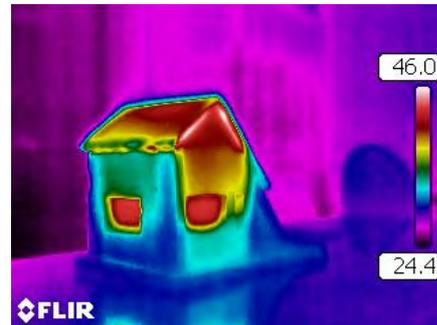
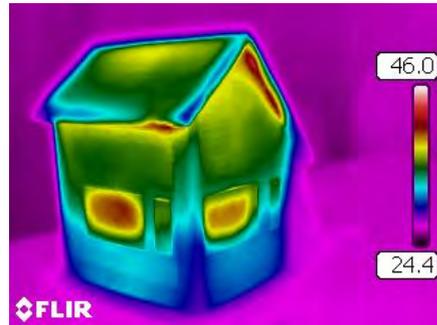


Abbildung 6: Papphaus Wand gedämmt /ungedämmt Realbild und Thermogramm

Der etwas kältere Bereich am Sockel bei beiden Häuschen entsteht durch die innere Verstärkung der Außenwand am unteren Gebäudeabschluss. Die warmen Bereiche am Giebel sind die Folge von Luftspalten am Übergang Dach/Wand. Deutlich zeichnen sich bei beiden Bildern die Fensteröffnungen als wärmere Bauteile ab. Unter dem Dach entstehen durch die aufsteigende Wärme sichtbar wärmere Bereiche.

### 1.2.2 Versuch 2 - Gebäudehülle

Das Experiment vergleicht Gebäude, die aus unterschiedlichen Materialien hergestellt worden sind, vergleichbar einem Holzhaus und einem gut gedämmten Haus. Anhand eines Musterhauses aus Holz und Styropor können die unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten dokumentiert und die Oberflächentemperaturen sichtbar werden.



Abbildung 7: Versuchsaufbau Holz/Styroporhaus

**Materialien:** Styroporhaus  
 Holzhaus  
 Zwei Netzteile mit Heizwiderständen  
 Zwei Thermometer  
 Stoppuhr  
 Wärmebildkamera

#### Arbeitsablauf:

1. Heizwiderstand in beide Häuschen stellen und hochheizen.
2. Innentemperatur für 6 Minuten alle 30 Sekunden mit einem Thermometer im Innenraum messen, nach 3 Minuten das Netzteil abschalten.
3. Häuschen mit einer Wärmebildkamera oder einem Oberflächenthermometer betrachten und Bilder und Messergebnisse interpretieren.
4. Messergebnisse in die Tabelle notieren und auswerten.



Abbildung 8: Dach Styroporhaus mit Wärmebildkamera

### 1.2.3 Versuch 3 - Wärmeleitung

Sieben verschiedene Materialien mit stark unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit werden nach ihrer gefühlten und ihrer tatsächlichen Temperatur bewertet. Die Einteilung nach der Wärmeleitfähigkeit kann so am eigenen Körper erfahren werden. Es kann erlernt werden, welche Eigenschaften für bestimmte Anwendungen von den Materialien erwartet werden und wofür sie eingesetzt werden können.



Abbildung 9: Versuchsaufbau Wärmeleitung

**Materialien:** Polystyrolplatte  
 Holzplatte  
 Pappkartonplatte  
 Fliese  
 Kupferplatte  
 Vakuumdämmplatte  
 Schafwollplatte

**Arbeitsablauf:**

1. 7 Materialien mit Klebestreifen versehen und nebeneinander legen.
2. Temperatur der Materialien erfühlen und von 1 (kalt) bis 7 (warm) nach dem Temperaturempfinden ordnen und in die Tabelle eintragen
3. Mit dem Infrarotthermometer die Temperatur auf den Klebestreifen der Materialeine messen und in die Tabelle eintragen.

#### 1.2.4 Versuch 4 - Mehrfachverglasung

Das Experiment dient dazu, den Wärmeübergang von Verglasungen zu veranschaulichen. Die heute gängige verbaute Verglasungsart bei Fenstern ist die Dreifachverglasung. Hierbei können abhängig von der Verglasung und der Güte des Rahmens U-Werte bis  $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  für das gesamte Fenster erreicht werden, während die früher verwendeten Zweifachverglasungen nur auf Werte zwischen  $3,6$  und  $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  kommen. Der Wert für ein Fenster mit Einfachverglasung liegt zwischen  $5,1$  und  $4,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Beim Versuchsaufbau befindet sich Luft zwischen den Glasscheiben, in den Scheibenzwischenräumen der Fenster wird Edelgas (Argon oder Krypton) verwendet, das den Wärmedurchgang nochmals verringert.



Abbildung 10: Versuchsaufbau Mehrfachverglasung

- Materialien:** 3 gleich große Becher  
 Messbecher  
 Heißes Wasser (Wasserkocher)  
 6 Glasscheiben ca. 10/10 cm  
 Abstandhalter z. B. Kanthölzchen 12/12 mm, 10 cm lang

**Arbeitsablauf:**

1. Wasser erhitzen und mit dem Messbecher eine abgemessene Menge z.B. ca. 125 ml in ein hitzebeständiges Gefäß (Keramikbecher oder hitzebeständiges Glas) einfüllen.  
 Becher 1: Eine Glasscheibe auf das Gefäß legen  
 Becher 2: Zwei Glasscheiben mit zwei Kanthölzchen als Abstandhalter auf das Gefäß legen  
 Becher 3: Drei Glasscheiben wiederum mit Abstandhaltern aufeinander
2. Messung der Oberflächentemperatur mit einem Infrarotthermometer und/oder Betrachtung der Glasscheiben mit einer Wärmebildkamera
3. Messergebnisse in die Tabelle notieren und auswerten

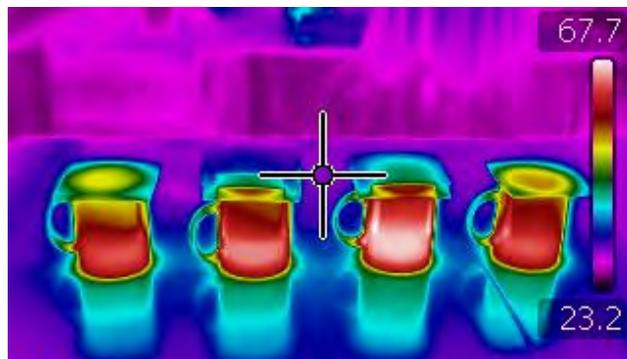


Abbildung 11: Thermogramm Mehrfachverglasung

### 1.2.5 Versuch 5 - Wintergarten

In diesem Versuch wird der Einfluss eines Wintergartens auf den Heizenergieverbrauch erforscht. Der Versuchsaufbau zeigt die unterschiedlichen Temperaturen in Haus und Wintergarten. Die Einsparmöglichkeiten durch die Pufferwirkung eines Wintergartens werden erklärt und auf ihre Wirtschaftlichkeit überprüft.



Abbildung 12: Versuchsaufbau Lüftung

- Materialien:** Styroporhaus mit Wintergarten  
 Zwei Thermometer  
 Stoppuhr  
 Schreibtischlampe

**Arbeitsablauf:**

1. Messfühler 1 auf den Boden des Hauses legen.
2. Messfühler 2 auf den Boden des Wintergartens legen.
3. Styroporhaus mit der Lampe anstrahlen.
4. Für den Temperaturverlauf auf beiden Thermometern 6 Minuten lang alle 30 Sek. den Wert ablesen und notieren.

**1.2.6 Versuch 6 - Lüftung**

Der Versuch dient der Veranschaulichung und der Bewertung des Lüftungsverhaltens. Es wird erlernt, welchen Einfluss offene Fenster auf den Temperaturverlauf im Haus haben und wie energiesparend gelüftet werden kann.

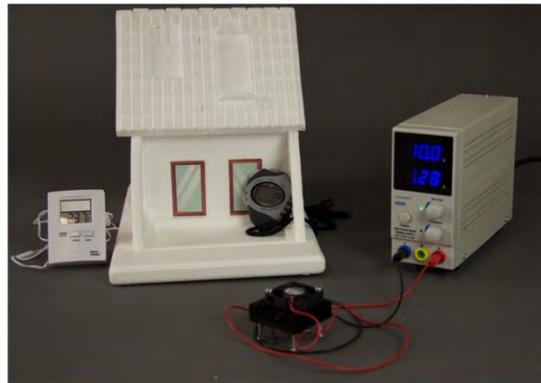


Abbildung 13: Versuchsaufbau Wintergarten

**Materialien:** Polystyrolhaus  
 Netzteil mit Heizwiderstand  
 Thermometer  
 Stoppuhr

**Arbeitsablauf:**

1. Ausgangstemperatur am Thermometer ablesen und in die Tabelle notieren.
2. Heizwiderstand in das Häuschen stellen und hochheizen.
3. Innentemperatur für 6 Minuten alle 30 Sekunden mit einem Thermometer im Innenraum messen, nach 3 Minuten das Netzteil abschalten.
4. Nach 6 Minuten den Versuch beenden und die Werte in das Diagramm eintragen.
5. Häuschen auf Ausgangstemperatur abkühlen lassen, Fenster herausdrücken und den Versuch wiederholen.
6. Messergebnisse in die Tabelle notieren und auswerten.

**2. Energieeffizienz bei der Solarenergie****2.1 Physikalische Grundlagen der Solarenergie**

Die Solarstrahlung an der obersten Schicht der Erdatmosphäre, die sogenannte Solarkonstante  $E_0$  besitzt einen Wert von  $1367 \text{ W/m}^2$ .

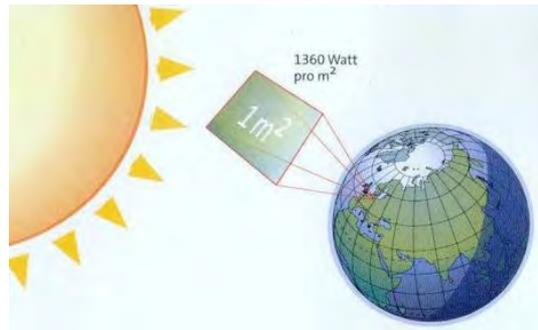


Abbildung 14: Solarkonstante, Quelle: Solarpraxis AG

Reflexionen und Absorptionen der direkten Strahlung innerhalb der Erdatmosphäre verringern deren Wert, sodass die Globalstrahlung auf die Erdoberfläche in Deutschland zwischen 1000 W/m<sup>2</sup> im Sommer bei wolkenlosem Himmel in der Mittagshitze und 20 W/m<sup>2</sup> an einem trüben Tag im Winter schwankt.

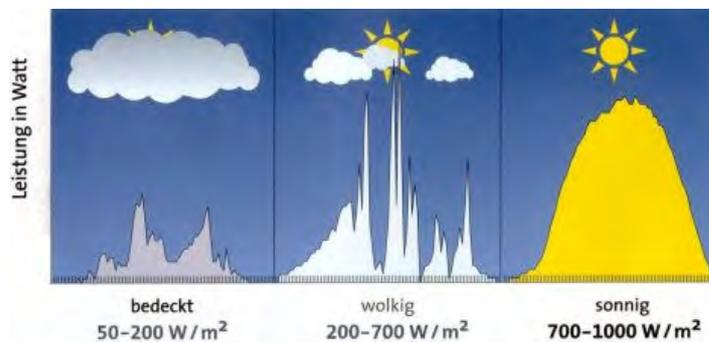


Abbildung 15: Leistung abhängig von Witterung

Die Solarstrahlung setzt sich aus einem direkten und einem diffusen Anteil (gestreute Strahlung) zusammen.

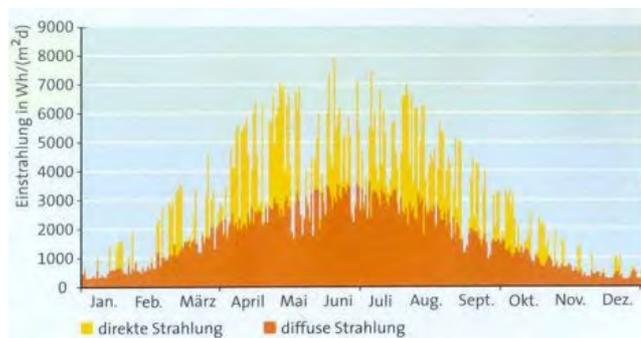


Abbildung 16 Diffuse und direkte Strahlung, Quelle Solarpraxis AG

Sonnenenergie, die auf eine ebene Fläche auftrifft, erbringt in Deutschland im Mittel pro Tag eine Leistung von ca. 2,7 kWh/m<sup>2</sup>, das bedeutet im Jahr ca. 1000 kWh/m<sup>2</sup>. Bei optimal zur Sonne ausgerichteten Flächen steigt der Stromertrag im Mittel auf 1180 kWh/m<sup>2</sup> und variiert je nach Region um etwa 10 %. In südlichen Ländern kann der Ertrag auf bis zu 1800 kWh/m<sup>2</sup> steigen.

Abhängig vom Wirkungsgrad der Fotovoltaikanlagen können von diesen Ausgangswerten zwischen 5 bis 15 % als Stromertrag genutzt werden.

### 2.1.1 Photovoltaik

Mit einer Solarzelle aus mono- oder polykristallinem Silizium kann aus der Strahlungsenergie des Sonnenlichts Strom erzeugt werden. Die Zelle kann bis zu 15 % der absorbierten Strahlungsenergie als elektrische Nutzenergie liefern. Die Umwandlung von Licht in elektrischen Strom gelingt durch den Elektronenübergang in Halbleiterkristallen in zwei unterschiedlich dotierten (n- und p-dotiert) Halbleiterschichten. Die Dotierung entsteht durch die Verunreinigung des Siliciums mit Bor (p-Dotierung bzw. Phosphatomen). Durch einen Elektronenüberschuss in der n-dotierten Halbleiterschicht und einem Elektronenmangel in der p-dotierten Schicht bewegen sich unter Lichteinfluss die Elektronen von n-dotiert nach p-dotiert und eine elektrische Spannung entsteht.

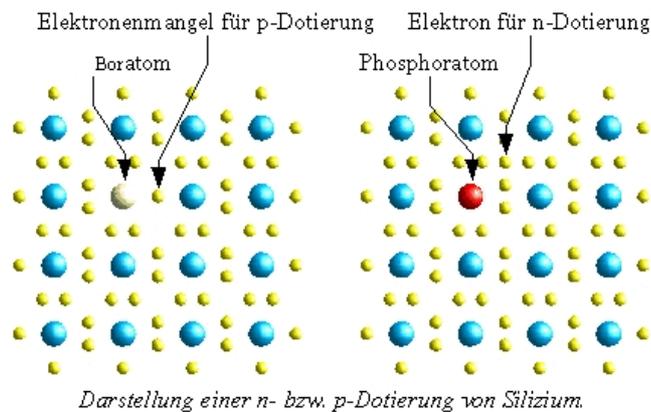


Abbildung 17; Darstellung der Dotierung

Es gibt bei den Solarzellen mehrere Modultypen je nach Aufbau der Zellen:

- Monokristalline Zellen
- Polykristalline/multikristalline Zellen
- Amorphe Zellen - Dünnschichtzellen
- Mehrschichtzellen

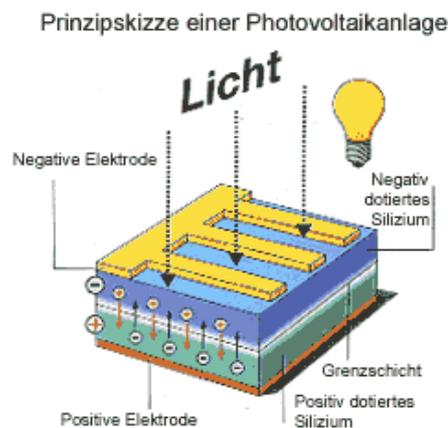


Abbildung 18: Prinzipskizze einer PV-Anlage

Die einzelnen Solarzellen besitzen meist eine Größe von 10/10 cm und sind über Strings zu Modulen von 36 bis 40 Stück verschaltet und mit einer oberseitigen eisenarmen Glas-Abdeckung versehen. Zum Schutz und zum leichteren Transport und der Montage sitzen die Module in einem Aluminiumrahmen. Die meisten Solarzellen werden aus Silizium, das in Scheiben geschnitten wird (Wafer), hergestellt. Aus polykristallinem Silizium kann in einem Veredelungsverfahren durch starkes Erhitzen monokristallines Silizium entstehen, das einen höheren Wirkungsgrad aufweist. Die benötigte Fläche für 1 kWp ist abhängig vom Material der Solarzellen und dem Modulwirkungsgrad, wobei monokristalline Module mit 15-18 % den höchsten Wirkungsgrad besitzen. Sie liegen damit vor den polykristallinen und Dünnschicht-Modulen und erfordern so auch die geringste Fläche. Mit steigenden Temperaturen in den Modulen verringert sich der Wirkungsgrad um 0,5 % pro Kelvin, weshalb die Module gut belüftet sein sollten.

Senkrecht zur Sonne geneigte Flächen weisen durch den vom Boden reflektierten zusätzlichen Strahlungsanteil stets eine höhere Bestrahlungsstärke auf als eine horizontale Ebene. Idealerweise werden die Fotovoltaikmodule mit einer Neigung von 30° bis 40° in Südausrichtung auf dem Dach oder in der Freifläche aufgestellt. Ein steilerer Anstellwinkel von ca. 60° erhöht den Ertrag im Winter und ist vor allem für die Alpenregion geeignet. Winkel unter 20° sollten nicht gewählt werden, da die Module nicht genügend durch den Regen gereinigt werden können und die Schneedecke nicht abrutschen kann.

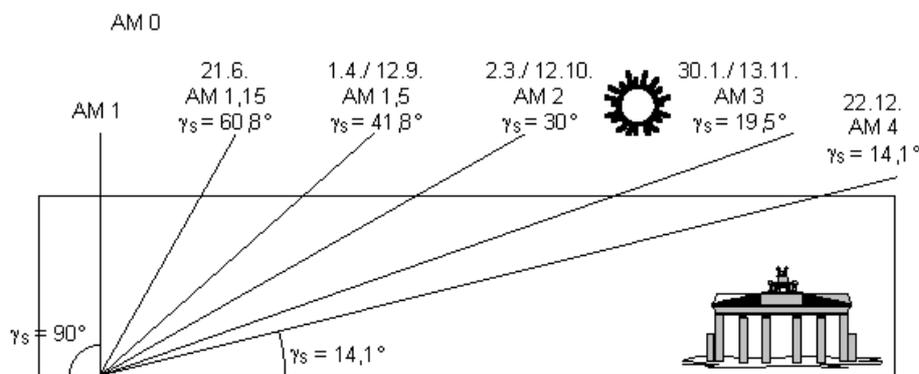


Abbildung 19: Sonnenstandswinkel jahreszeitenabhängig

Ertragseinbußen durch Verschmutzungen und Schnee können so reduziert werden. Verschattungen der Module durch Dachaufbauten, Kamine, Nachbargebäude oder hohe Bäume beeinträchtigen die Leistung der Anlage und können zu Ertragseinbußen von bis zu 10 % führen. In diesem Fall liefert die komplette Anlage aller in Reihe geschalteter Module nur so viel Strom wie der abgeschattete Modulteil. Der Strom fließt jedoch weiterhin durch das verdunkelte Modulteil und wandelt Energie in Wärme um, was im schlimmsten Fall zur Überhitzung und Zerstörung des Moduls führen kann (Hot-Spot-Effekt). In diesem Fall ist anzuraten, falls die Verschattung nicht zu vermeiden ist, die Module über Bypassdioden so zu verschalten, dass die Verschattung nur einige wenige Solarzellen betrifft. Werden mehrere Module in Reihe betrieben, so muss parallel zu jedem Modul eine Diode geschaltet werden. Der maximale Strom und die Sperrspannung der Diode entsprechen den Strom- und Spannungswerten eines Moduls. Gleichrichterioden mit 3 Ampere / 100 Volt sind gängig. Die Freilaufdiode ist so an den Anschlussklemmen jedes Moduls geschaltet, dass sie im normalen Betriebszustand (Modul liefert Strom) in Sperrrichtung gepolt ist (Kathode = mit Ring markierte Seite der Diode an Pluspol des Moduls). Wenn das Modul durch Verschattung oder durch einen Defekt keinen Strom liefert, würde sich die Spannung an den Klemmen umpolen und das Modul beschädigen, zumindest jedoch die Leistung der in Reihe geschalteten Module einer Kette verringern. Durch die Freilaufdiode wird die Verpolung verhindert und der Strom wird aufrechterhalten.

Der über eine Solaranlage erzeugte Strom kann in Batterien oder Akkumulatoren gespeichert werden, so dass Zeiten ohne Sonnenstrahlung leistungsmäßig überbrückt werden können. Mit einer Solaranlage z. B. auf dem Dach eines Hauses kann die erzeugte Energie entweder direkt für die Stromversorgung des Hauses genutzt werden oder es wird in das öffentliche Netz eingespeist. Es kann mit ca. 800 bis 900 kWh Solarerträgen im Jahr pro installierte Leistung  $\text{kW}_{\text{peak}}$  gerechnet werden. Ein  $\text{kW}_p$  benötigt auf einem geneigten Dach, je nach Leistung der einzelnen Module und abhängig von der Dachneigung, eine Fläche von ca. 6-10  $\text{m}^2$ . Bei Stromzählern mit der Möglichkeit der Selbstnutzung hat diese immer die erste Priorität, erst dann wird überschüssiger Stromertrag in das Stromnetz eingespeist.

### 2.1.2 Solarthermie

In den Solarkollektoren erwärmt die Solarenergie den Wärmeträger. Über den Wärmetauscher im Speicher wird die Solarwärme an das Heizungswasser abgegeben oder zur Trinkwassererwärmung genutzt. Um einen möglichst hohen Ertrag zu erzielen, werden Flach- oder Vakuumröhrenkollektoren eingesetzt. Während früher in erster Linie Solarkollektoren zur Warmwasserbereitung eingesetzt wurden, werden heute immer häufiger Solarthermieanlagen zur kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung installiert.

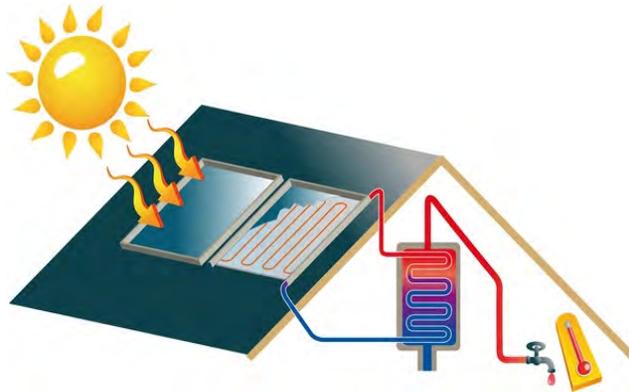


Abbildung 20: Anschluss Solarkollektor an Heizungssystem

Im Prinzip bestehen Flachkollektoren aus einem Gehäuse, das innen mit einer dunklen Absorberschicht ausgestattet ist. Diese Schicht sorgt für eine sehr gute Erwärmung, wandelt also die vorhandene solare Strahlung besonders gut in Wärme um. Auf der Absorberschicht, im Gehäuse, verlaufen Rohre, in denen eine sogenannte Wärmeträgerflüssigkeit fließt. Abgedeckt wird der Solarkollektor mit einem speziellen Solarglas, das einerseits sehr stabil ist und andererseits sehr lichtdurchlässig, um möglichst viel Licht in Wärme umwandeln zu können. Die Gehäuse der Flachkollektoren sind wärmedämmend, um ihre Effizienz zu steigern.

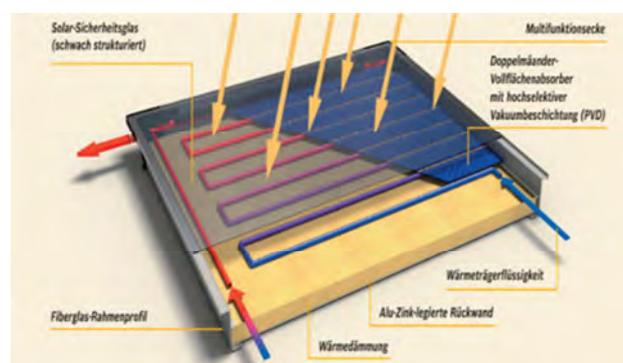


Abbildung 21: Prinzipskizze eines Solarkollektors

Die meisten der heutzutage gebauten Solaranlagen sind Anlagen zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung. Hauptgrund ist die höhere Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Anlage (siehe Grafik). So lassen sich mit einer gut dimensionierten hochwertigen Solaranlage bis zu 2/3 der Heizkosten einsparen (Je nach Dämmstandard des Hauses). Die optimale Ausrichtung des Kollektors ist nach Süden mit 45° Dachneigung. Steiler oder flacher reduziert den Ertrag.



Abbildung 22: Einsparpotential durch Solaranlagen und Dämmung

## 2.2 Experimente bei der Solarenergie

Bei den Experimenten zur Solarenergie werden ein Versuch zur thermischen und ein Versuch zur elektrischen Solarenergie-Photovoltaik angeboten. Der Versuchsaufbau mit der Solarenergie auf den Styroporhäusern ist realitätsnah.

### 2.2.1 Versuch 7 - Solarthermie

Die Fähigkeit einer dunklen Fläche, die Wärmestrahlung gut aufzunehmen, liefert die Grundlage für die Konstruktion eines Solarkollektors. Die Fläche ist zudem mit einer Glasplatte abgedeckt, um zu verhindern, dass die absorbierte Wärme wieder entweicht.



Abbildung 23: Versuchsaufbau Solarthermie

**Materialien:** Styroporhaus  
 Wasser (Wasserkocher)  
 Schwarzes Plastikfläschchen vom Styroporhaus  
 Thermometer

**Arbeitsablauf:**

1. Wasser in die schwarze Flasche einfüllen.
2. Temperatur mit einem Thermometer in der Flasche messen.

3. Flasche in die Sonne stellen oder mit einer Lampe erwärmen (Vorsicht - genügend Abstand wahren, der Kunststoff ist wärmeempfindlich).
4. Messergebnisse in die Tabelle notieren und auswerten.

### 2.2.2 Versuch 8 - Photovoltaik

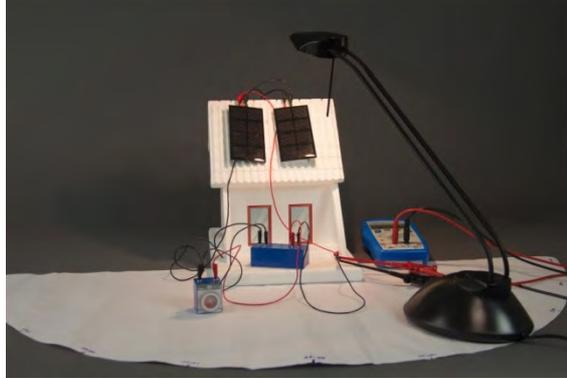


Abbildung 24: Versuchsaufbau Photovoltaik

**Materialien:** Powerhaus  
 2 Solarzellen mit roter und schwarzer Anschlusslitze  
 Motor/LED-Licht (Waschmaschine/Fernseher)  
 Multimeter  
 Sonnenlicht oder Lichtquelle

**Arbeitsablauf:**

1. Anschlusslitzen in das oberste Loch der Steckfedern stecken, durch die Löcher am Dach durch das Haus und anschließend über der Türe von innen nach außen führen.
2. Solarzelle auf das Powerhaus montieren.
3. Anschlusslitzen mit den Verlängerungskabeln zusammenstecken und mit dem Motor verbinden.
4. Solarzelle in die Sonne oder unter eine Lichtquelle stellen.
5. Beobachtungen notieren und vergleichen.

## 3 Klimawandel

### 3.1. Physikalische Grundlagen beim Klimawandel

Auf der Erde besteht ein natürlicher Treibhauseffekt, ohne den kein oder nur sehr beschränkt Leben auf der Erde möglich wäre, da die weltweite mittlere Temperatur in Bodennähe nur ca.  $-18^{\circ}$  betragen würde. Die Temperatur im Weltall beträgt  $-273^{\circ}\text{C}$ , auf der Erde sinkt die Temperatur höchstens auf  $-90^{\circ}\text{C}$ . In der Atmosphäre befinden sich wärmestauende Gase, die verhindern, dass zu viel Wärme aus der Sonnenstrahlung in den Weltraum zurückreflektiert wird. Wasserdampf hat an diesen Gasen in der Atmosphäre den größten Anteil und entspringt dem Wasserkreislauf der Erde. Das ebenfalls enthaltene Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), das bei der Verbrennung fossiler Stoffe wie Kohle oder Erdöl entsteht, ferner bei Waldbränden oder Vulkanausbrüchen, ist zwar in wesentlich geringerer Menge vorhanden, aber es hält die Wärme länger fest und führt so zu einer Temperaturerhöhung der Luft. Anteile am durch den Menschen verursachten Treibhauseffekt (Anthropogener Treibhauseffekt) haben zu einem geringeren Anteil auch die Gase Fluorkohlenwasserstoff (FCKW) aus den Kälteanlagen der Industrie sowie Methan ( $\text{CH}_4$ ), das sich beim Reisanbau und der Rinderhaltung entwickelt.

Treibhausgas	chem. Formel	Beitrag zum natürlichen Treibhauseffekt	
		in °C	in %
Wasserdampf	H <sub>2</sub> O	20,6	62,4
Kohlendioxid	CO <sub>2</sub>	7,0	21,2
bodennahes Ozon	O <sub>3</sub>	2,4	7,4
Distickstoffoxid	N <sub>2</sub> O	1,4	4,0
Methan	CH <sub>4</sub>	0,8	2,4
weitere		0,6	1,9
<b>Summe</b>		<b>33,0</b>	<b>100,0</b>

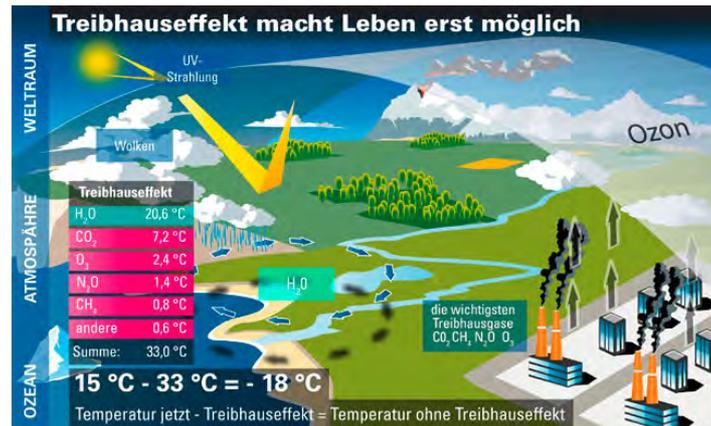


Abbildung 25: Anteil Treibhausgase, Quelle Universität Berlin

Der Mensch beeinflusst den natürlichen Treibhauseffekt, indem die Verbrennung fossiler Energieträger wie Kohle, Gas oder Öl die Luft mit zusätzlichem Kohlendioxid anreichert und so die Temperatur auf der Erde stark anhebt. In den letzten 100 Jahren betrug die Temperaturzunahme 0,9 K. Für die nächsten 50 Jahre gehen Prognosen sogar von einem Anstieg auf 2 bis 5 K aus, wenn sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß nicht reduziert. Die Folgen des Temperaturanstiegs sind schmelzende Gletscher und Polkappen, Klimaextreme wie Starkregen, Dürren, Stürme und gefährlichen Unwetter mit Überschwemmungen.

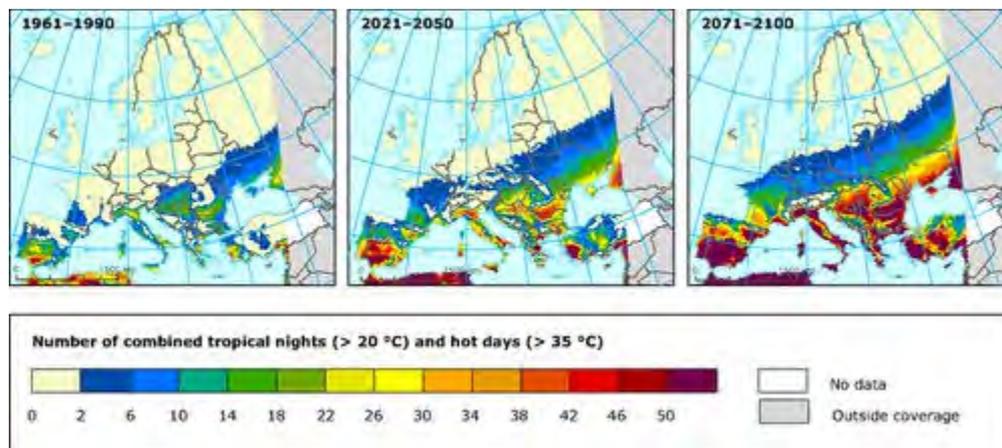


Abbildung 26: Klimaerwärmung bis 2100

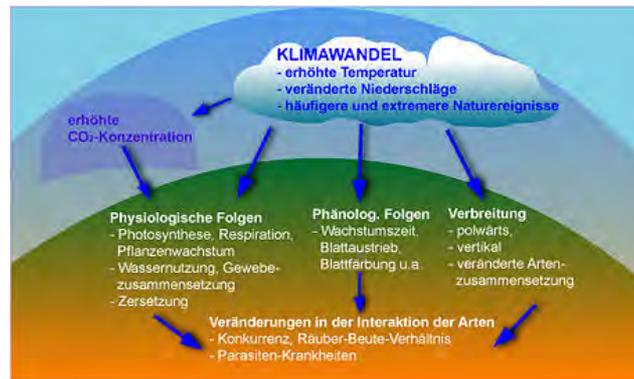


Abbildung 27: Folgen des Klimawandels

Die Industriestaaten wie Amerika oder Europa haben gemessen an der Weltbevölkerung zwar nur einen geringen Bevölkerungsanteil (Amerika 4%, Europa 10%), dennoch ist der Energieverbrauch, der zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß führt, sehr hoch. Um die Erderwärmung zu reduzieren, darf jeder Bewohner nur maximal 2 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr verursachen. Betrachtet man die Zahlen in der Tabelle, so sieht man, dass die Industriestaaten von diesem Wert weit entfernt sind. Dazu kommt, dass China und die arabischen Staaten Steigerungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen über 100 % zu verzeichnen haben.

Land/Region	Insgesamt			Je Einwohner		
	in Millionen Tonnen	Veränderung in %	1990-2007	in Tonnen	Veränderung in %	1990-2007
	1990	2007		1990	2007	
China (ohne Hongkong)	2 211	6 028	172,6	1,95	4,57	134,5
Vereinigte Staaten	4 863	5 769	18,6	19,44	19,10	- 1,8
Russische Föderation	2 180	1 587	- 27,2	14,70	11,21	- 23,8
Indien	589	1 324	124,7	0,69	1,18	69,9
Japan	1 065	1 236	16,1	8,63	9,68	12,2
Deutschland	950	798	- 16,0	11,98	9,71	- 19,0
Kanada	432	573	32,5	15,61	17,37	11,3
Vereinigtes Königreich	553	523	- 5,4	9,66	8,60	- 10,9
Republik Korea	229	489	113,1	5,35	10,09	88,6
Iran, Islamische Republik	175	466	165,8	3,22	6,56	103,6
Weit	20 981	28 962	38,0	3,99	4,38	9,8

Abbildung 28: CO<sub>2</sub>-Ausstoß nach Ländern

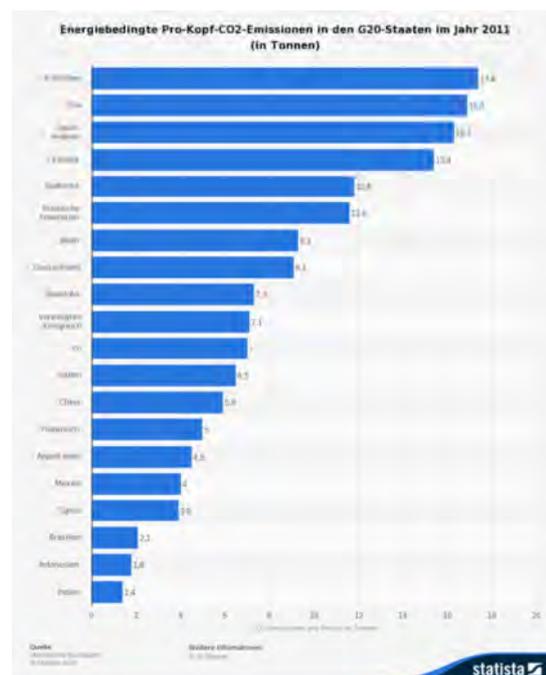


Abbildung 29: Energiebedingte Pro-Kopf-Emission, G20 Staaten

## 3.2. Experimente im Klimawandel

Für die Experimente im Klimawandel sind zwei Versuche möglich. Einmal wird der Treibhauseffekt simuliert, beim anderen Versuch wird mittels Natron und Essig  $\text{CO}_2$  hergestellt und der Einfluss auf die Lufttemperatur gemessen.

### 3.2.1 Versuch 9 - Treibhauseffekt 1

In diesem Experiment wird dokumentiert, welche Auswirkungen  $\text{CO}_2$  auf die Temperatur der Luft hat.



Abbildung 30: Versuchsaufbau Klimawandel

#### Materialien:

Glas  
Thermometer  
Lichtquelle  
Essig  
Natron  
Telöffel  
Pipette oder Spritze

#### Arbeitsablauf:

1. Temperaturfühler in das Glas stellen und mit der Lampe ca. 5 Min. bestrahlen.
2. Nach fünf Minuten die Temperatur ablesen und in die Tabelle das Messergebnis notieren.
3. Im Glas etwas Natronpulver an den Rand geben.
4. Mit der Pipette etwas Essig auf das Natron geben. Es entsteht  $\text{CO}_2$ .
5. Temperatur ablesen und notieren.



Abbildung 31: Herstellung von  $\text{CO}_2$

### 3.2.2 Versuch 10 - Treibhauseffekt

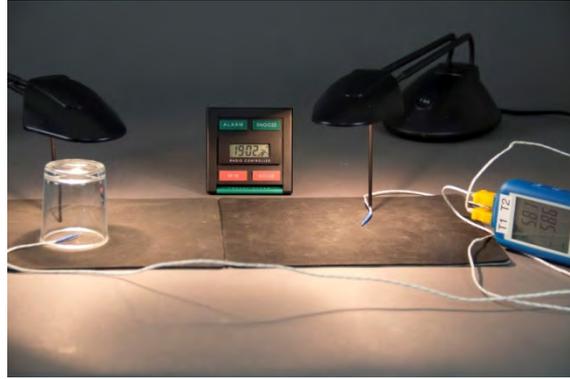


Abbildung 32: Versuchsaufbau Treibhauseffekt

**Materialien:** Glas  
Thermometer  
Schwarze Unterlage  
Lichtquelle

**Arbeitsablauf:**

1. Thermometer auf der Unterlage platzieren und die Temperatur nach ca. 5 Minuten ablesen.
2. Über das Thermometer ein Glas stülpen.
3. Warten bis sich die Temperatur im Glas und der umgebenden Luft stabilisiert hat, Temperatur ablesen und in die Tabelle notieren.

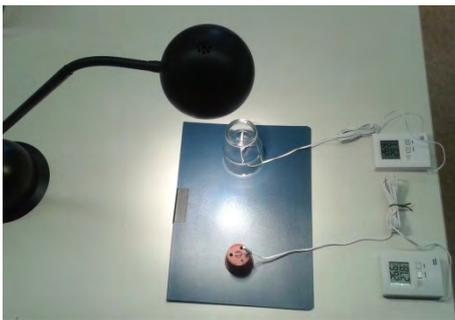


Abbildung 33: Temperaturmessung



Abbildung 34: Temperaturen unter Glas

## 4.1 Physikalische Grundlagen der Lichttechnik

Bei einer Wellenlänge von 555 nm kann das Auge nur einen Lichtstrom von maximal 683 Lumen beim Tagsehen wahrnehmen. Beim Nachtsehen geht die spektrale Empfindlichkeit des Auges auf 507 nm Wellenlänge zurück. Die theoretisch effizienteste Lichtquelle besitzt also eine Lichtausbeute von 683 lm/W. Dieses Licht erscheint jedoch monochrom grün und ist so nicht einsatzfähig. Grünes Licht wird vom menschlichen Auge zehnmal heller wahrgenommen als rotes oder blaues. Rotes oder blaues Licht besitzt also eine maximale Lichtausbeute von 68,3 lm/W. In der Mischung als weißes Licht kann eine Lichtausbeute von 273 lm/W als Maximalwert erreicht werden.



Abbildung 35: Maximale Lichtausbeute, Quelle: Ledshit

Die Lichtausbeute alleine ist aber nicht entscheidend für die Verwendung einer Lampe. Natriumdampf lampen erzeugen ein Licht, das alles gelb erscheinen lässt. Der Einsatz dieses Leuchtmittels ist deshalb trotz höchster Effizienz sehr beschränkt. Sehr gute LED-Lampen können heute eine Lichtausbeute von 100 lm/W erreichen. Eine LED, die unter 50 lm/W liegt, ist qualitativ nicht sehr hochwertig

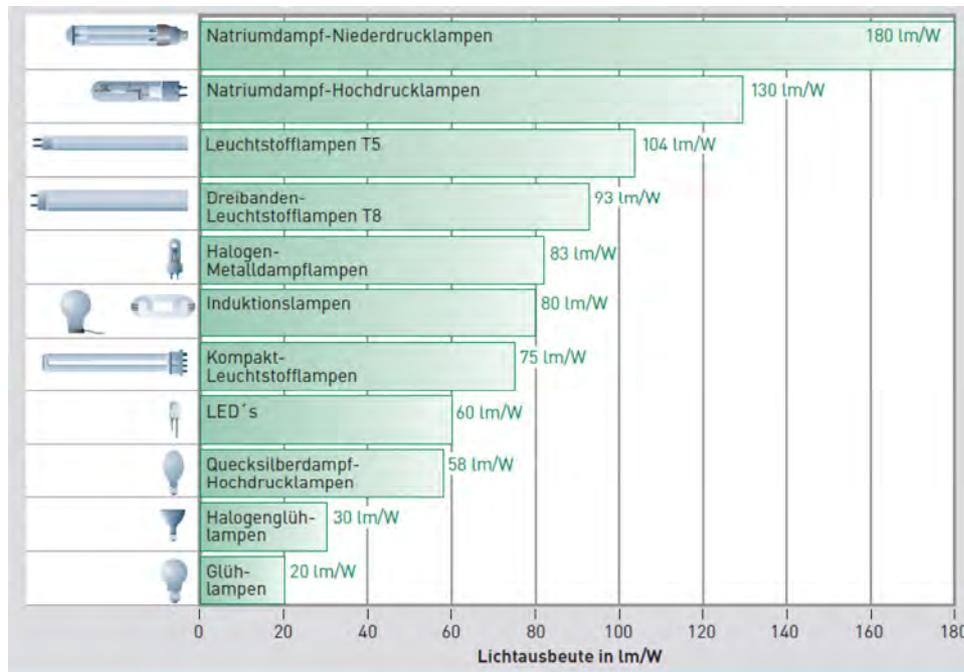


Abbildung 36: Lichtausbeute der Lampentypen, Quelle: trilux

Ähnlich den Haushaltsgeräten werden Lampen in Effizienzklassen eingeteilt. Die Etikettierung erfolgt mit der Effizienztreppe, die eine Farbskala der Energieeffizienzklassen von A (sehr effizient) bis G (ineffizient) abbildet. Ferner finden sich dort Angaben über den Lampenlichtstrom, die Lampenleistung und die mittlere Lebensdauer. Die Messverfahren zur Bestimmung der Energieeffizienzklasse können der EN 50285 „Energieeffizienz von elektrischen Lampen für den Hausgebrauch – Messverfahren“ entnommen werden.

Energieeffizienzklasse	Lampenart
A	Dreibanden-Leuchtstofflampen, besonders energiesparende Kompaktleuchtstofflampen ohne oder mit eingebautem elektronischem Vorschaltgerät
B	Ringleuchtstofflampen, Dreibanden-Leuchtstofflampen mit sehr guter Farbwiedergabe, Standard-Leuchtstofflampen, Kompakt-Leuchtstofflampen je nach Leistungsaufnahme und solche mit eingebautem konventionellem Vorschaltgerät
C	Entfällt für Lampen
D	Halogenglühlampen
E	Allgebrauchsglühlampen
F	Dekorative Glühlampen, wie Kerzen- und Tropfenlampen
G	Weitere dekorative und farbige Glühlampen

Abbildung 37: Beschreibung der Effizienzklassen

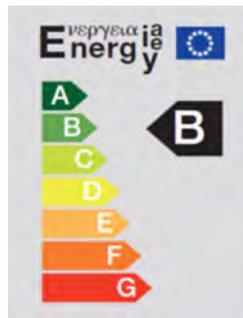


Abbildung 38: Effizienzklassen-Label

Früher galt die Leistung in Watt als Anhaltspunkt zur Auswahl einer Lampe. Mit steigender Effizienz wird der Lichtstrom einer Lampe immer wichtiger, da mit immer weniger Watt eine größere Helligkeit erzielt werden kann. Daneben müssen auch die Farbwiedergabe, der sogenannte Ra-Wert und die Farbtemperatur für die Lichtfarbe beachtet werden, um zu entscheiden, ob das gewählte Leuchtmittel für den geplanten Einsatz geeignet ist.

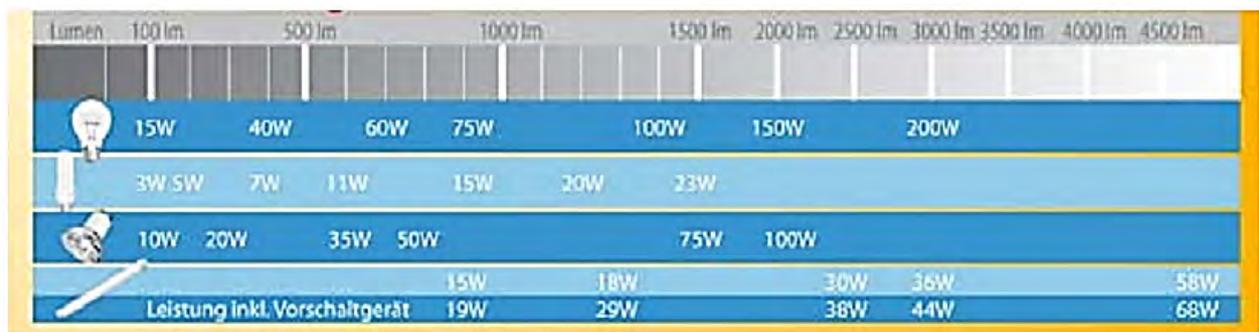


Abbildung 39: Zuordnung Lumen/Watt, Quelle: WSH GmbH, Gummersbach

Einige Hersteller versuchen einen möglichst hohen Lichtstrom zu erzeugen und erhöhen das Farbspektrum im gelbgrünen Bereich. Dies führt jedoch zu großen Einbußen bei der Farbwiedergabe. Der Ra-Wert sollte mindestens bei 80 liegen, die Farbtemperatur für warmweißes Licht als vorrangige Verwendung im Haushalt liegt bei 2700 Kelvin.



Abbildung 40: Lichtfarben, Quelle: WSH GmbH, Gummersbach

Unabhängig von der Lumenzahl ist für das richtige Licht vor allem an der Arbeitsstätte die Beleuchtungsstärke (Lux) wichtig, die an der Stelle ankommt, wo sie beim Arbeiten gebraucht wird. Deshalb werden Beleuchtungsstärken an Arbeitsplätzen in Höhe des Schreibtisches gemessen und in Treppenhalle 10 cm über dem Fußboden, um Stolpergefahren erkennen zu können. Je konzentrierter und feiner das Arbeiten ist, desto höher muss die Beleuchtungsstärke sein.



Abbildung 41: Erforderliche Luxwerte, Quelle WSH GmbH, Gummersbach

## 4.2 Experimente in der Lichttechnik

### 4.2.1 Versuch 11 - Wirkungsgrad von Lampen

In diesem Experiment werden die Lichtausbeute und damit der Wirkungsgrad verschiedener Lampentypen dargestellt. Dazu wird die Leistung und die Beleuchtungsstärke von vier Lampenarten gemessen und das Verhältnis der Beleuchtungsstärke zur Leistung ermittelt. Je größer die Lichtausbeute ist, desto effizienter arbeitet die Lampe.



Abbildung 42 Versuchsaufbau Wirkungsgrad von Lampen

**Materialien:** Glühlampe 25 W  
Halogenlampe 20 W  
Energiesparlampe 5 W  
LED 4 W  
Strommessgerät  
Luxmeter

#### Arbeitsablauf:

1. Lampen in die Fassung schrauben
2. Leistung der einzelnen Lampen mit dem Strommessgerät messen.
3. Beleuchtungsstärke mit dem Luxmeter messen.
4. Messergebnisse in die Tabelle notieren, Wirkungsgrad/Lichtausbeute ermitteln und auswerten



Abbildung 43: Versuchsaufbau Halogenlampe/LED

## 5 Energieeffizienz bei der Unterhaltungselektronik

### 5.1 Physikalische Vorgänge bei Bereitschaftsverlusten

Viele Elektrogeräte sind trotz Betätigung des An/Aus-Schalters oder des Herunterfahrens des PCs nicht vollständig vom Netz getrennt. Diese nach wie vor fließende Strom und damit der unnötige Verbrauch lässt sich ohne Messung nicht erkennen und kann nur durch eine komplette Netzabschaltung zum Beispiel über eine schaltbare Steckdosenleiste vermieden werden. Zur Quantifizierung der Leistung muss eine Messung mit einem Strommessgerät durchgeführt werden.

Standby-Verbrauch von Elektrogeräten			
Gerätetyp	Sparsames Gerät: Verbrauch/Kosten pro Jahr:	Unwirtschaftliches Gerät: Verbrauch/ Kosten pro Jahr	Bereitschafts- betrieb notwendig
Ladegerät (z. B. Handy)	0 W/0 Euro	1,4 W/2,00 Euro	nein
Computer	0,6 W/0,84 Euro	3,8 W/5,33 Euro	nein
Laptop (ausgeschaltet, aber am eingesteckten Netzteil)	0,5 W/0,70 Euro	2 W/2,80 Euro	nein
Monitor	0,5 W/0,70 Euro	1,4 W/2,00 Euro	nein
DSL-Router	1,5 W/2,10 Euro	12 W/16,80 Euro	nein
Anrufbeantworter	2,4 W/4,20 Euro	5 W/7,00 Euro	ja
Fax	2,9 W/4,06 Euro	5,9 W/8,27 Euro	ja
Schnurlos-Telefon	0,8 W/1,12 Euro	2,2 W/3,10 Euro	ja
Sat-/Kabel-Receiver	7 W/10 Euro	30 W/42 Euro	ja
DVD-Recorder	2,5 W/3,50 Euro	8 W/8,80 Euro	ja
Videoprojektor	0,1 W/0,01 Euro	14 W/20 Euro	nein
Subwoofer	1,0 W/1,40 Euro	10 W/14 Euro	nein
Kaffee-/Espressomaschine	1,6 W/2,24 Euro	35 W/50 Euro	nein
Lampentrafo (Schreibtischlampe, Deckenfluter)	5 W/7,00 Euro	10 W/14,00 Euro	nein

Abbildung 44: Standby-Verbrauch Elektrogeräte, Quelle : Computer-Bild

Auch bei der Anschaffung ist auf Energieeffizienz zu achten. So verbraucht ein Laptop wesentlich weniger Strom als ein Desktop-PC. Die Entwicklung bei den Prozessoren führt zu immer höheren Leistungen gekoppelt mit einem hohen Stromverbrauch. Ähnlich ist die Entwicklung bei den Grafikkarten. Man muss sich also genau überlegen, wie der PC verwendet werden soll, für die meisten Anwendungen genügen auch stromsparende Prozessoren (Transmeta, Via statt Intel oder GeForce).

## 5.2 Experimente zur Vermeidung von Bereitschaftsverlusten

Viele Elektrogeräte verbrauchen auch im ausgeschalteten Zustand Strom. Zwei Experimente, eines mit dem Computer, das andere mit einer Schreibtischlampe, zeigen diese Verluste auf.

### 5.2.1 Versuch 12 - Strombedarf von Computern

Computer ziehen je nach Betriebszustand unterschiedliche Leistungen. In die Tabelle wird die gemessene Leistung eingetragen. So kann ermittelt werden, welcher Energieverbrauch vermieden werden kann und wie viel Geld gespart wird.

**Materialien:** Computer  
Monitor  
Strommessgerät

**Arbeitsablauf:**

1. In verschiedenen Betriebszuständen mit dem Strommessgerät den Verbrauch messen.
2. Die Leistung notieren.

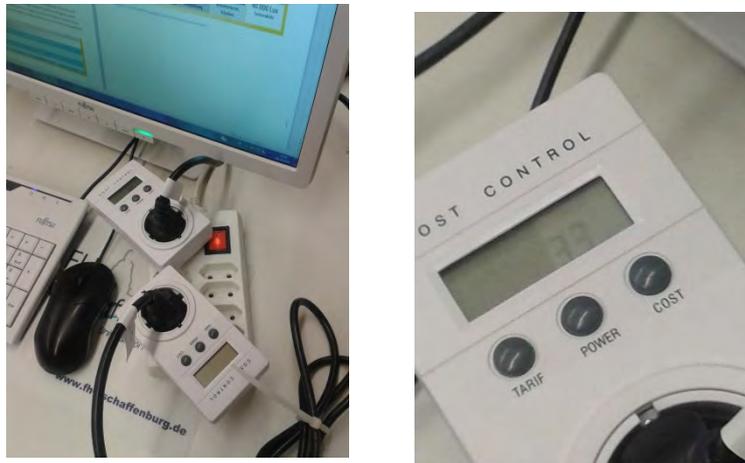


Abbildung 45: Leistungs-Messung PC und Monitor

## 6 Materiallisten und Kosten der Experimente

### Bezugsquellen:

Reichelt Elektronik GmbH & Co. KG, Elektronikring 1, 26452 Sande, Tel. 04422-955-333

Kosmos Ersatzteilservice, Reha-Werkstatt in Laisen, Postfach 10 27 45 70023 Stuttgart, Tel. 07121-514-8978

Printus, Carl-Zeiss-Str. 1, 77656 Offenburg, Tel. 0781-607-100

Arnulf Betzold GmbH, Wilhelm-Maybachstr. 1, 73479 Ellwangen, Tel. 07961-9000-0

Kaut Bullinger, Rosenstr. 8, 80331 München, Filialen deutschlandweit

Farnell, Karl-Hammerschmidt-Str. 38, 85609 Aschheim, Tel. 089-61 3030, Fax 089-61 35 90 1, E-Mail: [verkauf@farnell.com](mailto:verkauf@farnell.com)

## Kostenaufwand für die Versuche

Versuch 1	Wärmedämmung	144,50 €
Versuch 2	Gebäudehülle	241,50 €
Versuch 3	Wärmeleitung	44,45 €
Versuch 4	Mehrfachverglasung	109,44 €
Versuch 5	Wintergarten	130,50 €
Versuch 6	Lüftung	155,30 €
Versuch 7	Solarthermie	112,65 €
Versuch 8	Photovoltaik	205,98 €
Versuch 9	Klimawandel 1	131,25 €
Versuch 10	Klimawandel 2	129,35 €
Versuch 11	Energieeffizienz Lampen	112,60 €
	<b>Gesamt</b>	<b>1517,52 €</b>

## Versuch 1 - Wärmedämmung



### Materialien:

Artikel	Bezug	Bestellnummer	Preis (inkl. MwSt)
Plastikkiste mit Deckel 35 l, Useful Box	Printus	475 798-43	16,65 €
Papphaus mit Schaumstoffdach	Selbstbau	-	-
Polystyrolhülle zum Überstülpen	Selbstbau	-	-
Elektronisches Thermometer	Reichelt Elektronik	WS 1011	13,80 €
Stoppuhr HI TRAX GO	Reichelt Elektronik	HI TRAX GO	19,90 €
Laborschaltnetzteil, 1 -30 V DC, 0 – 5 A	Reichelt-Elektronik	PEAKTECH 6225	69,95 €
Drahtwiderstand, Serie RH025, 1,0 Ohm	Reichelt-Elektronik	25WMETALL 1,0	2,05 €
Kabel rot und schwarz, 2,5 mm <sup>2</sup> , Ringware, 2x2 m, Länge je 50 cm	Reichelt-Elektronik	SIK 225 2	10,95 €
Lüfter 40/40/20 mm, U/min. 6200, 12 V	Reichelt-Elektronik	LÜFTER-4020 12V	1,90 €
Stiftkühlkörper 40/40/20 Fischer Elektronik	Farnell	1850058	7,82 €
Vollkontaktstecker 4 mm rot mit Lötanschluss	Reichelt-Elektronik	VON 30 RT	0,74 €
Vollkontaktstecker 4 mm schwarz mit Lötanschluss	Reichelt-Elektronik	VON 30 SW	0,74 €
		<b>Gesamtkosten</b>	<b>144,50 €</b>

## Versuch 2- Gebäudehülle



### Materialien:

Artikel	Bezug	Bestellnummer	Preis (inkl. MwSt)
Plastikkiste mit Deckel 35 l, Useful Box	Printus	475 798-43	16,65 €
Styroporhaus	Selbstbau	-	-
Holzhaus	Selbstbau	-	-
Elektronisches Thermometer 2x	Reichelt Elektronik	WS 1011	27,60 €
Stoppuhr HI TRAX GO	Reichelt Elektronik	HI TRAX GO	19,90 €
Laborschaltnetzteil, 1 - 30 V DC, 0 – 5 A; 2x	Reichelt-Elektronik	PEAKTECH 6225 Einzelpreis 69,95 €	139,90 €
Drahtwiderstand, Serie RH025, 1,0 Ohm; 2x	Reichelt-Elektronik	25WMETALL 1,0 Einzelpreis 2,05 €	4,10 €
Kabel rot und schwarz, 2,5 mm <sup>2</sup> , Ringware, 2x2 m, Länge je 50 cm	Reichelt-Elektronik	SIK 225 2	10,95 €
Lüfter 40/40/20 mm, U/min. 6200, 12 V; 2x	Reichelt-Elektronik	LÜFTER-4020 12V Einzelpreis 1,90 €	3,80 €
Stiftkühlkörper 40/40/20 Fischer Elektronik; 2x	Farnell	1850058 Einzelpreis 7,82 €	15,64 €
Vollkontaktstecker 4 mm rot mit Lötanschluss; 2x	Reichelt-Elektronik	VON 30 RT, Einzelpreis 0,74 €	1,48 €
Vollkontaktstecker 4 mm schwarz mit Lötanschluss; 2x	Reichelt-Elektronik	VON 30 SW, Einzel- preis 0,74 €	1,48 €
		<b>Gesamtkosten</b>	<b>241,50 €</b>

## Versuch 3 - Wärmeleitung



### Materialien:

Artikel	Bezug	Bestellnummer	Preis (inkl. MwSt)
Plastikkiste mit Deckel 18 l, Useful Box	Printus	253 0872	11,50 €
Digitales Infrarotthermometer 10:1, -18° bis 280°	Reichelt Elektronik	UT 300 A	29,95 €
Pappkarton	Selbstbau	-	-
Styroporplatte	Selbstbau	-	-
Holzplatte	Selbstbau	-	-
Kupferplatte	Selbstbau	-	-
Schafwolldämmplatte	Muster	-	-
Vakuumdämmplatte	Muster	-	-
Fliese	Muster	-	-
Weißes Klebeband	Bürobedarf	-	3,00 €
		<b>Gesamtkosten</b>	<b>44,45 €</b>

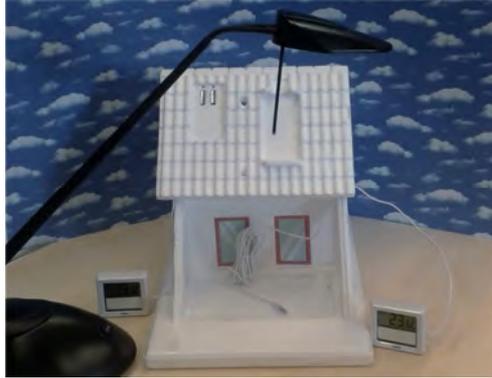
## Versuch 4 -Mehrfachverglasung



### Materialien:

Artikel	Bezug	Bestellnummer	Preis (inkl. MwSt)
Plastikkiste mit Deckel 18 l, Useful Box	Printus	253 0872	11,50 €
Digitales Infrarotthermometer 10:1, -18° bis 280°	Reichelt Elektronik	UT 300 A	29,95 €
6 Glasscheiben mit Zwischen- hölzern	Selbstbau	-	-
3 Keramikbecher	Haushaltswaren	Ca. 2 € pro Stück	6,00 €
Messbecher, 0,5 l	Haushaltswaren	Ca. 5 €	5,00 €
Thermoskanne	Haushaltswaren	Ca. 20 €	20,00 €
Wasserkocher, 1,2 l, Edelstahl	Printus	609 990	36,99 €
		<b>Gesamtkosten</b>	<b>109,44 €</b>

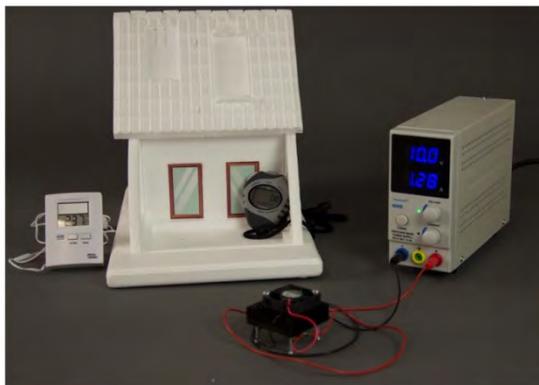
## Versuch 5 - Wintergarten



### Materialien

Artikel	Bezug	Bestellnummer	Preis (inkl. MwSt)
Plastikkiste mit Deckel 35 l, Useful Box	Printus	475 798-43	16,65 €
Styroporteile Powerhaus mit Wintergartenplatte	KOSMOS Ersatz- teilservice	708662	5,90 €
Stanzbogen Powerhaus für Fenster	KOSMOS Ersatz- teilservice	708663	4,90 €
Elektronisches Thermometer; 2x	Reichelt Elektronik	WS 1011	27,60 €
Stoppuhr HI TRAX GO	Reichelt Elektronik	HI TRAX GO	19,90 €
Halogenleuchte 50 W DATA EEK	Reichelt-Elektronik	LT BT G0254806	50,55 €
		<b>Gesamtkosten</b>	<b>130,50 €</b>

## Versuch 6 - Lüftung



### Materialien:

Artikel	Bezug	Bestellnummer	Preis (inkl. MwSt)
Plastikkiste mit Deckel 35 l, Useful Box	Printus	475 798-43	16,65 €
Styroporteile Powerhaus	KOSMOS Ersatzteilservice	708662	5,90 €
Stanzbogen Powerhaus für Fenster	KOSMOS Ersatzteilservice	708663	4,90 €
Elektronisches Thermometer	Reichelt Elektronik	WS 1011	13,80 €
Stoppuhr HI TRAX GO	Reichelt Elektronik	HI TRAX GO	19,90 €
Laborschaltnetzteil, 1 - 30 V DC, 0 – 5 A	Reichelt-Elektronik	PEAKTECH 6225	69,95 €
Drahtwiderstand, Serie RH025, 1,0 Ohm	Reichelt-Elektronik	25WMETALL 1,0	2,05 €
Kabel rot und schwarz, 2,5 mm <sup>2</sup> , Ringware, 2x2 m, Länge je 50 cm	Reichelt-Elektronik	SIK 225 2	10,95 €
Lüfter 40/40/20 mm, U/min. 6200, 12 V	Reichelt-Elektronik	LÜFTER-4020 12V	1,90 €
Stiftkühlkörper 40/40/20 Fischer Elektronik	Farnell	1850058	7,82 €
Vollkontaktstecker 4 mm rot mit Lötanschluss	Reichelt-Elektronik	VON 30 RT	0,74 €
Vollkontaktstecker 4 mm schwarz mit Lötanschluss	Reichelt-Elektronik	VON 30 SW	0,74 €
		<b>Gesamtkosten</b>	<b>155,30 €</b>

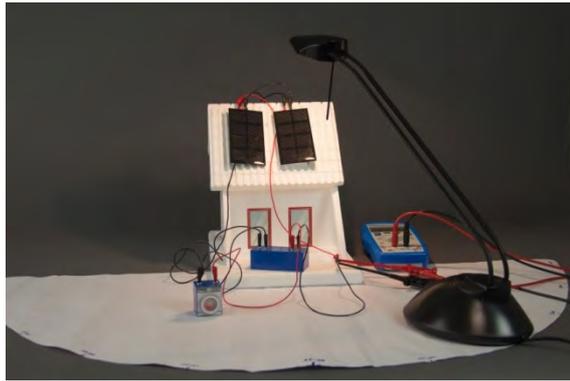
## Versuch 7 - Solarthermie



### Materialien:

Artikel	Bezug	Bestellnummer	Preis (inkl. MwSt)
Plastikkiste mit Deckel, 35 l Useful Box	Printus	475 798-43	16,65 €
Styroporteile Powerhaus	KOSMOS Ersatz- teilservice	708662	5,90 €
Stanzbogen Powerhaus für Fenster	KOSMOS Ersatz- teilservice	708663	4,90 €
Schwarze Plastikflasche mit Ver- schluss	KOSMOS Ersatzteilservice	SET	2,00 €
Digital-Thermometer, 2 CH mit Messstab	Reichelt-Elektronik	PEAKTECH 5140	63,30 €
Halogenleuchte, 50 W DATA EEK	Reichelt-Elektronik	LT BT G0254806	50,55 €
Stoppuhr HI TRAX GO	Reichelt Elektronik	HI TRAX GO	19,90 €
		<b>Gesamtkosten</b>	<b>112,65 €</b>

## Versuch 8- Photovoltaik



### Materialien:

Artikel	Bezug	Bestellnummer	Preis (inkl. MwSt)
Plastikkiste mit Deckel, 35 l Useful Box	Printus	475 798-43	16,65 €
Styroporteile Powerhaus	KOSMOS Ersatz- teilservice	708662	5,90 €
Stanzbogen Powerhaus für Fenster	KOSMOS Ersatz- teilservice	708663	4,90 €
Solar-Motor, 0,4 Volt, 25 mA (Waschmaschine)	Betzold	83718	1,95 €
Solarzellen, 380 mA; 2x	Betzold	83717 Einzelpreis 7,49 €	14,99 €
Multimeter	Reichelt-Elektronik	PEAKTECH 2015	83,00 €
ABS Etui-Gehäuse 54x37x21(Waschmaschine)	Reichelt-Elektronik	SP2043 SW	1,20 €
Messleitung MVL 2mm, rot mit Ste- cker, 50 cm; 2x	Reichelt-Elektronik	MVL 2/50 RT	7,20 €
Messleitung MVL 2mm, schwarz mit Stecker, 50 cm; 2x	Reichelt-Elektronik	MVL 2/50 SW Einzelpreis 3,60 €	7,20 €
Miniaturbuchse rot, 2 mm; 2x	Reichelt-Elektronik	MBI 1 RT Einzelpreis 0,76 €	1,52 €
Miniaturbuchse schwarz, 2mm; 2x	Reichelt-Elektronik	MBI 1 SW Einzelpreis 0,76 €	1,52 €
Miniatur-Einbaubuchse 2 mm blank, (Waschmaschine); 2x	Reichelt Elektronik	MBU1 Einzelpreis 0,95 €	1,90 €
Adapterstecker rot, 2 mm Buchse	Reichelt Elektronik	MZS 4 RT	2,25 €

---

auf 4 mm Stecker			
Adapterstecker schwarz, 2 mm Buchse auf 4 mm Stecker	Reichelt Elektronik	MZS 4 SW	2,25 €
Halogenleuchte, 50 W DATA EEK	Reichelt-Elektronik	LT BT G0254806	50,55 €
Wachstuch 1,40 breit für Sonnenlaufhalbkreis mit aufgeklebten Tageszeiten, Radius ca. 60 cm	Stoffgeschäft oder buttinette.com	4,95 €/m, 60 cm	Ca. 3,00 €
		<b>Gesamtkosten</b>	<b>205,98 €</b>

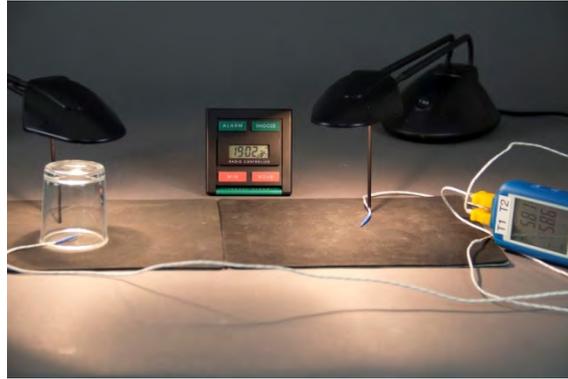
## Versuch 9 - Klimawandel 1



### Materialien:

Artikel	Bezug	Bestellnummer	Preis (inkl. MwSt)
Plastikkiste mit Deckel 18 l, Useful box	Printus	253 0872	11,50 €
Digital-Thermometer , 2 CH mit Messperle	Reichelt-Elektronik	PEAKTECH 5140	63,30 €
Halogenleuchte, 50 W DATA EEK	Reichelt-Elektronik	LT BT G0254806	50,55 €
Essig	Lebensmittelmarkt	Ca. 1 €	1,00 €
Natron	Lebensmittelmarkt	0,40 pro Päckchen	0,40 €
Teelöffel	Haushaltswaren	Ca. 2 €	2,00 €
Glas	Haushaltswaren	Ca. 2 €	2,00 €
Pipette	Apotheke	Ca. 0,50 €	0,50 €
		<b>Gesamtkosten</b>	<b>131,25 €</b>

## Versuch 10 - Klimawandel 2



### Materialien:

Artikel	Bezug	Bestellnummer	Preis (inkl. MwSt)
Plastikkiste mit Deckel 18 l, Useful box	Printus	253 0872	11,50 €
Schwarzes Mousepad	Bürobedarf	Ca. 2,00 €	2,00 €
Digital-Thermometer , 2 CH mit Messperle	Reichelt-Elektronik	PEAKTECH 5140	63,30 €
Halogenleuchte, 50 W DATA EEK	Reichelt-Elektronik	LT BT G0254806	50,55 €
Glas zum Überstülpen	Haushaltswaren	Ca. 2 €	2,00 €
		<b>Gesamtkosten</b>	<b>129,35 €</b>

## Versuch 11 - Energieeffizienz von Lampen



### Materialien:

Artikel	Bezug	Bestellnummer	Preis (inkl. MwSt)
Plastikkiste mit Deckel, 35l Useful Box	Printus	475 798-43	16,65 €
Lampenfassung mit Stecker	Selbstbau	-	-
Glühlampe, 40 W, E27, 415 lm	Conrad		1,00 €
Halogenlampe, 30 W, E27, 405 lm	Reichelt Elektronik		8,00 €
Energiesparlampe, 9 W, E27, 430 lm	Reichelt Elektronik		8,00 €
LED-Lampe, 6 W, E27, 470 lm	Conrad	1227353-22	8,50 €
Luxmeter	Reichelt-Elektronik	PEAKTECH 5065-2	48,10 €
Steckdosenleiste mit Messgerät, Brennenstuhl Ecoline EM 235	Reichelt-Elektronik	EL5FACH EMWS	20,55 €
Steckdose mit Schalter	Reichelt-Elektronik	SSD 3WS	1,80 €
		<b>Gesamtkosten</b>	<b>112,60 €</b>

## Literaturverzeichnis

- [Bug08] BUGGISCH, W und C.: *Klima, Bd. 125*. Tessloff Verlag, 2008
- [Köt10] KÖTHE, R. *Unsere Erde, Bd. 1*.Tessloff Verlag, 2010
- [KU99] KREUZINGER, S. und UNGER, H.: *Agenda 21 – Wir bauen unsere Zukunft*. Verlag an der Ruhr, 1999
- [Gor07] GORE, A.: *Eine unbequeme Wahrheit*. Cbj-Verlag, 2007
- [BDEW13] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.: *Lernen an Stationen-Energieeffizienz* (Lehrer und Schülerheft). EW-Medien und Kongresse, 2013
- [Plö13] PLÖGER, S. u.a.: *Klimafakten*, Westend Verlag, 2013
- [Wan03] WANDREY, u. : *Kraftwerk Sonne*, Rowolth Taschenbuch Verlag, 2003
- [Kos15] KOSCHAK, M.: *Entdecke den Klimawandel*, Natur und Tier Verlag, 2015
- [Hou08] HOUGH, R.: *Rette die Erde*, Frankh Kosmos Verlag, 2008
- [Qua015] QUASCHNING, V.: *Regenerative Energiesysteme*, Hanser Verlag, 2015
- [Mar12] MAREK, R./NITSCHKE, K.: *Praxis der Wärmeübertragung*, Hanser Verlag, 2015



## **ENEFF-BLEND – Energieeffizienz – Blended Learning**

### **Ein integrierter Bildungsansatz zum Erlernen der Energieeffizienz von Gebäuden für Schüler der 8. - 12. Klasse an weiterführenden Schulen**

---

Abschlussbericht über die Durchführung eines Umweltbildungsprojekts  
gefördert unter dem Aktenzeichen 31809 von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt  
Band 3 –Arbeitsblätter mit Lösungen 8.-9. Jahrgangsstufe

von

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler und Dipl.-Ing.(FH) Bettina Sickenberger

Februar 2017

Hochschule Aschaffenburg



06/02		<b>Projektkennblatt</b> der <b>Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>			
Az	<b>31809/01</b>	Referat	<b>43/0</b>	Fördersumme	<b>187.417 €</b>
<b>Antragstitel</b>		<b>Durchführung des Umweltbildungsprojekts ENEFF – Energieeffizienz und Blended Learning. Ein integrierter Bildungsansatz zum Erlernen der Energieeffizienz von Gebäuden für Schüler der 8. bis 12. Klasse an weiterführenden Schulen</b>			
<b>Stichworte</b>		Energieeffizienz, Blended Learning			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
<b>26 Monate</b>	<b>01.01.2015</b>	<b>28.2.2017</b>	<b>1</b>		
Zwischenberichte	nach 6 Monaten				
<b>Bewilligungsempfänger</b>	Hochschule Aschaffenburg Labor für Elektromagnetische Verträglichkeit Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler Würzburger Straße 45  63743 Aschaffenburg			Tel	06021-4206-816
				Fax	06021-4206-881
				Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler
			Bearbeiter	Stefan Meyer (Administration)	
<b>Kooperationspartner</b>		Keine			
<b>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens</b>					
Ziel ist es, Schülerinnen und Schülern der 8. bis 12. Klassen das Wissen darüber zu vermitteln, wie ein Gebäude der Zukunft aussehen muss, um eine möglichst geringe Belastung für die Umwelt darzustellen. Durch die Beschäftigung mit dem Thema Energieeffizienz erfolgt eine Sensibilisierung der Jugendlichen, die sich mit den gewonnenen Erkenntnissen aktiv an der aktuellen Energiedebatte beteiligen können. Dadurch wird den teilnehmenden Schülern das Verständnis für den Zusammenhang von Energieverbrauch und Umweltbelastung über den CO <sub>2</sub> -Ausstoß deutlich gemacht. So kann mit diesem Projekt ein Beitrag zur Bildung des Umweltbewusstseins und eine Sensibilisierung gegenüber Umweltbelastungen geleistet werden.					
<b>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</b>					
Als Lernform wird das „Blended Learning“ (integriertes Lernen) gewählt. Dieses Konzept, welches das E-Learning in klassische Formen der Didaktik und Pädagogik der Präsenzschiung einbettet sowie praktische Interaktion verlangende Anteile enthält, bietet eine deutlich höhere Vermittlungseffizienz als der klassische Frontalunterricht. Wissensbasis ist neben einem virtuellen Kurs im Internet, auf den die Schüler zurückgreifen können, ein Effizienzpraktikum vor Ort. Das Lernprogramm gliedert sich in einen theoretischen Teil, der auch als PDF-Dokument heruntergeladen und ausgedruckt werden kann, und Kontrollfragen am Ende des jeweiligen Kapitels. Im Effizienzpraktikum werden die Schulen vor Ort besucht oder kommen in das Labor der Hochschule. Der zeitliche Aufwand beträgt ca. drei Stunden. Jede Schülergruppe bearbeitet zwei bis drei Experimente und wertet die Ergebnisse aus. Im Rahmen eines Kurzvortrags werden die Ergebnisse den Mitschülern vorgestellt. Insgesamt sind 12 Versuche vorhanden, die mit einfachsten Mitteln (Baumarktmaterialien, Elektronikversand etc.) die grundlegenden Effekte deutlich machen. Die Versuche befassen sich mit den Themen Klimawandel, Wärmeleitung, Solarthermie, Wärmedämmung, energieeffiziente Beleuchtung, Mehrfachverglasung und Fotovoltaik und können von den Schülerinnen und Schülern mithilfe von Arbeitsunterlagen oder mit dem Tablet eigenständig bearbeitet werden. In einem Vortrag seitens der Hochschule werden den Schülerinnen und Schülern Grundkenntnisse über die Arbeitsweise einer Thermografiekamera vermittelt. Als Abschluss können die Schülerinnen und Schüler in einem Energiequiz ihr Wissen testen.					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • <a href="http://www.dbu.de">http://www.dbu.de</a>					

### **Ergebnisse und Diskussion**

Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Einsparung gewinnen immer mehr an Bedeutung. Ressourcenknappheit, steigende Energiekosten und nicht zuletzt die zunehmende Umweltbelastung durch steigenden CO<sub>2</sub>-Ausstoß sind Schwerpunkte, mit denen sich die Politik immer mehr beschäftigt. Die Zukunft des Bauens und Sanierens läuft sowohl auf die Errichtung als auch die Sanierung aller Gebäude als Passivhäuser oder Plus-Energiehäuser hinaus, um den Bedarf an Energie für Beheizung, Warmwasser und Haushaltsstrom möglichst gering zu halten. Diese Entwicklung betrifft als zukünftige Bauherren auch die Jugendlichen von heute, weshalb eine frühzeitige Beschäftigung und Wissensbildung zu diesem Thema das Gespür für die Voraussetzungen der Errichtung und Sanierung zukunftsfähiger Gebäude fördern kann. Die Vermittlung von Gestaltungskompetenz weitet den Blick für Fragen der Generationengerechtigkeit und den Zusammenhang ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte. Projektziel ist die breite Verankerung des Wissens über Zukunftstechnologien und Klimaschutz sowie über Konzepte nachhaltiger Entwicklung in der schulischen Bildung. Durch diese Kenntnis kann energiesparendes Verhalten eingeübt werden und Kosten für Strom und Heizung werden minimiert. Die Schüler lernen Verbrauchs- und Produktionsgewohnheiten kennen, die durch mehr Effizienz in der Produktion (geringerer Material- und Energieverbrauch) und Veränderung im Konsumverhalten in Hinblick auf Ressourcenverbrauch und Energieeinsparung zu einer Verringerung von Umweltbelastungen führen. Im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung werden Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzt, aktuell sinnvolle Entscheidungen für die Zukunft zu treffen und das eigene Tun zu überprüfen.

Das Konzept des Energieeffizienzpraktikums hat sich in der Praxis als erfolgreich erwiesen. Der zeitliche Rahmen von drei Stunden mit Pause konnte in den schulischen Ablauf ohne große Störungen integriert werden. Im fünfteiligen Aufbau bestehend aus Einführung – Bearbeitung der Experimente – kurze Reflexion – 2. Runde Bearbeitung der Experimente – Energiesparquiz konnte das Wissen adäquat vermittelt werden und die Schüler bewältigten das Arbeitspensum in der verfügbaren Zeit.

Die Umsetzung mit sechs Betreuern war sehr personalintensiv, daher wurden die Arbeitsunterlagen auf eine Tabletversion umstrukturiert, sodass die Schüler diese ohne große Hilfestellung alleine bearbeiten können und nur maximal zwei Personen die Versuche begleiten. Zur Dokumentation wurde eine Handreichung für Lehrer und Interessierte erstellt, die neben dem physikalischen Hintergrund und der Beschreibung der Experimente auch eine Zusammenstellung zum Bezug und den Kosten der Materialien für die Experimente enthält sowie die Arbeitsblätter mit Lösungen und die Tabletversionen in drei Bänden umfasst.

### **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Das Umweltbildungsprojekt wurde auf Veranstaltungen innerhalb der Hochschule wie Girls' Day, Schnupperstudium, Ferienuni oder MINT-Veranstaltungen der Initiative Bayersicher Untermain seitens der Hochschule präsentiert. Mehrere Schulbesuche wurden von der Presse begleitet und in regionalen und überregionalen Zeitungen gewürdigt. In Hochschulorganen und Jahresberichten der Schulen konnte die Vernetzung von Hochschule und Schulen dokumentiert werden. In Zusammenarbeit mit der Johannes-de-la-Salle-Schule in Aschaffenburg fertigten die Schüler zwei Metallhäuschen an, die in die Versuche „Wärmedämmung“ und „Wärmeleitung“ integriert wurden.

### **Fazit**

Die geforderten vierzehn Schulbesuche in den drei Bundesländern Bayern, Hessen und Baden-Württemberg konnten durchgeführt werden, dazu kamen vier Schulen zum Praktikum in die Hochschule. Ferner wurden in der Hochschule dreizehn weitere Veranstaltungen wie Ferienuni, Girls' Day etc. angeboten. Insgesamt wurden 479 Schüler beim Praktikum begleitet. Das Bildungskonzept erwies sich als erfolgreich umsetzbar und kam in reduzierter Version mit zwei Experimenten (Solarthermie und Photovoltaik) auch bei Hochschulveranstaltungen zum Einsatz. Alle Materialien der Versuchsaufbauten können über Baumärkte oder Elektronikhandel bezogen werden, einige Einbauten wurden im Labor aus Kleinbauteilen zusammengestellt. In der Handreichung für Lehrkräfte wurde eine Unterlage erstellt, auf der das Projekt in den Schulen weiterverfolgt werden kann. Das Angebot der Versuche umfasst zwölf Versuche, sodass insgesamt acht Stationen aufgebaut werden können. Es hat sich herausgestellt, dass die Versuchsaufbauten vor allem für die Jahrgangsstufe 8 bis 9 aller Schularten geeignet sind. Das Programm wird hochschulintern weiter eingesetzt und kann von interessierten Schulen bei einem Vor-Ort-Besuch in der Hochschule weiter genutzt werden.

---

## Inhaltsverzeichnis

Versuch 1 Wärmedämmung .....	6
Versuch 2 Gebäudehülle .....	14
Versuch 3 Wärmeleitung .....	22
Versuch 4 Mehrfachverglasung .....	29
Versuch 5 Wintergarten.....	35
Versuch 6 Lüftung .....	42
Versuch 7 Solarthermie .....	50
Versuch 8 Photovoltaik .....	58
Versuch 9 Klimawandel – 1.....	64
Versuch 10 Klimawandel – 2.....	70
Versuch 11 Energieeffizienz von Lampen .....	75

# Versuch 1 Wärmedämmung



Bildquelle: <http://www.energiesparen-im-haushalt.de/thermografie-nach-Daemmung.jpg>

**Name:** \_\_\_\_\_

**Klasse:** \_\_\_\_\_

**Datum:** \_\_\_\_\_

Wärmedämmung einer Gebäudehülle, Dämmung, Isolierung - Was ist das? Und woher kommt es?

Ganz fachmännisch gesprochen ist Wärmedämmung die Reduktion des Durchganges von Wärmeenergie durch eine Hülle, um einen Raum oder einen Körper vor Abkühlung oder Erwärmung zu schützen.

Was heißt das? Dämmung soll verhindern, dass zum Beispiel die Kälte eines **Kühlschranks** durch seine Wände ganz einfach nach außen gelangt und die Wärme des Raums nach innen.



Bildquelle: pixabay.com



Die Dämmung hat sich im Rahmen der Evolution bei warmblütigen (endothermen) Tieren (z.B. **Vögel oder Säugetiere**, welche sich zum Beispiel ein warmes Fell für den Winter anlegen) entwickelt, findet aber auch, mithilfe natürlicher oder künstlich hergestellter Materialien, auf vielen Gebieten der Technik Anwendung.

Die umgangssprachliche Bezeichnung für Wärmedämmung ist Isolierung oder Wärmeisolierung.

Bildquelle: pixabay.com



Für uns stellen sich nun in diesem Versuch zwei Fragen:

- Welchen Unterschied bringt Wärmedämmung überhaupt?
- Lohnt es sich, ein Haus zu dämmen?



### Durchführung:

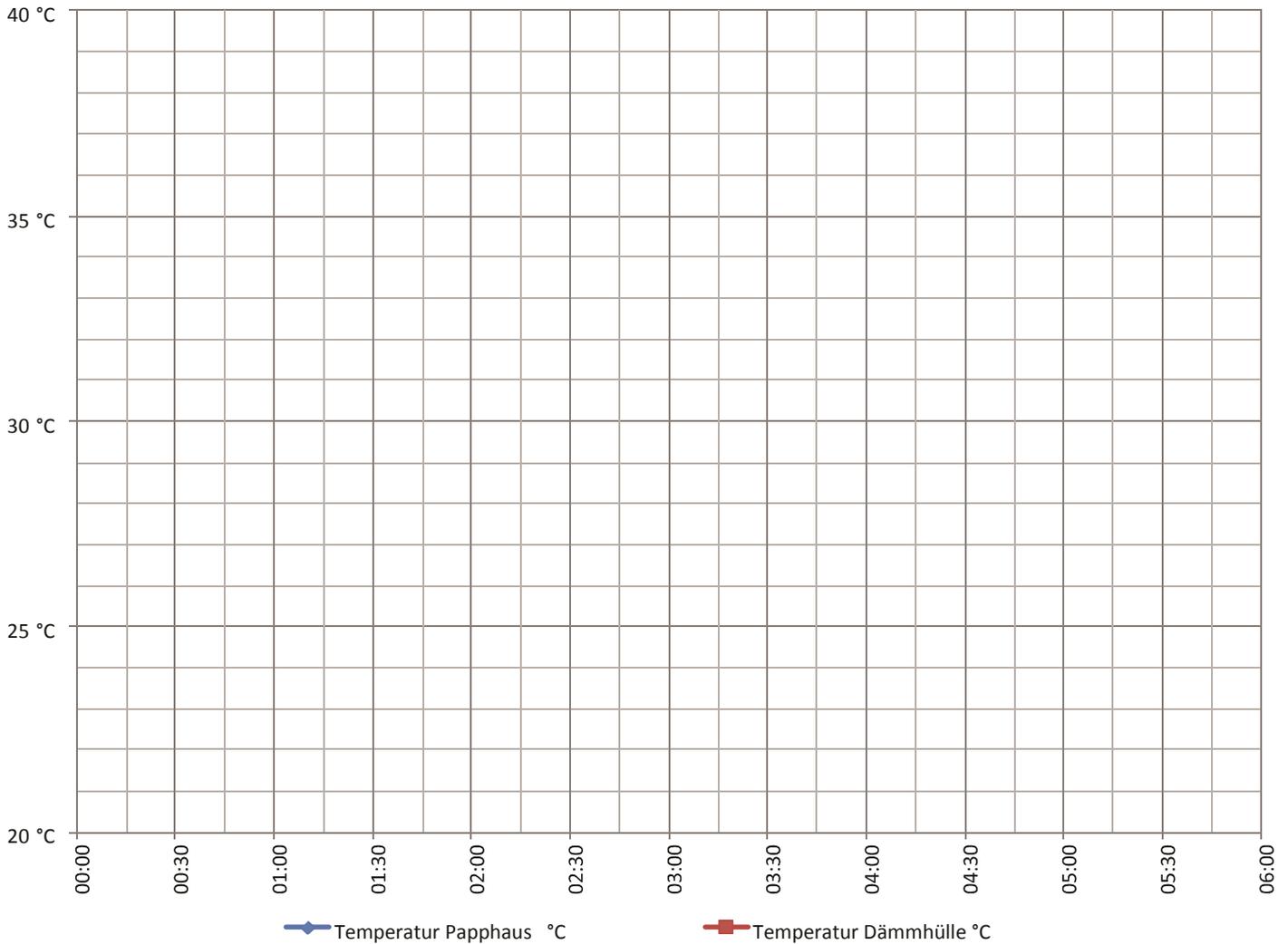
1. Lufttemperatur messen, Angabe „Out“ auf dem Thermometer (aktuelle Umgebungstemperatur).
2. Ein Thermometer in das Haus auf Höhe der Traufe stecken.
3. Netzteil mit Widerstand anschalten, Einstellung 10 V.
4. Stoppuhr starten und 6 Minuten lang alle 30 Sek. die Temperatur notieren (Tabelle Seite 4).
5. Dabei das Haus ca. 3 Minuten lang aufheizen (ca. 35°C).
6. Das Netzteil nach diesen 3 Minuten wieder ausschalten und den Temperaturverlauf weiterhin beobachten und die Temperaturen notieren (Tabelle Seite 4).
7. Widerstand aus dem Haus nehmen und abkühlen lassen.
8. Das Styroporhaus überstülpen, Wand am Wintergarten einschieben und den Versuch wiederholen.
9. Überträgt anschließend die gemessenen Werte in das Diagramm unter der Tabelle ein (Seite 4).



**Achtung: Widerstand wird heiß.**

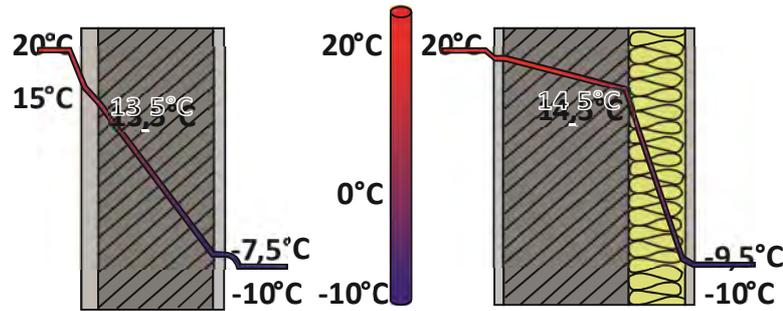
Zeit	Papphaus Temperatur °C	Styroporhaus Temperatur °C
Ausgangstemp.		
0:30 Min.		
1:00 Min.		
1:30 Min		
2:00 Min.		
2:30 Min.		
3:00 Min.		

Zeit	Papphaus Temperatur °C	Styroporhaus Temperatur °C
<b>AUSSCHALTEN</b>		
3:30 Min.		
4:00 Min.		
4:30 Min.		
5:00 Min		
5:30 Min.		
6:00 Min.		



## Temperaturverlauf:

Durch die Außenwanddämmung verschiebt sich der Temperaturverlauf innerhalb der Wand. Als Folge davon erhöht sich die Oberflächentemperatur an der Innenseite der Außenwand und der Raum wird behaglicher, da die kalte Abstrahlung der Wand entfällt.



## Heizenergie

Ältere Häuser verbrauchen viel Heizenergie, dies verursacht hohe Kosten.

So verbraucht zum Beispiel die linke Hälfte vom Haus etwa 30.000 kWh und die gedämmte rechte Seite des Hauses nur etwa 15.000 kWh pro Jahr, dies ergibt eine Einsparung von etwa 50%! (Bild auf der linken Seite)

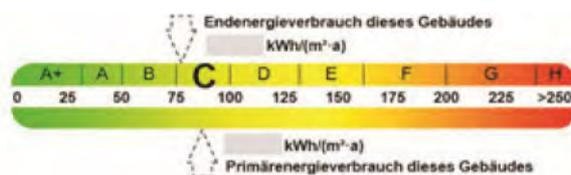


Bildquelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wärmedämmung>

## Wärmeverlust

Gegen den hohen Wärmeverlust schafft die Dämmung Abhilfe. Sie verhindert, dass das Haus zu viel Heizenergie verliert. Dabei wird sie auf die Außenwand und die Kellerdecke aufgeklebt oder beim Dach auf die Sparren gelegt. Sie besteht meist aus Polystyrol oder Mineralwolle und wird verputzt.

## Energieausweis

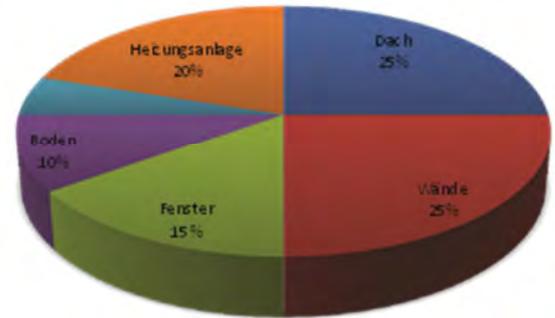


Die Effizienz eines Hauses wird im Energieausweis ausgewiesen (siehe links). Dazu berechnet ein Architekt den Energiebedarf des Hauses nach der Energieeinsparverordnung.

Insgesamt lohnt sich eine Dämmung trotz der hohen Investitionskosten also auf jeden Fall, wie ihr an Hand der Beispielrechnung sehen könnt. Beim Diagramm auf der rechten Seite seht ihr wo und mit welchem Anteile des Gesamtwärmeverlustes bei einem Haus unter anderem Wärme verloren gehen kann.

- Gesamtheit des Diagramms = Wärmeverluste am Haus.
- Beispiel: 25 % der Wärme gehen über ungedämmte Wände verloren.

## Wärmeverluste am Haus



### Aufgabe:

Schau dir nochmal das Diagramm an und löse folgende Aufgabe:

1. Du möchtest dein Haus auf eine Temperatur von 30 °C aufheizen, nach wie viel Minuten ist dies in etwa der Fall?

Papphaus: \_\_\_\_\_ Min.

Styroporhaus: \_\_\_\_\_ Min.

2. Wir nehmen einmal an, dass einmal am Tag Aufheizen genügt und eine Minute Heizen 2 € kostet. Die Hälfte der Tage im Jahr (365 Tage ÷ 2) möchtest du dein Haus auf 30 °C aufheizen. Berechne nun die fiktiven Heizkosten pro Jahr für beide Häuser.

Heizkosten pro Jahr (182,5 Tage/Jahr × 2 €/Min. × Zeit/Tag = Heizkosten pro Jahr):

Papphaus: 182,5 Tage/Jahr × 2 €/Min. × \_\_\_\_\_ Min/Tag. = \_\_\_\_\_ €/Jahr

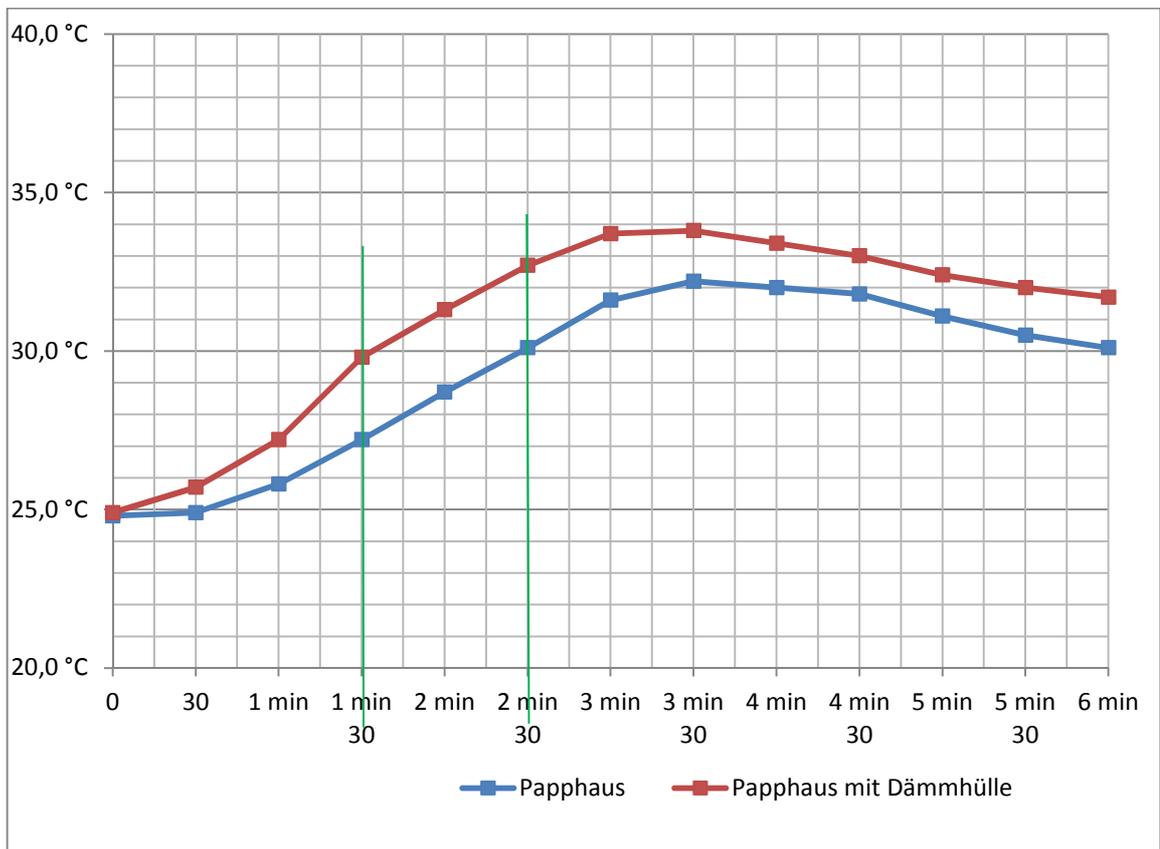
Styroporhaus: 182,5 Tage/Jahr × 2 €/Min. × \_\_\_\_\_ Min/Tag. = \_\_\_\_\_ €/Jahr

Kostenunterschied pro Jahr = \_\_\_\_\_ €/Jahr - \_\_\_\_\_ €/Jahr = \_\_\_\_\_ €/Jahr

### Messergebnisse und Lösungen

Zeit	Papphaus Temperatur °C	Styroporhaus Temperatur °C
Ausgangstemp.	24,8 °C	24,9 °C
0:30 Min.	24,9 °C	25,7 °C
1:00 Min.	25,8 °C	27,2 °C
1:30 Min	27,2 °C	29,8 °C
2:00 Min.	28,7 °C	31,3 °C
2:30 Min.	30,1 °C	32,7 °C
3:00 Min.	31,6 °C	33,7 °C

Zeit	Papphaus Temperatur °C	Styroporhaus Temperatur °C
<b>AUSSCHALTEN</b>		
3:30 Min.	32,2 °C	33,8 °C
4:00 Min.	32,0 °C	33,4 °C
4:30 Min.	31,8 °C	33,0 °C
5:00 Min	31,1 °C	32,4 °C
5:30 Min.	30,5 °C	32,0 °C
6:00 Min.	30,1 °C	31,7 °C



**Aufgabe:**

Schau dir nochmal das Diagramm an und löse folgende Aufgabe:

3. Du möchtest dein Haus auf eine Temperatur von 30 °C aufheizen, nach wie viel Minuten ist dies in etwa der Fall?

Papphaus: 2,5 Min.

Styroporhaus: 1,5 Min.

4. Wir nehmen einmal an, dass einmal am Tag Aufheizen genügt und eine Minute Heizen 2 € kostet. Die Hälfte der Tage im Jahr (365 Tage ÷ 2) möchtest du dein Haus auf 30 °C aufheizen. Berechne nun die fiktiven Heizkosten pro Jahr für beide Häuser.

Heizkosten pro Jahr (182,5 Tage/Jahr × 2 €/Min. × Zeit/Tag = Heizkosten pro Jahr):

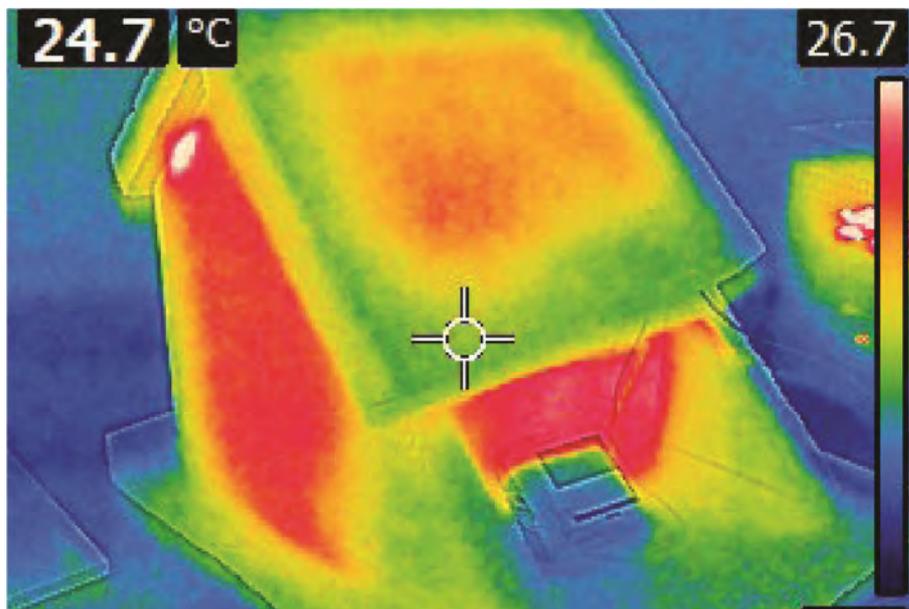
Papphaus: 182,5 Tage/Jahr × 2 €/Min. × 2,5 Min/Tag. = 912,5 €/Jahr

Styroporhaus: 182,5 Tage/Jahr × 2 €/Min. × 1,5 Min/Tag. = 547,5 €/Jahr

Kostenunterschied pro Jahr = 912,5 €/Jahr – 547,5 €/Jahr = 365 €/Jahr entspricht 40% Einsparung

Je nach Diagrammkurve können dabei unterschiedliche Ergebnisse errechnet werden, die in der Tendenz ähnlich sind (z. B 2 Min. und 1 Min.). Temperaturwerte dabei runden, wenn nicht exakt 30°C erreicht werden. Werden 30°C während des Versuchs nicht erreicht, dann einen niedrigeren Wert bei beiden Häusern annehmen und damit weiterrechnen.

# Versuch 2 Gebäudehülle



Name: \_\_\_\_\_

Klasse: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Wärmedämmung einer Gebäudehülle, Dämmung, Isolierung - Was ist das? Und woher kommt es?

Ganz fachmännisch gesprochen ist Wärmedämmung die Reduktion des Durchganges von Wärmeenergie durch eine Hülle, um einen Raum oder einen Körper vor Abkühlung oder Erwärmung zu schützen.

Was heißt das? Dämmung soll verhindern, dass zum Beispiel die Kälte eines **Kühlschranks** durch seine Wände ganz einfach nach außen gelangt und die Wärme des Raums nach innen.



Bildquelle: pixabay.com



Bildquelle: pixabay.

Die Dämmung hat sich im Rahmen der Evolution bei warmblütigen (endothermen) Tieren (z.B. **Vögel oder Säugetiere**, welche sich zum Beispiel ein warmes Fell für den Winter anlegen) entwickelt, findet aber auch, mithilfe natürlicher oder künstlich hergestellter Materialien, auf vielen Gebieten der Technik Anwendung.

Die umgangssprachliche Bezeichnung für Wärmedämmung ist Isolierung oder Wärmeisolierung

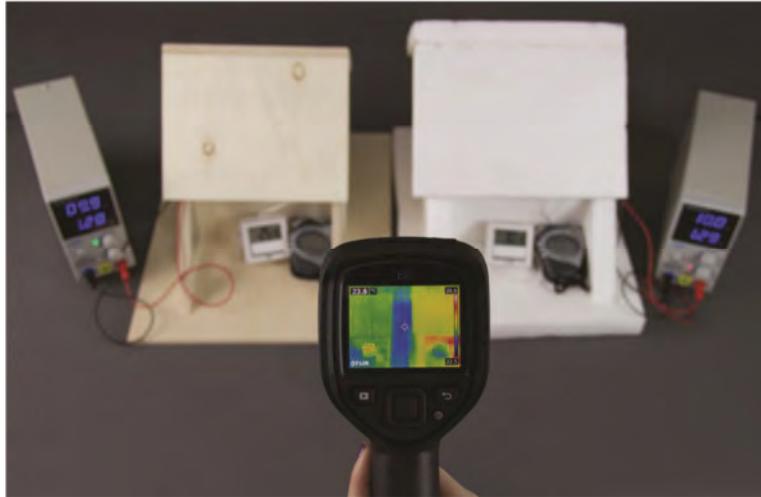


Für uns stellen sich nun in diesem Versuch zwei Fragen:

- Welchen Unterschied bringt Wärmedämmung überhaupt?
- Lohnt es sich, ein Haus zu dämmen?

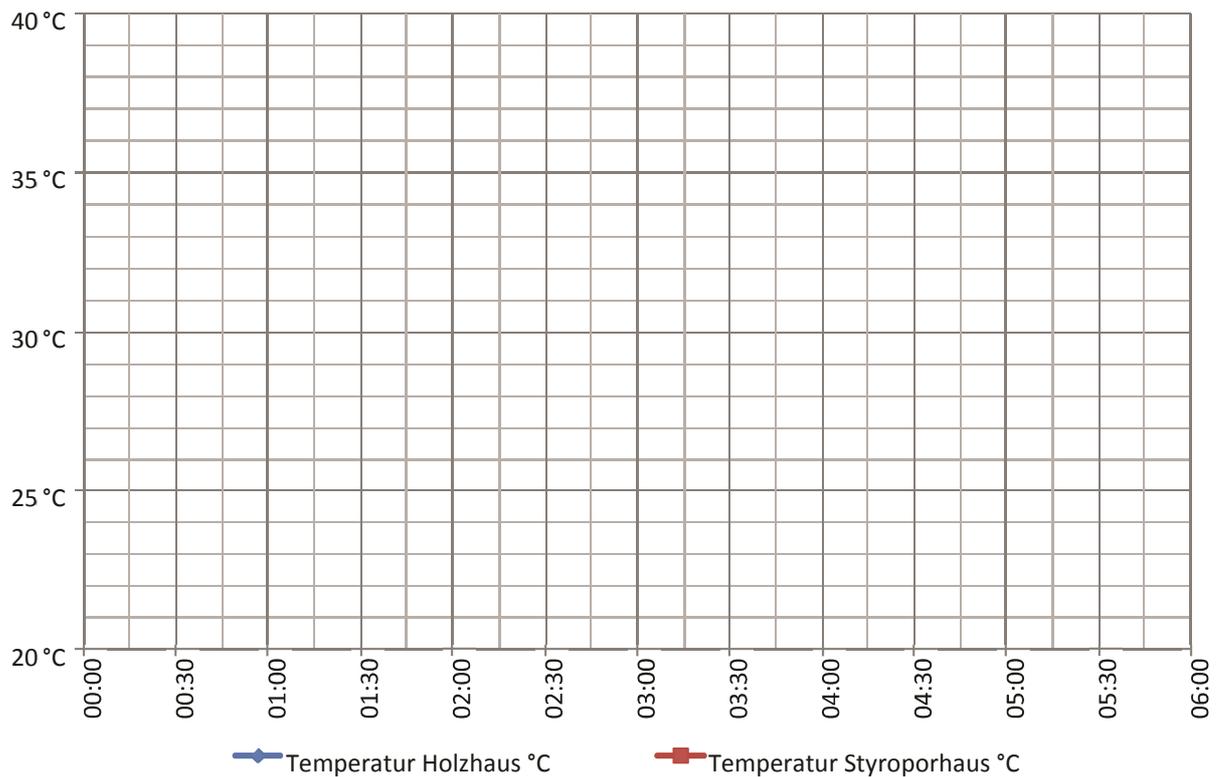
### Durchführung Teil 1:

1. Ausgangstemperaturen messen und in die Tabelle unten eintragen.
2. Netzteile mit Widerstand anschalten, Spannung von 10 V einstellen.
3. Stoppuhr starten.
4. 6 Minuten lang alle 30 Sekunden die Temperatur in den Häusern notieren.
5. Nach 3 Minuten die Netzteile ausschalten und weiterhin die Temperaturen notieren.
6. Überträgt am Ende die gemessenen Werte in das Diagramm auf der nächsten Seite.



Zeit	Styroporhaus Temperatur °C	Holzhaus Temperatur °C
Ausgangstemp.		
0:30 Min.		
1:00 Min.		
1:30 Min		
2:00 Min.		
2:30 Min.		
3:00 Min.		

Zeit	Styroporhaus Temperatur °C	Holzhaus Temperatur °C
<b>AUSSCHALTEN</b>		
3:30 Min.		
4:00 Min.		
4:30 Min		
5:00 Min.		
5:30 Min.		
6:00 Min.		



### Durchführung Teil 2:

1. Ausgangstemperaturen messen, in Tabelle eintragen (Tabelle auf Seite 4).
2. Netzteile mit Widerstand anschalten, Spannung von 10 V einstellen.
3. Stoppuhr starten.
4. Nach etwa 3 Minuten bei ca. 35 °C Netzteile ausschalten.
5. Aufgeheizte Häuser mit Wärmebildkamera betrachten, Oberflächenfarben und Temperaturen notieren.

Ausgangstemperatur: _____ °C	
warme Bereiche	
Farbe _____	_____ °C
Farbe _____	_____ °C
mittlere Bereiche	
Farbe _____	_____ °C
Farbe _____	_____ °C
kühle Bereiche	
Farbe _____	_____ °C
Farbe _____	_____ °C

Nun zurück zu unseren zwei Fragen:



Welchen Unterschied bringt die Wärmedämmung überhaupt?  
Lohnt es sich ein Haus zu dämmen?

Schaut euch eure Ergebnisse an und überlegt, was die Messwerte bedeuten können und beantwortet die zwei Fragen.

## Dämmung sinnvoll?

Bei eurem Versuch habt ihr bestimmt herausgefunden, dass es sinnvoll ist, Häuser zu dämmen. Aber was kann man denn jetzt alles dämmen und wie viel Unterschied macht es?

Angefangen beim **Dach** könnt ihr zum Beispiel ganz viel Energie sparen, denn hier gehen bis zu 25 % Heizenergie verloren, wenn das Dach überhaupt nicht gedämmt ist.

Bildquelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Dachdämmung>



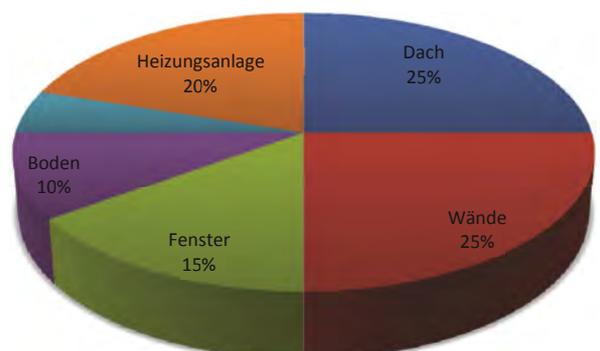
Bei dem Styroporhaus habt Ihr auch gesehen, dass die **Hauswände** ganz schön dick gedämmt waren. Das hat einen guten Grund, denn auch hier gehen nochmals etwa 25 % der Heizenergie verloren. Was wir beim Versuchshaus leider nicht dämmen konnten, war der **Boden**. Wenn man den Fußboden dämmen möchte, ist dies jedoch auch in Wirklichkeit bei bestehenden Häusern nachträglich nur sehr schwer möglich oder mit sehr viel Aufwand verbunden. Jedoch kann man hier auch nochmal etwa 10 % an Heizenergie sparen.

Bildquelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wärmedämmung>

## Wärmeverluste am Haus

Was können wir als **Fazit** ziehen?

Dämmung ist zwar sehr aufwendig und teuer, aber wenn man überlegt wie viel Heizenergie man über viele Jahre spart, dann lohnt es sich. Ihr schon damit nicht nur euren Geldbeutel, sondern auch die Umwelt, da nicht so viel wertvolle Energie verheizt wird.



**Aufgabe:**

Schau dir nochmal das Diagramm an und löse folgende Aufgabe:

5. Du möchtest dein Haus auf eine Temperatur von 30 °C aufheizen, nach wie viel Minuten ist dies in etwa der Fall?

Holzhaus: \_\_\_\_\_ Min.

Styroporhaus: \_\_\_\_\_ Min.

6. Wir nehmen einmal an, dass einmal am Tag Aufheizen genügt und eine Minute Heizen 2 € kostet. Die Hälfte der Tage im Jahr (365 Tage ÷ 2) möchtest du dein Haus auf 30 °C aufheizen. Berechne nun die fiktiven Heizkosten pro Jahr für beide Häuser.

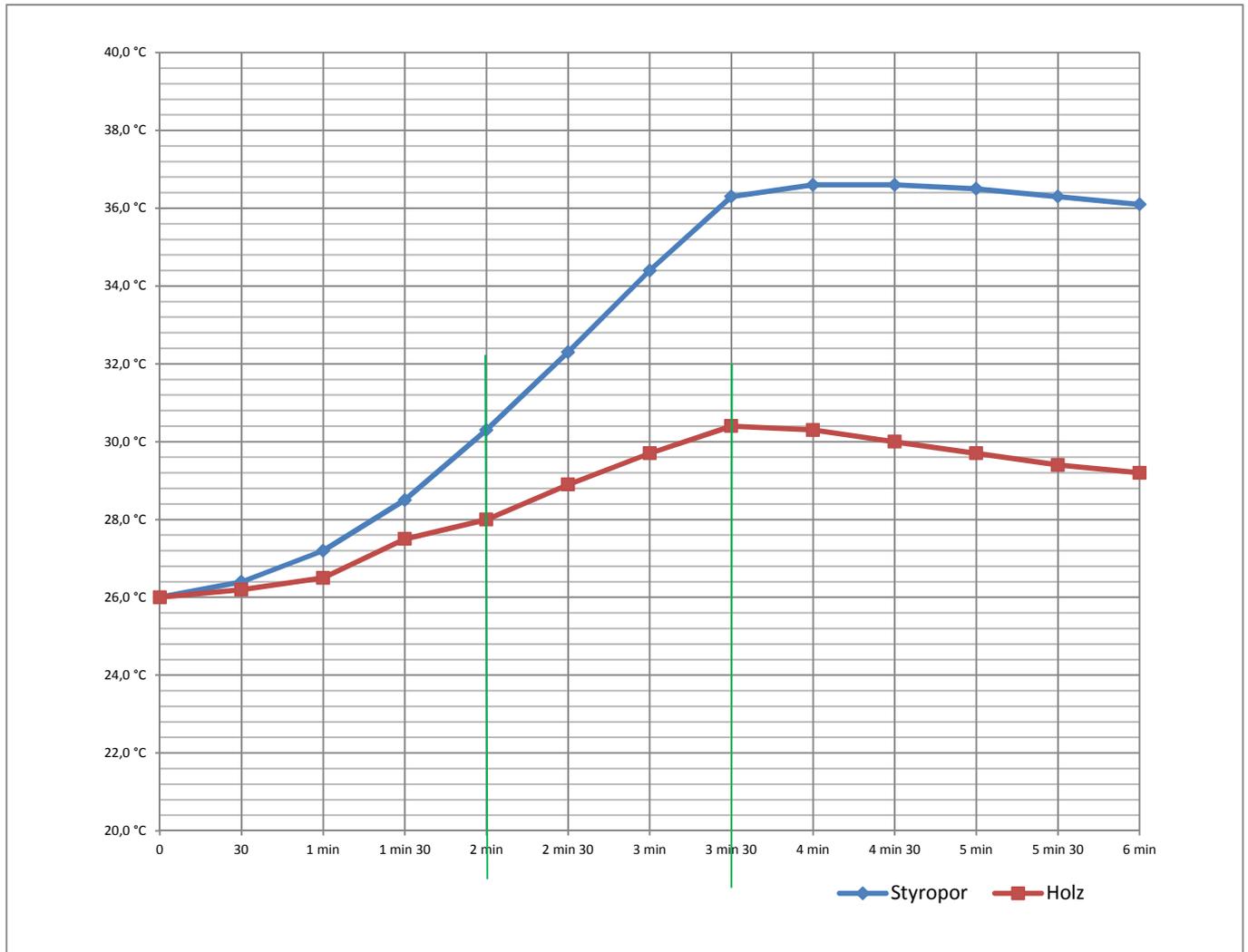
Heizkosten pro Jahr (182,5 Tage/Jahr × 2 €/Min. × Zeit/Tag = Heizkosten pro Jahr):

Holzhaus: 182,5 Tage/Jahr × 2 €/Min. × \_\_\_\_\_ Min/Tag. = \_\_\_\_\_ €/Jahr

Styroporhaus: 182,5 Tage/Jahr × 2 €/Min. × \_\_\_\_\_ Min/Tag. = \_\_\_\_\_ €/Jahr

Kostenunterschied pro Jahr = \_\_\_\_\_ €/Jahr - \_\_\_\_\_ €/Jahr = \_\_\_\_\_ €/Jahr

**Messergebnisse und Diagramm**



Zeit	Styroporhaus Temperatur °C	Holzhaus Temperatur °C
Ausgangstemp.	25,1 °C	24,8 °C
0:30 Min.	25,3 °C	25,1 °C
1:00 Min.	25,8 °C	25,2 °C
1:30 Min	27,9 °C	26,2 °C
2:00 Min.	29,2 °C	26,9 °C
2:30 Min.	31,3 °C	27,7 °C
3:00 Min.	33,5 °C	28,8 °C

Zeit	Styroporhaus Temperatur °C	Holzhaus Temperatur °C
<b>AUSSCHALTEN</b>		
3:30 Min.	35,7 °C	29,2 °C
4:00 Min.	33,8 °C	28,9 °C
4:30 Min	33,3 °C	28,5 °C
5:00 Min.	32,5 °C	28,0 °C
5:30 Min.	33,2 °C	27,6 °C
6:00 Min.	32,9 °C	26,9 °C

Ausgangstemperatur: _____ °C	
warme Bereiche	
Farbe _____	_____ °C
Farbe _____	_____ °C
mittlere Bereiche	
Farbe _____	_____ °C
Farbe _____	_____ °C
kühle Bereiche	
Farbe _____	_____ °C
Farbe _____	_____ °C

### Aufgabe:

Schau dir nochmal das Diagramm an und löse folgende Aufgabe:

7. Du möchtest dein Haus auf eine Temperatur von 30 °C aufheizen, nach wie viel Minuten ist dies in etwa der Fall?

Holzhaus: 3,5 Min.

Styroporhaus: 2 Min.

8. Wir nehmen einmal an, dass einmal am Tag Aufheizen genügt und eine Minute Heizen 2 € kostet. Die Hälfte der Tage im Jahr (365 Tage ÷ 2) möchtest du dein Haus auf 30 °C aufheizen. Berechne nun die fiktiven Heizkosten pro Jahr für beide Häuser.

Heizkosten pro Jahr (182,5 Tage/Jahr × 2 €/Min. × Zeit/Tag = Heizkosten pro Jahr):

Holzhaus: 182,5 Tage/Jahr × 2 €/Min. × 3,5 Min/Tag. = 1277,5 €/Jahr

Styroporhaus: 182,5 Tage/Jahr × 2 €/Min. × 2 Min/Tag. = 730 €/Jahr

Kostenunterschied pro Jahr = 1275,5 €/Jahr – 730 €/Jahr = 545,5 €/Jahr 42% Einsparung

## Versuch 3 Wärmeleitung



Bildquelle: <http://www.herzowerke.de/hw-de/waerme.html>

**Name:** \_\_\_\_\_

**Klasse:** \_\_\_\_\_

**Datum:** \_\_\_\_\_

Wir alle haben jeden Tag mit Wärmeleitern zu tun, auch wenn man sie auf den ersten Blick nicht immer erkennt.

Wenn wir z. B. frieren, ziehen wir uns eine warme Jacke an. Diese ist ein schlechter Wärmeleiter: Unsere Körperwärme kann durch sie schlecht nach draußen dringen und wir bleiben warm.

Heutzutage kennen wir eine Vielzahl an Materialien mit den verschiedensten Wärmeleitfähigkeiten, die unseren Alltag vereinfachen.



Bildquelle: [http://www.fonflatter.de/2014/fred\\_2014-12-07.png](http://www.fonflatter.de/2014/fred_2014-12-07.png)



Bildquelle: [http://www.fonflatter.de/2015/fred\\_2015-01-24.png](http://www.fonflatter.de/2015/fred_2015-01-24.png)

Wärme kann innerhalb oder zwischen Materialien ausgetauscht werden. Umso besser die Wärmeleitfähigkeit der Materialien ist, umso mehr Wärme wird ausgetauscht.

Für uns ist es interessant zu wissen, welche Materialien besonders gute Wärmeleiter sind und welche nicht. Eine Herdplatte oder ein Bügeleisen sollen viel Wärme abgeben, sie müssen also gute Wärmeleiter sein. Schuhsohlen oder Hauswände dagegen sollen keine Wärme durchlassen, sie sollen schlechte Wärmeleiter sein.

Im folgenden Versuch sollt ihr verschiedene Materialien auf ihre Wärmeleitfähigkeit hin untersuchen.



Kann man die unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit von Materialien „erfühlen“?



## Durchführung

1. Die Materialien nebeneinander legen
2. Die Temperatur der Materialien erfühlen.
3. Die Materialien von 1 (kalt) bis 7 (warm) nach der Temperatur ordnen.
4. Diese Ordnung in die nachfolgende Tabelle eintragen.
5. Mit dem Infrarotthermometer die Temperatur auf den Klebestreifen der Materialien messen.
6. Die gemessene Temperatur in die Tabelle eintragen.

kalt  warm

1 2 3 4 5 6 7

							
	Pappe	Fliesen	Styropor	Kupfer	Wolle	Holz	Vakuumplatte
Gefühlte Temperatur (1-7)							
Gemessene Temperatur in °C							



Stimmen eure gefühlten und die gemessenen Ergebnisse überein?

Nachdem wir herausgefunden haben, dass man Wärmeleitfähigkeiten unterschiedlicher Materialien zum Teil erfühlen kann, stellen sich folgende Fragen:



- Warum fühlen sich manche Materialien kälter an als andere?
- Wozu nutzt man bestimmte Materialien mit hoher bzw. niedriger Wärmeleitfähigkeit?



## Wie nutzen wir dieses Wissen?

Da die Wärmeleitfähigkeit der meisten Materialien schon genau bestimmt ist, kann man damit gezielt Wärmeleitung fördern oder einschränken:

- Bei Hauswänden möchte man vermeiden, dass Wärme von innen nach außen geleitet wird. Deswegen dämmt man meistens mit Polystyrol oder Mineralwolle. Diese besitzen eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit.
- Wenn man etwas lötet, möchte man sehr viel Hitze übertragen. Deswegen werden Metalle mit hohen Wärmeleitfähigkeiten verwendet.
- Taucher möchten im Wasser möglichst wenig ihrer Körperwärme verlieren, weswegen sie heutzutage meist Taucheranzüge aus Neopren tragen. Dieses Material leitet sehr wenig Wärme und hält den Taucher warm.

Finde die richtigen Zuordnungen:

Hohe Wärmeleitfähigkeit

Geringe Wärmeleitfähigkeit

Gummi

Luft/Vakuum

Kupfer

Stahl

Steinwolle

Bügeleisen



Wärmedämmung



Schuhsohle



Isolierkanne



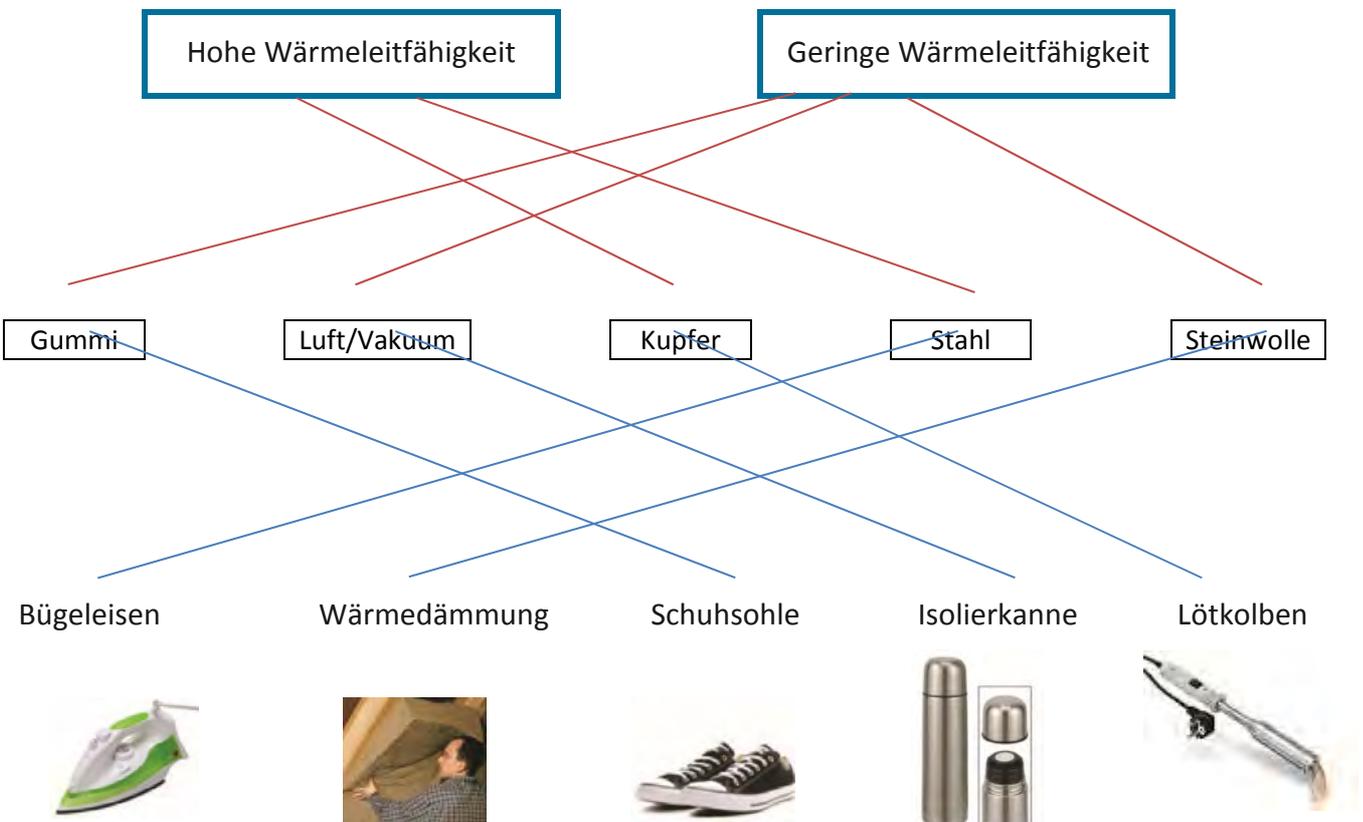
Lötkolben



**Messergebnisse und Lösungen**

	 Pappe	 Fliesen	 Styropor	 Kupfer	 Wolle	 Holz	 Vakuumplatte
Gefühlte Temperatur (1-7)	4	1	7	2	6	3	5
Gemessene Temperatur in °C	25,2	24,7	24,9	25,2	25,2	24,8	25,7

Finde die richtigen Zuordnungen:



# Versuch 4 Mehrfachverglasung



Bildquelle: pixabay.com

**Name:** \_\_\_\_\_

**Klasse:** \_\_\_\_\_

**Datum:** \_\_\_\_\_

Das höchste Gebäude der Welt, der Burj Khalifa ist 828 Meter hoch. Seine Außenfassade besteht hauptsächlich aus Edelstahl und Glas. Insgesamt sind 103 000 m<sup>2</sup> der Außenfläche aus Glas, das ist in etwa so viel wie 14 Fußballfelder. Der Turm steht in Dubai mitten in der heißen Wüste. Müsste es bei so vielen Fenstern innerhalb des Gebäudes nicht sehr heiß werden?

Da man *nicht* von der höchsten Sauna der Welt spricht, muss es scheinbar möglich sein, auch mit Glas eine gute Wärmedämmung zu erzielen. In diesem Fall bedeutet das, dass ein großer Teil der Wüstenhitze nicht durch die Außenhülle ins Gebäude kommt. Wie ist das möglich?

Bei der Wärmedämmung geht es darum, Temperaturunterschiede zu erhalten: Wenn es drinnen kalt und draußen warm ist (oder umgekehrt), sollte das auch so bleiben. Deshalb sollten Außenwände oder Fenster eines Gebäudes nur wenig Wärme durchlassen.



Bildquelle: <http://wallpaperwidehd.blogspot.de>

Im folgenden Versuch soll geklärt werden, wie Fenster am besten gebaut werden sollten, damit sie wenig Wärme durchlassen. Zum Vergleich stehen drei verschiedene Bauweisen von Glasfenstern:  
Welches dieser Fenster lässt am wenigsten Wärme durch?



- Das einfachverglaste Fenster.
- Das zweifachverglaste Fenster.
- Das dreifachverglaste Fenster.



Durchführung Teil 1

### Durchführung Teil 1

1. Wasser mit Wasserkocher zum Kochen bringen (500 ml)
2. Jeweils 125 ml heißes Wasser mit dem Messbecher abmessen und in jede Keramiktasse eingießen.
3. Glaskonstruktionen auf die Tassen legen (möglichst luftundurchlässig).
4. Etwa 1 min durchwärmen lassen.
5. Temperatur auf den Klebestreifen der Glaskonstruktionen messen und in Tabelle eintragen.

Fenster	Temperatur in °C
Becher 1 - Einfachverglasung	
Becher 2 - Zweifachverglasung	
Becher 3 - Dreifachverglasung	

## Durchführung Teil 2

1. Versuch wie oben beschrieben wiederholen.
2. Während des Durchwärmens die Keramiktassen mit der Wärmebildkamera betrachten.
3. Heiße (rote) und kalte (blaue) Stellen in Zeichnung (« nächste Seite) übertragen.

Welche Verglasung hat die besten Wärmedämmeigenschaften? \_\_\_\_\_  
Übertrage das Bild der Wärmebildkamera



Wir haben nun herausgefunden, dass verschiedene Fensterbauarten verschieden gut dämmen.

Nun stellen sich folgende Fragen:



- Warum lassen manche Fenster wenig Wärme durch?
- Lohnen sich solche Fenster?

## Funktionsweise

In einem mehrfachverglasten Fenster befindet sich zwischen den Glasscheiben Luft. Luft ist ein sehr guter Isolator, was bedeutet sie leitet kaum Wärme weiter. So kann nur sehr wenig Wärme durch das Fenster hindurchgelangen. Die Glasscheiben werden von einem luftdichten Rahmen in Position gehalten.

Je mehr Glasscheiben mit entsprechenden Luft-hohlräumen verwendet werden, desto weniger Wärme gelangt durch das Fenster, desto besser ist die Wärmedämmung des Fensters.



Bildquelle: <http://dk-bau.com/re.-fenster.html>

## Moderne Mehrfachverglasung

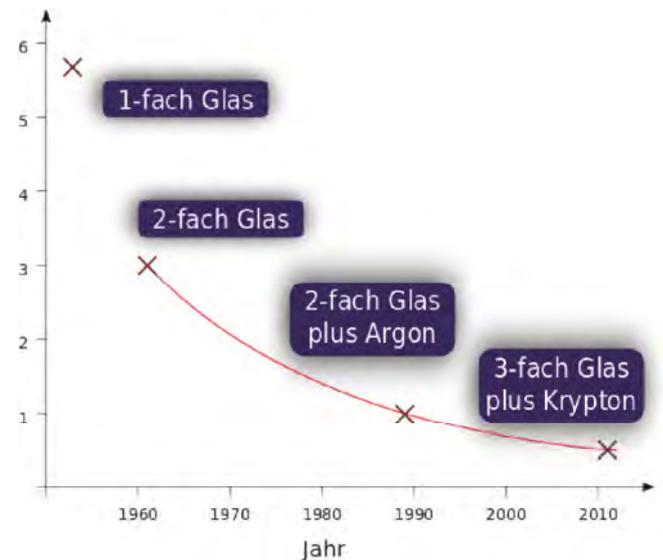
In den heutigen Fenstern werden an Stelle von Luft in der Regel Edelgase wie z. B. Argon oder Krypton verwendet. Diese leiten Wärme noch schlechter als Luft, was den Isolationseffekt zusätzlich steigert.

Theoretisch könnte man mit noch mehr Scheiben noch besser dämmen. Dies erfordert aber einen hohen konstruktiven Aufwand, der sich im Hinblick auf die eingesparten Energiekosten nicht lohnt. Die Zeiten, in denen es nur einfachverglaste Fenster gab, sind schon lange vorbei. Seit 2008 ist es in Deutschland gesetzlich vorgeschrieben, Isoliergläser in Neubauten einzusetzen. Heute werden meist dreifachverglaste Fenster eingebaut.

### Der U-Wert

Der Wärmedurchgangskoeffizient, auch U-Wert genannt, ist ein Maß für den Wärmedurchgang durch einen festen Körper (etwa eine Wand). Er gibt an, wie viel Wärme (= Wärmeenergie in Watt pro Zeit) bei einem Temperaturunterschied von einem Kelvin pro Quadratmeter durch einen festen Körper gelangt.

Seine Einheit ist  $W/(m^2 \cdot K)$ .



Bildquelle: [de.wikipedia.org/wiki/Mehrscheiben-Isolierglas#/media/File:Uwerte\\_isoglas](https://de.wikipedia.org/wiki/Mehrscheiben-Isolierglas#/media/File:Uwerte_isoglas)

Umso geringer der U-Wert eines Fensters, desto besser dämmt es. Ein einfaches Fenster hat einen U-Wert von etwa  $5,5 W/(m^2 \cdot K)$ . Im Vergleich dazu kommen modernste, dreifachverglaste Fenster auf einen U-Wert von  $0,9 W/(m^2 \cdot K)$ .

### Aufgabe:

Schau dir nochmal die U-Werte der Fenster an und löse folgende Aufgabe:

Wieviel Prozent besser ist ein modernes Fenster mit Dreifachverglasung gegenüber einer Einfachverglasung?

Einfachverglasung U-Wert: \_\_\_\_\_  $W/(m^2 \cdot K)$

Dreifachverglasung U-Wert: \_\_\_\_\_  $W/(m^2 \cdot K)$

Prozent:

$100 \% \cdot \frac{\text{U-Wert Dreifach}}{\text{U-Wert Einfach}}$  = \_\_\_\_\_ %

Das Fenster ist daher \_\_\_\_\_ % besser.

**Messergebnisse und Lösungen**

Fenster	Temperatur in °C
Becher 1 - Einfachverglasung	41,8
Becher 2 - Zweifachverglasung	31,1
Becher 3 - Dreifachverglasung	25,6



Welche Verglasung hat die besten Wärmedämmeigenschaften? Dreifachverglasung

**Aufgabe:**

Schau dir nochmal die U-Werte der Fenster an und löse folgende Aufgabe:

Wieviel Prozent besser ist ein modernes Fenster mit Dreifachverglasung gegenüber einer Einfachverglasung?

Einfachverglasung U-Wert:  $5,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Dreifachverglasung U-Wert:  $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Prozent:

$100 \% \cdot 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \text{ (U-Wert Dreifach)} : 5,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \text{ (U-Wert Einfach)} = 16,36 \%$

Das Fenster ist daher 83 % besser.

# Versuch 5 Wintergarten



**Name:** \_\_\_\_\_

**Klasse:** \_\_\_\_\_

**Datum:** \_\_\_\_\_

## Ist ein Wintergarten sinnvoll?



Bildquelle: pixabay.com

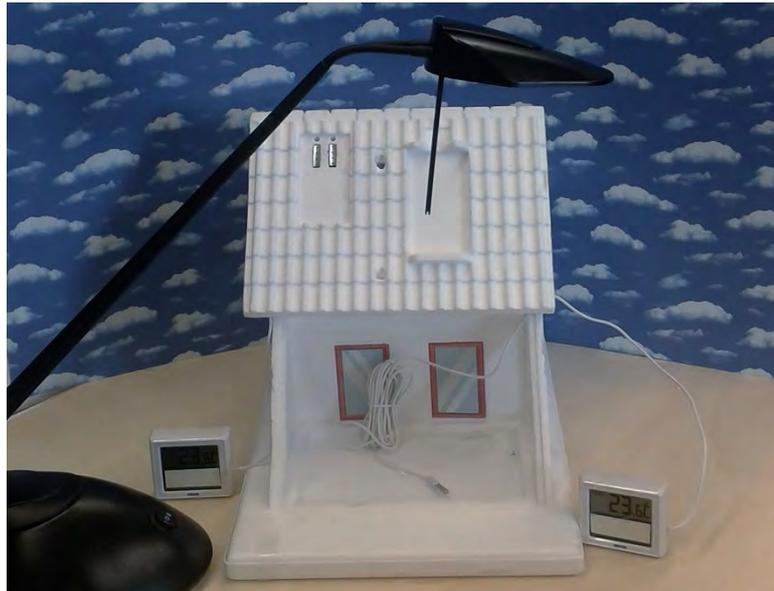
Ein Wintergarten besteht in den meisten Teilen aus Glasflächen. Der Baustoff Glas ist Träger vieler Funktionen. Dies betrifft nicht nur seine Transparenz für Wärme und Lichteinstrahlung. Gleichzeitig dient das Glas im Wintergarten hauptsächlich zur Beeinflussung der Wärmespeicherung während der Heizperiode (Wärme-dämmung) und dem Solarge-winn während des gesamten Jahres.

Der Wintergarten ist im Sommer wie im Winter eine Pufferzone. Im Winter hält er die Kälte, im Sommer die Wärme vor dem Eindringen in das Haus zurück.



Für uns stellen sich nun in diesem Versuch zwei Fragen:

- Welche Temperaturunterschiede entstehen durch die Sonneneinstrahlung im Haus und im Wintergarten?
  - a. 1°C
  - b. 2°C
  - c. 3°C
- Lohnt sich der Anbau eines Wintergartens?



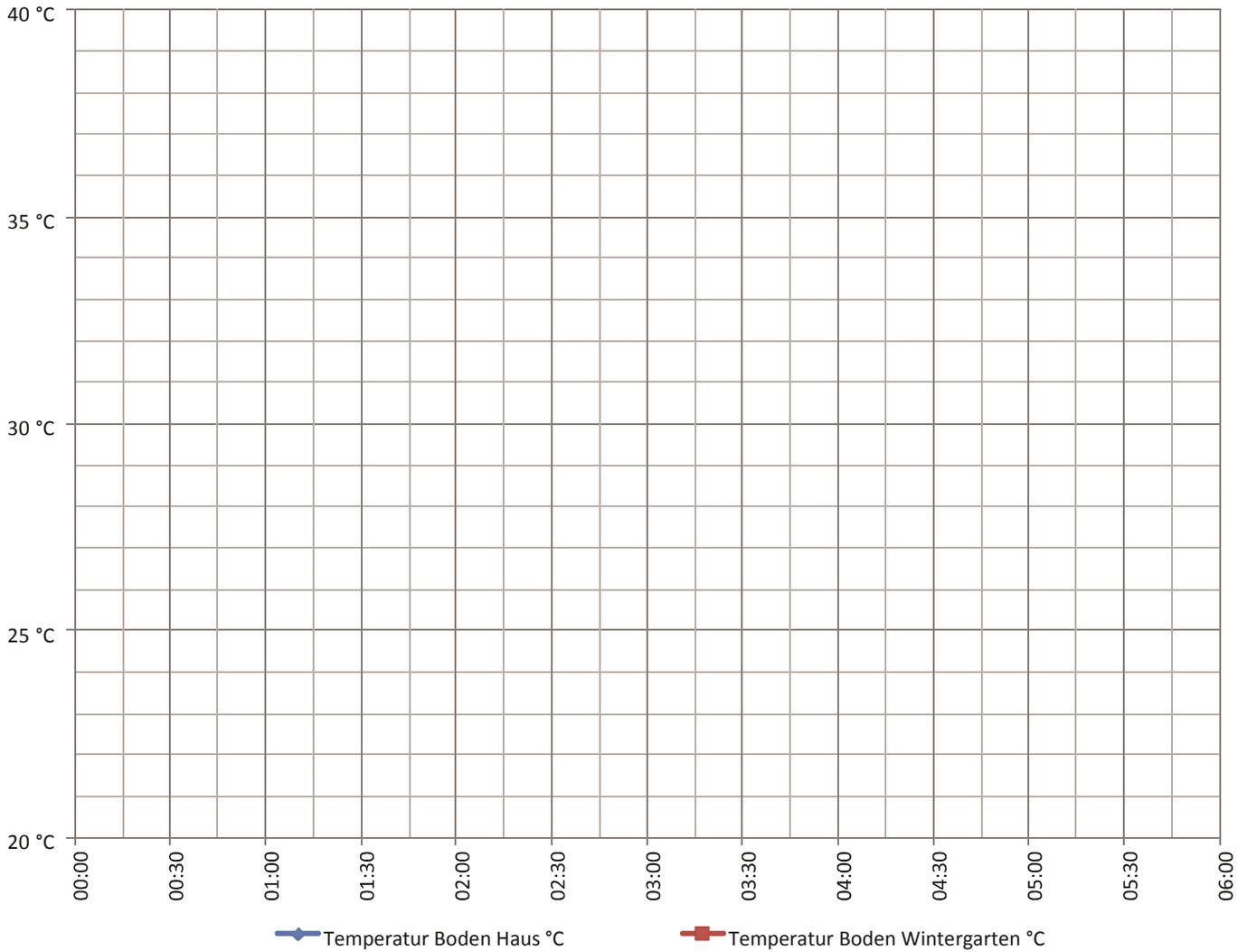
### Durchführung

1. Messfühler 1 auf den Boden des Hauses legen
2. Messfühler 2 auf den Boden des Wintergartens legen
3. Styroporhaus mit der Lampe anstrahlen
4. Temperaturverlauf auf beiden Thermometern 6 Minuten lang alle 30 Sek. den Wert ablesen und notieren.

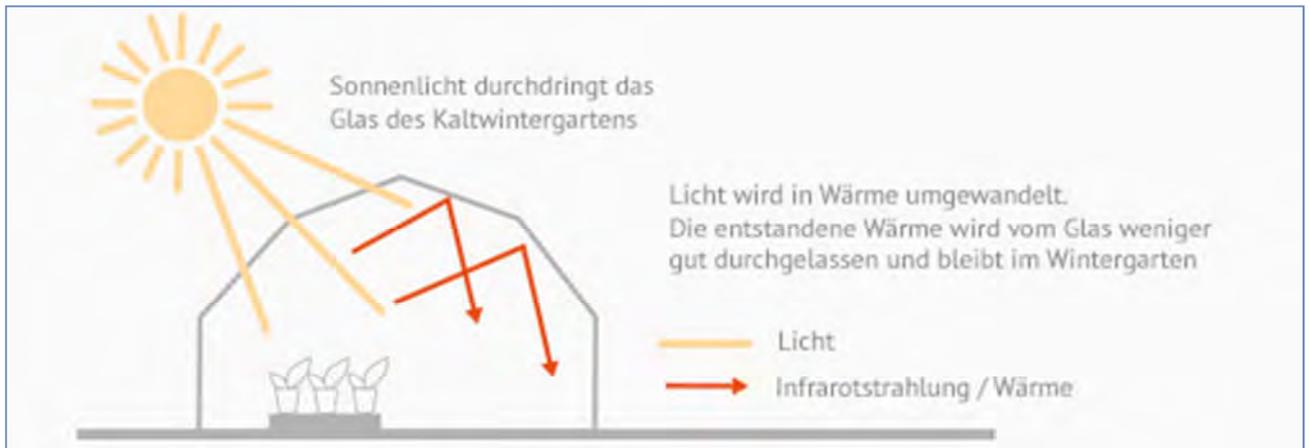
Zeit	Boden Haus Temperatur °C	Boden Wintergarten Temperatur °C
Ausgangstemp.		
0:30 Min.		
1:00 Min.		
1:30 Min		
2:00 Min.		
2:30 Min.		
3:00 Min.		

Zeit	Boden Haus Temperatur °C	Boden Wintergarten Temperatur °C
3:30 Min.		
4:00 Min.		
4:30 Min		
5:00 Min.		
5:30 Min.		
6:00 Min.		

Um wieviel Grad unterscheidet sich die Temperatur im Haus zur Temperatur im Wintergarten beim Versuch? \_\_\_\_\_ °C, also ist Antwort \_\_\_\_\_ richtig.



in Kaltwintergarten ist die einfachste Wintergartens und damit die günstigste Variante eines Wintergartens. Dieser unbeheizte Wintergarten-Typ entspricht einem Gewächshaus. Aufgrund der Sonneneinstrahlung und der fehlenden Heizung gleichen sich die Innen-temperaturen relativ schnell den Außen-temperaturen an. Bei Sonnenschein erwärmt sich aufgrund des sogenannten Glashauseseffekts die Luft im Wintergarten und sorgt für angenehme Temperaturen, auch wenn es draußen kühler ist.



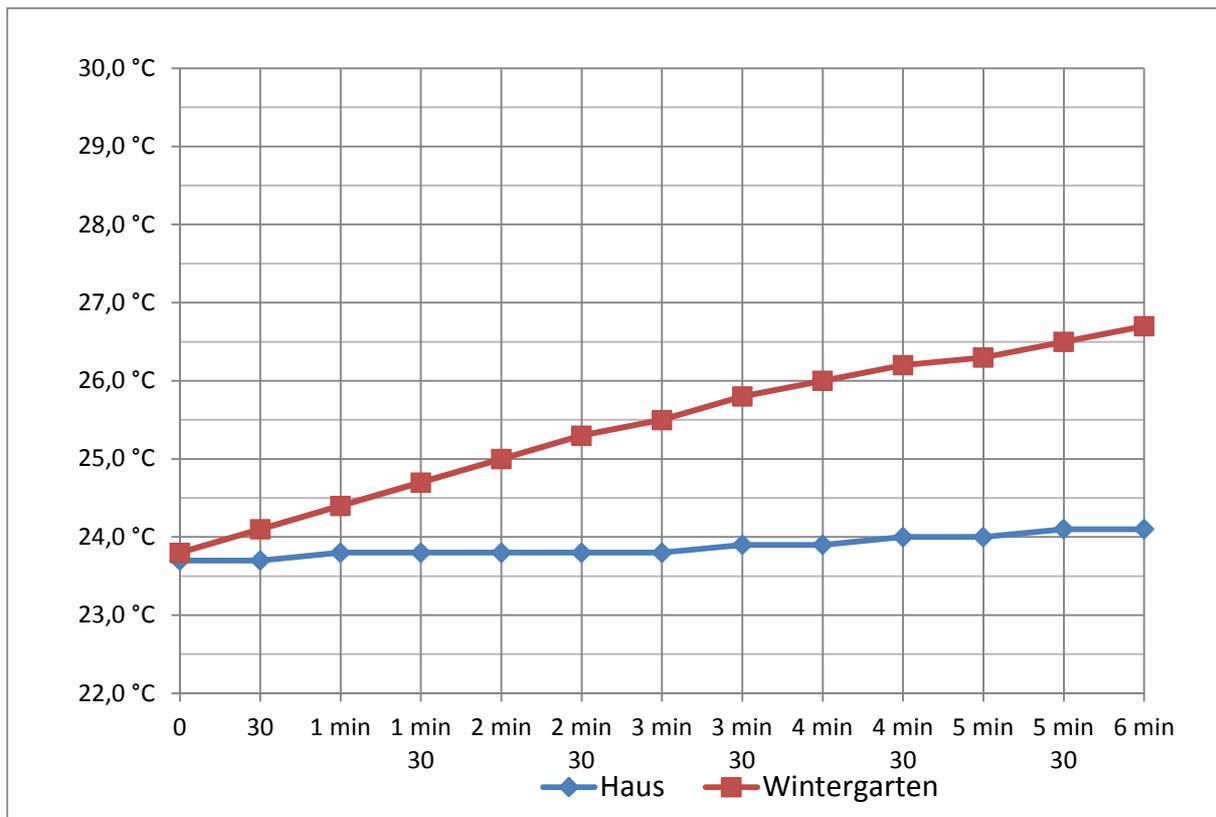
Ist der Kaltwintergarten thermisch vom Wohnhaus getrennt, dient er sowohl im Sommer als auch im Winter als klimatische Pufferzone. Ein unbeheizter Wintergarten kann ca. 10% der Heizenergie einsparen.

**Messergebnisse und Diagramm**

Zeit	Boden Haus Temperatur °C	Boden Wintergarten Temperatur °C
Ausgangstemp.	23,7 °C	23,8 °C
0:30 Min.	23,7 °C	24,1 °C
1:00 Min.	23,8 °C	24,4 °C
1:30 Min	23,8 °C	24,7 °C
2:00 Min.	23,8 °C	25,0 °C
2:30 Min.	23,8 °C	25,3 °C
3:00 Min.	23,8 °C	25,5 °C

Zeit	Boden Haus Temperatur °C	Boden Wintergarten Temperatur °C
3:30 Min.	23,9 °C	25,8 °C
4:00 Min.	23,9 °C	26,0 °C
4:30 Min	24,0 °C	26,2 °C
5:00 Min.	24,0 °C	26,3 °C
5:30 Min.	24,1 °C	26,5 °C
6:00 Min.	24,1 °C	26,7 °C

Um wieviel Grad unterscheidet sich die Temperatur im Haus zur Temperatur im Wintergarten beim Versuch? 3°C, also ist Antwort richtig.



**Aufgabe:**

Wie hoch ist Einsparung an Energie und Kosten durch den Wintergarten, wenn der Heizenergieverbrauch 20.000 kWh beträgt

(1 kWh Heizenergie kostet 8 Cent)?

$20000 \text{ kWh/Jahr} * 10\% = 2000 \text{ kWh/Jahr Einsparung}$

$2000 \text{ kWh/Jahr Einsparung} * 0,08 \text{ €/kWh} = 160 \text{ €/Jahr Einsparung}$

Nach wie vielen Jahren lohnt sich die Anschaffung, wenn der Wintergarten 10.000 € kostet?

$10.000 \text{ €} : 160 \text{ €/Jahr} = 62,5 \text{ Jahre}$

Anbau lohnt sich ( )

Anbau lohnt sich nicht ( x )

# Versuch 6 Lüftung



**Name:** \_\_\_\_\_

**Klasse:** \_\_\_\_\_

**Datum:** \_\_\_\_\_

Lüften - nicht gerade ein spannendes Thema, was? Wahrscheinlich haben die meisten von euch schon öfters Dinge gehört wie „Lass das Fenster nicht den ganzen Tag gekippt, das kostet doch Energie“, oder „Mach doch mal das Fenster auf, hier stinkt's!“ Warum ist Lüften denn so wichtig, und was passiert dabei eigentlich? Der folgende Versuch soll Euch einen Überblick zum Thema „Lüftung“ geben.



Beim Lüften wird die meist wärmere Luft (außer im Hochsommer) innerhalb eines Raumes gegen die kältere Außenluft getauscht. Dabei werden Wärme, Luftverschmutzungen und Feuchtigkeit nach draußen und frischer Sauerstoff nach drinnen transportiert.

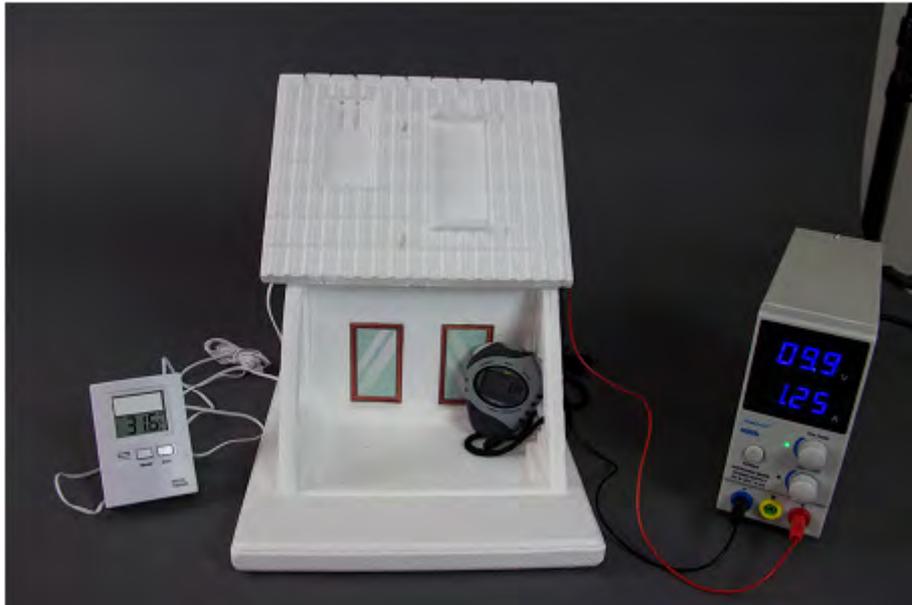


Beim Blick auf die Heizkosten stellt sich nun die Frage, wie viel Wärme man beim Lüften verliert. Dieser Versuch soll unter folgender Fragestellung Klarheit schaffen:

Wie viel Prozent der Wärme geht verloren, wenn man alle Fenster offen stehen lässt, anstatt sie geschlossen zu halten?



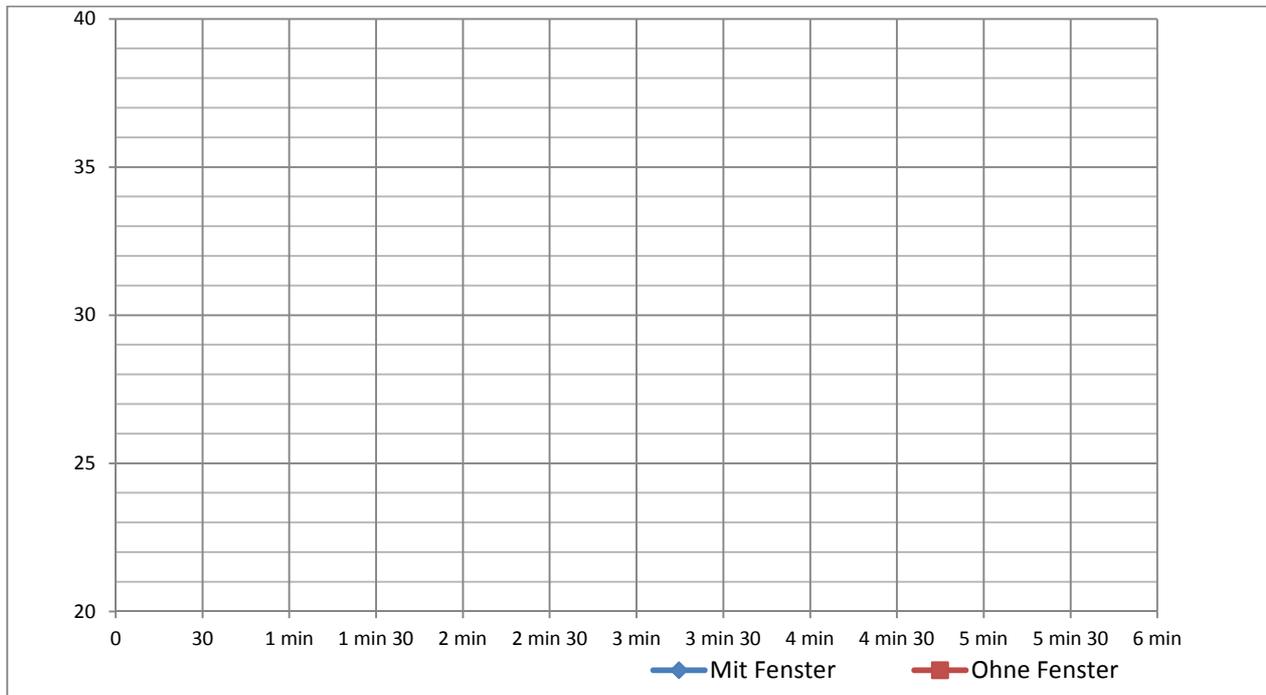
- |   |           |
|---|-----------|
| a. Komm, lass offen, da passiert nix          | < 5 %     |
| b. Irgendwie ist es hier kalt, kann das sein? | 5 - 10 %  |
| c. Mensch mach doch jetzt mal das Fenster zu! | 10 - 15 % |
| d. OH MEIN GOTT MACH SOFORT DAS FENSTER ZU    | > 15 %    |



## Durchführung

1. Ausgangstemperatur messen und in die Tabelle eintragen (Seite 4)
2. Netzteil mit Widerstand anschalten, Spannung auf 10 Volt einstellen
3. Stoppuhr starten
4. 6 Minuten lang alle 30 Sek. die Temperatur notieren
5. Nach 3 Minuten das Netzteil ausschalten
6. Nach 6 Minuten den Versuch beenden und Werte in das Diagramm übertragen
7. Fenster herausdrücken, Haus und Widerstand abkühlen lassen
8. Versuch ohne Fenster wiederholen
9. Werte in das Diagramm übertragen (Seite 4)

Zeit	Mit Fenster Temperatur °C	Ohne Fenster Temperatur °C	Temperatur unterschied
Ausgangstemperatur			
0:30 Min.			
1:00 Min.			
1:30 Min.			
2:00 Min.			
2:30 Min			
3:00 Min.			
(ausschalten!!)			
3:30 Min.			
4:00 Min.			
4:30 Min.			
5:00 Min.			
5:30 Min.			
6:00 Min.			



Verhältnis Temperatur mit Fenster/Temperatur ohne Fenster bei höchstem Temperaturunterschied

\_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ - 1,0 = \_\_\_\_\_

Bei geöffnetem Fenster hat man also einen Wärmeverlust von ca. \_\_\_\_\_ %.

Die Antwort auf die Frage auf Seite 2 lautet also a b c d (richtige Antwort einkringeln)

Wir haben herausgefunden, dass Lüften Heizenergie kostet. Nun stellen sich folgende Fragen:



- Warum muss ich überhaupt lüften? Wäre es nicht billiger, gar nicht zu lüften?
- Wie lüfte ich am geschicktesten, damit ich möglichst wenig Heizenergie verliere und Heizkosten spare?

## Sauerstoff

In einem luftdicht geschlossenen Raum kann ein Mensch nur ca. 3 Tage atmen, bis er den Sauerstoff in der Luft so weit verbraucht hat, dass Atmen unmöglich ist. Durch Lüften gelangt der notwendige, frische Sauerstoff ins Haus.

## Luftfeuchtigkeit

In einem normalen Haushalt gelangt ständig Feuchtigkeit in die Luft (Duschen, Schwitzen und Ähnliches). Wenn die Luft diese Feuchtigkeit nicht mehr aufnehmen kann, lagert sie sich an den Wänden oder Möbeln ab. Dies führt zu Schimmel. Durch Lüften wird die feuchte Luft gegen trockene Luft ausgetauscht.

Die **Luftfeuchtigkeit** bezeichnet den Anteil von Wasserdampf in der Luft. Je nach Umgebungstemperatur und -druck ergibt sich ein Wert der angibt, wie viel Wasserdampf die Luft maximal aufnehmen kann. Wenn man von 50% **Luftfeuchtigkeit** spricht, ist damit die relative Luftfeuchtigkeit gemeint. Das bedeutet, dass die Luft 50% der Menge Wasser beinhaltet, die sie maximal aufnehmen kann.

Der **Luftwechsel** (auch Luftwechselrate) gibt an, wie oft das Luftvolumen in einem Raum in einer Stunde mit Außenluft ausgetauscht wird. Die Einheit ist 1/h

## Luftwechsel

In vielen Gebäuden findet auch ohne aktives Lüften schon ein Luftwechsel stat. Gerade in Altbauten sind viele Fugen undicht. Das bedeutet, dass ständig Luft ein- und austreten kann. Die Menge des Austausches ist abhängig von Wind- und Druckunterschieden.

In Wohnräumen wird laut deutscher Norm ein Mindestluftwechsel von 0,5 1/h gefordert. Bei Altbauten liegt der Luftwechsel aufgrund der undichten Fugen oft schon bei 1 1/h. Da jedoch nicht nur Luft sondern vor allem Wärme entweicht, werden neue Häuser möglichst luftdicht gebaut. So spart man sich immense Heizkosten, muss aber auf das Lüften achten.

Art der Lüftung	Beschreibung	Luftwechselrate
Keine Lüftung	Fenster und Türen zu	0 bis 0,3 1/h
Spaltlüftung	Fenster gekippt	0,3 bis 1,5 1/h
Stoßlüftung	Fenster kurzzeitig ganz geöffnet	0,3 bis 4 1/h
Dauerlüftung	Fenster ständig ganz geöffnet	9 bis 15 1/h
Querlüftung	Gegenüberliegende Fenster und Türen ständig geöffnet	Bis 40 1/h

## Neubauten

Moderne Häuser müssen aufgrund der Energie-Einsparverordnung der Regierung sehr gut abgedichtet gebaut werden, sie sind nahezu luftdicht. Sie verlieren so kaum Wärme, was Heizkosten spart.

Neubauten haben einen so geringen Luftwechsel, dass eine Lüftungsanlage mit eingebaut werden muss. Moderne Lüftungsanlagen sind energieeffizient und sorgen für einen konstanten Luftwechsel. Sie erwärmen die frische Luft auf Raumtemperatur und entziehen der verbrauchten Luft die Wärme wieder, bevor sie sie ausstoßen.



Bildquelle: [www.immosbk.de](http://www.immosbk.de)

Die empfohlene Lüftungsweise ist die Stoßlüftung. Dabei wird in kurzer Zeit viel Luft ausgetauscht, ohne allzu viel Wärme zu verlieren. Mit dem gewonnenen Wissen aus diesem Versuch können wir die Verluste durch das Lüften nun berechnen.

### Aufgabe:

Angenommen du wohnst in einem Haus mit einer Luftwechselrate  $n$  von 0,5 1/h und einem Luftvolumen  $V$  von 750 m<sup>3</sup>. (a = anno = Jahr)

Die Lüftungswärmeverluste in kWh/Jahr berechnen sich nach der Formel:

$$V \text{ (m}^3\text{)} * n \text{ (h}^{-1}\text{)} * c \text{ (Wh/(m}^3\text{*K))} * 75 \text{ (kKh/a)}$$

(Luftvolumen \* Luftwechselrate \* Wärmekapazität der Luft (= 0,34 Wh/(m<sup>3</sup>\*K)) \* Gradtagszahlfaktor)

Berechne den Lüftungswärmeverlust für dein Haus!

$$\underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3 * \underline{\hspace{2cm}} \text{ 1/h} * \underline{\hspace{2cm}} \text{ Wh/(m}^3\text{*K)} * \underline{\hspace{2cm}} \text{ kKh/a} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kWh/a}$$

Berechne den Lüftungswärmeverlust, wenn dein Haus ein Passivhaus wäre ( $n = 0,2$  1/h)!

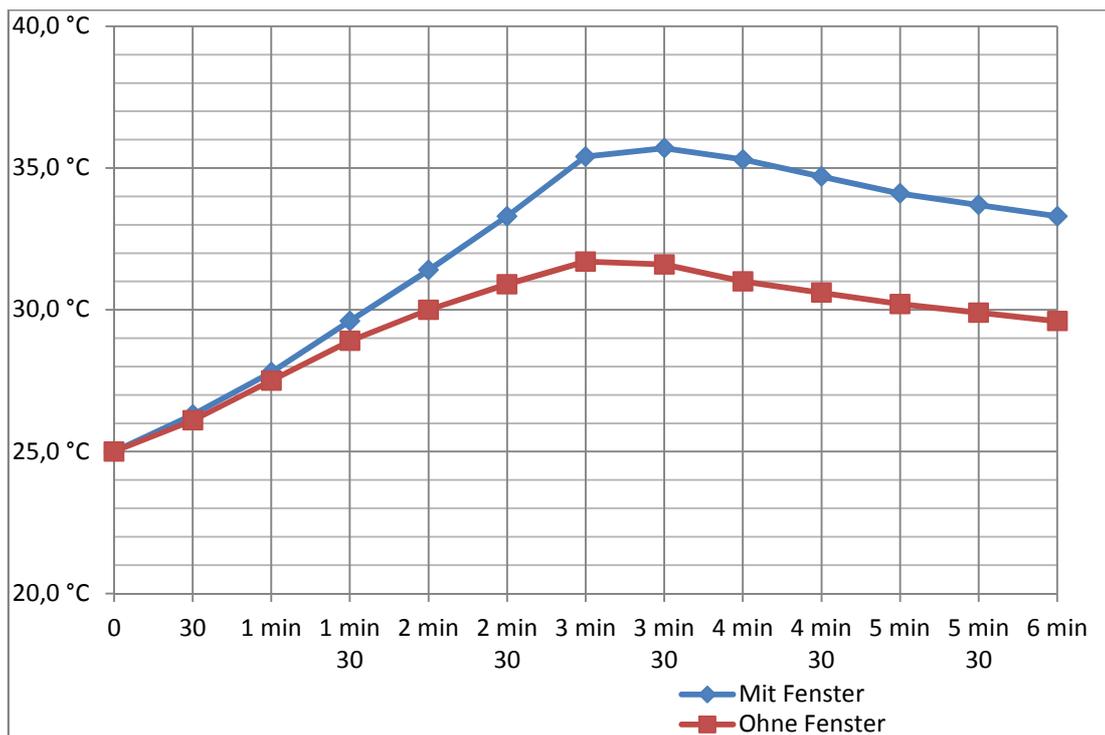
$$\underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3 * \underline{\hspace{2cm}} \text{ 1/h} * \underline{\hspace{2cm}} \text{ Wh/(m}^3\text{*K)} * \underline{\hspace{2cm}} \text{ kKh/a} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kWh/a}$$

Wieviel Prozent kannst du im Passivhaus sparen?

$$\underline{\hspace{2cm}} \%$$

**Messergebnisse und Diagramm**

Lufttemperatur °C	Temperatur °C Mit Fenster	Temperatur °C Ohne Fenster	Temperaturunterschied
Ausgangstemperatur	25,0 °C	25,0 °C	0,0
Nach 30 Sek.	26,3 °C	26,1 °C	0,2
Nach 1 Minute	27,8 °C	27,5 °C	0,3
Nach 1 Minute 30 Sek.	29,6 °C	28,9 °C	0,7
Nach 2 Minuten	31,4 °C	30,0 °C	1,4
Nach 2 Minuten 30 Sek.	33,3 °C	30,9 °C	2,4
Nach 3 Minuten	35,4 °C	31,7 °C	3,7
ausschalten			
Nach 3 Minute 30 Sek.	35,7 °C	31,6 °C	4,1
Nach 4 Minuten	35,3 °C	31,0 °C	4,3
Nach 4 Minuten 30 Sek.	34,7 °C	30,6 °C	4,1
Nach 5 Minuten	34,1 °C	30,2 °C	3,9
Nach 5 Minute 30 Sek.	33,7 °C	29,9 °C	3,8
Nach 6 Minuten	33,3 °C	29,6 °C	3,7



**Aufgabe:**

Angenommen du wohnst in einem Haus mit einer Luftwechselrate  $n$  von 0,5 1/h und einem Luftvolumen  $V$  von 750 m<sup>3</sup>. (a = anno = Jahr)

Die Lüftungswärmeverluste in kWh/Jahr berechnen sich nach der Formel:

$$V \text{ (m}^3\text{)} * n \text{ (h}^{-1}\text{)} * c \text{ (Wh/(m}^3\text{*K))} * 75 \text{ (kKh/a)}$$

(Luftvolumen \* Luftwechselrate \* Wärmekapazität der Luft (= 0,34 Wh/(m<sup>3</sup>\*K)) \* Gradtagszahlfaktor)

Berechne den Lüftungswärmeverlust für dein Haus!

$$750 \text{ m}^3 * 0,5 \text{ 1/h} * 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{*K)} * 75 \text{ kKh/a} = 9562,5 \text{ kWh/a}$$

Berechne den Lüftungswärmeverlust, wenn dein Haus ein Passivhaus wäre ( $n = 0,2$  1/h)!

$$750 \text{ m}^3 * 0,2 \text{ 1/h} * 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{*K)} * 75 \text{ kKh/a} = 3825 \text{ kWh/a}$$

Wieviel Prozent kannst du im Passivhaus sparen?

60 %

# Versuch 7 Solarthermie



Bildquelle: pixabay.com

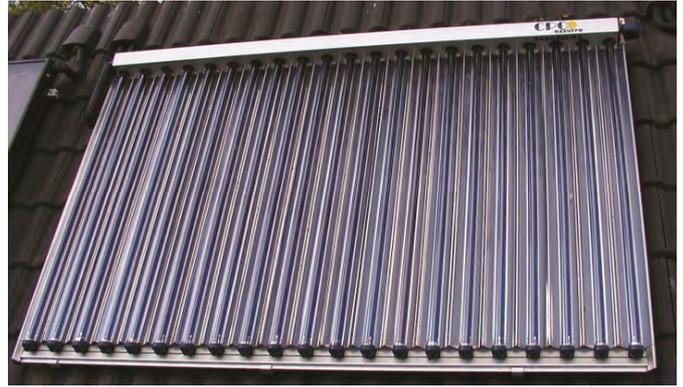
**Name:** \_\_\_\_\_

**Klasse:** \_\_\_\_\_

**Datum:** \_\_\_\_\_

Ist euch aufgefallen, dass man in Deutschland immer häufiger seltsame, blaue Platten auf Hausdächern, Firmen oder auch auf Schuldächern sieht? Dabei handelt es sich um sogenannte Solarzellen oder Kollektoren. Sie erzeugen mithilfe der Sonne Energie.

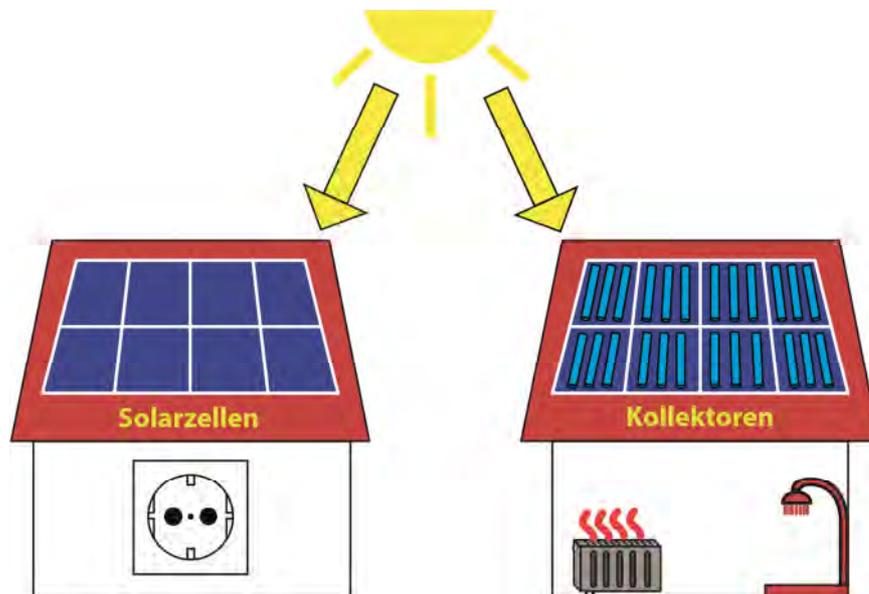
Warum gibt es immer mehr dieser Platten und wie funktionieren sie?



B  
Bildquelle: [http://de.wikipedia.org/wiki/Thermische\\_Solaranlage](http://de.wikipedia.org/wiki/Thermische_Solaranlage)

Es gibt zwei unterschiedliche Arten der Energieerzeugung durch Sonnenlicht:

- **Solarzellen** werden in einer **Photovoltaikanlage** verwendet und wandeln Sonnenlicht in **Strom** um.
- **Kollektoren** werden in einer **Solarthermieanlage** verwendet und wandeln Sonnenlicht in **Wärme** um.



In folgendem Versuch wird die Solarthermie ein wenig genauer unter die Lupe genommen. Um die Funktionsweise besser zu verstehen, suchen wir die Antwort auf folgende Frage:

Um wie viel Grad erwärmt sich Wasser in einer schwarzen Plastikflasche, wenn es 5 Minuten von einer Lichtquelle erwärmt wird?



- um etwa  $< 1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- um etwa  $2 - 4\text{ }^{\circ}\text{C}$
- um etwa  $4 - 6\text{ }^{\circ}\text{C}$
- um etwa  $> 6\text{ }^{\circ}\text{C}$



## Durchführung

1. Beobachte die Temperatur auf dem schwarz-weißen Farb-Plättchen auf dem Hausdach. Lege dazu den Temperaturfühler zuerst auf die auf die schwarze, dann auf die weiße Fläche
2. Werte in die Tabelle eintragen

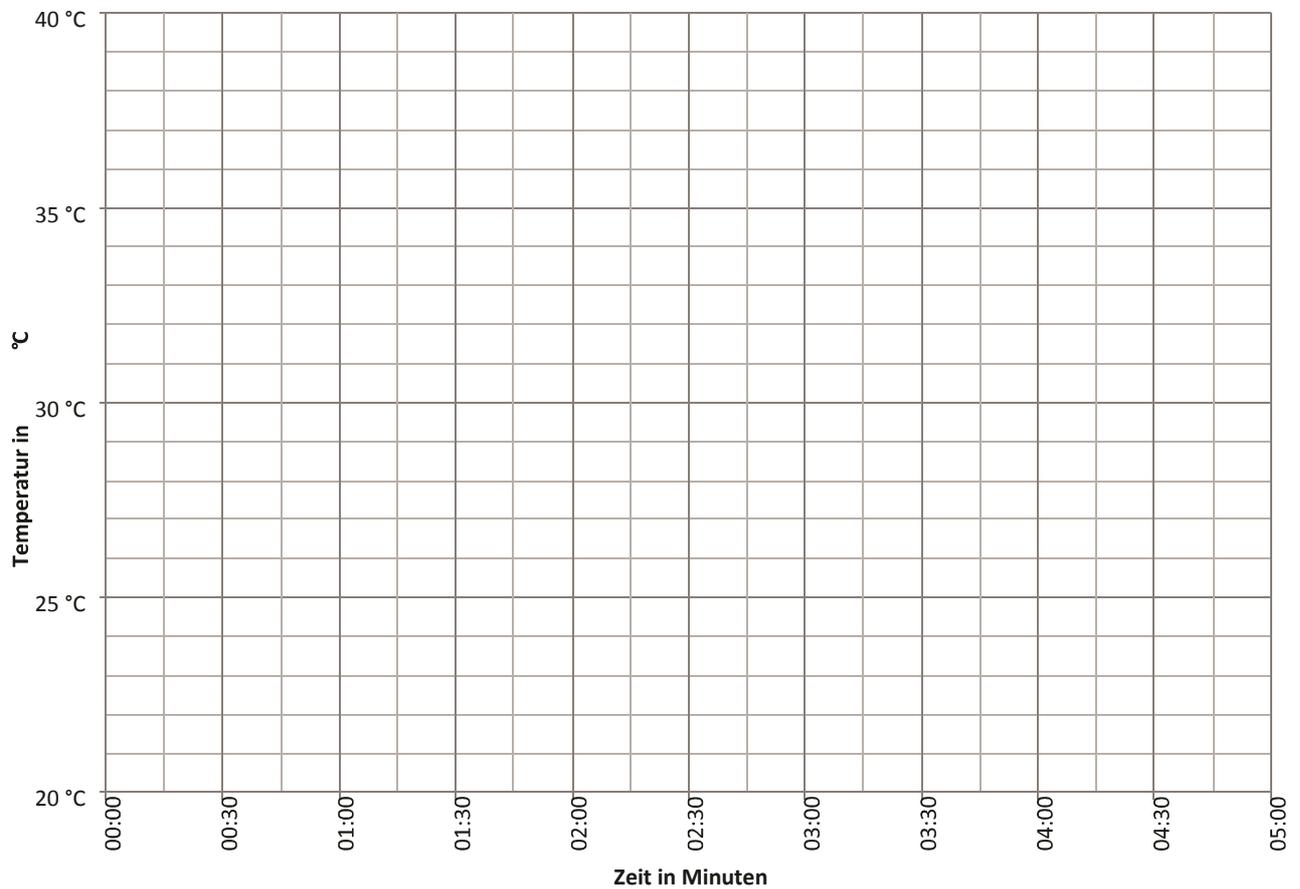
Weiße Fläche	Schwarze Fläche
_____ °C	_____ °C

Was bedeutet das Ergebnis für den Absorber?

3. Schwarzes Fläschchen mit Wasser füllen, auf dem Hausdach platzieren und den Temperaturfühler in das Fläschchen stecken
4. Ausgangstemperatur in der Tabelle notieren
5. Lampe einschalten, Stoppuhr starten
6. Alle 30 Sekunden Messergebnisse in Tabelle notieren.
7. Ergebnisse in das Diagramm übertragen
8. Werte in das Diagramm übertragen.

Zeit	Temperatur in °C
Ausgangstemperatur	
0:30 Min.	
1:00 Min.	
1:30 Min.	
2:00 Min.	
2:30 Min.	

Zeit	Temperatur in °C
3:00 Min.	
3:30 Min.	
4:00 Min.	
4:30 Min.	
5:00 Min.	



Das Wasser in der Plastikflasche erwärmt sich in 5 Minuten um insgesamt \_\_\_\_\_ °C.

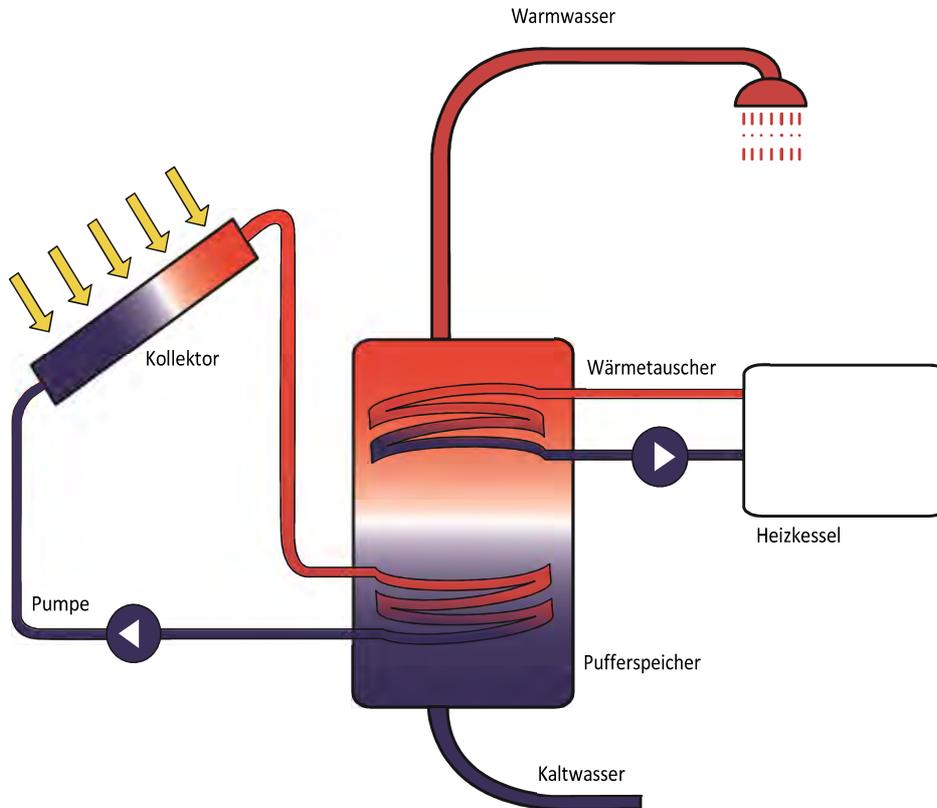
Somit ist die richtige Antwort \_\_\_\_\_.



Wir haben herausgefunden, dass Wasser Wärme gut aufnehmen kann.

Nun stellen sich folgende Fragen:

- Wie nutzt man in der Solarthermie das erwärmte Wasser?
- Lohnt es sich, eine Solarthermieanlage auf seinem Haus zu installieren?
- 



### Wusstest du...?

Die gesamte auf die Erdoberfläche auftreffende Energiemenge ist mehr als zehntausendmal größer als der Energiebedarf der Menschheit.

Mit den auf unseren Dächern verwendeten Solarthermieanlagen, werden zwischen 60 und 75 % der eintreffenden Strahlungsenergie in Wärmeenergie umgewandelt.

## Die Funktionsweise von Solarthermie

Wenn Sonne auf den Kollektor auf dem Dach scheint, erwärmt sich das darin enthaltene Wasser. Das warme Wasser (rot) fließt in einen sogenannten Pufferspeicher. Dort gibt das Wasser die Wärme an das dort gespeicherte Wasser ab. Das erwärmte Wasser im Pufferspeicher dient dann zur Beheizung des Hauses und zur Warmwasserversorgung. Bei Bedarf kann es noch von einem zusätzlichen Heizkessel weiter erwärmt werden. Um den Kreislauf aufrechtzuerhalten, fließt ständig abgekühltes Wasser (blau) aus dem Pufferspeicher in den Kollektor nach, um erneut erhitzt zu werden.

## Solarthermiekraftwerke

Neben den flachen Kollektorplatten für das eigene Hausdach gibt es riesige Solarthermiekraftwerke. Dort wird das Sonnenlicht mithilfe von Spiegeln gebündelt, um noch mehr Wärme zu erzeugen. Das in Solarthermieanlagen verwendete Wasser (auch Leitmedium genannt) ist in der Regel mit speziellen Chemikalien vermischt, um Wärme besser transportieren zu können und bei extremen Temperaturen nicht zu gefrieren oder zu kochen. Bei Kraftwerken die besonders hohe Temperaturen erzeugen, wird meist Öl als Leitmedium verwendet.

Bildquelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Solarthermie>



## Energiesparen mit Solarthermie

Je nach Größe und Lage der Kollektorfläche produziert eine Solarthermieanlage Wärmeenergie. Da die Sonne nachts gar nicht scheint und es auch im Winter wesentlich weniger Licht als im Sommer gibt, muss die gewonnene Wärmeenergie mit speziellen Speichertanksystemen gespeichert werden. Damit spart man eine Menge Heizkosten. In den modernsten Passivenergiehäusern genügt eine Solarthermieanlage sogar, um die gesamte jährliche Heizleistung zu erbringen.

### Aufgabe:

- Eine vierköpfige Familie möchte eine Solarthermieanlage kaufen (Energie für Warmwasserbedarf 600 kWh pro Person im Jahr, 1 m<sup>2</sup> Kollektorfläche erzeugt 400 kWh, Speichergröße 60 l/Kollektorfläche).

Wie groß muss die Anlage in m<sup>2</sup> sein?

Wie viele Liter hat der Pufferspeicher?

$$\underline{\quad} \text{ Personen} * \underline{\quad} \text{ kWh/Person und Jahr} = \underline{\quad} \text{ kWh/Jahr}$$

$$\underline{\quad} \text{ kWh/Jahr} : 400 \text{ kWh/m}^2 \text{ und Jahr} = \underline{\quad} \text{ m}^2,$$

$$\underline{\quad} \text{ m}^2 * 60 \text{ l/m}^2 = \underline{\quad} \text{ l}$$

- Die Anlage kostet 4500 €. Die Energieeinsparung für die Warmwasserbereitung der 4 Personen beträgt 10 Cent pro kWh.

Wann hat sich die Anlage wirtschaftlich amortisiert?

$$\underline{\quad} \text{ kWh/Jahr} * 0,10 \text{ €/kWh} = \underline{\quad} \text{ €/Jahr}$$

$$4500 \text{ €} : \underline{\quad} \text{ €/Jahr} = \underline{\quad} \text{ Jahre.}$$

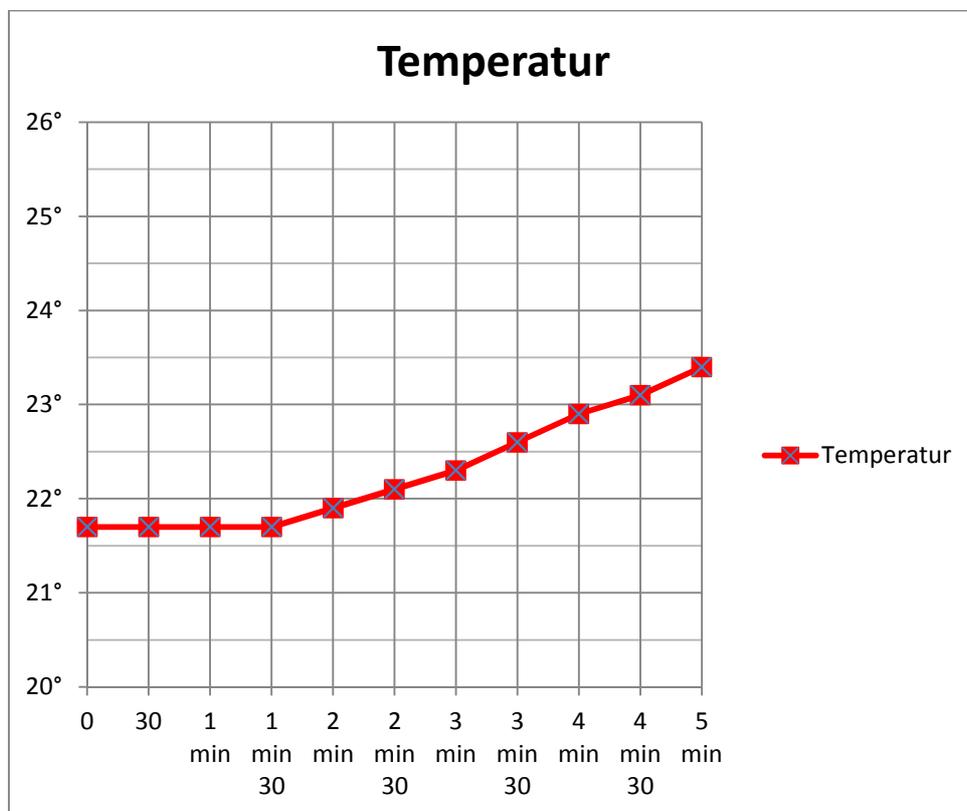
**Messergebnisse und Berechnungen**

Weiße Fläche	Schwarze Fläche
38°C	47°C

Was bedeutet das Ergebnis für den Absorber? Absorber muss schwarz sein

Zeit	Temperatur in °C
Ausgangstemperatur	21,7°C
0:30 Min.	21,7°C
1:00 Min.	21,7°C
1:30 Min.	21,7°C
2:00 Min.	21,9°C
2:30 Min.	22,1°C

Zeit	Temperatur in °C
3:00 Min.	22,3°C
3:30 Min.	22,6°C
4:00 Min.	22,9°C
4:30 Min.	23,1°C
5:00 Min.	23,4°C



**Aufgabe::**

- Eine vierköpfige Familie möchte eine Solarthermieanlage kaufen (Energie für Warmwasserbedarf 600 kWh pro Person im Jahr, 1 m<sup>2</sup> Kollektorfläche erzeugt 400 kWh, Speichergröße 60 l/Kollektorfläche).

Wie groß muss die Anlage in m<sup>2</sup> sein?

Wie viele Liter hat der Pufferspeicher?

4 Personen \* 600 kWh/Person und Jahr = 2400 kWh/Jahr

2400 kWh/Jahr : 400 kWh/m<sup>2</sup> und Jahr = 6 m<sup>2</sup>,

6 m<sup>2</sup> \* 60 l/m<sup>2</sup> = 360 l

- Die Anlage kostet 4500 €. Die Energieeinsparung für die Warmwasserbereitung der 4 Personen beträgt 10 Cent pro kWh.

Wann hat sich die Anlage wirtschaftlich amortisiert?

2400 kWh/Jahr \* 0,10 €/kWh = 240 €/Jahr

4500 € : 240 €/Jahr 18,75 Jahre, circa 19 Jahre

# Versuch 8 Photovoltaik



Bildquelle: pixabay.com

**Name:** \_\_\_\_\_

**Klasse:** \_\_\_\_\_

**Datum:** \_\_\_\_\_

Ist euch aufgefallen, dass man in Deutschland immer häufiger seltsame, blaue Platten auf Hausdächern, Firmen oder auch auf Schuldächern sieht? Dabei handelt es sich um sogenannte Solarzellen oder Kollektoren. Sie erzeugen mithilfe der Sonne Energie.

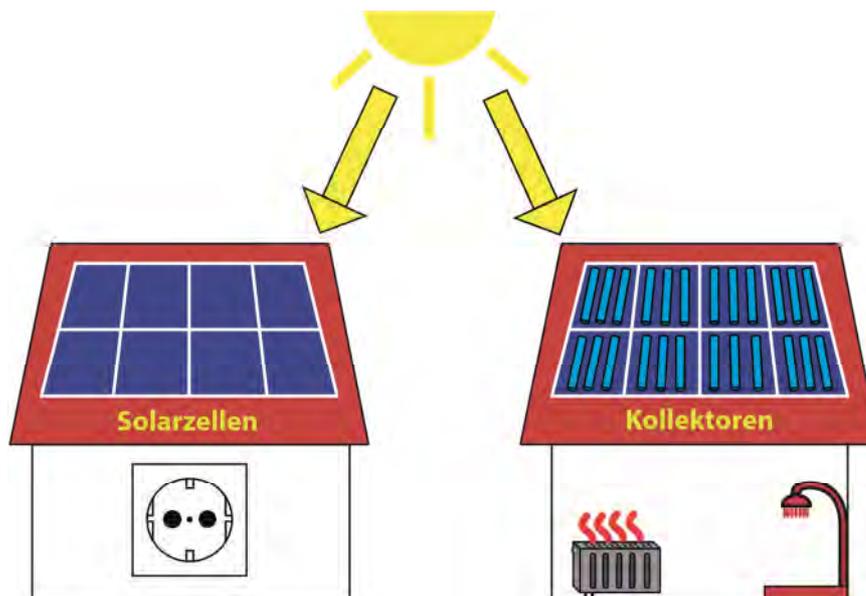
Warum gibt es immer mehr dieser Platten und wie funktionieren sie?



Bildquelle: <https://plus.google.com/communities/116483789231996980166/>

Es gibt zwei unterschiedliche Arten der Energieerzeugung durch Sonnenlicht:

- **Solarzellen** werden in einer **Photovoltaikanlage** verwendet und wandeln Sonnenlicht in **Strom** um.
- **Kollektoren** werden in einer **Solarthermieanlage** verwendet und wandeln Sonnenlicht in **Wärme** um.

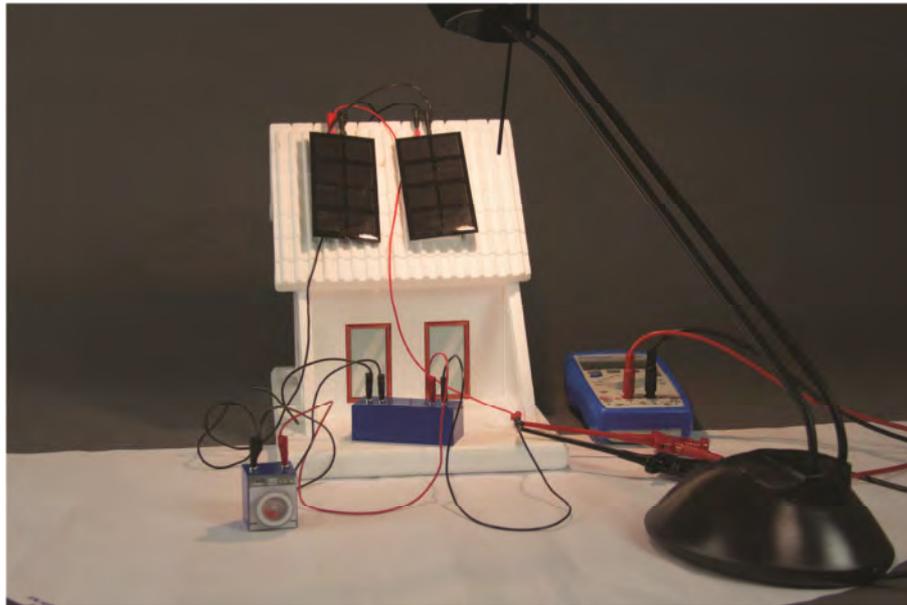


In folgendem Versuch wird die Solarzelle ein wenig genauer unter die Lupe genommen.

Wie viel Strom produziert die Solaranlage im Versuch insgesamt?

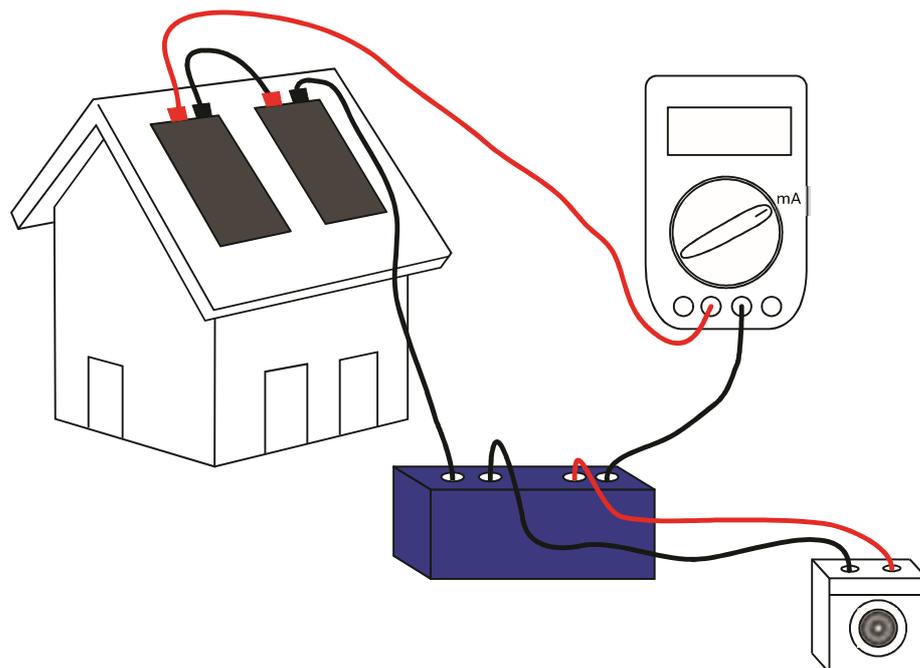


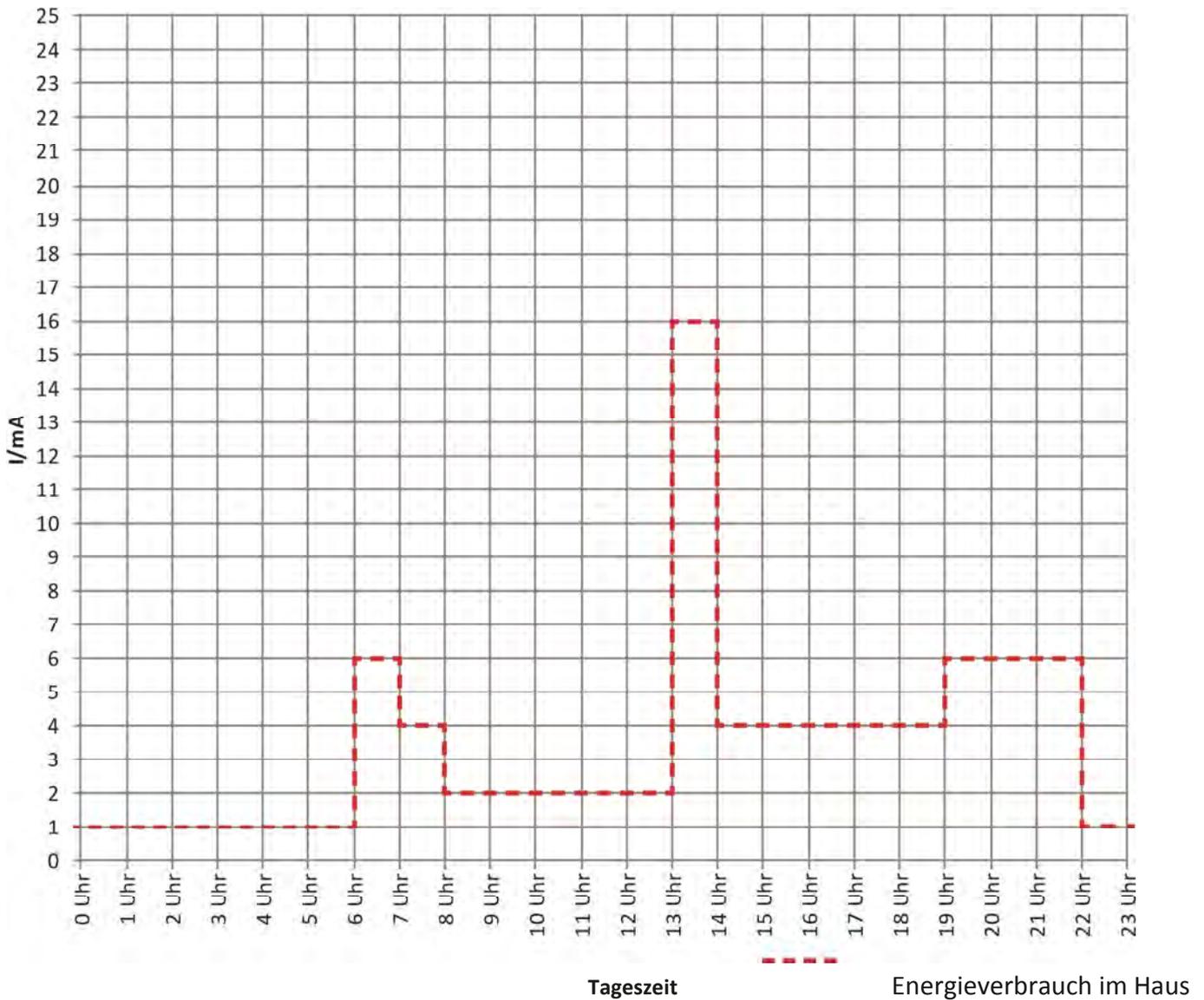
- Mehr als nötig.
- Weniger als nötig.



### Durchführung:

1. Die Solarzellen mit der Waschmaschine und dem Multimeter verbinden (siehe Grafik unten).
2. Multimeter auf Milliampere (**mA**) stellen.
3. Lampe auf die 7 Uhr Markierung stellen und anschalten.
4. Messwert auf dem Multimeter ablesen und in das Diagramm auf der nächsten Seite eintragen.
5. Lampe auf die nächste Stundenmarkierung stellen und wieder ablesen und eintragen.





Im Diagramm ist schon ein üblicher Energieverbrauch zu verschiedenen Tageszeiten eingezeichnet. Je nach Tageszeit ist der Energieverbrauch sehr unterschiedlich.

Schraffiert in dem Diagramm den Bereich GRÜN, in dem die Photovoltaikanlage mehr Strom, als benötigt wird, produziert. Danach schraffiert den Bereich ROT, in dem die Photovoltaikanlage weniger Strom, als benötigt wird, produziert.

Vervollständigt folgende Sätze:

Der \_\_\_\_\_ Bereich ist größer und es wurde \_\_\_\_\_ Strom als benötigt produziert.

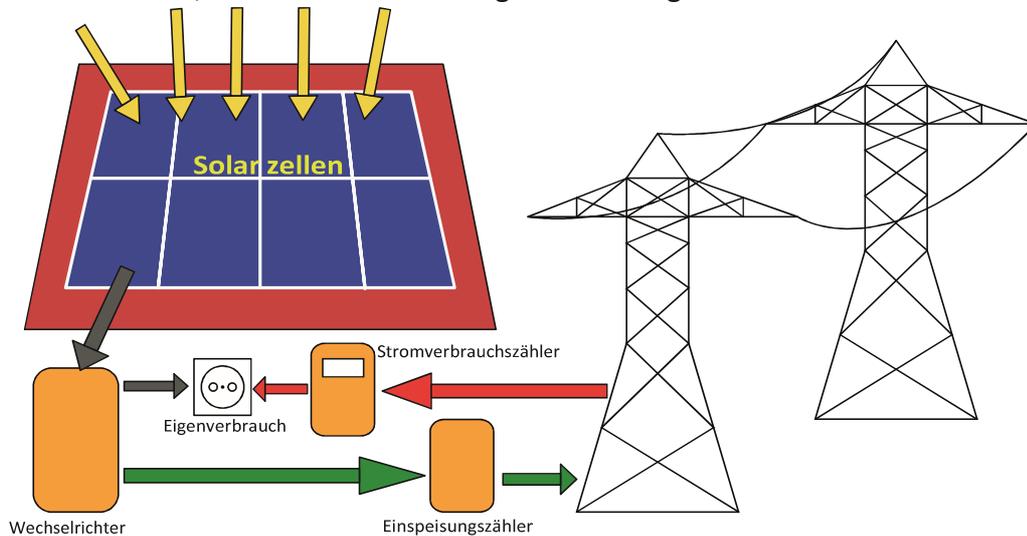
Somit ist die richtige Antwort \_\_\_\_\_. (Frage auf Seite 2)

Wir haben herausgefunden, dass Photovoltaikanlagen viel Strom produzieren.

Nun stellen sich folgende Fragen:



- Wie funktioniert die Photovoltaikanlage?
- Lohnt es sich, eine Photovoltaikanlage auf sein eigenes Haus zu bauen?



## So funktioniert Photovoltaik:

- Die Sonnenstrahlen scheinen auf die Solarzellen. Die entstehende Wärme wird in Energie umgewandelt. Diese Energie wandert als Gleichstrom durch die Solarzellen bis zum Wechselrichter.
- Der Wechselrichter wandelt den Gleichstrom in Wechselstrom, dieser ist dann für den normalen Haushalt verwendbar.
  - » Wir könnten diesen Strom also jetzt aus der Leitung für verschiedene Dinge nutzen, etwa zum Laden unseres Mobiltelefons.
- Wenn die Solarzellen zu viel Strom produzieren, kann dieser in das allgemeine Stromnetz eingespeist werden.
- Sollten die Solarzellen jedoch zu wenig Strom für den eigenen Haushalt produzieren, muss der fehlende Strom aus dem Netz zugekauft werden.

## Aufgabe:

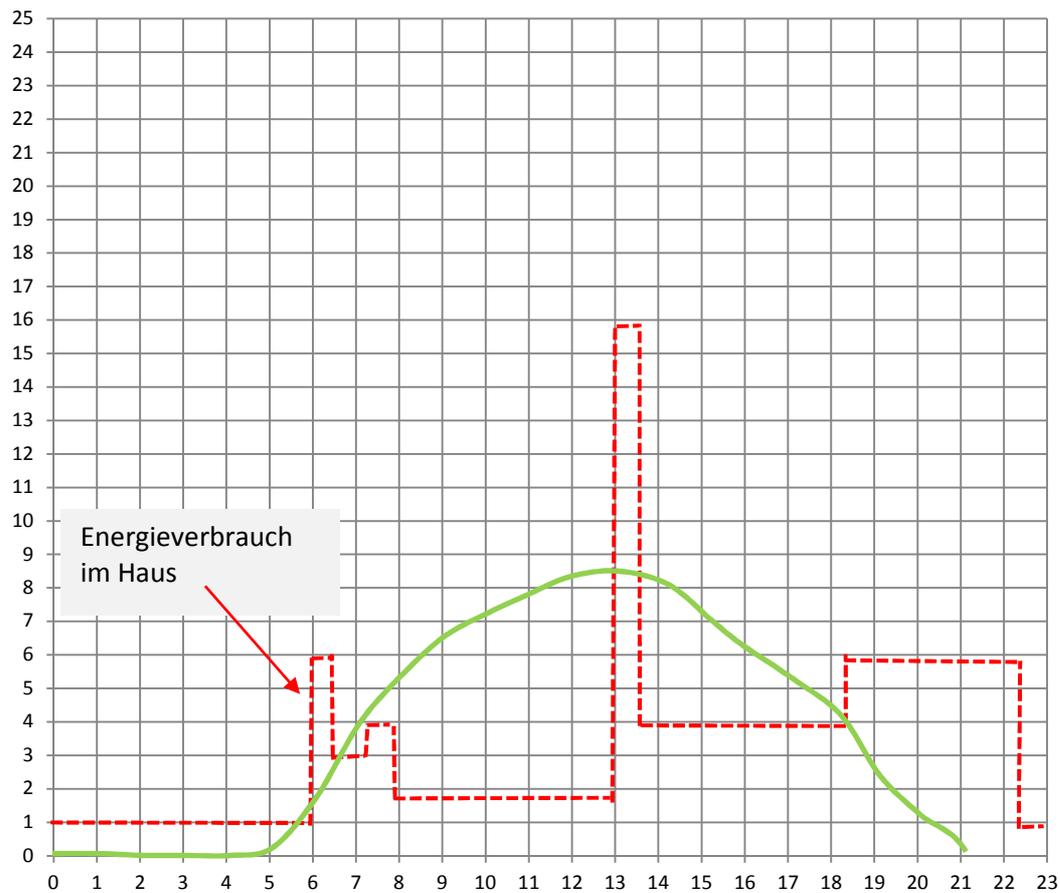
Ein 4-Personen-Haushalt verbraucht im Jahr etwa 1000 kWh pro Person. Du möchtest eine Photovoltaikanlage kaufen und den gesamten Energiebedarf abdecken.

Wie groß muss die Anlage sein, wenn 1 m<sup>2</sup> im Jahr etwa 80 kWh Ertrag produziert?

$$\underline{\hspace{2cm}} \text{ kWh/Jahr} \times \underline{\hspace{2cm}} \text{ Personen} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kWh/Jahr.}$$

$$\underline{\hspace{2cm}} \text{ kWh/Jahr} \div 80 \text{ kWh/Jahr} \times 1 \text{ m}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^2.$$

## Messergebnisse und Diagramm



Vervollständigt folgende Sätze:

Der grüne Bereich ist größer und es wurde mehr Strom als benötigt produziert. Somit ist die richtige Antwort a. (Frage auf Seite 2)

### Aufgabe:

Ein 4-Personen-Haushalt verbraucht im Jahr etwa 1000 kWh pro Person. Du möchtest eine Photovoltaikanlage kaufen und den gesamten Energiebedarf abdecken.

Wie groß muss die Anlage sein, wenn 1 m<sup>2</sup> im Jahr etwa 80 kWh Ertrag produziert?

$1000 \text{ kWh/Jahr} \times 4 \text{ Personen} = 4000 \text{ kWh/Jahr.}$

$4000 \text{ kWh/Jahr} \div 80 \text{ kWh/Jahr} \times 1 \text{ m}^2 = 50 \text{ m}^2.$

# Versuch 9 Klimawandel – 1



Bildquelle: [http://www.energieverbraucher.de/files\\_db/1284140801\\_9265\\_12.jpg](http://www.energieverbraucher.de/files_db/1284140801_9265_12.jpg)

**Name:** \_\_\_\_\_

**Klasse:** \_\_\_\_\_

**Datum:** \_\_\_\_\_



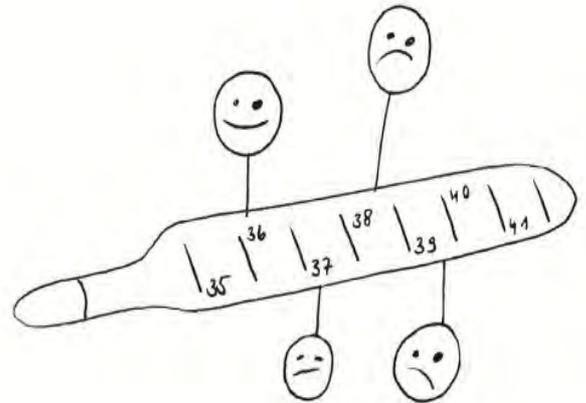
Bildquelle: <http://www.dagogo.de/fotos/globale-erwaermung.jp>

Aber was genau passiert denn da?

Der Klimawandel, also die globale Erwärmung, wird zum größten Teil vom Menschen verursacht. Jedes Stück Kohle, das wir verheizen, jeder Liter Erdöl oder Gas, den wir verbrennen, vergrößert die Menge an Treibhausgasen in der Atmosphäre. Wie eine immer dickere Decke legen sie sich um die Erde, schließen die Hitze ein und machen uns und der Natur zu schaffen.

Ihr habt bestimmt in letzter Zeit Nachrichten gehört oder gelesen, wie zum Beispiel „Das Eis schmilzt, die armen Eisbären“ oder „Der Meeresspiegel steigt, Hilfe die Holländer gehen unter“ oder gar „Das Klima wird immer heißer, es wird mehr Hitzefrei geben“.

Scheinbar lässt der sogenannte Klimawandel die Temperaturen steigen.



Bildquelle: <http://scrum-in-der-praxis.de/wp-content/uploads/2012/08/5-14->

Seit Beginn der Industrialisierung ist die Temperatur auf der Erde durchschnittlich um **0,85 °C** gestiegen. Dass menschliches Handeln dafür verantwortlich ist, gilt als belegt.

Im nachfolgenden Versuch soll folgendes geklärt werden:



- Was bedeutet eigentlich Treibhauseffekt?
- Wie können wir den Klimawandel verlangsamen?

## Die Treibhausgase

### Das Kohlenstoffdioxid CO<sub>2</sub>



Das CO<sub>2</sub> ist grundsätzlich gut. Pflanzen benötigen es zum Leben. Sie nehmen es auf und geben es als Sauerstoff wieder an ihre Umwelt ab.

Aktuell gibt es aber zu viel CO<sub>2</sub> auf der Welt, sodass die Pflanzen es nicht mehr verarbeiten können.

### Das Lachgas (Distickstoffoxid) N<sub>2</sub>O



Das Lachgas N<sub>2</sub>O entsteht hauptsächlich bei der Verwendung von Kunstdünger. N<sub>2</sub>O ist 310-mal schädlicher als CO<sub>2</sub>!

Die Menge an N<sub>2</sub>O ist enorm, wenn man bedenkt wie viele Felder mit Kunstdünger bewirtschaftet werden.

### Das Methan CH<sub>4</sub>



Der bekannteste Produzent von Methangasen ist die Kuh. Mülldeponien, Reisanbau und Verbrennungen von Biomassen sind weitere Entstehungsquellen.

Methan ist etwa 21-mal schädlicher als CO<sub>2</sub>!



## Durchführung

1. Temperaturfühler in das Glas stellen und das Glas mit der Lampe für etwa 5 Minuten bestrahlen.
2. Nach 5 Minuten die Temperatur ablesen und in den Messergebnissen (siehe unten) notieren.
3. Im Glas etwas Natronpulver an den Rand geben.
4. Mit der Pipette etwas Essig auf das Natron geben. Es entsteht  $\text{CO}_2$ .
5. Temperatur ablesen und notieren.

## Messergebnisse:

Lufttemperatur nach etwa 5 Minuten	°C
Maximale Temperatur im Becher nach Zugabe von Natron/Essig	°C
Temperaturunterschied der beiden Messungen	°C

## Aufgabe

Beschreibe in Stichpunkten:

1. Was bedeutet Treibhauseffekt?
2. Wo entstehen tagtäglich Treibhausgase?
3. Was können wir tun, um unseren täglichen Ausstoß von Treibhausgasen zu verringern?
4. Ordne die Bilder den Gasen zu!



<b>Kohlendioxid</b>	<b>Lachgas</b>	<b>Methan</b>
---------------------	----------------	---------------



**Messergebnisse:**

Lufttemperatur nach etwa 5 Minuten	30,5°C
Maximale Temperatur im Becher nach Zugabe von Natron/Essig	33,9°C
Temperaturunterschied der beiden Messungen	3,4°C

**Aufgabe**

Beschreibe in Stichpunkten:

1. Was bedeutet Treibhauseffekt?
2. Wo entstehen tagtäglich Treibhausgase?
3. Was können wir tun, um unseren täglichen Ausstoß von Treibhausgasen zu verringern?
4. Ordne die Bilder den Gasen zu!



<b>Kohlendioxid</b>	<b>Lachgas</b>	<b>Methan</b>
---------------------	----------------	---------------



# Versuch 10 Klimawandel – 2



Bildquelle: <http://pixabay.com>

**Name:** \_\_\_\_\_

**Klasse:** \_\_\_\_\_

**Datum:** \_\_\_\_\_

Ihr habt bestimmt in letzter Zeit Nachrichten gehört oder gelesen, wie zum Beispiel „Das Eis schmilzt, die armen Eisbären“ oder „Der Meeresspiegel steigt, Hilfe die Holländer gehen unter“ oder gar „Das Klima wird immer heißer, es wird mehr Hitzefrei geben“.

Scheinbar lässt der sogenannte Klimawandel die Temperaturen steigen. Aber was genau passiert denn da?

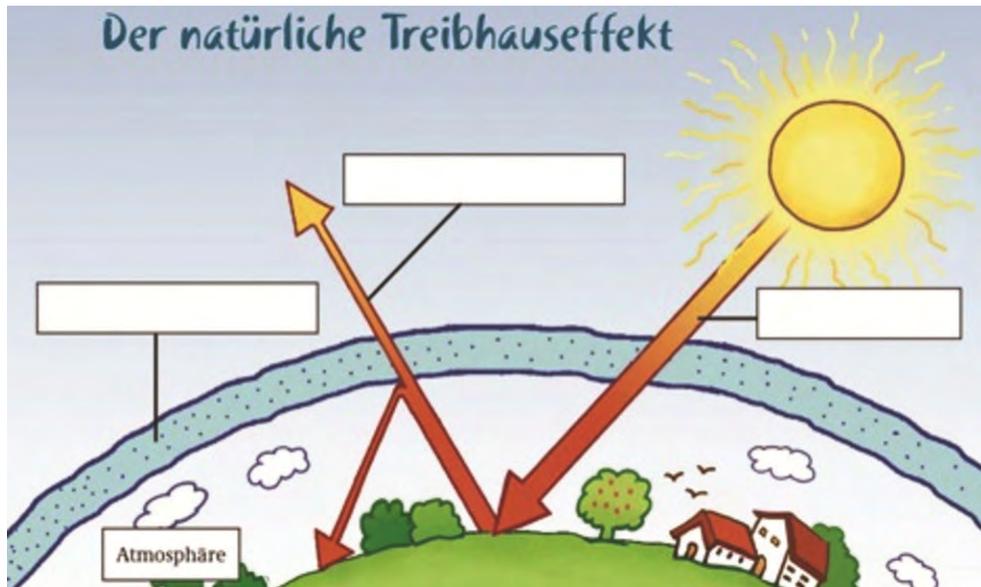


Bildquelle: <http://thumbs.dreamstime.com/t/schützen-des-erdeplaneten-2887248.jpg>

**Wie funktioniert eigentlich der natürliche Treibhauseffekt?**

Tragt folgende Begriffe in die entsprechenden Kästchen ein:

- Sonnenstrahlung
- Treibhausgase
- Atmosphäre
- Wärmestrahlung



Bildquelle: [http://www.umwelt-im-unterricht.de/fileadmin/\\_processed\\_/csm\\_Klimawandel\\_661f8f4f6a.jpg](http://www.umwelt-im-unterricht.de/fileadmin/_processed_/csm_Klimawandel_661f8f4f6a.jpg)

Der folgende Versuch soll erklären, welche Auswirkungen eine „Glasglocke“ (symbolisch als Erdatmosphäre) auf die Temperaturen der Erde hat. Dazu sollen auch die Einflüsse der Treibhausgase verdeutlicht werden.



Welche Auswirkungen hat eine Glasglocke auf die Lufttemperatur im Inneren?

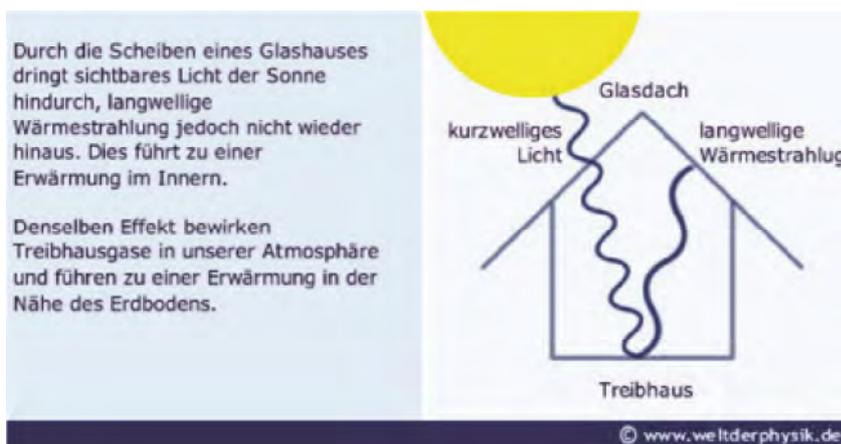


### Durchführung

1. Fühler des Thermometers auf der schwarzen Unterlage im Abstand von ca. 20 cm unter der Lampe platzieren.
2. Schreibtischlampe einschalten.
3. Die Temperatur des Fühlers einpendeln lassen, bis sie sich nicht mehr ändert, Werte in die untenstehende Tabelle eintragen.
4. Über den Fühler das Glas stülpen.
5. Etwa 5 Minuten warten, bis sich die Temperatur unter dem Glas stabilisiert hat und sich nicht mehr verändert. Temperatur ablesen und in die Tabelle eintragen.

Fühler	
Anfangstemperatur:	_____ °C
<b>Glas überstülpen</b>	
Nach 5 Minuten:	_____ °C
Temperaturunterschied:	_____ °C

## Wie funktioniert der Treibhauseffekt?

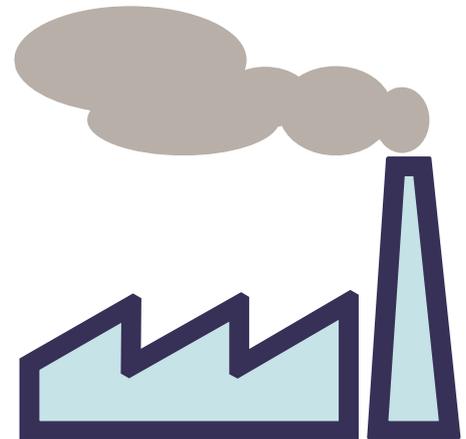


### Wusstest du schon?

Der Stand-by-Betrieb elektronischer Geräte macht bis zu 10 % des Energieverbrauchs in privaten Haushalten aus. Das entspricht in etwa dem Betrieb von 3 Atomkraftwerken.

## Ursachen für den Treibhauseffekt

- Industrielle Prozesse.
- Erzeugung von Energie.
- Erzeugung von Nahrungsmitteln.
- Abholzung (CO<sub>2</sub>-Speicher werden vernichtet) und Brandrodung von Wäldern (Entstehung von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen).
- Verkehrssektor und private Haushalte.



## Was kann jeder Einzelne gegen den Treibhauseffekt tun?

- Vermeidung des Stand-by-Betriebes von Elektrogeräten (Musikanlage, Fernsehgerät, Computer, Spielkonsole, Ladegeräte von Mobiltelefonen).
- Wassersparen beim Duschen und Zähneputzen.
- Unnötiges Brennen lassen von Licht vermeiden (Licht im Klassenzimmer während der Pause).
- Zurückdrehen der Heizung, wenn das Zimmer nicht genutzt wird.
- Lüften der Zimmer durch Stoßlüften (Fenster für 3 - 5 Minuten ganz öffnen).
- Fahrrad oder öffentliche Verkehrsmittel nutzen und unnötige Elterntaxifahrten vermeiden.

### Wusstest ihr schon?

Die Konzentration der Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Distickstoffoxid (Lachgas) ist in unserer Atmosphäre so hoch, wie in den letzten 800.000 Jahren nicht mehr.

Jede Suchanfrage mit Google verbraucht so viel Strom, wie eine Energiesparlampe in einer Stunde.

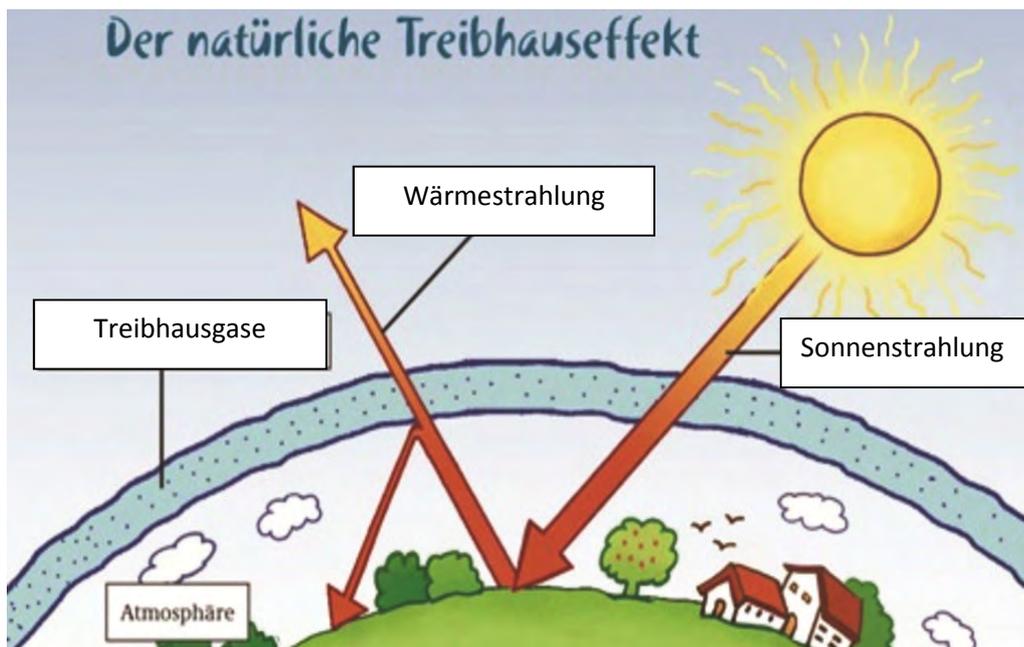


Bildquelle: <http://www.montalivet.de/pic/gluehbirne2.jpg>

### Aufgabe:

1. Welche Möglichkeiten fallen euch noch ein, persönlich weniger Treibhausgase zu erzeugen?
2. Warum erzeugt ihr weniger Treibhausgase, wenn ihr zum Beispiel Erdbeeren aus der Region kauft, anstatt aus Spanien?

### Messergebnisse und Lösungen



Fühler	
Anfangstemperatur:	27,8 °C
Glas überstülpen	
Nach 5 Minuten:	34,8°C
Temperaturunterschied:	7 °C

# Versuch 11 Energieeffizienz von Lampen



Bildquelle: [https://www.landkreis-schweinfurt.de/umweltamt/bilder/Energiesparlampen\\_dena.jpg](https://www.landkreis-schweinfurt.de/umweltamt/bilder/Energiesparlampen_dena.jpg)

**Name:** \_\_\_\_\_

**Klasse:** \_\_\_\_\_

**Datum:** \_\_\_\_\_

Lampe ist gleich Lampe? Wer in einem Baumarkt einmal vor dem Regal mit Leuchtmitteln stand, weiß das besser. Heutzutage gibt es unzählige verschiedene Lampenarten, mit verschiedenen Leistungen und Angaben zu Watt und Lux und Lumen. Und wer ist eigentlich dieser Kelvin? Wer soll denn da noch den Überblick behalten? Du!



Bildquelle:

Im folgenden Versuch werden verschiedene Lampentypen genauer betrachtet und auf ihre Eigenschaften und ihre Energieeffizienz hin untersucht. Wenn du über die unten im Kasten zu findenden Einheiten Bescheid weißt, kann es losgehen

**Watt (W) = Elektrische Leistung**

Gibt die Leistung der Lampe an s Mehr Watt » Mehr Leistung » Hellere Lampe.

**Lumen (lm) = Lichtstrom**

Die Menge an Licht, die eine Lampe abgibt. Mehr Lumen » Hellere Lampe.

**Lux (lx) = Beleuchtungsstärke** Gibt an, wie viel Licht auf einer Fläche ankommt Mehr Lux » Mehr Licht pro m<sup>2</sup> » Hellere Fläche.

Da es heutzutage sehr unterschiedliche Lampentypen gibt, lässt sich die tatsächliche Helligkeit einer Lampe nicht an der Watt-Angabe ablesen. Der Lichtstrom in Lumen sagt uns genauer, wie hell die Lampe scheinen wird.

Warum gibt es aber 4-Watt-Lampen die 250 Lumen erzeugen und 25-Watt-Lampen, die nur 220 Lumen erzeugen? Der folgende Versuch schafft Klärung.

Welcher der folgenden Lampentypen hat die beste Lichtausbeute?



- a) Glühlampe
- b) Halogenlampe
- c) Energiesparlampe
- d) LED-Lampe

### Lichtausbeute

Verhältnis von erzeugtem Licht zu verbrauchtem Strom.

» Lichtstrom zu Leistung (lm/W)



## Durchführung

1. Lampe aus Verpackung nehmen und in Fassung schrauben, Strom anschalten.
2. Leistungsangabe in Watt an Steckdosenleiste ablesen und in Tabelle (» nächste Seite) eintragen.
3. Lichtstromwert (lm) von Verpackung ablesen und in Tabelle eintragen.
4. Luxwert (lx) vom Luxmeter ablesen und in Tabelle eintragen.
5. Lichtausbeute ermitteln.
6. Den Vorgang für jeden Lampentyp wiederholen.

Hinweis: Bei der Energiesparlampe warten, bis sich die volle Beleuchtungsstärke einstellt.



**Achtung: Bevor Lampen ein-/ausgeschraubt werden, Strom ausschalten.**



**Achtung: Lampen werden heiß, Topfhandschuhe benutzen.**

Art und Leistung der Lampe	Gemessene Leistung in W	Gemessene Beleuchtungsstärke in lx	Angabe Lichtstrom in lm	Lichtausbeute in lm/W
Glühlampe _____ W				
Halogenlampe _____ W				
Energiesparlampe _____ W				
LED-Lampe _____ W				

Ordne die Lampen nach ihrer Lichtausbeute.

Trage die Energieeffizienzklasse ein (siehe Angabe auf Verpackung).

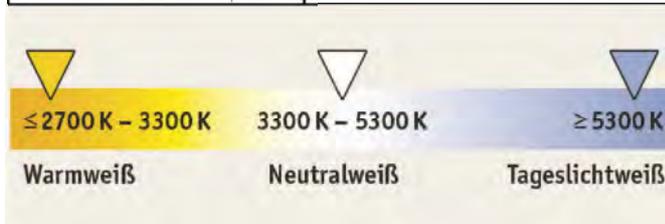
Platz	Lampe	Lichtausbeute in lm/W	Energieeffizienzklasse
1			
2			
3			
4			

Wenn wir herausgefunden haben, welcher Lampentyp die beste Lichtausbeute bringt, ergeben sich weitere Fragen:

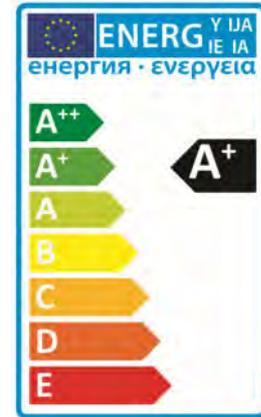
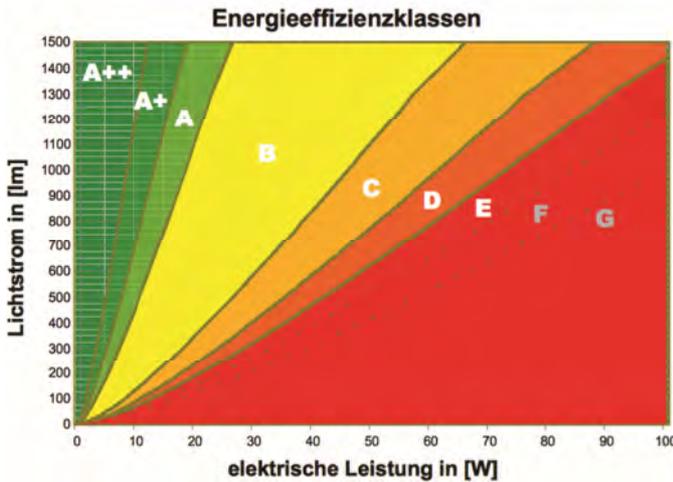


- Warum haben manche Lampentypen eine bessere Lichtausbeute als andere?
- Was sind die Unterschiede zwischen diesen Lampen?
- Was für eine Lampe würde ich in meinem Zimmer benutzen und warum?

 <p>wikipedia.org</p>	<p>In einer normalen <b>Glühlampe</b> fließt Strom durch einen Draht aus Wolfram. Dieser ist so dünn, dass der hindurchfließende Strom ihn erhitzt und so zum Leuchten bringt. Bei einer herkömmlichen Glühlampe wird neben Licht viel Wärme erzeugt.</p>	<p><b>Lichtausbeute:</b> um 12 lm/W <b>Lebensdauer:</b> etwa 1000 h <b>Energieeffizienzklasse:</b> D, E, F, G <b>Farbtemperatur:</b> 2300 - 2900 K</p>
 <p>ebay.de</p>	<p><b>Halogenlampen</b> besitzen genau wie Glühbirnen einen Glühdraht aus Wolfram, dieser befindet sich jedoch mit einem speziellen Gas in einem viel kleineren Glaskolben.</p>	<p><b>Lichtausbeute:</b> um 15 lm/W <b>Lebensdauer:</b> etwa 2000 h <b>Energieeffizienzklasse:</b> C, D, E <b>Farbtemperatur:</b> 3000 K</p>
 <p>conrad.de</p>	<p>An beiden Enden der Leuchtröhre einer <b>Energiesparlampe</b> befinden sich Elektroden. Zwischen ihnen „fließt“ Strom in Form von elektrischen Entladungen. Diese erzeugen eine geringe UV-Strahlung, welche Leuchtstoffe, die an der Innenseite der Leuchtröhre angebracht sind, zum Leuchten bringt.</p>	<p><b>Lichtausbeute:</b> um 60 lm/W <b>Lebensdauer:</b> 5000 - 15 000 h <b>Energieeffizienzklasse:</b> A, B <b>Farbtemperatur:</b> 2500 - 8000 K</p>
 <p>pollin.de</p>	<p><b>LED-Lampen</b> bestehen aus Leuchtdioden, in denen elektrischer Strom direkt in Licht umgewandelt wird. Innerhalb einer Diode kann Strom nur in einer Richtung durch den Halbleiter fließen. Dieser strahlt durch die ihn durchquerenden Elektronen Licht ab.</p>	<p><b>Lichtausbeute:</b> um 100 lm/W <b>Lebensdauer:</b> etwa 20 000 h <b>Energieeffizienzklasse:</b> A, A+, A++ <b>Farbtemperatur:</b> verschieden</p>



Die **Farbtemperatur** wird in Kelvin gemessen. Der Wert der Farbtemperatur gibt an, welche Farbe Licht hat. Licht mit einer Farbtemperatur unterhalb von 3500 K wirkt gemütlich. Licht mit mehr Kelvin eignet sich dagegen besser zum Arbeiten.



Bildquelle: www.diyim.com/1071453

Bildquelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Energieverbrauchskennzeichnung#/media/>

Jede Lampe muss seit 2013 ein sogenanntes Energielabel tragen. Dieses zeigt an, welche Energieeffizienzklasse die Lampe hat. Lampen werden nach ihrer Lichtausbeute in Energieeffizienzklassen unterteilt.

### Aufgabe

Du hast gelernt, dass LED-Lampen wesentlich energieeffizienter sind als Glühlampen. Jetzt willst du deine alten Glühlampen gegen moderne, langlebige LED-Lampen mit gleicher Helligkeit tauschen.

- Du hast in deinem Zimmer drei normale Glühlampen mit jeweils 40 W und 480 lm.
- Eine LED mit der gleichen Lichtstärke hat 5 Watt.
- Strompreis = 21 Cent pro Kilowattstunde (1 kWh = 1000 Wh).
- Deine Lampen brennen täglich 3 Stunden.

**Hinweis**

Eine Glühlampe mit 40 Watt verbraucht 40 Wattstunden (Wh) Strom pro Stunde.

1. Wie viel Strom sparst du mit drei LED-Lampen gegenüber drei Glühlampen im Jahr?

Glühbirne: \_\_\_\_\_ W × 3 h/Tag × 365 Tage/Jahr = \_\_\_\_\_ Wh/Jahr = \_\_\_\_\_ kWh/Jahr.

LED-Lampe: \_\_\_\_\_ W × 3 h/Tag × 365 Tage/Jahr = \_\_\_\_\_ Wh/Jahr = \_\_\_\_\_ kWh/Jahr.

2. Welche Stromkosten kannst du im Jahr durch den Austausch der Lampen sparen?

(\_\_\_\_\_ kWh/Jahr – \_\_\_\_\_ kWh/Jahr) × \_\_\_\_\_ €/kWh = \_\_\_\_\_ €/Jahr.

**Messergebnisse und Lösungen**

Art und Leistung der Lampe	Gemessene Leistung in W	Gemessene Beleuchtungsstärke in lx	Angabe Lichtstrom in lm	Lichtausbeute in lm/W
Glühlampe 25 W	27 W	1218 lx	220 lm	8
Halogenlampe 20W	22,7 W	567 lx	235 lm	10
Energiesparlampe 6W	6 W	636 lx	235 lm	39
LED-Lampe 4W	4,8 W	1686 lx	250 lm	52

Ordne die Lampen nach ihrer Lichtausbeute.

Trage die Energieeffizienzklasse ein (siehe Angabe auf Verpackung).

Platz	Lampe	Lichtausbeute in lm/W	Energieeffizienzklasse
1	LED	52	A+
2	Energiesparlampe	39	A
3	Halogen	10	D
4	Glühlampe	8	E

## Aufgabe

Du hast gelernt, dass LED-Lampen wesentlich energieeffizienter sind als Glühlampen. Jetzt willst du deine alten Glühlampen gegen moderne, langlebige LED-Lampen mit gleicher Helligkeit tauschen.

- Du hast in deinem Zimmer drei normale Glühlampen mit jeweils 40 W und 480 lm.
- Eine LED mit der gleichen Lichtstärke hat 5 Watt.
- Strompreis = 21 Cent pro Kilowattstunde (1 kWh = 1000 Wh).
- Deine Lampen brennen täglich 3 Stunden.

### Hinweis

Eine Glühlampe mit 40 Watt verbraucht 40 Wattstunden (Wh) Strom pro Stunde.

3. Wie viel Strom sparst du mit drei LED-Lampen gegenüber drei Glühlampen im Jahr?

Glühbirne:  $40 \text{ W} \times 3 \text{ h/Tag} \times 365 \text{ Tage/Jahr} = 43,4 \text{ kWh/Jahr}$ .

LED-Lampe:  $5 \text{ W} \times 3 \text{ h/Tag} \times 365 \text{ Tage/Jahr} = 5,5 \text{ kWh/Jahr}$ .

4. Welche Stromkosten kannst du im Jahr durch den Austausch der Lampen sparen?

$(43,4 \text{ kWh/Jahr} - 5,5 \text{ kWh/Jahr}) \times 0,21 \text{ €/kWh} = 7,95 \text{ €/Jahr}$ .



## **ENEFF-BLEND – Energieeffizienz – Blended Learning Ein integrierter Bildungsansatz zum Erlernen der Energieeffizienz von Gebäuden für Schüler der 8. - 12. Klasse an weiterführenden Schulen**

---

Abschlussbericht über die Durchführung eines Umweltbildungsprojekts  
gefördert unter dem Aktenzeichen 31809 von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Band 4-Arbeitsblätter und Lösungen ab 10. Jahrgangsstufe

von

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler und Dipl.-Ing.(FH) Bettina Sickenberger

Februar 2017

Hochschule Aschaffenburg



06/02		<b>Projektkennblatt</b> der <b>Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>			
Az	<b>31809/01</b>	Referat	<b>43/0</b>	Fördersumme	<b>187.417 €</b>
<b>Antragstitel</b>		<b>Durchführung des Umweltbildungsprojekts ENEFF – Energieeffizienz und Blended Learning. Ein integrierter Bildungsansatz zum Erlernen der Energieeffizienz von Gebäuden für Schüler der 8. bis 12. Klasse an weiterführenden Schulen</b>			
<b>Stichworte</b>		Energieeffizienz, Blended Learning			
Laufzeit		Projektbeginn		Projektende	
<b>26 Monate</b>		<b>01.01.2015</b>		<b>28.2.2017</b>	
Projektphase(n)		<b>1</b>			
Zwischenberichte		nach 6 Monaten			
<b>Bewilligungsempfänger</b>		Hochschule Aschaffenburg Labor für Elektromagnetische Verträglichkeit Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler Würzburger Straße 45  63743 Aschaffenburg		Tel 06021-4206-816 Fax 06021-4206-881 Projektleitung Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler Bearbeiter Stefan Meyer (Administration)	
<b>Kooperationspartner</b>		Keine			
<b>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens</b>					
Ziel ist es, Schülerinnen und Schülern der 8. bis 12. Klassen das Wissen darüber zu vermitteln, wie ein Gebäude der Zukunft aussehen muss, um eine möglichst geringe Belastung für die Umwelt darzustellen. Durch die Beschäftigung mit dem Thema Energieeffizienz erfolgt eine Sensibilisierung der Jugendlichen, die sich mit den gewonnenen Erkenntnissen aktiv an der aktuellen Energiedebatte beteiligen können. Dadurch wird den teilnehmenden Schülern das Verständnis für den Zusammenhang von Energieverbrauch und Umweltbelastung über den CO <sub>2</sub> -Ausstoß deutlich gemacht. So kann mit diesem Projekt ein Beitrag zur Bildung des Umweltbewusstseins und eine Sensibilisierung gegenüber Umweltbelastungen geleistet werden.					
<b>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</b>					
Als Lernform wird das „Blended Learning“ (integriertes Lernen) gewählt. Dieses Konzept, welches das E-Learning in klassische Formen der Didaktik und Pädagogik der Präsenzschiung einbettet sowie praktische Interaktion verlangende Anteile enthält, bietet eine deutlich höhere Vermittlungseffizienz als der klassische Frontalunterricht. Wissensbasis ist neben einem virtuellen Kurs im Internet, auf den die Schüler zurückgreifen können, ein Effizienzpraktikum vor Ort. Das Lernprogramm gliedert sich in einen theoretischen Teil, der auch als PDF-Dokument heruntergeladen und ausgedruckt werden kann, und Kontrollfragen am Ende des jeweiligen Kapitels. Im Effizienzpraktikum werden die Schulen vor Ort besucht oder kommen in das Labor der Hochschule. Der zeitliche Aufwand beträgt ca. drei Stunden. Jede Schülergruppe bearbeitet zwei bis drei Experimente und wertet die Ergebnisse aus. Im Rahmen eines Kurzvortrags werden die Ergebnisse den Mitschülern vorgestellt. Insgesamt sind 12 Versuche vorhanden, die mit einfachsten Mitteln (Baumarktmaterialien, Elektronikversand etc.) die grundlegenden Effekte deutlich machen. Die Versuche befassen sich mit den Themen Klimawandel, Wärmeleitung, Solarthermie, Wärmedämmung, energieeffiziente Beleuchtung, Mehrfachverglasung und Fotovoltaik und können von den Schülerinnen und Schülern mithilfe von Arbeitsunterlagen oder mit dem Tablet eigenständig bearbeitet werden. In einem Vortrag seitens der Hochschule werden den Schülerinnen und Schülern Grundkenntnisse über die Arbeitsweise einer Thermografiekamera vermittelt. Als Abschluss können die Schülerinnen und Schüler in einem Energiequiz ihr Wissen testen.					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • <a href="http://www.dbu.de">http://www.dbu.de</a>					

### **Ergebnisse und Diskussion**

Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Einsparung gewinnen immer mehr an Bedeutung. Ressourcenknappheit, steigende Energiekosten und nicht zuletzt die zunehmende Umweltbelastung durch steigenden CO<sub>2</sub>-Ausstoß sind Schwerpunkte, mit denen sich die Politik immer mehr beschäftigt. Die Zukunft des Bauens und Sanierens läuft sowohl auf die Errichtung als auch die Sanierung aller Gebäude als Passivhäuser oder Plus-Energiehäuser hinaus, um den Bedarf an Energie für Beheizung, Warmwasser und Haushaltsstrom möglichst gering zu halten. Diese Entwicklung betrifft als zukünftige Bauherren auch die Jugendlichen von heute, weshalb eine frühzeitige Beschäftigung und Wissensbildung zu diesem Thema das Gespür für die Voraussetzungen der Errichtung und Sanierung zukunftsfähiger Gebäude fördern kann. Die Vermittlung von Gestaltungskompetenz weitet den Blick für Fragen der Generationengerechtigkeit und den Zusammenhang ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte. Projektziel ist die breite Verankerung des Wissens über Zukunftstechnologien und Klimaschutz sowie über Konzepte nachhaltiger Entwicklung in der schulischen Bildung. Durch diese Kenntnis kann energiesparendes Verhalten eingeübt werden und Kosten für Strom und Heizung werden minimiert. Die Schüler lernen Verbrauchs- und Produktionsgewohnheiten kennen, die durch mehr Effizienz in der Produktion (geringerer Material- und Energieverbrauch) und Veränderung im Konsumverhalten in Hinblick auf Ressourcenverbrauch und Energieeinsparung zu einer Verringerung von Umweltbelastungen führen. Im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung werden Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzt, aktuell sinnvolle Entscheidungen für die Zukunft zu treffen und das eigene Tun zu überprüfen.

Das Konzept des Energieeffizienzpraktikums hat sich in der Praxis als erfolgreich erwiesen. Der zeitliche Rahmen von drei Stunden mit Pause konnte in den schulischen Ablauf ohne große Störungen integriert werden. Im fünfteiligen Aufbau bestehend aus Einführung – Bearbeitung der Experimente – kurze Reflexion – 2. Runde Bearbeitung der Experimente – Energiesparquiz konnte das Wissen adäquat vermittelt werden und die Schüler bewältigten das Arbeitspensum in der verfügbaren Zeit. Die Umsetzung mit sechs Betreuern war sehr personalintensiv, daher wurden die Arbeitsunterlagen auf eine Tabletversion umstrukturiert, sodass die Schüler diese ohne große Hilfestellung alleine bearbeiten können und nur maximal zwei Personen die Versuche begleiten. Zur Dokumentation wurde eine Handreichung für Lehrer und Interessierte erstellt, die neben dem physikalischen Hintergrund und der Beschreibung der Experimente auch eine Zusammenstellung zum Bezug und den Kosten der Materialien für die Experimente enthält sowie die Arbeitsblätter mit Lösungen und die Tabletversionen in drei Bänden umfasst.

### **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Das Umweltbildungsprojekt wurde auf Veranstaltungen innerhalb der Hochschule wie Girls' Day, Schnupperstudium, Ferienuni oder MINT-Veranstaltungen der Initiative Bayerischer Untermain seitens der Hochschule präsentiert. Mehrere Schulbesuche wurden von der Presse begleitet und in regionalen und überregionalen Zeitungen gewürdigt. In Hochschulorganen und Jahresberichten der Schulen konnte die Vernetzung von Hochschule und Schulen dokumentiert werden. In Zusammenarbeit mit der Johannes-de-la-Salle-Schule in Aschaffenburg fertigten die Schüler zwei Metallhäuschen an, die in die Versuche „Wärmedämmung“ und „Wärmeleitung“ integriert wurden.

### **Fazit**

Die geforderten vierzehn Schulbesuche in den drei Bundesländern Bayern, Hessen und Baden-Württemberg konnten durchgeführt werden, dazu kamen vier Schulen zum Praktikum in die Hochschule. Ferner wurden in der Hochschule dreizehn weitere Veranstaltungen wie Ferienuni, Girls' Day etc. angeboten. Insgesamt wurden 479 Schüler beim Praktikum begleitet. Das Bildungskonzept erwies sich als erfolgreich umsetzbar und kam in reduzierter Version mit zwei Experimenten (Solarthermie und Photovoltaik) bei Hochschulveranstaltungen zum Einsatz. Alle Materialien der Versuchsaufbauten können über Baumärkte oder Elektronikhandel bezogen werden, einige Einbauten wurden im Labor aus Kleinbauteilen zusammengestellt. In der Handreichung für Lehrkräfte wurde eine Unterlage erstellt, auf der das Projekt in den Schulen weiterverfolgt werden kann. Das Angebot der Versuche umfasst zwölf Versuche, sodass insgesamt acht Stationen aufgebaut werden können. Es hat sich herausgestellt, dass die Versuchsaufbauten vor allem für die Jahrgangsstufe 8 bis 9 aller Schularten sehr gut geeignet sind. Das Programm wird hochschulintern weiter eingesetzt und kann von interessierten Schulen bei einem Vor-Ort-Besuch in der Hochschule weiter genutzt werden.

## Inhaltsverzeichnis Band 4

1	Energieeffizienz-Gebäude – Wärmedämmung .....	6
	Messergebnisse und Lösungen Versuch 1 .....	10
	Energieeffizienz-Gebäude - Gebäudehülle.....	12
	Messergebnisse und Lösungen Versuch 2 .....	17
3	Energieeffizienz-Gebäude – Wärmeleitung .....	19
	Messergebnisse und Lösung en Versuch 3.....	22
4	Energieeffizienz-Gebäude –Mehrfachverglasung .....	23
	Messergebnisse und Lösungen Versuch 4 .....	26
5	Energieeffizienz Gebäude Wintergarten.....	27
	Messergebnisse und Lösungen Versuch 5 .....	30
6	Energieeffizienz-Gebäude –Lüftung .....	32
	Messergebnisse und Lösungen Versuch 6 .....	36
7	Energieeffizienz-Solarenergie– Solarthermie.....	38
	Messergebnisse und Lösungen Versuch 7 .....	42
8	Energieeffizienz Solarenergie-Photovoltaik .....	44
	Messergebnisse und Lösungen Versuch 8 .....	48
9	Energieeffizienz-Klimawandel –Treibhauseffekt 1.....	49
	Messergebnisse und Lösungen Versuch 9 .....	52
10	Energieeffizienz-Klimawandel –Treibhauseffekt 2.....	53
	Messergebnisse und Lösungen Versuch 10 .....	55
11	Energieeffizienz-Beleuchtung –Wirkungsgrad von Lampen .....	56
	Messergebnisse und Lösungen Versuch 11 .....	60
12	Energieeffizienz Geräte Versuch Bereitschaftsverluste .....	61

# 1 Energieeffizienz-Gebäude – Wärmedämmung

Name: \_\_\_\_\_

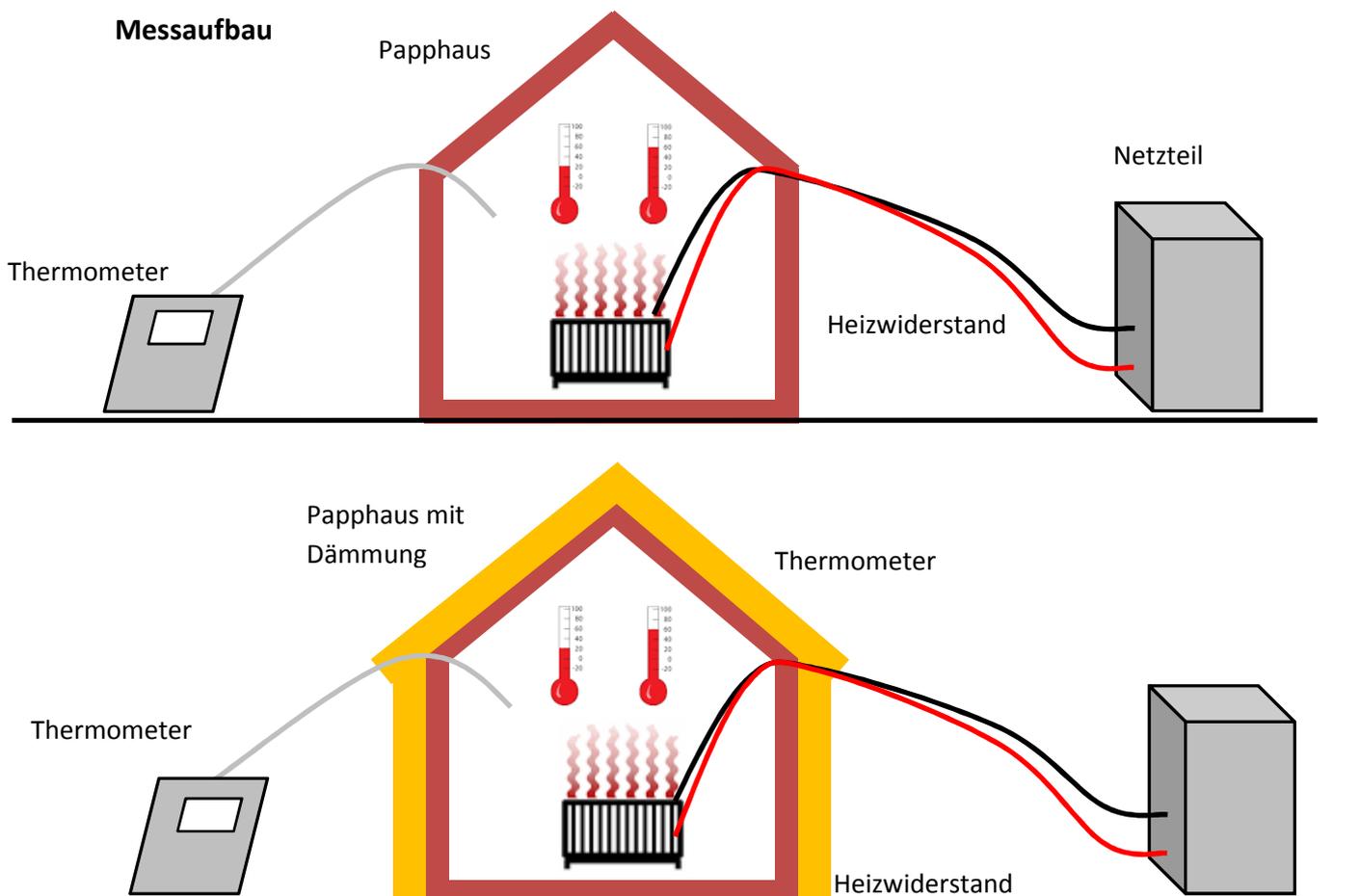
Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Dieses Experiment zeigt, wie Dämmung die Wärmeverluste vermindern kann.

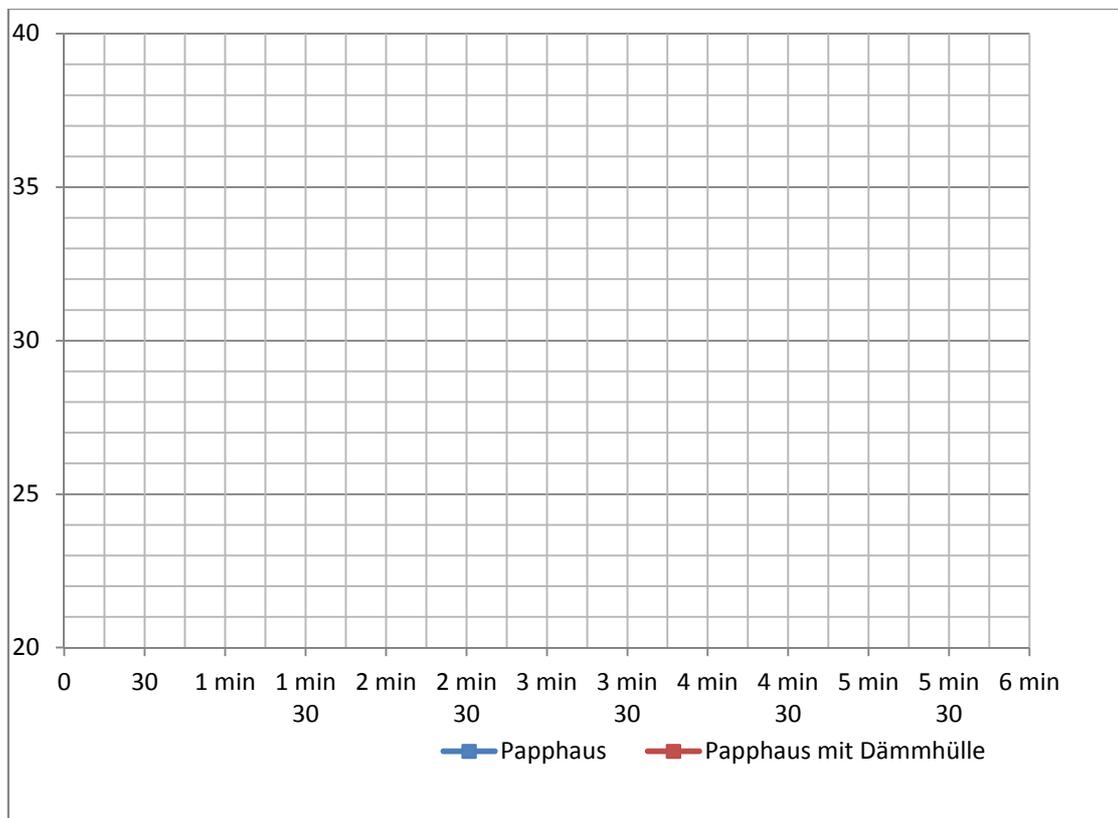
**Materialien:** Papphaus mit Dämmhülle zum Überstülpen  
 Thermometer mit Fühler  
 Heizwiderstand mit Netzteil zum Erwärmen des Hauses

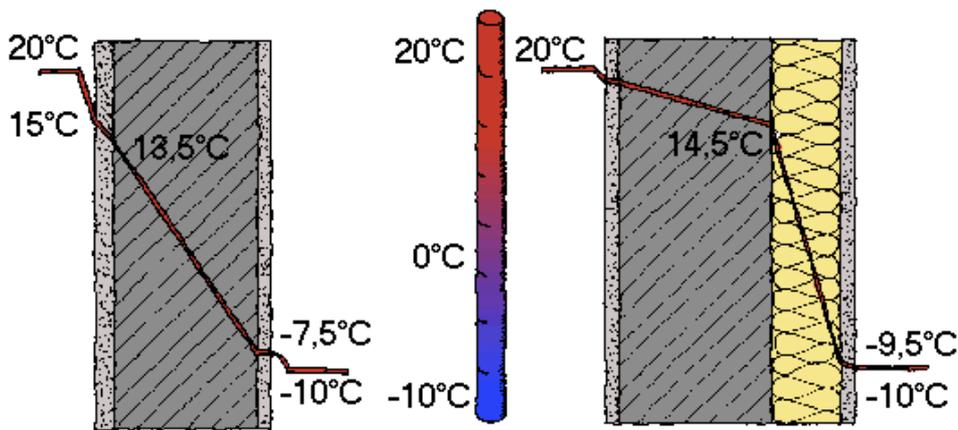
## Arbeitsablauf:

1. Ein Thermometer in das Haus in Höhe der Traufe zwischen Dach und Wand stecken.
2. Netzteil mit Widerstand anschalten, Einstellung 10 V, 1,19 A und das Haus bis auf ca. 35°C aufheizen (ca. 3 Min., dann ausschalten), die Messwerte während des Aufheizens alle 30 Sekunden protokollieren.
3. Netzteil nach 3 Minuten ausschalten und den Temperaturverlauf beobachten, die Messwerte während der Abheizphase 3 Minuten lang alle 30 Sek. notieren. Nach Ausfüllen der Liste die Messwerte in das Diagramm eintragen und zu einer Linie verbinden.
4. Während des Eintragens der ersten Messreihe, Widerstand abkühlen lassen. Das Styroporhaus überstülpen, Wand am Wintergarten einschieben und den Versuch wiederholen.



	Temperatur Papphaus °C	Temperatur Dämmhülle °C
Anfangstemperatur	_____ °C	_____ °C
Nach 30 Sek.	_____ °C	_____ °C
Nach 1 Minute	_____ °C	_____ °C
Nach 1 Minute 30 Sek.	_____ °C	_____ °C
Nach 2 Minuten	_____ °C	_____ °C
Nach 2 Minuten 30 Sek.	_____ °C	_____ °C
Nach 3 Minuten (ausschalten)	_____ °C	_____ °C
Nach 3 Minute 30 Sek.	_____ °C	_____ °C
Nach 4 Minuten	_____ °C	_____ °C
Nach 4 Minuten 30 Sek.	_____ °C	_____ °C
Nach 5 Minuten	_____ °C	_____ °C
Nach 5 Minute 30 Sek.	_____ °C	_____ °C
Nach 6 Minuten	_____ °C	_____ °C





Durch die Außenwanddämmung verschiebt sich der Temperaturverlauf innerhalb der Wand. Als Folge davon erhöht sich die Oberflächentemperatur an der Innenseite der Außenwand und der Raum wird behaglicher, da die kalte Abstrahlung der Wand entfällt. Der U-Wert ist vom Material und der Dicke der Baustoffe abhängig und wird durch eine Dämmung kleiner. Altbauten besitzen bei der Wand einen U-Wert von 0,7 bis 1,0 W/(m<sup>2</sup>\*K), gut gedämmte Passivhäuser dagegen nur 0,15 W/(m<sup>2</sup>\*K).

**Berechnung:** Wieviel Heizenergie in kWh und welche Kosten können durch die Dämmung pro m<sup>2</sup> gespart werden? (Eine kWh kostet 8 Cent)

Die Wand im Altbau hat einen U-Wert von 0,9 W/(m<sup>2</sup>\*K) und wird mit 14 cm Mineralwolle gedämmt. Jetzt hat die Wand einen U-Wert von 0,2 W/(m<sup>2</sup>\*K).

Die Formel für die Berechnung der Heizenergie, die durch die Wand verloren geht, der sogenannte Transmissionswärmeverlust in kWh pro Jahr lautet:

$$Q_{H,Bauteil} = \text{Fläche (m}^2\text{)} * \text{U-Wert (W/(m}^2\text{*K))} * \text{Gradtagszahlfaktor } F_{Gt} \text{(KKh/a)} * F_x$$

[Ergebnis in kWh/a]

Der Gradtagszahlfaktor  $F_{Gt}$  beträgt für Neubauten 66 kKh/a, für teilsanierte Gebäude 75 kKh/a und für Altbauten 82 kKh/a. Diese Berechnung ist für eine erste Einschätzung einer Einsparung gut geeignet, ist aber nicht konform zur Energieeinsparverordnung. Der Temperaturkorrekturfaktor  $F_x$  beträgt für Außenwände 1. Zur Berechnung hier für  $F_{Gt} = 82$  kKh/a (Altbau) und 75 kKh (teilsaniert), für den Temperaturfaktor  $F_x = 1$  (ohne Einheit) wählen.

Berechnung:

Bestand: \_\_\_\_\_ \* 82 kKh/a = \_\_\_\_\_ kWh/a

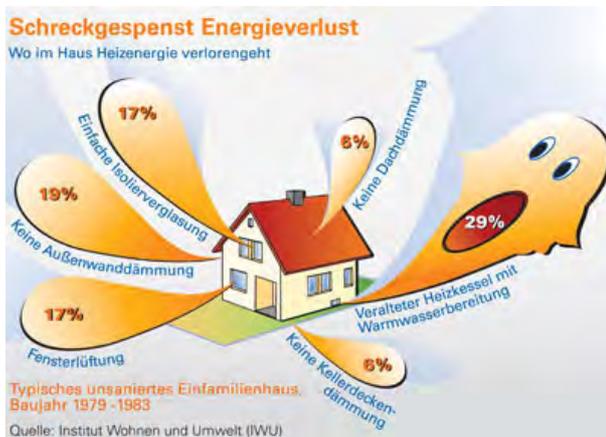
Neu: \_\_\_\_\_ \* 75 kKh/a = \_\_\_\_\_ kWh/a

Einsparung Heizenergie: \_\_\_\_\_ kWh/a

Einsparung Kosten: \_\_\_\_\_ €/a



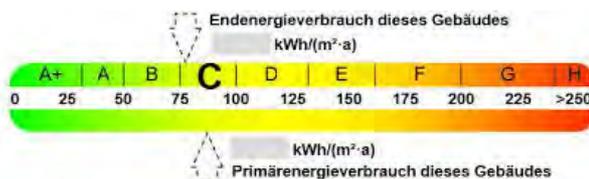
Ältere Häuser verbrauchen viel Heizenergie, dies verursacht hohe Kosten. Die Bauteile besitzen einen hohen U-Wert und eine hohe Wärmeleitfähigkeit. Gut gedämmte Häuser nennt man Effizienzhäuser, Passivhäuser oder sogar Effizienzhaus-Plus, wenn ein negativer Jahres-Energiebedarf ausgewiesen wird, d.h. das Haus mehr Energie produziert als es selbst verbraucht.



Gegen den hohen Wärmeverlust schafft die Dämmung Abhilfe. Sie verhindert, dass das Haus zu viel Heizenergie verliert. Dämmstoffe besitzen eine geringe Wärmeleitfähigkeit und tragen so zu einem niedrigen U-Wert der Konstruktion für die Wand, Kellerdecke oder das Dach bei.



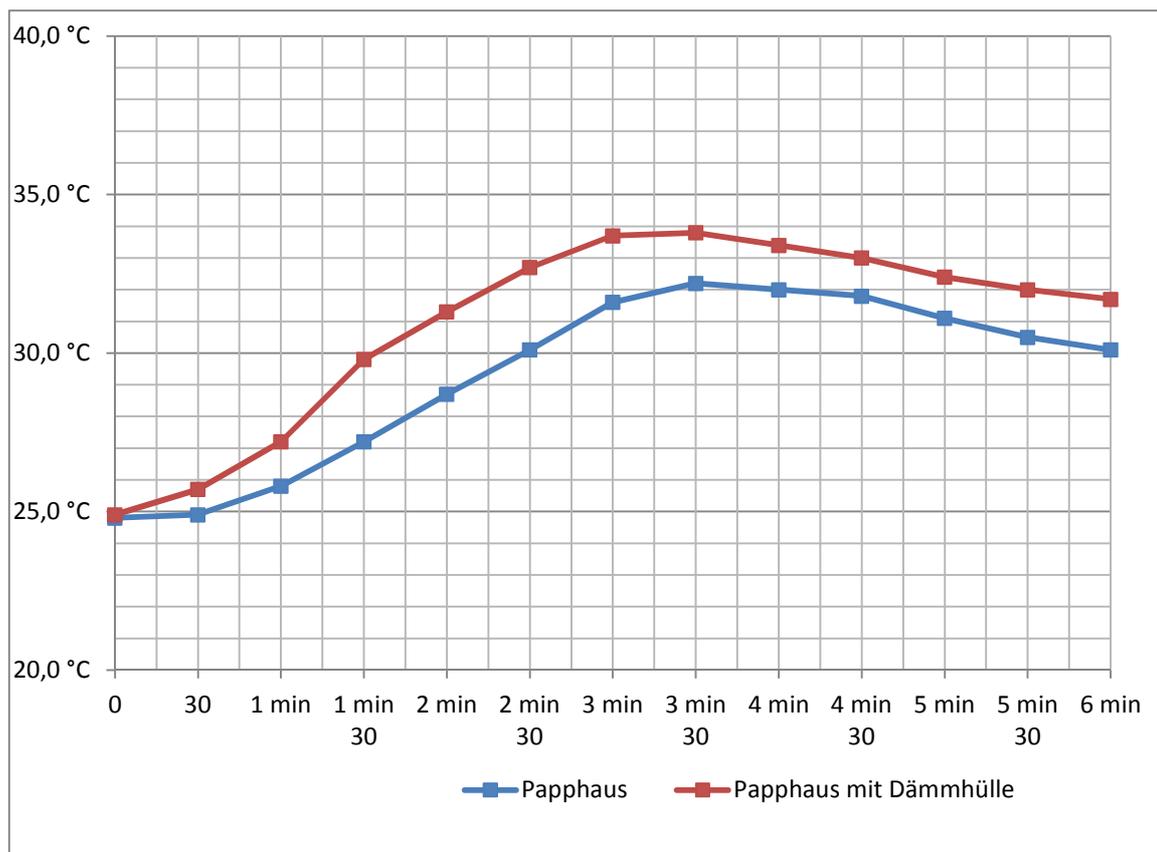
Die Dämmung wird auf die Außenwand und die Kellerdecke aufgeklebt oder beim Dach auf die Sparren gelegt. Sie besteht meist aus Polystyrol oder Mineralwolle und wird verputzt. Die Fenster werden gegen dreifachverglaste Fenster ausgetauscht.



Die Effizienz eines Hauses wird im Energieausweis ausgewiesen und auf einem Bandtacho von grün bis rot dargestellt. Dazu berechnet ein Architekt den Energiebedarf des Hauses nach der Energieeinsparverordnung.

## Messergebnisse und Lösungen Versuch 1

<b>Lufttemperatur</b>	<b>°C</b>	<b>Temperatur Papphaus</b>	<b>°C</b>	<b>Temperatur Dämmhülle</b>	<b>°C</b>
<b>Anfangstemperatur</b>		24,8 °C		24,9 °C	
<b>Nach 30 Sek.</b>		24,9 °C		25,7 °C	
<b>Nach 1 Minute</b>		25,8 °C		27,2 °C	
<b>Nach 1 Minute 30 Sek.</b>		27,2 °C		29,8 °C	
<b>Nach 2 Minuten</b>		28,7 °C		31,3 °C	
<b>Nach 2 Minuten 30 Sek.</b>		30,1 °C		32,7 °C	
<b>Nach 3 Minuten</b>		31,6 °C		33,7 °C	
<b>Nach 3 Minute 30 Sek.</b>		32,2 °C		33,8 °C	
<b>Nach 4 Minuten</b>		32,0 °C		33,4 °C	
<b>Nach 4 Minuten 30 Sek.</b>		31,8 °C		33,0 °C	
<b>Nach 5 Minuten</b>		31,1 °C		32,4 °C	
<b>Nach 5 Minute 30 Sek.</b>		30,5 °C		32,0 °C	
<b>Nach 6 Minuten</b>		30,1 °C		31,7 °C	



**Berechnung:** Wieviel Heizenergie kann durch eine Dämmung pro m<sup>2</sup> gespart werden?

Die Wand im Altbau hat einen U-Wert von 0,9 W/(m<sup>2</sup>\*K) und wird mit 14 cm Mineralwolle gedämmt. Jetzt hat die Wand einen U-Wert von 0,2 W/(m<sup>2</sup>\*K).

Die Formel für die Berechnung der Heizenergie, die durch die Wand verloren geht, der sogenannte Transmissionswärmeverlust in kWh pro Jahr lautet:

$$Q_{H, Bauteil} = \text{Fläche (m}^2\text{)} * \text{U-Wert (W/(m}^2\text{*K))} * \text{Gradtagszahlfaktor } F_{Gt} \text{(Kkh/a)} * F_x \quad [\text{kWh/a}]$$

Der Gradtagszahlfaktor  $F_{Gt}$  beträgt für Neubauten 66 kKh/a, für teilsanierte Gebäude 75 kKh/a und für Altbauten 82 kKh/a. Diese Berechnung ist für eine erste Einschätzung einer Einsparung gut geeignet, ist aber nicht konform zur Energieeinsparverordnung. Der Temperaturkorrekturfaktor  $F_x$  beträgt für Außenwände 1. Zur Berechnung hier für  $F_{Gt} = 75$  kKh/a, für den Temperaturfaktor  $F_x = 1$  (ohne Einheit) wählen.

$$\text{Bestand: } 1 \text{ m}^2 * 0,9 \text{ W/(m}^2\text{*K)} * 82 \text{ kKh/a} * 1 = 73,8 \text{ kWh/a}$$

$$\text{Saniert: } 1 \text{ m}^2 * 0,2 \text{ W/(m}^2\text{*K)} * 75 \text{ kKh/a} * 1 = 15,0 \text{ kWh/a}$$

$$\text{Einsparung Heizenergie: } : 73,8 \text{ kWh/a} - 15 \text{ kWh/a} = 58,8 \text{ kWh/a}$$

$$\text{Einsparung Kosten: } 58,8 \text{ kWh/a} * 0,08 \text{ €/kWh} = 4,70 \text{ €/a}$$

## Energieeffizienz-Gebäude - Gebäudehülle

Name: \_\_\_\_\_

Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Dieses Experiment zeigt, wie Dämmung die Wärmeleitung vermindern kann.

**Materialien:** Holzhaus  
 Styroporhaus  
 Zwei Thermometer mit Fühler  
 Zwei Heizwiderstände mit Netzteil zum Erwärmen der Häuser  
 Wärmebildkamera

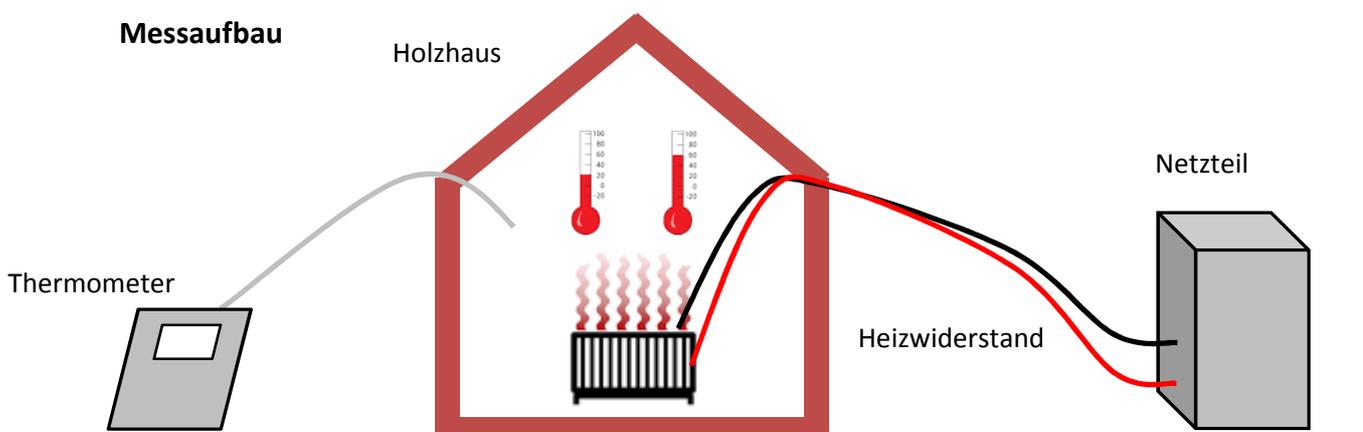
### Arbeitsablauf:

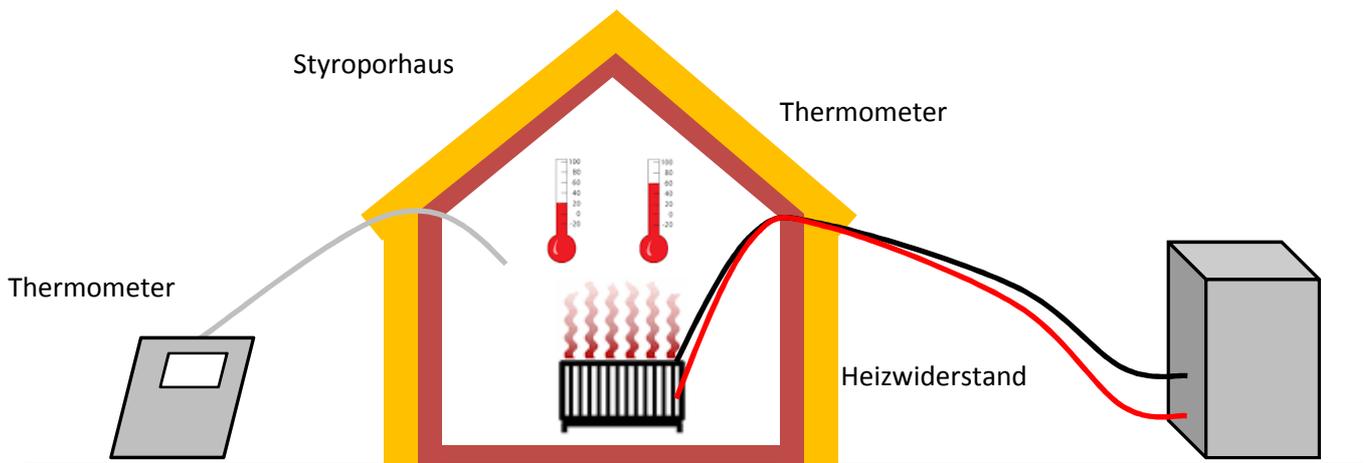
#### Teil 1

1. Ein Thermometer in jedes Haus in Höhe der Traufe stecken.
2. Beide Netzteile mit Widerstand anschalten, Einstellung 10 V, 1,19 A und 3 Min aufheizen, Messwerte in der Tabelle notieren. Nach 3 Minuten ausschalten, den Aufheiz/Abheizvorgang protokollieren.
3. 3 Minuten lang alle 30 Sek. den Messwert auf dem Thermometer ablesen und in der Liste notieren.
4. Die Messwerte als Punkte in das Diagramm eintragen und zu einer Linie verbinden.

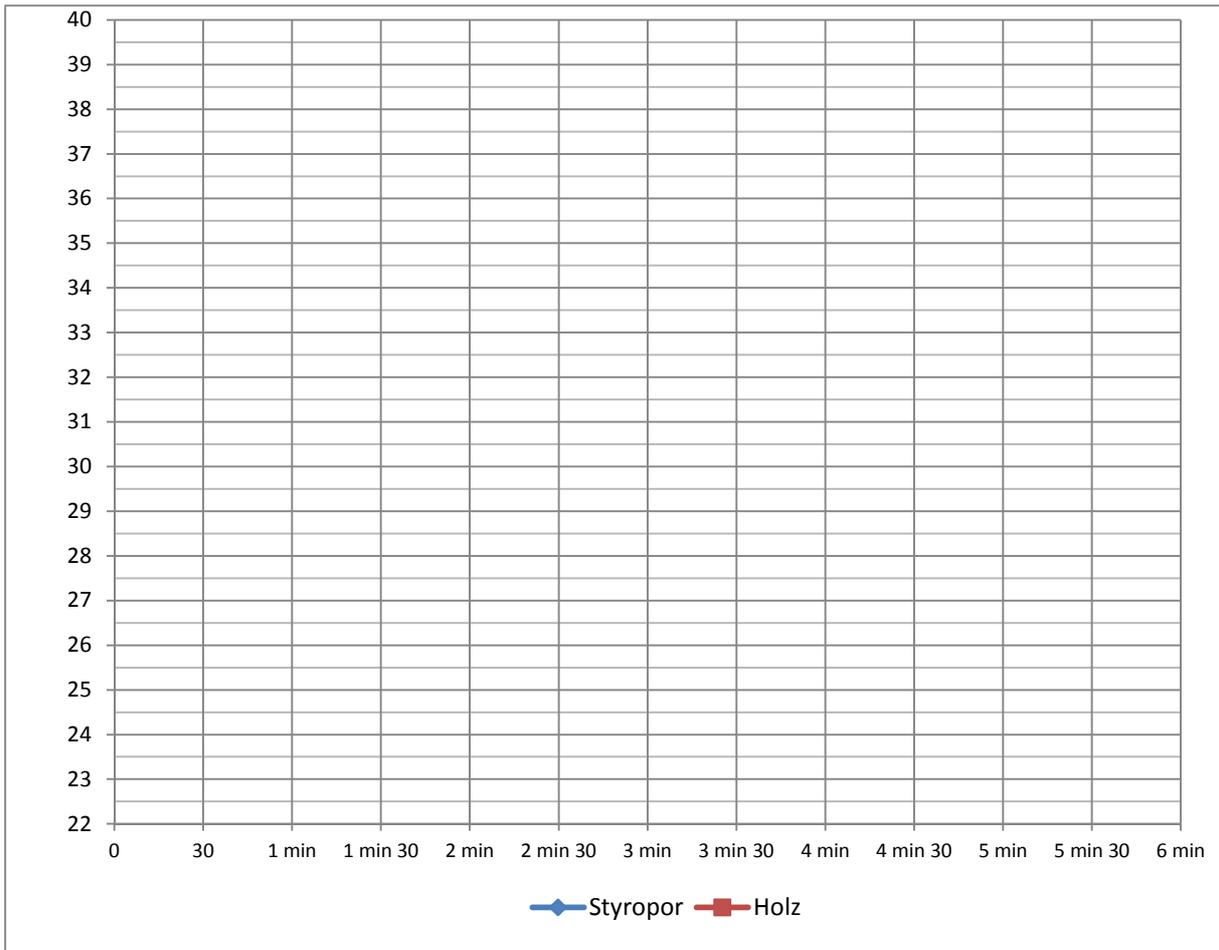
#### Teil 2

5. Netzteile mit Widerstand in beiden Häusern anschalten und den Temperaturverlauf beobachten. Bei ca. 35° in beiden Häusern die Netzteile ausschalten.
6. Die aufgeheizten Häuser mit der Wärmebildkamera betrachten, Oberflächenfarben und Temperaturen notieren.

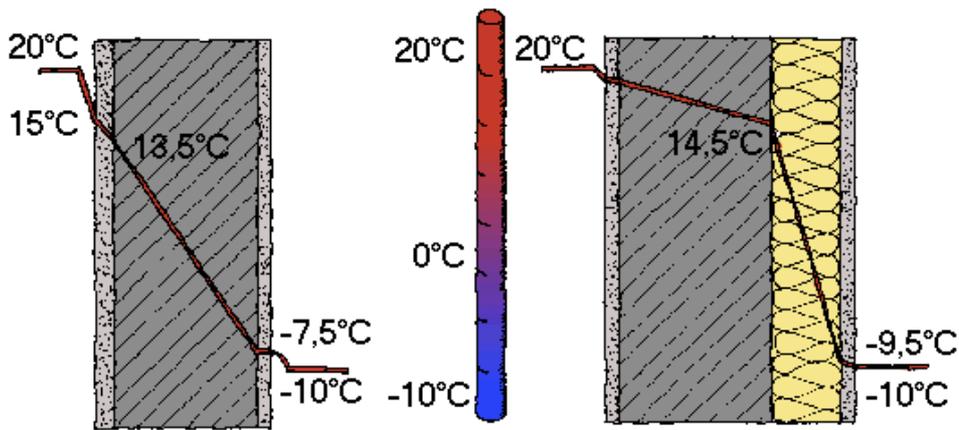




Lufttemperatur °C	Temperatur Styropor°C	Temperatur Holz °C
<b>Anfangstemperatur</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 1 Minute</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 1 Minute 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 2 Minuten</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 2 Minuten 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 3 Minuten (ausschalten)</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 3 Minute 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 4 Minuten</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 4 Minuten 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 5 Minuten</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 5 Minute 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 6 Minuten</b>	_____ °C	_____ °C



<b>Warme Bereiche</b>	
Farbe	°C
Farbe	°C
<b>Mittlere Bereiche</b>	
Farbe	°C
Farbe	°C
<b>Kühle Bereiche</b>	
Farbe	°C
Farbe	°C



Durch die Außenwanddämmung verschiebt sich der Temperaturverlauf innerhalb der Wand. Als Folge davon erhöht sich die Oberflächentemperatur an der Innenseite der Außenwand und der Raum wird behaglicher, da die kalte Abstrahlung der Wand entfällt

**Berechnung:** Wieviel Heizenergie kann durch eine Dämmung pro m<sup>2</sup> gespart werden?

Die Wand im Altbau hat einen U-Wert von 0,9 W/(m<sup>2</sup>\*K) und wird mit 14 cm Mineralwolle gedämmt. Jetzt hat die Wand einen U-Wert von 0,2 W/(m<sup>2</sup>\*K).

Die Formel für die Berechnung der Heizenergie, die durch die Wand verloren geht, der sogenannte Transmissionswärmeverlust in kWh pro Jahr lautet:

$$Q_{H, Bauteil} = \text{Fläche (m}^2) * \text{U-Wert (W/(m}^2 * \text{K))} * \text{Gradtagszahlfaktor } F_{Gt} (\text{Kkh/a}) * F_x \quad [\text{kWh/a}]$$

Der Gradtagszahlfaktor  $F_{Gt}$  beträgt für Neubauten 66 kKh/a, für teilsanierte Gebäude 75 kKh/a und für Altbauten 82 kKh/a. Diese Berechnung ist für eine erste Einschätzung einer Einsparung gut geeignet, ist aber nicht konform zur Energieeinsparverordnung. Der Temperaturkorrekturfaktor  $F_x$  beträgt für Außenwände 1. Zur Berechnung hier für  $F_{Gt} = 75$  kKh/a, für den Temperaturfaktor  $F_x = 1$  (ohne Einheit) wählen.

Berechnung: Bestand: \_\_\_\_\_ \* 82 kKh/a = \_\_\_\_\_ kWh/a

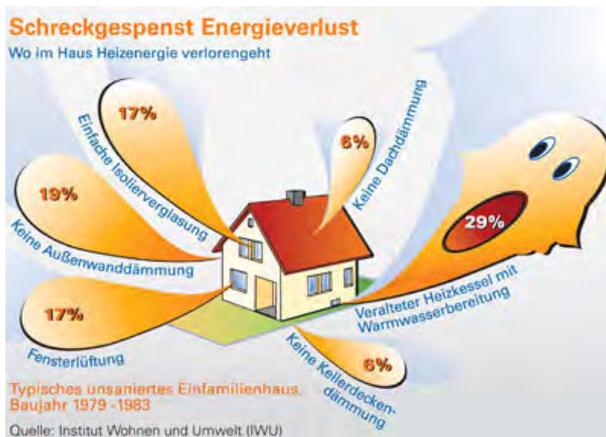
Neu: \_\_\_\_\_ \* 75 kKh/a = \_\_\_\_\_ kWh/a

Einsparung Heizenergie: \_\_\_\_\_ kWh/a

Einsparung Kosten: \_\_\_\_\_ €/a



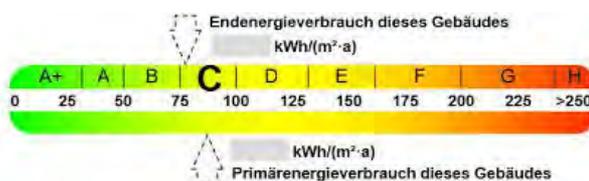
Ältere Häuser verbrauchen viel Heizenergie, dies verursacht hohe Kosten. Die Bauteile besitzen einen hohen U-Wert und eine hohe Wärmeleitfähigkeit. Gut gedämmte Häuser nennt man Effizienzhäuser, Passivhäuser oder sogar Effizienzhaus-Plus, wenn ein negativer Jahres-Energiebedarf ausgewiesen wird, d.h. das Haus mehr Energie produziert als es selbst verbraucht.



Gegen den hohen Wärmeverlust schafft die Dämmung Abhilfe. Sie verhindert, dass das Haus zu viel Heizenergie verliert. Dämmstoffe besitzen eine geringe Wärmeleitfähigkeit und tragen so zu einem niedrigen U-Wert der Konstruktion für die Wand, Kellerdecke oder das Dach bei.



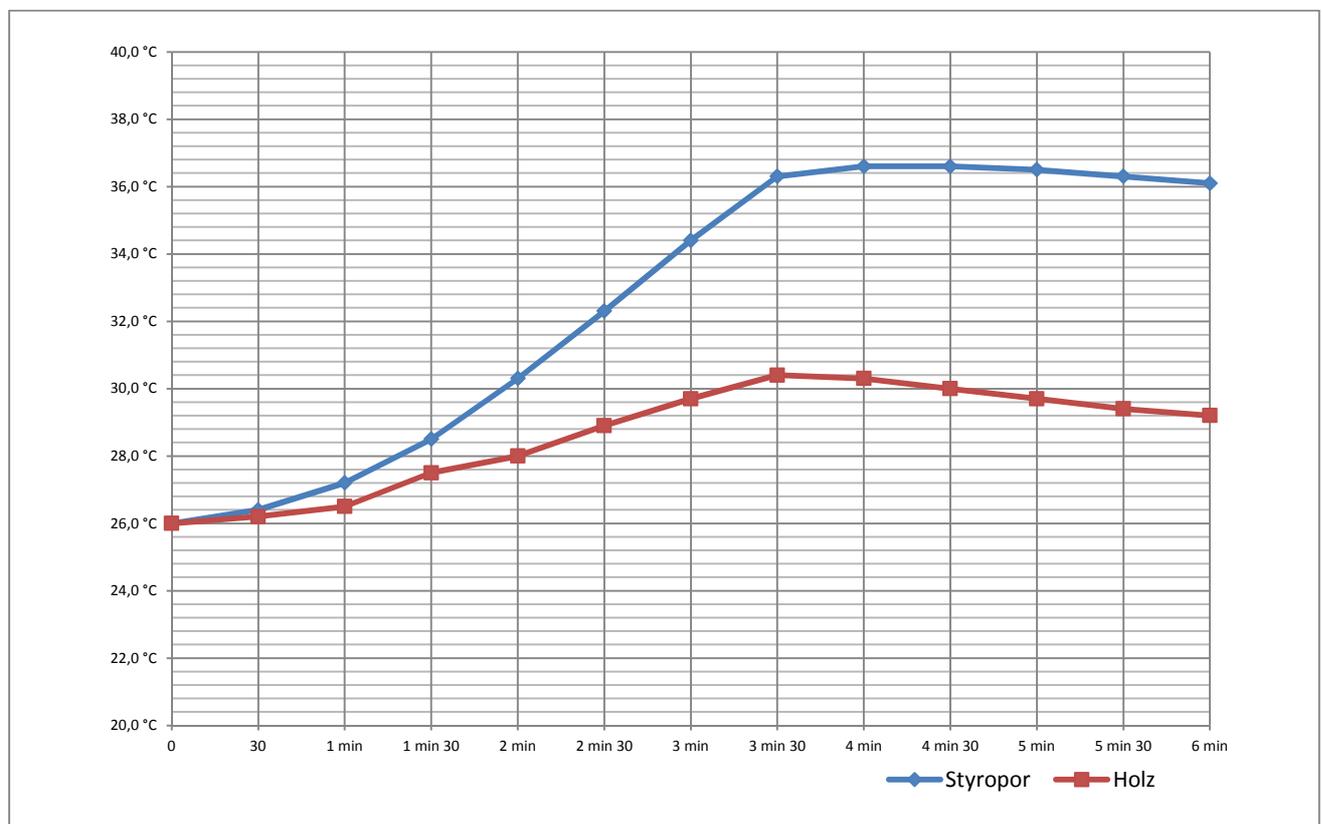
Die Dämmung wird auf die Außenwand und die Kellerdecke aufgeklebt oder beim Dach auf die Sparren gelegt. Sie besteht meist aus Polystyrol oder Mineralwolle und wird verputzt. Die Fenster werden gegen dreifachverglaste Fenster ausgetauscht.



Die Effizienz eines Hauses wird im Energieausweis ausgewiesen und auf einem Bandtacho von grün bis rot dargestellt. Dazu berechnet ein Architekt den Energiebedarf des Hauses nach der Energieeinsparverordnung.

## Messergebnisse und Lösungen Versuch 2

Lufttemperatur °C	Temperatur Styropor °C	Temperatur Holz °C
<b>Anfangstemperatur</b>	25,1 °C	24,8 °C
<b>Nach 30 Sek.</b>	25,3 °C	25,1 °C
<b>Nach 1 Minute</b>	25,8 °C	25,2 °C
<b>Nach 1 Minute 30 Sek.</b>	27,9 °C	26,2 °C
<b>Nach 2 Minuten</b>	29,2 °C	26,9 °C
<b>Nach 2 Minuten 30 Sek.</b>	31,3 °C	27,7 °C
<b>Nach 3 Minuten (auschalten)</b>	33,5 °C	28,8 °C
<b>Nach 3 Minute 30 Sek.</b>	35,7 °C	29,2 °C
<b>Nach 4 Minuten</b>	33,8 °C	28,9 °C
<b>Nach 4 Minuten 30 Sek.</b>	33,3 °C	28,5 °C
<b>Nach 5 Minuten</b>	32,5 °C	28,0 °C
<b>Nach 5 Minute 30 Sek.</b>	33,2 °C	27,6 °C
<b>Nach 6 Minuten</b>	32,9 °C	26,9 °C



<b>Warme Bereiche</b>	
Farbe weiß	°C
Farbe rot	°C
<b>Mittlere Bereiche</b>	
Farbe orange	°C
Farbe gelb	°C
<b>Kühle Bereiche</b>	
Farbe grün	°C
Farbe blau	°C

**Berechnung:** Wieviel Heizenergie kann durch eine Dämmung pro m<sup>2</sup> gespart werden?

Die Wand im Altbau hat einen U-Wert von 0,9 W/(m<sup>2</sup>\*K) und wird mit 14 cm Mineralwolle gedämmt. Jetzt hat die Wand einen U-Wert von 0,2 W/(m<sup>2</sup>\*K).

Die Formel für die Berechnung der Heizenergie, die durch die Wand verloren geht, der sogenannte Transmissionswärmeverlust in kWh pro Jahr lautet:

$$Q_{H,Bauteil} = \text{Fläche (m}^2\text{)} * \text{U-Wert (W/(m}^2\text{*K))} * \text{Gradtagszahlfaktor } F_{Gt} \text{(Kkh/a)} * F_x \quad [\text{kWh/a}]$$

Der Gradtagszahlfaktor  $F_{Gt}$  beträgt für Neubauten 66 kKh/a, für teilsanierte Gebäude 75 kKh/a und für Altbauten 82 kKh/a. Diese Berechnung ist für eine erste Einschätzung einer Einsparung gut geeignet, ist aber nicht konform zur Energieeinsparverordnung. Der Temperaturkorrekturfaktor  $F_x$  beträgt für Außenwände 1. Zur Berechnung hier für  $F_{Gt} = 75$  kKh/a, für den Temperaturfaktor  $F_x = 1$  (ohne Einheit) wählen.

$$\text{Bestand: } 1 \text{ m}^2 * 0,9 \text{ W/(m}^2\text{*K)} * 82 \text{ kKh/a} * 1 = 73,8 \text{ kWh/a}$$

$$\text{Saniert: } 1 \text{ m}^2 * 0,2 \text{ W/(m}^2\text{*K)} * 75 \text{ kKh/a} * 1 = 15,0 \text{ kWh/a}$$

$$\text{Einsparung Heizenergie: } : 73,8 \text{ kWh/a} - 15 \text{ kWh/a} = 58,8 \text{ kWh/a}$$

$$\text{Einsparung Kosten: } 58,8 \text{ kWh/a} * 0,08 \text{ €/kWh} = 4,70 \text{ €/a}$$

### 3 Energieeffizienz-Gebäude – Wärmeleitung

Name: \_\_\_\_\_

Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

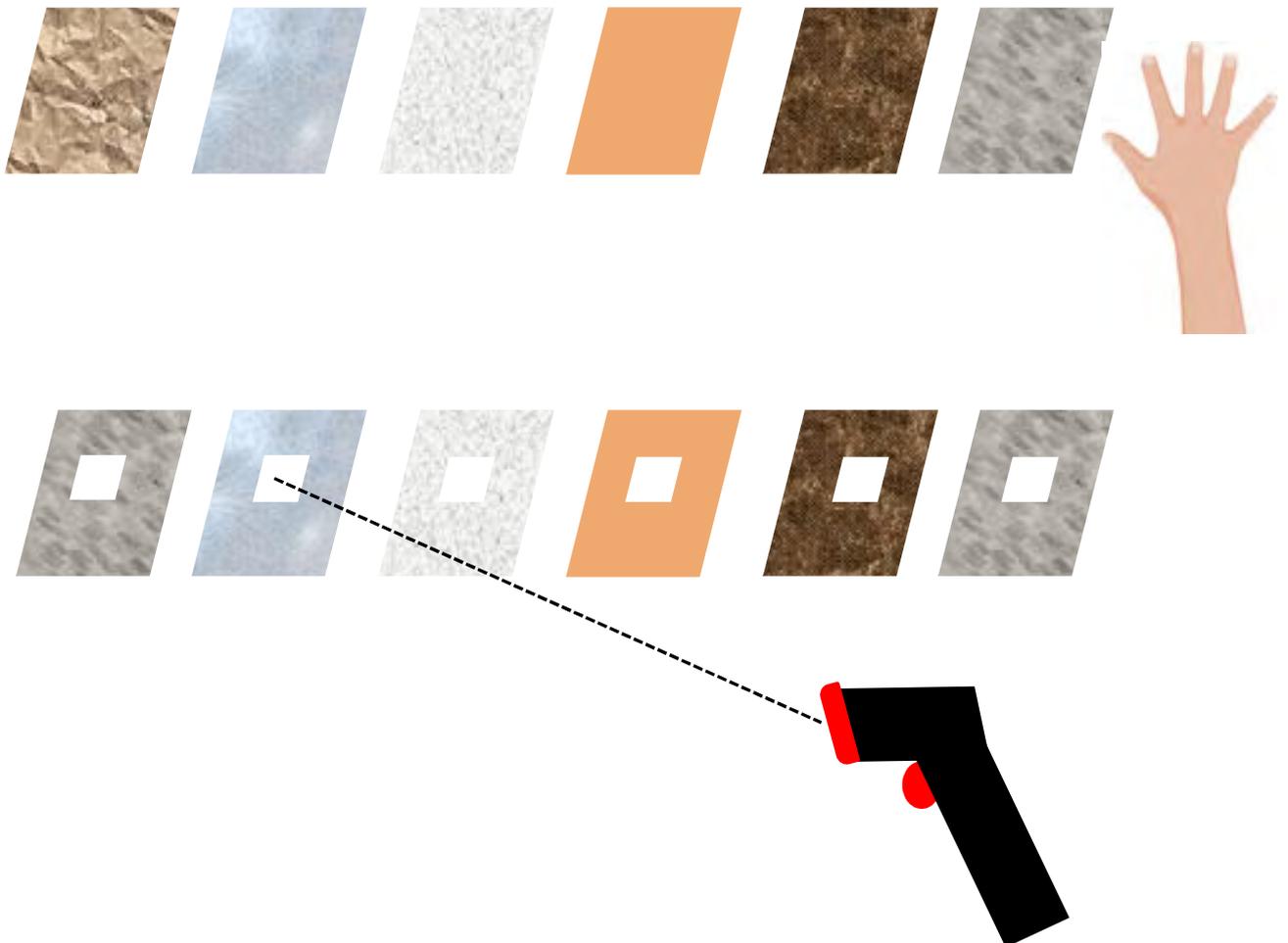
Verschiedene Materialien mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit werden nach ihrer gefühlten (subjektiven) und ihrer tatsächlichen (objektiven) Temperatur bewertet.

**Materialien:** Platten aus Pappe, Keramik, Styropor, Kupfer, Schafwolle, Holz, Vakuumplatte  
Infrarotthermometer

**Arbeitsablauf:**

1. Materialien nebeneinander legen und mit der Hand die Temperatur fühlen. Den Temperatureindruck in der Reihenfolge von kalt (1) nach warm (7) notieren
2. Mit dem Infrarot-Thermometer die tatsächliche Temperatur auf den Materialien an den Klebestreifen messen und notieren

**Messaufbau**



Material	Pappe	Fliese	Styropo r	Kupfer	Schafwo lle	Holz	Vakuump latte
Temperatur gefühlt Reihenfolge 1-kalt, 7-warm	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Temperatur gemessen	_____ °C	_____ °C	_____ °C	_____ °C	_____ °C	_____ °C	_____ °C

Der U-Wert eines Gebäudeteils gibt an, wie gut/schlecht ein Bauteil (Dach, Wand, Fenster, etc.) Wärme leitet. Je kleiner dieser Wert ist, desto schlechter wird die Wärme geleitet und umso besser ist das Bauteil in Bezug auf den Wärmeübergang.

**Berechnung:**

Die Außenwände von Häusern die um die Jahrhundertwende bestehen aus 24 cm starken Vollziegeln und sind meist beidseitig mit einem 1,5 bis 2 cm starken Kalkzementputz versehen. Der U-Wert einer solchen Wand liegt bei ca. 2 W/(m<sup>2</sup>\*K). Das bedeutet, bei einer Temperaturdifferenz von 1 Kelvin (z.B: 21°C innen und 20°C außen), beträgt der Wärmestrom  $\phi$  2 Watt pro Quadratmeter.

Gegeben ist eine Wandfläche mit 20 m<sup>2</sup> (8 m \* 2,5 m). Der Wärmestrom  $\phi$  für einen Temperaturunterschied von 1 K berechnet sich:

$$A \text{ (m}^2\text{)} * U \text{ (W/(m}^2\text{*K))} * \Delta \vartheta \text{ (K)}$$

Wie hoch ist der Wärmestrom  $\phi$  durch die gegebene Wand bei einem Temperaturunterschied  $\Delta \vartheta$  von 1 Kelvin?

Wärmestrom  $\phi$  \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ Watt

Sinkt die Außentemperatur, erhöht sich der Wärmestrom:

Bei 0°C Außentemperatur/21°C Raumtemperatur beträgt die Temperaturdifferenz  $\Delta \vartheta$  21 Kelvin und der Wärmestrom berechnet sich:

Wärmestrom  $\phi$  \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ W oder \_\_\_\_\_ kW.

Innerhalb einer Heizdauer von 12 Stunden pro Tag summiert sich dies auf:

\_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ kWh,

entsprechend \_\_\_\_\_ Liter Heizöl (Heizöl EL: 10,08 kWh/Liter, 8 Cent/Liter).

Die Heizkosten dafür betragen \_\_\_\_\_ €



Vergleich der Materialstärke in Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit

Zellulose	17 mm
Holzweichfaserplatten	22 mm
Nadelholz	57 mm
Leichtlochziegel	170 mm
Strohlehm	252 mm
Vollziegel	296 mm
Glas	304 mm
Hochbauklinker	417 mm
Beton	913 mm

Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$

Zellulose	0,040 W/(m*K)	Strohlehm	0,70 W/(m*K)	Beton	2,1 W/(m*K)
Holzweichfaserplatte	0,050 W/(m*K)	Vollziegel	0,90 W/(m*K)		
Nadelholz	0,13 W/(m*K)	Glas	0,80 W/(m*K)		
Leichtlochziegel	0,36 W/(m*K)	Klinker	0,96 W/(m*K)		

Um Wärmeleitung zu ermöglichen, muss ein Material vorhanden sein, in dem die Wärmeenergie weitergegeben werden kann. Dies geschieht durch energetische Anregung benachbarter Atome. Dafür muss zwischen Wärmeerzeugung und Material ein guter Kontakt bestehen. Wie gut oder schlecht ein Material diesen Energietransport unterstützt, drückt die Wärmeleitfähigkeit aus.

Gute Wärmeleiter:  
Metalle wie Aluminium, Kupfer, Eisen, Blei

Schlechte Wärmeleiter:  
Glas, Holz, Kunststoffe, Luft, Wasser, Dämmstoffe wie Polystyrol oder Steinwolle

---



Beispiele für Wärmeleitung:

Herdplatte erhitzt Kochtopf

Bügeleisen erwärmt und glättet dadurch Wäsche

Wärmedämmung beim Haus verhindert die Wärmeleitung nach Außen

Schuhsohlen isolieren gegen die Kälte

**Bewertung des Ergebnisses:**

---



---



---



---

## Messergebnisse und Lösungen Versuch 3

Material	Pappe	Fliese	Styropor	Kupfer	Schafwolle	Holz	Vakuumlatte
<b>Temperatur gefühlt Reihenfolge 1-kalt, 7-warm</b>	4	1	7	2	6	3	5
<b>Temperatur gemessen</b>	25,2°C	24,7°C	24,9°C	25,2°C	25,2°C	24,8°C	25,7°C

### Berechnung

Wärmestrom  $\phi = 20 \text{ m}^2 * 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K}) * 1\text{K} = 40 \text{ Watt}$  (bei 1K)

Wärmestrom  $\phi = 20 \text{ m}^2 * 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K}) * 21\text{K} = 840 \text{ Watt} = 0,84 \text{ kW}$  (bei 21 K)

Heizenergie bei Heizdauer 12 Stunden:  $0,84 \text{ kW} * 12 \text{ h} = 10,08 \text{ kWh} = 1 \text{ Liter Heizöl}$

Die Heizkosten dafür betragen 0,08 €.

## 4 Energieeffizienz-Gebäude – Mehrfachverglasung

Name: \_\_\_\_\_

Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Das Experiment dient dazu, den Wärmeübergang von Verglasungen mit einer unterschiedlichen Anzahl von Glasscheiben zu veranschaulichen.

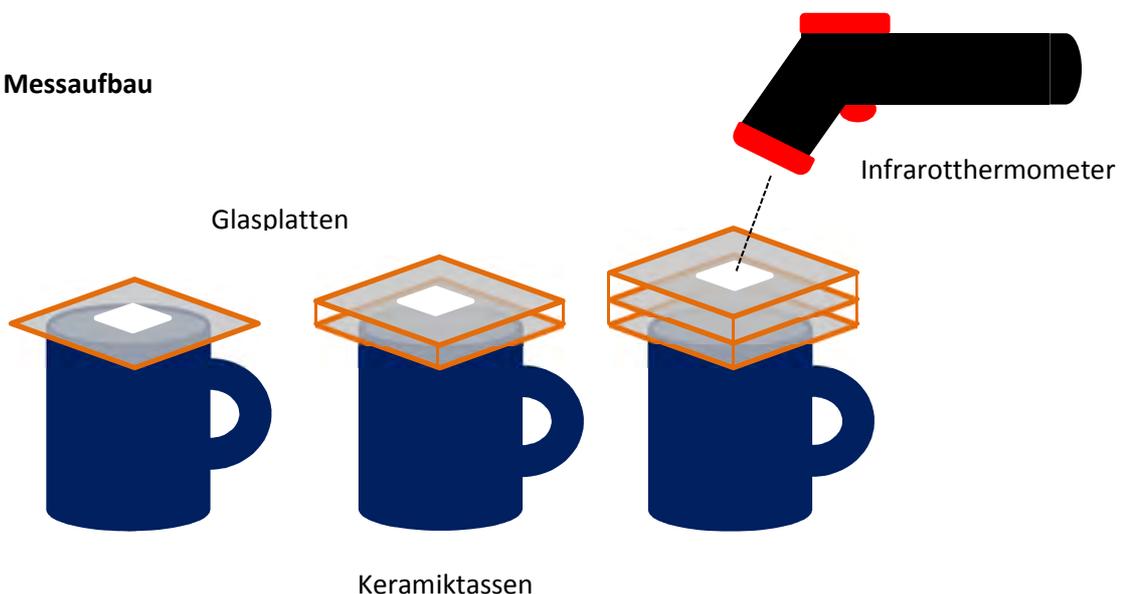
Beim Versuchsaufbau befindet sich Luft zwischen den Glasscheiben, in den Scheibenzwischenräumen der heutigen Fenster wird Edelgas (Argon oder Krypton) verwendet, das den Wärmedurchgang nochmals verringert.

**Materialien:** 3 gleich große Keramik-Becher  
 Messbecher  
 Heißes Wasser (Wasserkocher oder aus Thermoskanne)  
 3 Glasscheibenkonstruktionen ca. 10/10 cm  
 Infrarotthermometer  
 Wärmebildkamera

### Arbeitsablauf:

1. Mit dem Messbecher eine abgemessene Menge heißes Wasser (ca. 125 ml) in ein hitzebeständiges Gefäß (Keramikbecher oder hitzebeständiges Glas) einfüllen.  
 Becher 1: eine Glasscheibe auf das Gefäß legen.  
 Becher 2: Drei Glasscheiben mit zwei Kanthölzchen als Abstandshalter auf das Gefäß legen.  
 Becher 3: Drei Glasscheiben aufeinander.
2. Den Versuchsaufbau durchwärmen lassen. Messung der Oberflächentemperatur auf dem Klebestreifen mit einem Infrarotthermometer oder Betrachtung der Glasscheiben mit einer Wärmebildkamera.
3. Messergebnisse in die Tabelle notieren und auswerten.

### Messaufbau



Anzahl der Glasplatten	
Becher 1 – eine Glasplatte	_____ °C
Becher 2 – zwei Glasplatten mit Abstandsholz	_____ °C
Becher 3 – drei Glasplatten mit Abstandsholz	_____ °C

Fensterflächen sorgen je nach Himmelsrichtung für unterschiedliche solare Gewinne. Überschlägig können die Gewinne mit folgenden Einstrahlungsdaten  $I_s$  berechnet werden. Die **solare**

**Einstrahlungsstärke  $I_s$**  beträgt an der  
 Nordseite 100 kWh/(m<sup>2</sup>\*a)  
 Südseite 270 kWh/(m<sup>2</sup>\*a)  
 Ost-/Westseite 155 kWh/(m<sup>2</sup>\*a)

Der **Gesamtenergiedurchlassgrad  $g$**  des Fensters ist material- und herstellerabhängig und beträgt als Richtwert für

Einfachverglasung	0,75
Zwei-/Wärmeschutzfachverglasung	0,65
Dreifachverglasung	0,60

U-Werte von Fensterkonstruktionen können mit folgenden Werten angenommen werden:

Einfachverglasung	5,90 W/(m <sup>2</sup> *K)
Wärmeschutzverglasung	2,80 W/(m <sup>2</sup> *K)
Isolierverglasung	1,30 W/(m <sup>2</sup> *K)
Dreifachverglasung	0,95 W/(m <sup>2</sup> *K)

**Berechnung:** Wieviel Energie und Kosten pro m<sup>2</sup> kann über den Austausch eines zweifachverglasten Wärmeschutzverglasung gegen ein Fenster mit Dreifachverglasung auf der Ostseite eingespart werden (Werte aus Text vorhergehende Seite verwenden, 1 kWh kostet 0,08 €)?

**Überschlägige Berechnung**

Transmissionswärmeverlust:  $Q_T = A * F_x * U * 75$  ( $F_x=1$ )  
 Solare Gewinne:  $Q_s = A * I_s * 0,597 * g$  (0,597 = Faktor aus Abminderung für Verschattung, Sonnenschutz, Strahlungseinfall und Rahmen)  
 Heizwärmebedarf gesamt:  $Q_h = Q_T - 0,95 * Q_s$  (0,95 = Ausnutzungsgrad solare Gewinne)

Transmissionswärmeverlust Wärmeschutzverglasung:

$Q_T =$  \_\_\_\_\_  $* 75$  kWh/a = \_\_\_\_\_ kWh/a

Solare Gewinne:

$Q_s =$  \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ kWh/a

Heizwärmebedarf:

$Q_h =$  \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ kWh/a

---

Transmissionswärmeverlust Dreifachverglasung:

$$Q_T = \underline{\hspace{15em}} * 75 \text{ kWh/a} = \underline{\hspace{5em}} \text{ kWh/a}$$

Solare Gewinne:

$$Q_s = \underline{\hspace{15em}} = \underline{\hspace{5em}} \text{ kWh/a}$$

Heizwärmebedarf:

$$Q_h = \underline{\hspace{15em}} = \underline{\hspace{5em}} \text{ kWh/a}$$

$$\text{Ergebnis Einsparung kWh: } \underline{\hspace{15em}} = \underline{\hspace{5em}} \text{ kWh}$$

$$\text{Ergebnis Einsparung €: } \underline{\hspace{15em}} = \underline{\hspace{5em}} \text{ €}$$

**Bewertung des Ergebnisses:**

---

---

---

---

## Messergebnisse und Lösungen Versuch 4

Anzahl der Glasplatten	
Becher 1 – eine Glasplatte	41,8°C
Becher 2 – zwei Glasplatten mit Abstandsholz	32,1°C
Becher 3 – drei Glasplatten mit Abstandsholz	25,6°C

Warme Bereiche	
Farbe weiss	47°C
Farbe rot	42°C
Mittlere Bereiche	
Farbe orange	38°C
Farbe gelb	36°C
Kühle Bereiche, Farbe	
Farbe grün	35°C
Farbe blau	26°C

**Berechnung:** Wieviel Energie und Kosten pro m<sup>2</sup> kann über den Austausch eines zweifachverglasten Wärmeschutzverglasung gegen ein Fenster mit Dreifachverglasung auf der Ost-seite eingespart werden? Sind die solaren Gewinne höher, gleich oder niedriger als die Wärmeverluste?

Überschlägige Berechnung Transmissionswärmeverlust:  $Q_T = A * F_x * U * 75$  ( $F_x=1$ )  
 Solare Gewinne:  $Q_s = A * I_s * 0,597 * g$  (0,597 = Faktor aus  
 Abminderung für Verschattung, Sonnenschutz, Strahlungseinfall und Rahmen)  
 Transmissionswärmeverlust gesamt:  $Q_h = Q_T - 0,95 * Q_s$

### **Berechnung Wärmeschutzverglasung:**

Transmissionswärmeverlust  $Q_T = 1 \text{ m}^2 * 1 * 2,8 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K}) * 75 \text{ kWh/a} = 210 \text{ kWh/a}$   
 Solare Gewinne:  $Q_s = 1 \text{ m}^2 * 155 \text{ kWh}/(\text{m}^2 * \text{a}) * 0,597 * 0,65 = 60,15 \text{ kWh/a}$   
 Heizwärmebedarf:  $Q_h = 210 \text{ kWh} - 0,95 * 60,15 \text{ kWh} = 152,85 \text{ kWh}$

### **Berechnung Dreifachverglasung:**

Transmissionswärmeverlust  $Q_T = 1 \text{ m}^2 * 1 * 0,95 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K}) * 75 \text{ kWh/a} = 71,25 \text{ kWh/a}$   
 Solare Gewinne:  $Q_s = 1 \text{ m}^2 * 155 \text{ kWh}/(\text{m}^2 * \text{a}) * 0,597 * 0,60 = 55,52 \text{ kWh/a}$   
 Heizwärmebedarf:  $Q_h = 71,25 \text{ kWh/a} - 0,95 * 55,52 \text{ kWh/a} = 18,50 \text{ kWh/a}$

Ergebnis Einsparung kWh:  $152,85 \text{ kWh/a} - 18,50 \text{ kWh/a} = 134,35 \text{ kWh/a}$

Ergebnis Einsparung €:  $134,35 \text{ kWh/a} * 0,08 \text{ €/kWh} = 10,75 \text{ €/a}$

## 5 Energieeffizienz Gebäude Wintergarten

Name: \_\_\_\_\_

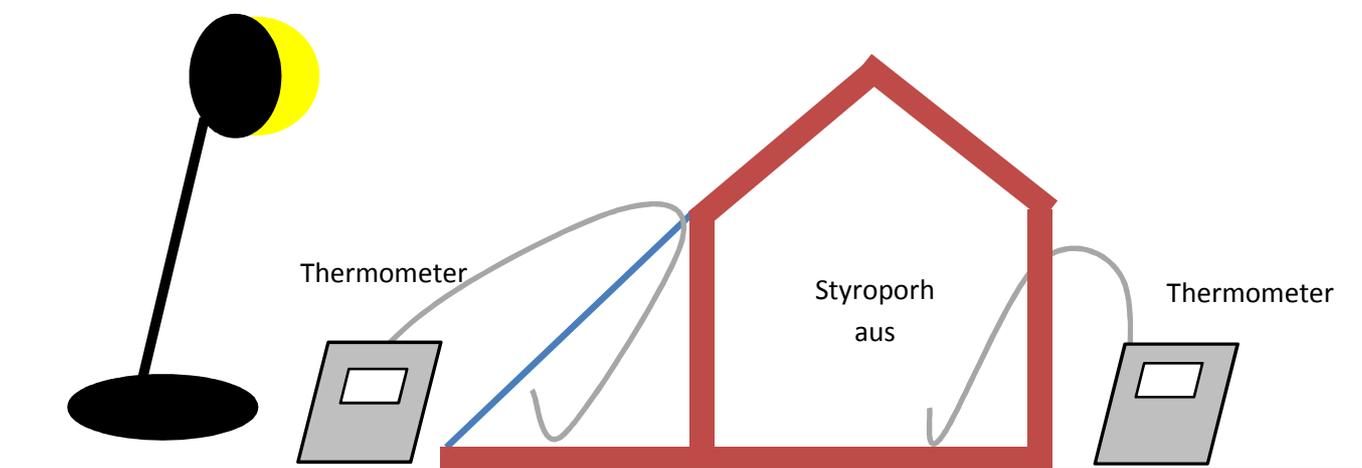
Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Ein Wintergarten kann als Klimapuffer für das dahinterliegende Haus fungieren und so zur Energieeinsparung beitragen.

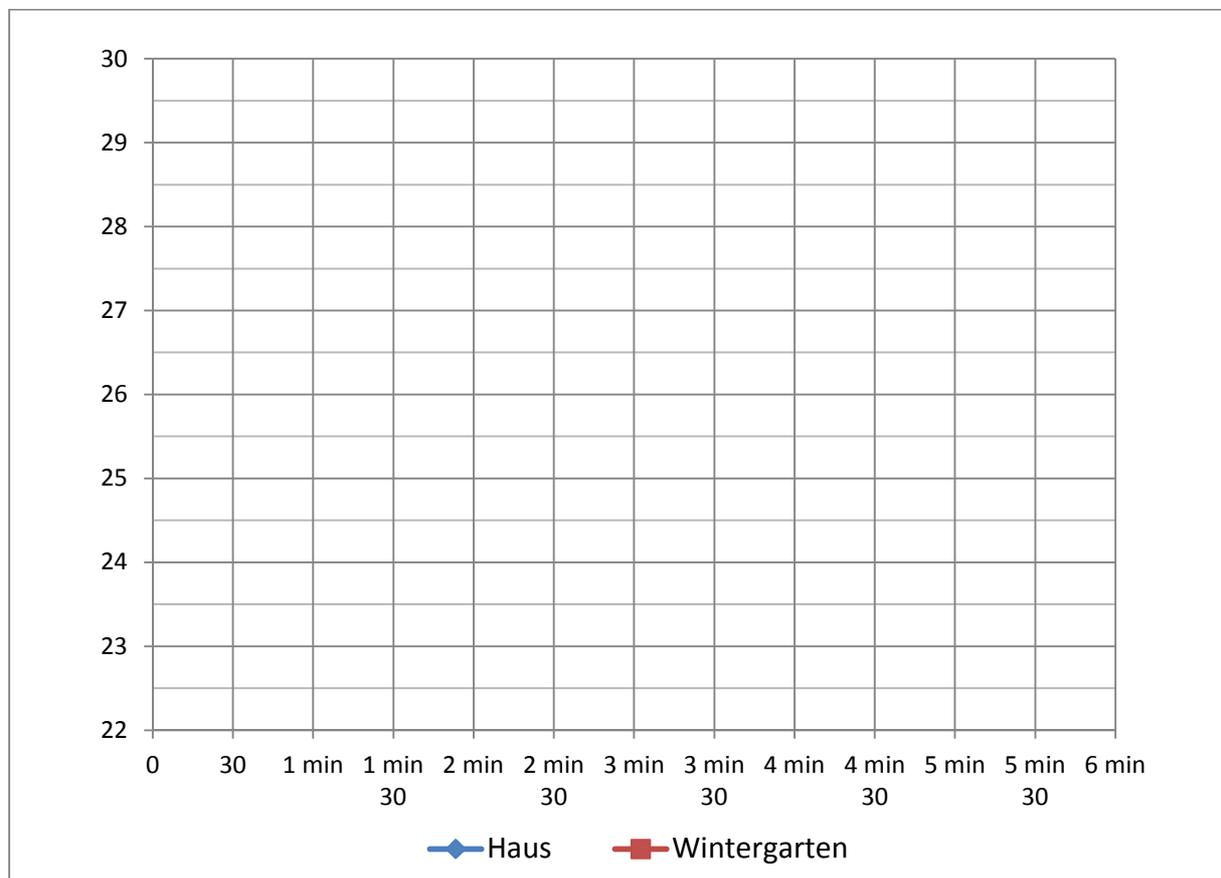
**Materialien:** Styroporhaus mit Wintergarten  
Zwei Thermometer  
Schreibtischlampe 50 W  
Stoppuhr

**Arbeitsablauf:**

1. Messfühler 1 auf den Boden des Hauses legen
2. Messfühler 2 auf den Boden des Wintergartens legen
3. Styroporhaus mit der Lampe anstrahlen
4. Temperaturverlauf auf beiden Thermometern 6 Minuten lang alle 30 Sek. den Wert ablesen und notieren.



Lufttemperatur °C	Temperatur Haus °C	Temperatur Wintergarten °C
<b>Anfangstemperatur</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 1 Minute</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 1 Minute 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 2 Minuten</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 2 Minuten 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 3 Minuten</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 3 Minute 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 4 Minuten</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 4 Minuten 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 5 Minuten</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 5 Minute 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 6 Minuten</b>	_____ °C	_____ °C



Ein Wintergarten besteht in meisten Teilen aus Glasflächen. Der Baustoff Glas ist Träger vieler Funktionen. Dies betrifft nicht nur seine Transparenz für Wärme und Lichteinstrahlung. Gleichzeitig trägt Glas im Wintergarten den hauptsächlichen Einfluss für die Wärmeverluste während der Heizperiode (Wärmedämmung) und den Solargewinn im gesamten Jahr.

Ein Kaltwintergarten ist die einfachste Variante eines Wintergartens und damit die günstigste. Dieser unbeheizte Wintergarten-Typ entspricht einem Gewächshaus. Aufgrund der Sonneneinstrahlung und der fehlenden Heizung gleichen sich die Innentemperaturen relativ schnell den Außentemperaturen an. Bei Sonnenschein erwärmt sich aufgrund des sogenannten Glashauseseffekts die Luft im Wintergarten und sorgt für angenehme Temperaturen, auch wenn es draußen kühler ist. Ist der Kaltwintergarten thermisch vom Wohnhaus getrennt, dient er sowohl im Sommer als auch im Winter als klimatische Pufferzone. Ein unbeheizter Wintergarten kann ca. 10% der Heizenergie einsparen.

**Berechnung:** Wie hoch ist Einsparung an Energie und Kosten, wenn der Heizenergieverbrauch 20.000 kWh beträgt (1 kWh Heizenergie kostet 8 Cent)?

\_\_\_\_\_ kWh/Jahr \* \_\_\_\_\_ % = \_\_\_\_\_ kWh/Jahr

\_\_\_\_\_ kWh/Jahr \* \_\_\_\_\_ €/kWh = \_\_\_\_\_ €/Jahr

Nach wie vielen Jahren lohnt sich die Anschaffung, wenn der Wintergarten 10.000 € kostet?

10.000 € : \_\_\_\_\_ €/Jahre = \_\_\_\_\_ Jahre

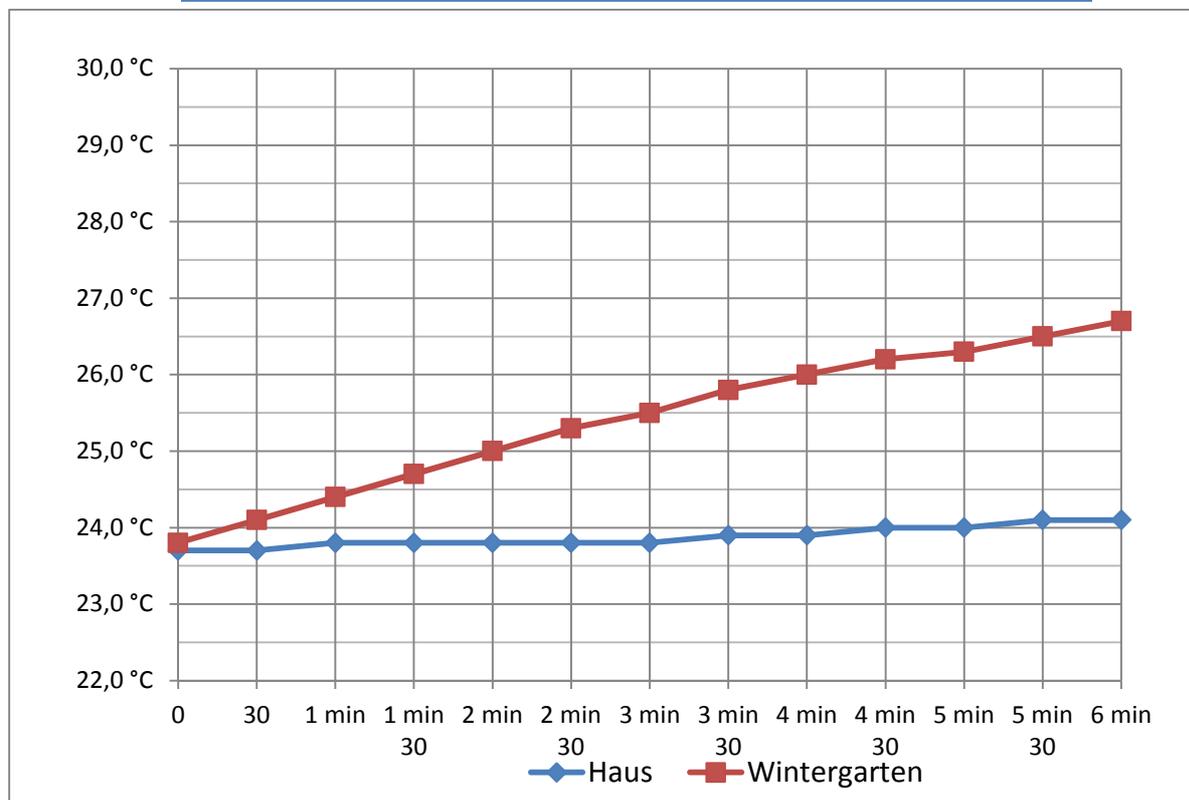
Quelle: Glasmacher Metallbau



Quelle: Treihauseffekt-heute.de

### Messergebnisse und Lösungen Versuch 5

Lufttemperatur °C	Temperatur Haus °C	Temperatur Wintergarten °C
Anfangstemperatur	23,7 °C	23,8 °C
Nach 30 Sek.	23,7 °C	24,1 °C
Nach 1 Minute	23,8 °C	24,4 °C
Nach 1 Minute 30 Sek.	23,8 °C	24,7 °C
Nach 2 Minuten	23,8 °C	25,0 °C
Nach 2 Minuten 30 Sek.	23,8 °C	25,3 °C
Nach 3 Minuten	23,8 °C	25,5 °C
Nach 3 Minute 30 Sek.	23,9 °C	25,8 °C
Nach 4 Minuten	23,9 °C	26,0 °C
Nach 4 Minuten 30 Sek.	24,0 °C	26,2 °C
Nach 5 Minuten	24,0 °C	26,3 °C
Nach 5 Minute 30 Sek.	24,1 °C	26,5 °C
Nach 6 Minuten	24,1 °C	26,7 °C



---

Berechnung: Wie hoch ist Einsparung an Energie und Kosten, wenn der Heizenergieverbrauch 20.000 kWh beträgt (1 kWh Heizenergie kostet 8 Cent, Einsparung 10% durch Wintergarten)?

$$20.000 \text{ kWh/Jahr} * 10\% = 2000 \text{ kWh/Jahr}$$

$$2000 \text{ kWh/Jahr} * 0,08 \text{ €/kWh} = 160 \text{ €/Jahr}$$

Nach wie vielen Jahren lohnt sich die Anschaffung, wenn der Wintergarten 10.000 € kostet?

$$10.000 \text{ €} : 160 \text{ €/Jahr} = 62,5 \text{ Jahre}$$

## 6 Energieeffizienz-Gebäude - Lüftung

Name: \_\_\_\_\_

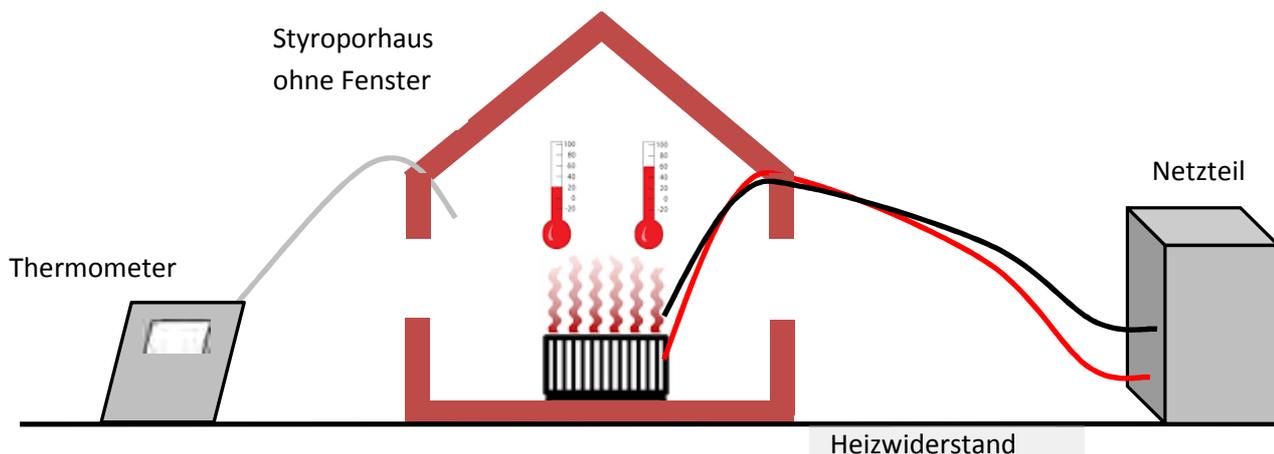
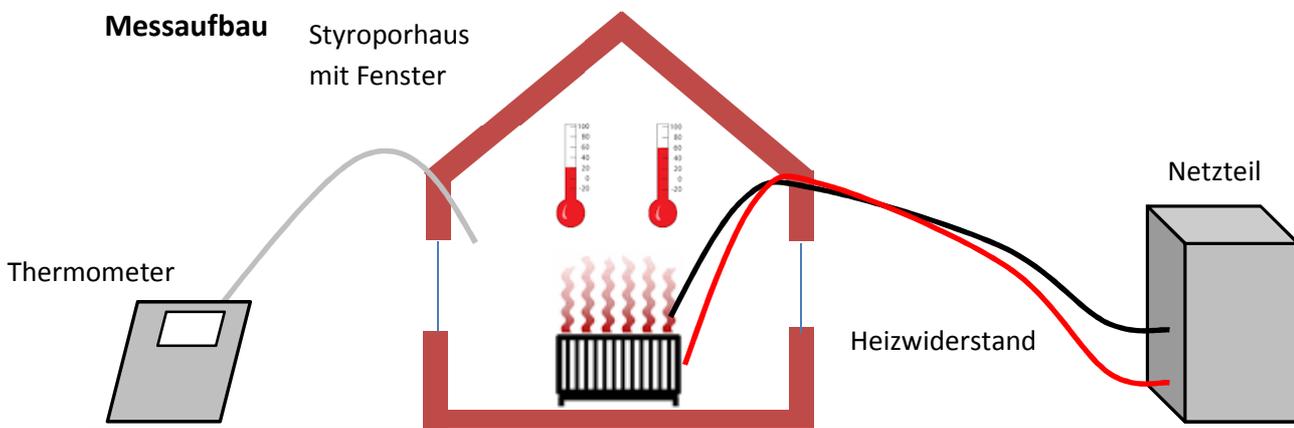
Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Dieses Experiment zeigt, welchen Einfluss gekippte oder undichte Fenster auf die Raumtemperatur haben.

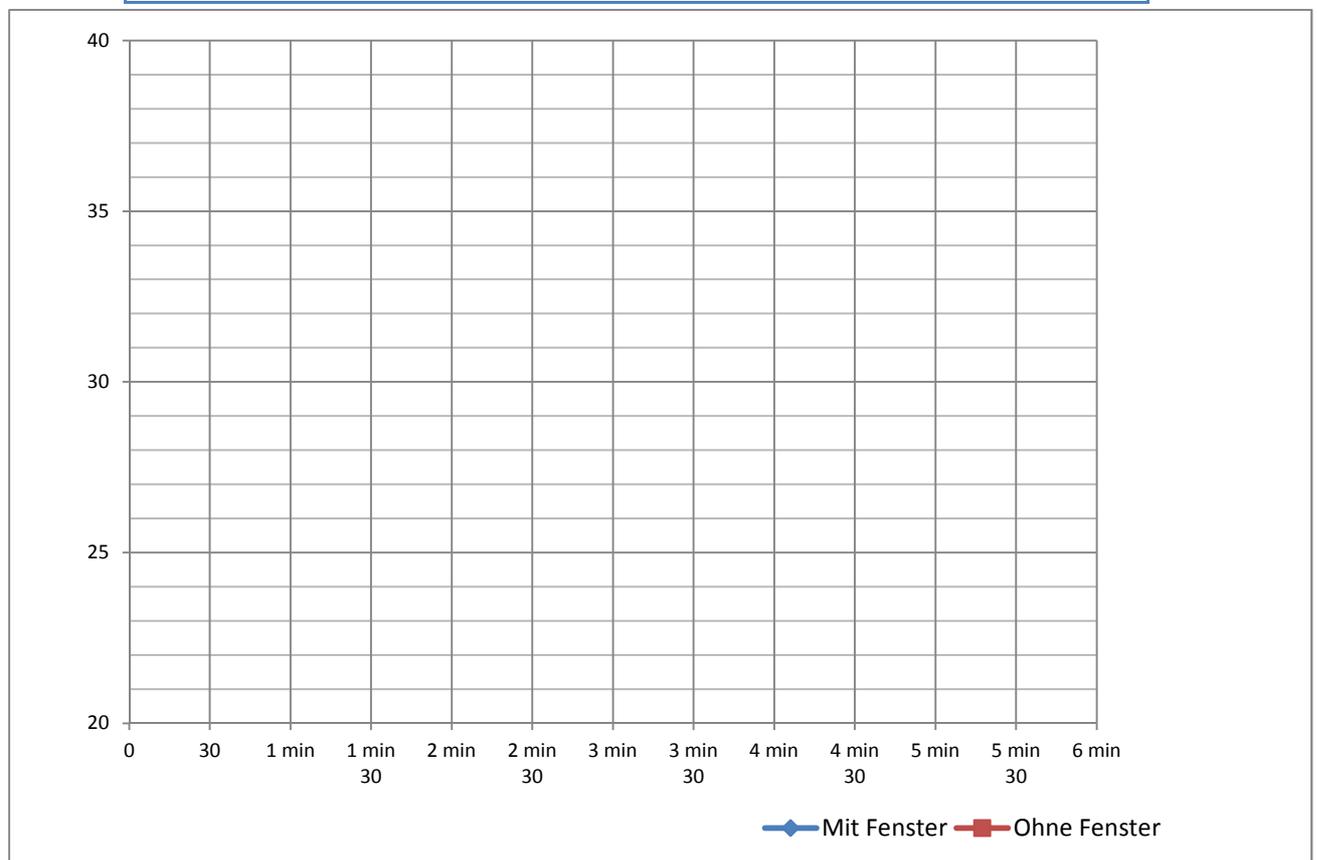
**Materialien:** Styroporhaus mit/ohne Fenster  
 Thermometer  
 Widerstand mit Netzteil zum Erwärmen des Hauses  
 Stoppuhr

### Arbeitsablauf:

1. Thermometer in das Haus in Höhe der Traufe zwischen Dach und Wand stecken.
2. Netzteil mit Widerstand anschalten, Einstellung 10 V, 1,19 A und das Haus aufheizen (ca. 3 Min., dann ausschalten), die Messwerte während des Aufheizens alle 30 Sekunden protokollieren
3. Netzteil nach 3 Minuten ausschalten und den Temperaturverlauf beobachten, die Messwerte 3 Minuten lang alle 30 Sek. notieren. Nach Ausfüllen der Liste, die Messwerte als Punkte in das Diagramm eintragen und zu einer Linie verbinden..
4. Während des Eintragens der ersten Messreihe, Widerstand abkühlen lassen Die Fenster herausdrücken und den Versuch wiederholen.



Lufttemperatur °C	Innenraumtemperatur °C Mi Fenster	Innenraumtemperatur °C Ohne Fenster	Temperaturunterschied
<b>Ausgangstemperatur</b>	_____ °C	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 1 Minute</b>	_____ °C	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 1 Minute 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 2 Minuten</b>	_____ °C	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 2 Minuten 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 3 Minuten(ausschalten)</b>	_____ °C	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 3 Minute 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 4 Minuten</b>	_____ °C	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 4 Minuten 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 5 Minuten</b>	_____ °C	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 5 Minute 30 Sek.</b>	_____ °C	_____ °C	_____ °C
<b>Nach 6 Minuten</b>	_____ °C	_____ °C	_____ °C



Der Luftwechsel eines Gebäudes ist abhängig von Wind und Thermik. So kann entweder ein zu hoher Luftwechsel vorhanden sein, der mit Energieverlusten oder der Gefahr von Tauwasser einhergeht oder ein zu niedriger Luftwechsel mit minderer Luftqualität, zu hohem Feuchtegehalt in der Luft und damit der Gefahr von Tauwasser bzw. Schimmelbildung.

Der unkontrollierte Luftaustausch erhöht den Energieverbrauch, führt zu Zugluft und mangelnder Behaglichkeit durch zu hohe Strömungsgeschwindigkeit und zur Entstehung von Bauschäden.

Der Luftwechsel (LW)  $n$  (auch > Luftwechselrate oder Luftwechselzahl) gibt an, wie oft ein Raumvolumen in einer Stunde mit Außenluft ausgetauscht wird. Die Einheit wird mit  $h^{-1}$  angegeben.

Ein ausreichender Luftwechsel ist notwendig, um Kohlendioxid, Schadstoffe und Feuchte aus bauphysikalischen und hygienischen Erfordernissen zu entfernen und Sauerstoff zu zuführen. Hier ergibt sich der Luftwechsel bzw. die Luftwechselrate auf schadstoffbezogenen Grenzwerten (z. B. MAK-Werte).

In nichtrenovierten Altbauten liegt der natürliche Luftwechsel bei  $n=1 h^{-1}$   
in renovierten Gebäuden zwischen  $n=0,5$  bis  $1 h^{-1}$ .

Je nach dem Lüftungsverhalten bzw. der Lüftungsart können mit einer Fensterlüftung folgende Luftwechsel erreicht werden:

- Fenster zu, Türen zu > 0 bis  $0,3 h^{-1}$
- Fenster gekippt (Spaltlüftung) >  $0,3$  bis  $1,5 h^{-1}$
- Fenster kurzzeitig ganz geöffnet (Stoßlüftung) >  $0,3$  bis  $4 h^{-1}$
- Fenster ständig ganz geöffnet >  $9$  bis  $15 h^{-1}$
- Gegenüberliegende Fenster und Türen ständig geöffnet (Querlüftung) > bis  $40 h^{-1}$

Ein Mindestluftwechsel sollte durch ein richtiges Lüften grundsätzlich gewährleistet werden. Ist es nicht möglich diesen LW zu erreichen, ist der Einsatz einer kontrollierten Wohnungslüftung (KWL) mit Wärmerückgewinnung (WRG) sinnvoll bis notwendig. Hier liegt der Luftwechsel je nach Schadstoffanfall und Außentemperatur zwischen  $n=0,25 h^{-1}$  und  $n 1,0 h^{-1}$ . In luftdichten Häusern (Passivhäusern) kann der Luftwechsel bei  $n=0,2 h^{-1}$  liegen, dies erfordert eine kontrollierte Wohnungslüftung (KWL).

#### **Berechnung:**

Zweifamilien-Wohnhaus mit  $1000 m^3$  Bruttovolumen  $V_e$ .

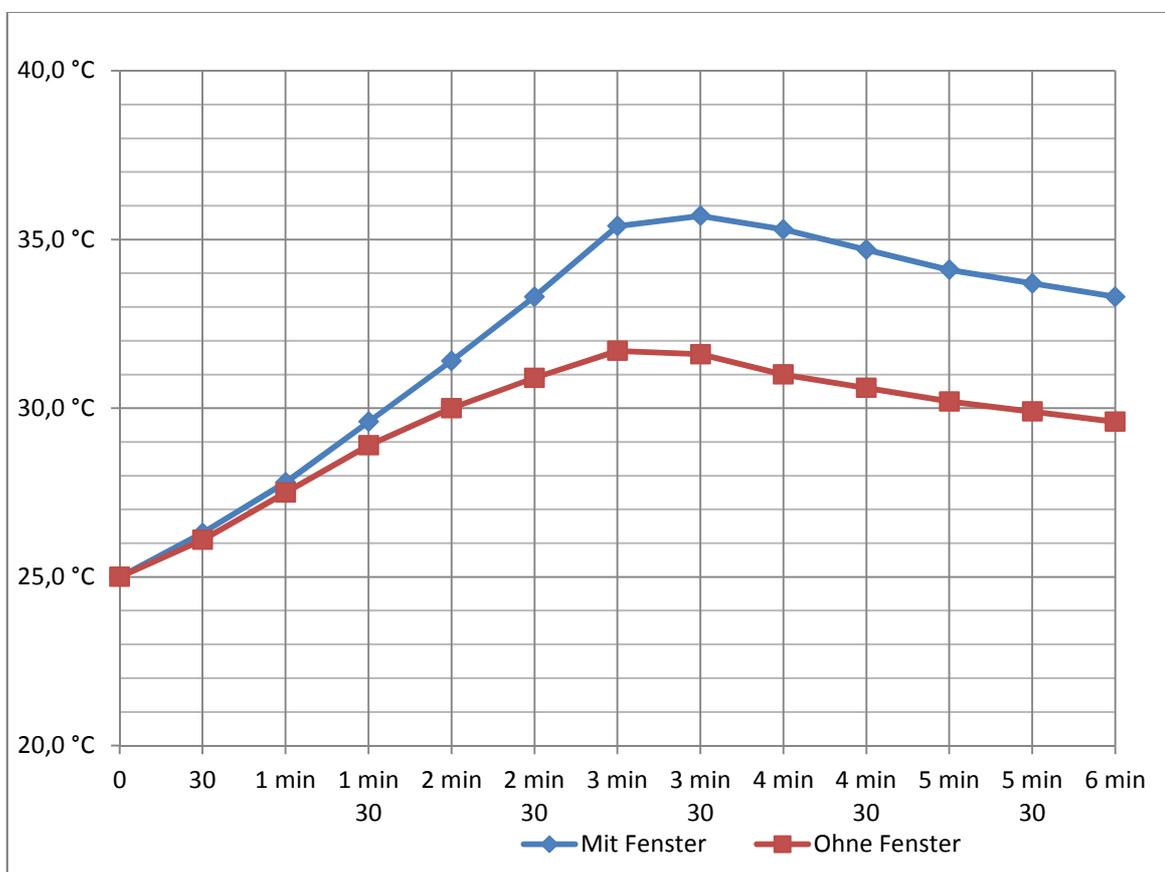
Das Luftvolumen  $V$  bestimmt sich aus dem Bruttovolumen  $V_e * 0,76$  (Ein/Zweifamilienhäuser) die Wärmekapazität  $c$  für Luft beträgt  $0,34 Wh/(m^3 * K)$ , der Gradtagszahlfaktor  $82 kKh/a$  für Altbauten,  $75 kKh/a$  für renoviert und  $66 kKh/a$  für Passivhäuser.

Überschlägige Ermittlung von Lüftungswärmeverlusten  $Q_v$ , Formel:  $Q_v = V * n * c * 82/75/66$   
 $n = 1 h^{-1}$  (Unrenoviert),  $n = 0,6 h^{-1}$  (renoviert),  $n = 0,2 h^{-1}$  (Passivhaus)



### Messergebnisse und Lösungen Versuch 6

Lufttemperatur °C	Temperatur °C Mit Fenster	Temperatur °C Ohne Fenster	Temperaturunterschied
<b>Ausgangstemperatur</b>	25,0 °C	25,0 °C	0,0
<b>Nach 30 Sek.</b>	26,3 °C	26,1 °C	0,2
<b>Nach 1 Minute</b>	27,8 °C	27,5 °C	0,3
<b>Nach 1 Minute 30 Sek.</b>	29,6 °C	28,9 °C	0,7
<b>Nach 2 Minuten</b>	31,4 °C	30,0 °C	1,4
<b>Nach 2 Minuten 30 Sek.</b>	33,3 °C	30,9 °C	2,4
<b>Nach 3 Minuten (ausschalten)</b>	35,4 °C	31,7 °C	3,7
<b>Nach 3 Minute 30 Sek.</b>	35,7 °C	31,6 °C	4,1
<b>Nach 4 Minuten</b>	35,3 °C	31,0 °C	4,3
<b>Nach 4 Minuten 30 Sek.</b>	34,7 °C	30,6 °C	4,1
<b>Nach 5 Minuten</b>	34,1 °C	30,2 °C	3,9
<b>Nach 5 Minute 30 Sek.</b>	33,7 °C	29,9 °C	3,8
<b>Nach 6 Minuten</b>	33,3 °C	29,6 °C	3,7



**Berechnung:**

Zweifamilien-Wohnhaus mit 1000 m<sup>3</sup> Bruttovolumen  $V_e$ .

Das Luftvolumen  $V$  bestimmt sich aus dem Bruttovolumen  $V_e * 0,76$  (Ein-/ Zweifamilienhäuser) die Wärmekapazität  $c$  für Luft beträgt 0,34 Wh/(m<sup>3</sup>\*K), der Gradtagszahlfaktor 82 kKh für Altbauten, 75 kKh für renoviert und 66 kKh für Passivhäuser.

Überschlägige Ermittlung von Lüftungswärmeverlusten  $Q_v$ , Formel:  $Q_v = V * n * c * 82/75/66$   
 $n = 1 \text{ h}^{-1}$  (Unrenoviert),  $n = 0,6 \text{ h}^{-1}$  (renoviert),  $n = 0,2 \text{ h}^{-1}$  (Passivhaus)

$$1000 \text{ m}^3 * 0,76 * 1,0 \text{ h}^{-1} * 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{K}) * 82 \text{ kKh}/\text{a} = 21.188 \text{ kWh}/\text{a} \text{ (unrenoviert)}$$

$$1000 \text{ m}^3 * 0,76 * 0,6 \text{ h}^{-1} * 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{K}) * 75 \text{ kKh}/\text{a} = 11.628 \text{ kWh}/\text{a} \text{ (renoviert, -45\%)}$$

$$1000 \text{ m}^3 * 0,76 * 0,2 \text{ h}^{-1} * 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{K}) * 66 \text{ kKh}/\text{a} = 3.410 \text{ kWh}/\text{a} \text{ (Passivh., -84\%)}$$

## 7 Energieeffizienz-Solarenergie- Solarthermie

Name: \_\_\_\_\_

Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Das Experiment veranschaulicht die Wärmestrahlung und Wärmeleitung. Die schwarze Farbe des Plastikfläschchens absorbiert die Wärmestrahlung und leitet die Wärme an das Wasser im Inneren weiter.

- Materialien:** Styroporhaus  
 Wasser aus der Leitung  
 Schwarzes Plastikfläschchen  
 Thermometer mit Messstab, Messstab in den oberen Teil der Flasche stecken  
 Lichtquelle (Sonne oder Schreibtischlampe)

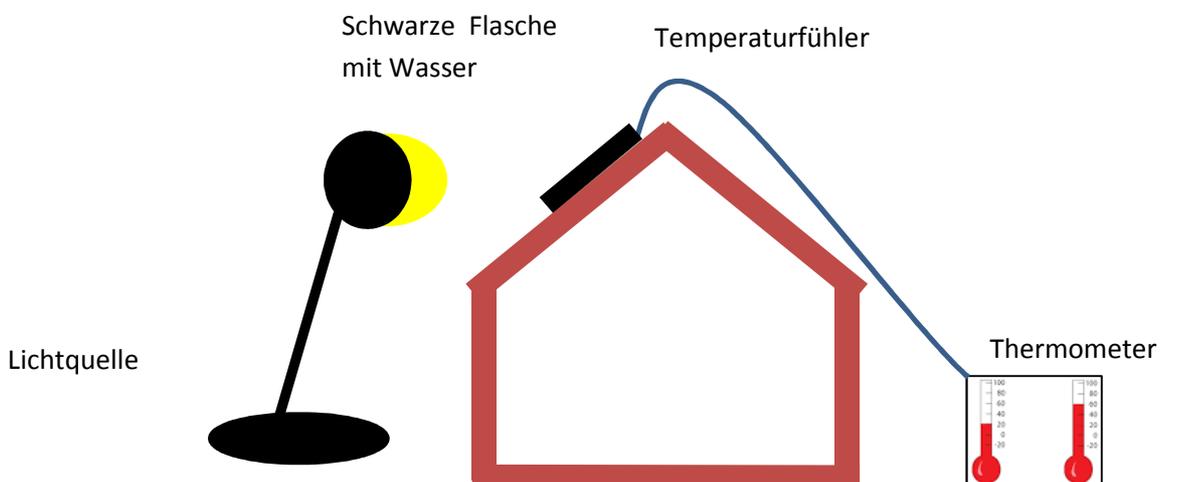
**Arbeitsablauf:**

1. Beobachte die Temperatur auf dem schwarz-weißen Farb-Plättchen auf dem Hausdach. Lege dazu den Temperaturfühler ca. 20 Sekunden zuerst auf die auf die schwarze, dann auf die weiße Fläche

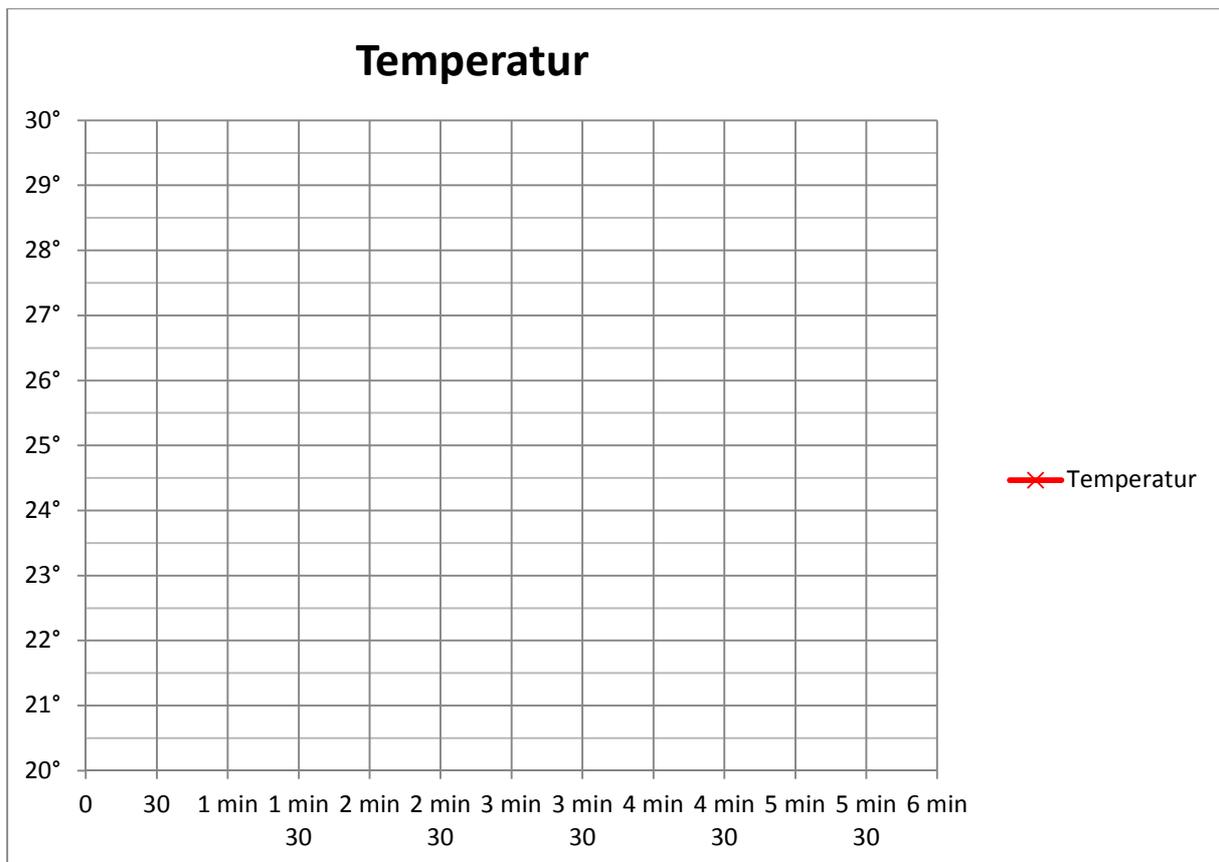
Weiße Fläche	Schwarze Fläche
_____ °C	_____ °C

2. Werte in die Tabelle eintragen
3. Wasser in das schwarze Plastikfläschchen einfüllen.
4. Messung der Temperatur mit einem Thermometer im Fläschchen.
5. Haus mit Fläschchen in die Sonne stellen oder mit einer Lampe erwärmen (Vorsicht-genügend Abstand wahren, der Kunststoff ist wärmeempfindlich).
6. Messergebnisse 5 Minuten lang alle 30 Sekunden in der Tabelle notieren und auswerten.

**Messaufbau**



<b>Raum/Außentemperatur</b>	_____ °C
<b>Wassertemperatur</b>	_____ °C
<b>Wassertemperatur nach 30 Sekunden</b>	_____ °C
<b>Wassertemperatur nach 1 Minute</b>	_____ °C
<b>Wassertemperatur nach 1 Minute 30</b>	_____ °C
<b>Wassertemperatur nach 2 Minuten</b>	_____ °C
<b>Wassertemperatur nach 2 Minuten 30</b>	_____ °C
<b>Wassertemperatur nach 3 Minuten</b>	_____ °C
<b>Wassertemperatur nach 3 Minuten 30</b>	_____ °C
<b>Wassertemperatur nach 4 Minuten</b>	_____ °C
<b>Wassertemperatur nach 4 Minuten 30</b>	_____ °C
<b>Wassertemperatur nach 5 Minuten</b>	_____ °C



Besitzt ein Stoff zwar die gleiche Masse, z. B. ein Kilogramm, benötigt er aber zur Erwärmung trotzdem nicht die gleiche Wärmemenge, da jeder Stoff eine spezifische, also nur ihm zu eigene Wärmekapazität besitzt. Die Wärmekapazität gibt an, wie viel Wärme von einem Körper aufgenommen oder abgegeben werden muss, damit sich die Temperatur von 1 kg des Stoffes um 1 Grad Celsius ändert. Metalle haben eher eine geringe Wärmekapazität, Holz und Schaumkunststoffe eine hohe und Wasser eine sehr hohe Wärmekapazität. Aus diesem Grund ist Wasser als Wärmeträgermaterial für Warmwasserheizungen oder Solaranlagen sehr gut geeignet.

Die spezifische

Wärmekapazität  $c_p$  bei Wasser(20°) beträgt 4,19 kJ/(kg\*K).

**Berechnung:** Wieviel Energie kostet es, 100 Liter Wasser für ein Wannenbad aus der Leitung (15°) auf Badetemperatur (40°) zu erwärmen und was muss für dieses Bad an Heizenergie für das Wasser bezahlt werden? (1 kWh Heizenergie Gas entspricht 8 Cent)

Die Formel für die Berechnung lautet:

**Wärmemenge  $Q = \text{Masse } m \text{ (kg)} * \text{spez. Wärmekapazität Wasser } c_p \text{ (kJ/(kg*K))} * \text{Temperaturunterschied } \Delta\theta \text{ (K), Ergebnis in kWh}$**

Berechnung:  $Q = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{10em}}$  kJ entspricht  $\underline{\hspace{10em}}$  kWh  
(Die Umrechnung von kJ in kWh erfolgt mit dem Faktor 0,000278).

1 kWh Heizenergie mit Gas kostet  $\underline{\hspace{10em}}$  Cent, ein Wannenbad kostet also ca.  $\underline{\hspace{10em}}$  Cent Heizkosten.

Auf dem Dach wurde eine Solaranlage installiert. Durch den Betrieb werden 60% der Energie und der Kosten bei der Warmwasserbereitung und 10% durch die Heizungsunterstützung eingespart. Für das Heizen werden 16250 kWh/a verbraucht, für die Warmwasserbereitung 2500 kWh/a, eine kWh kostet 8 Cent. Die Anlage kostet 6000 €. Nach wie vielen Jahren hat sich die Anlage durch die Einsparung gerechnet?

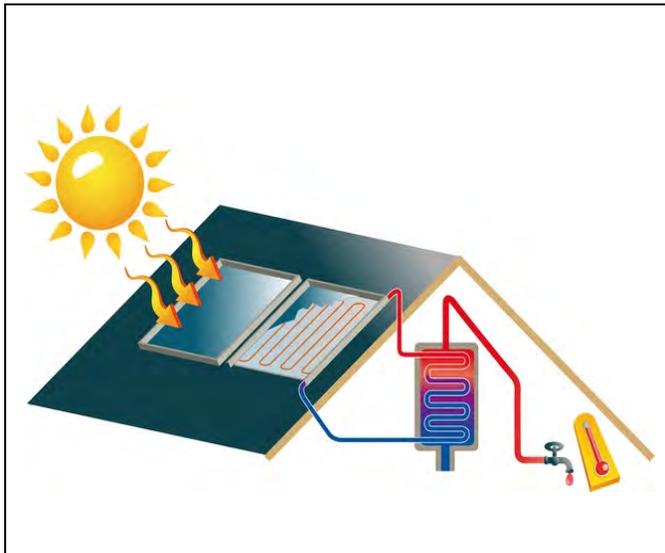
16250 kWh/Jahr \*  $\underline{\hspace{10em}}$  % =  $\underline{\hspace{10em}}$  kWh/a

2500 kWh/Jahr \*  $\underline{\hspace{10em}}$  % =  $\underline{\hspace{10em}}$  kWh/a

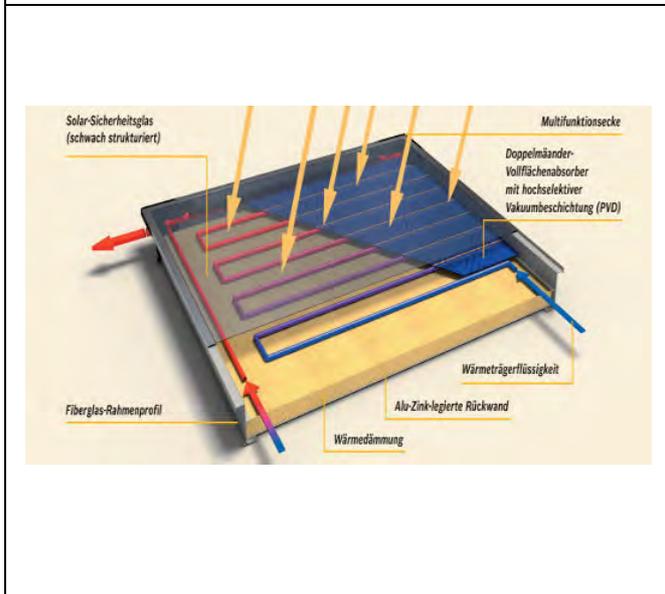
$\underline{\hspace{10em}}$  kWh/a (Heizen) +  $\underline{\hspace{10em}}$  kWh/a (Warmwasser) =  $\underline{\hspace{10em}}$  kWh/a

$\underline{\hspace{10em}}$  kWh/a \*  $\underline{\hspace{10em}}$  €/kWh =  $\underline{\hspace{10em}}$  €/a

6000 € :  $\underline{\hspace{10em}}$  €/a =  $\underline{\hspace{10em}}$  Jahre



In den Solarkollektoren erwärmt die Solarenergie den Wärmeträger. Über den Wärmetauscher im Speicher wird die Solarwärme an das Heizungswasser abgegeben oder zur Trinkwassererwärmung genutzt. Um einen möglichst hohen Ertrag zu erzielen, werden Flach- oder Vakuumröhrenkollektoren eingesetzt. Während früher in erster Linie Solarkollektoren zur Warmwasserbereitung eingesetzt wurden, werden heute immer häufiger Solarthermieanlagen zur kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung installiert.



Im Prinzip bestehen Flachkollektoren aus einem Gehäuse, das innen mit einer dunklen Absorberschicht ausgestattet ist. Diese Schicht sorgt für eine sehr gute Erwärmung, wandelt also die vorhandene solare Strahlung besonders gut in Wärme um. Auf der Absorberschicht, im Gehäuse, verlaufen Rohre, in denen eine sogenannte Wärmeträgerflüssigkeit fließt. Abgedeckt wird der Solarkollektor mit einem speziellen Solarglas, das einerseits sehr stabil ist und andererseits sehr lichtdurchlässig, um möglichst viel Licht in Wärme umwandeln zu können. Die Gehäuse der Flachkollektoren sind wärmegeklämt, um ihre Effizienz zu steigern.

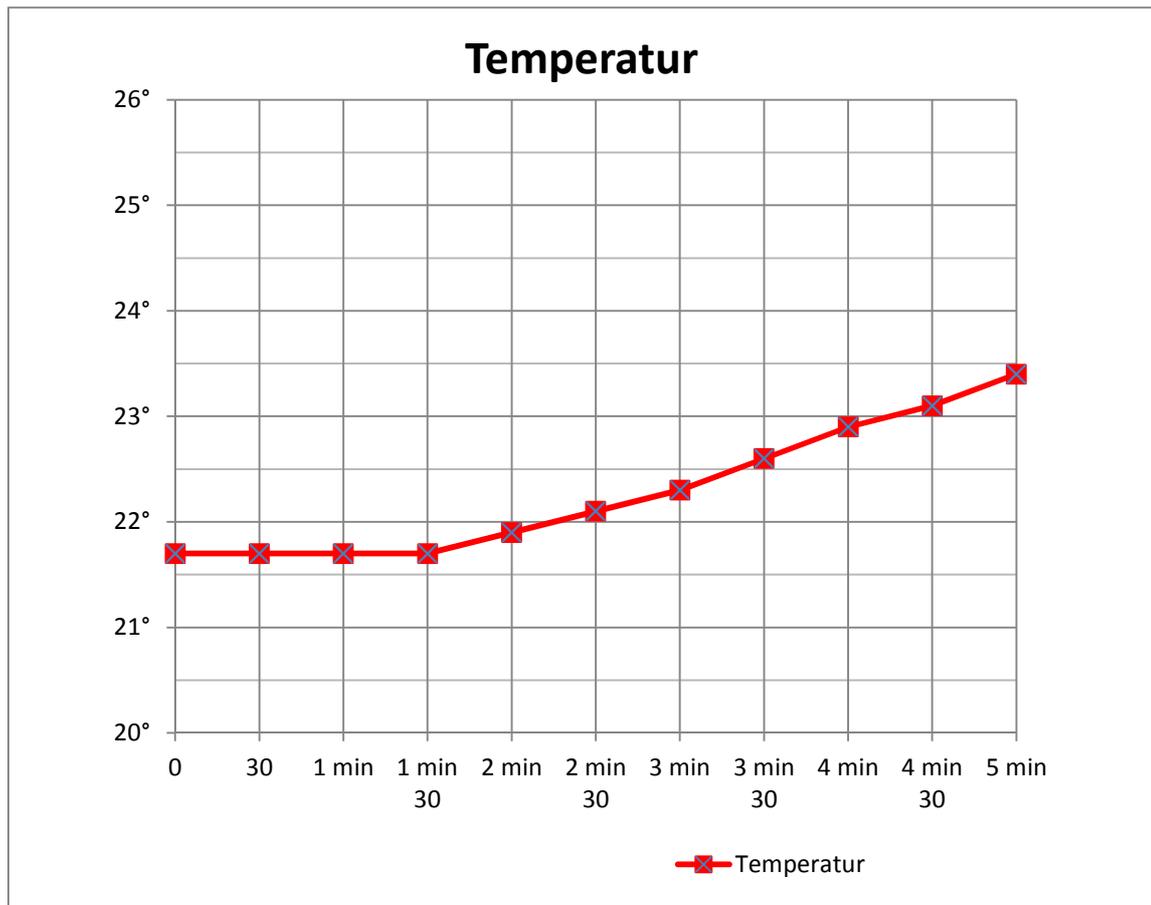


Die meisten der heutzutage gebauten Solaranlagen sind Anlagen zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung. Hauptgrund ist die höhere Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Anlage (siehe Grafik). So lassen sich mit einer gut dimensionierten hochwertigen Solaranlage bis zu 2/3 der Heizkosten einsparen (Je nach Dämmstandard des Hauses). Die optimale Ausrichtung des Kollektor ist nach Süden mit 45° Dachneigung. Steiler oder flacher reduziert den Ertrag.

## Messergebnisse und Lösungen Versuch 7

Weiße Fläche	Schwarze Fläche
38°C	47°C

Raum/Außentemperatur	°C
Wassertemperatur	21,7°C
Wassertemperatur nach 30 Sekunden	21,7°C
Wassertemperatur nach 1 Minute	21,7°C
Wassertemperatur nach 1 Minute 30	21,7°C
Wassertemperatur nach 2 Minuten	21,9°C
Wassertemperatur nach 2 Minuten 30	22,1°C
Wassertemperatur nach 3 Minuten	22,3°C
Wassertemperatur nach 3 Minuten 30	22,6°C
Wassertemperatur nach 4 Minuten	22,9°C
Wassertemperatur nach 4 Minuten 30	23,1°C
Wassertemperatur nach 5 Minuten	23,4°C



**Berechnung:** Wieviel Energie kostet es, 100 Liter Wasser für ein Wannenbad aus der Leitung (15°) auf Badetemperatur (40°) zu erwärmen und was kostet dieses Bad an Wärmeenergie? (1 kWh Heizenergie Gas entspricht 6 Cent)

Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\text{Wärmemenge } Q = \text{Masse } m * \text{spez. Wärmekapazität Wasser } c_p * \text{Temperaturunterschied } \Delta\theta$$

Berechnung:  $Q = 100 \text{ kg} * 4,19 \text{ kJ}/(\text{kg} * \text{K}) * (40 \text{ K} - 15 \text{ K}) = 10475 \text{ kJ}$  entspricht 2,9 kWh  
(Die Umrechnung von kJ in kWh erfolgt mit dem Faktor 0,000278).

1 kWh Heizenergie mit Gas kostet etwa 6 Cent, ein Wannenbad kostet also ca. 18 Cent Heizkosten.

## 8 Energieeffizienz Solarenergie-Photovoltaik

Name: \_\_\_\_\_

Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Die Lampe stellt die Sonne dar. Indem sie an verschiedenen Positionen (Uhrzeiten) des Halbkreises gestellt wird, kann so der Tagesverlauf der Sonne simuliert werden. Es trifft dann unterschiedlich viel Licht auf die Solarzelle auf dem Haus.

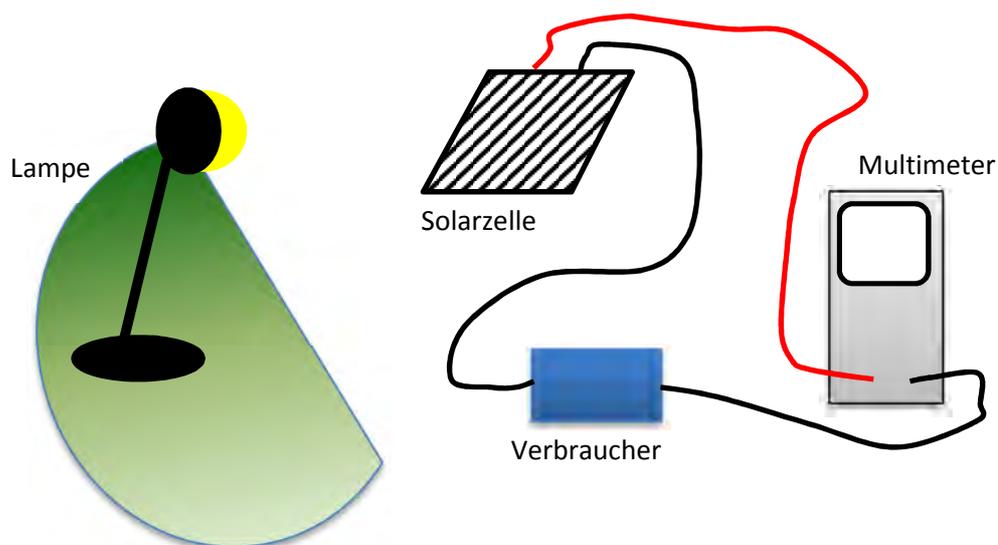
Mit dem Multimeter wird der Strom gemessen, der in den Verbraucher fließt.

**Materialien:** Styroporhaus  
Solarzelle  
Miniaturmotor (Waschmaschine)  
(LED-Miniaturfernsehen)  
Multimeter mit Einstellung mA  
Sonnenlaufbahn  
Schreibtischlampe

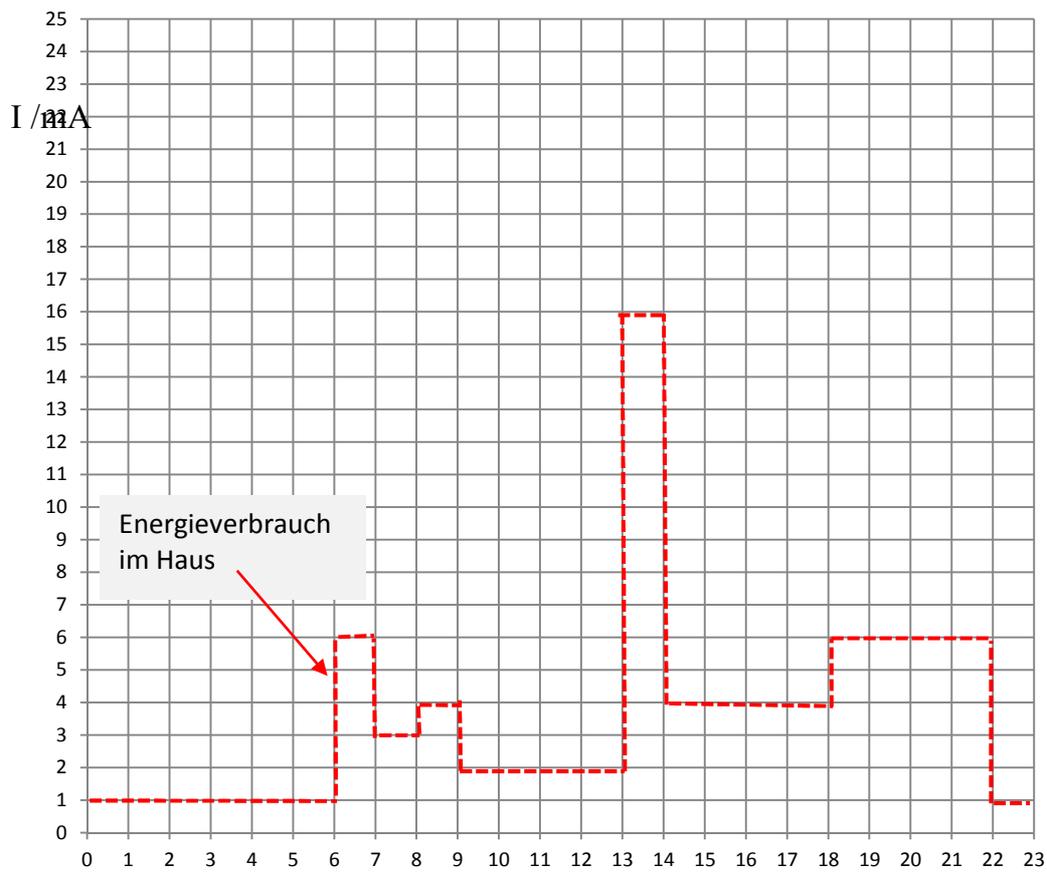
### Arbeitsablauf:

1. Solarzelle auf dem Dach montieren,
2. Kabelverbindungen wie im Messaufbau dargestellt, anschließen.
3. Solarzelle mit der Lampe beleuchten.
4. Mit dem Multimeter den Strom messen, den die Solarzelle zu verschiedenen Uhrzeiten produziert und die Messwerte direkt in das Diagramm eintragen.

### Messaufbau



Halbkreis mit Sonnenverlauf



Im Diagramm ist schon ein üblicher Energieverbrauch zu verschiedenen Uhrzeiten eingezeichnet.

Wie man sehen kann, gibt es Uhrzeiten, zu denen die Solarzelle mehr Energie als benötigt wird erzeugt und es gibt Uhrzeiten, zu denen sie weniger als benötigt wird erzeugt.

Bereich grün schraffieren, in dem die Photovoltaikanlage mehr Strom als benötigt wird, produziert.

Bereich rot schraffieren, in dem die Photovoltaikanlage weniger Strom als benötigt wird, produziert.

Frage 1: Produziert die Solarzelle insgesamt mehr oder weniger Energie als benötigt wird?

- Sie produziert mehr, als benötigt wird.
- Sie produziert weniger, als benötigt wird.

Frage 2: Wie kann man die überschüssige Energie (grün) trotzdem nutzen?

---



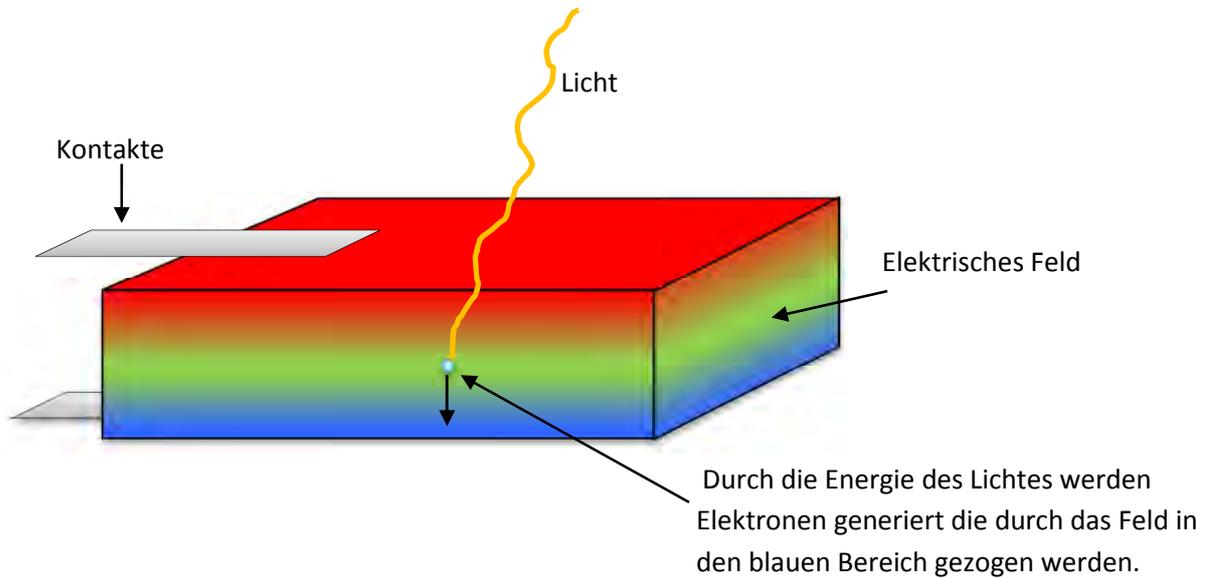
---

## Herstellung einer Solarzelle

	<p>Ausgangsstoff ist Sand (Siliziumdioxid), den es in ausreichender Menge auf der Erde gibt.</p>
	<p>Der Sand wird in einem chemischen Verfahren gereinigt, wodurch hochreines Silizium entsteht.</p>
	<p style="text-align: center;">Roh-Silizium</p>
	<p>Aus dem Roh-Silizium entstehen unter hohen Temperaturen (1400-1800°) so genannte Ingots.</p>
	<p style="text-align: center;">Ingot</p>
	<p>Die Ingots werden in Scheiben gesägt, wodurch die Wafer entstehen.</p>
	<p style="text-align: center;">Wafer</p>
	<p>Aus dem Wafer wird durch Dotierung und Aufbringen von Kontakten eine Solarzelle hergestellt.</p>
	<p style="text-align: center;">Solarzelle</p>

## Funktionsweise einer Solarzelle

Durch Dotierung des Wafers entstehen Bereiche in denen zu wenige Elektronen vorhanden sind **rot** und Bereiche in denen zu viele Elektronen vorhanden sind **blau**



### Bewertung des Ergebnisses:

---



---



---



---



---



---



---



---

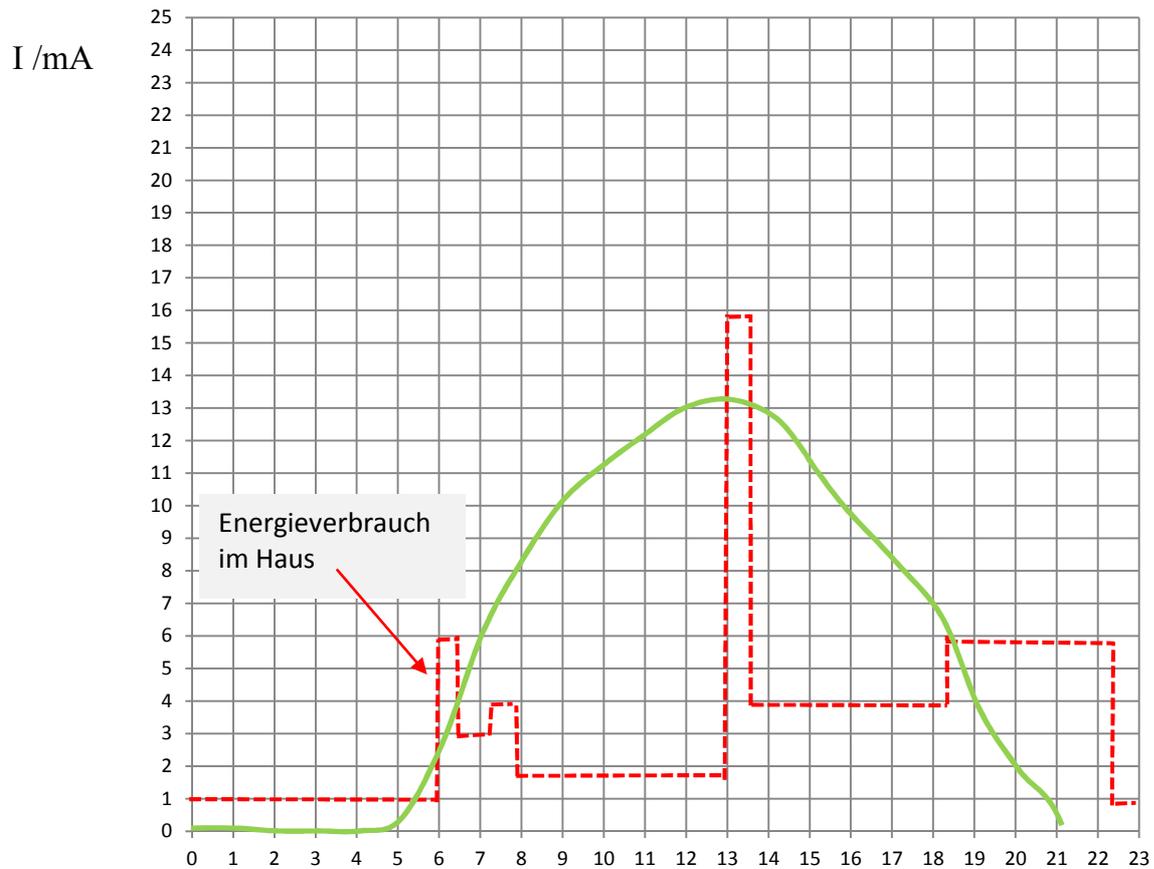


---



---

## Messergebnisse und Lösungen Versuch 8



Frage

1: Produziert die Solarzelle insgesamt mehr oder weniger Energie als benötigt wird?

- Sie produziert mehr, als benötigt wird.
- Sie produziert weniger, als benötigt wird.

Frage 2: Wie kann man die überschüssige Energie (grün) trotzdem nutzen?  
Speicherung, Zusammenschluss mit Hausgemeinschaft, Einspeisung

## 9 Energieeffizienz-Klimawandel – Treibhauseffekt 1

Name: \_\_\_\_\_

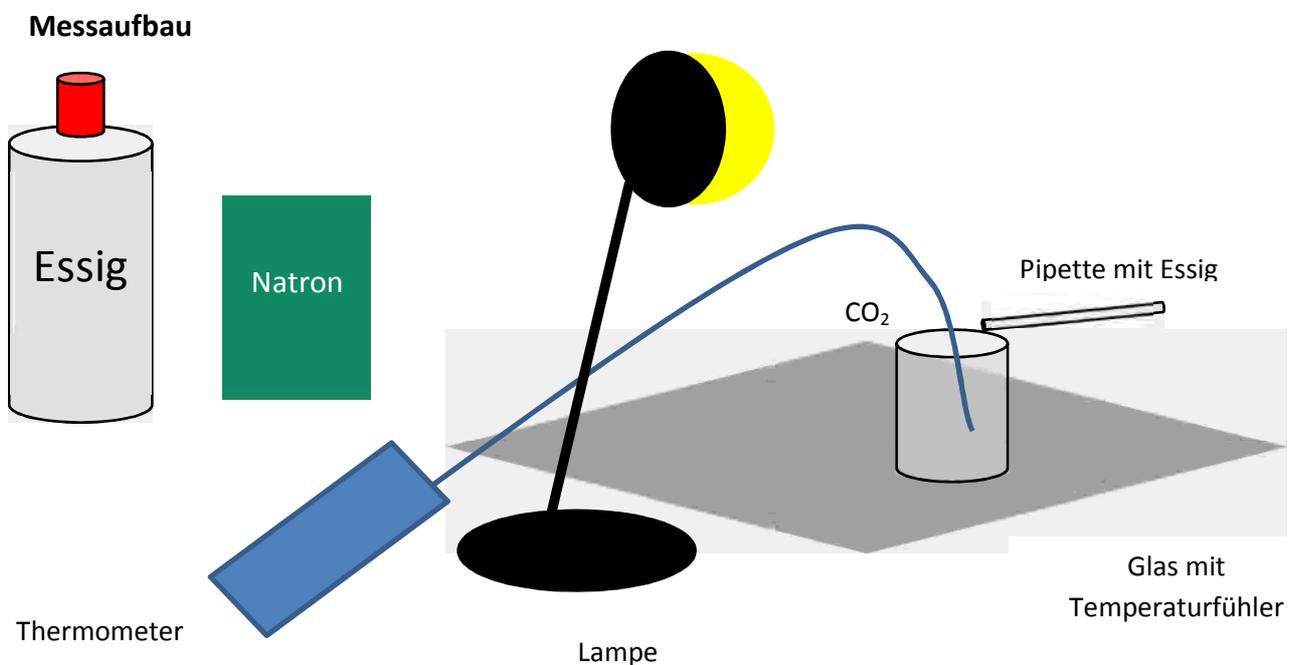
Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

In diesem Experiment wird dokumentiert, welche Auswirkungen  $\text{CO}_2$  auf die Temperatur der Luft hat.

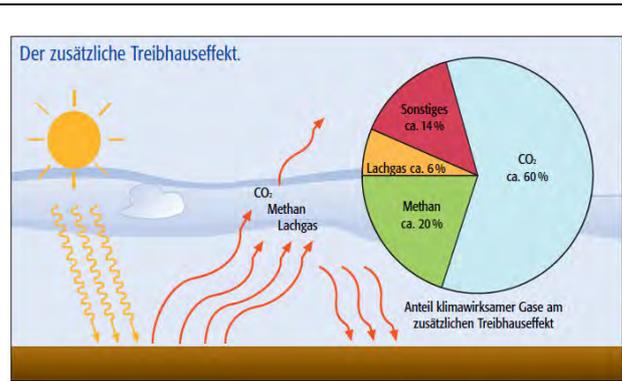
**Materialien:** Becher oder Glas  
Thermometer  
Lichtquelle (Schreibtischlampe)  
Essig und Natron  
Teelöffel

### Arbeitsablauf:

1. Becher unter die Lampe stellen, die Fühler der Thermometer in das Glas auf den Boden legen
2. Temperatur ca. 5 Minuten einpendeln lassen und notieren
3. Einen halben Teelöffel Natron am Rand dazugeben, Essig mit einer Pipette auf das Natron geben, es entsteht  $\text{CO}_2$ .
4. Temperatur im Becher mit  $\text{CO}_2$  messen und wenn diese sich nicht mehr verändert, den max. Wert notieren

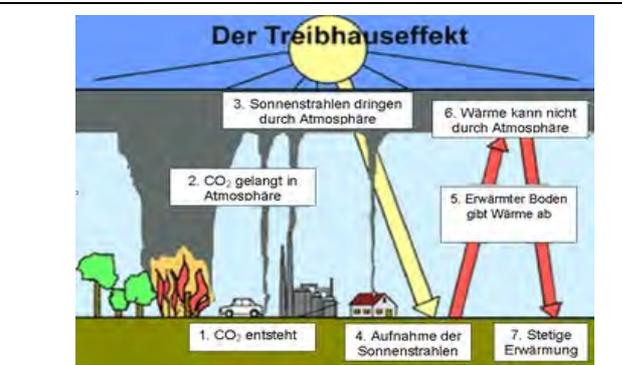






Grafik: Allianz

Unser Erde ist von einer Atmosphäre aus unterschiedlichen Gase, z. B. Kohlendioxid, Stickoxid oder Methan umgeben. Diese Gase halten die Sonnenwärme auf der Erde zurück und bewirken so, dass ein Durchschnittsklima von +15°C auf der Erde herrscht. Durch Industrie, Technologie und den modernen Lebenswandel wird heute ein Zuviel an Treibhausgasen, vor allem CO<sub>2</sub> ausgestoßen und die Erdtemperatur steigt dramatisch an (Anthropogener Treibhauseffekt). Als Folge davon entstehen Überschwemmungen, Wirbelstürme, Erdbeben und Starkregenfälle.



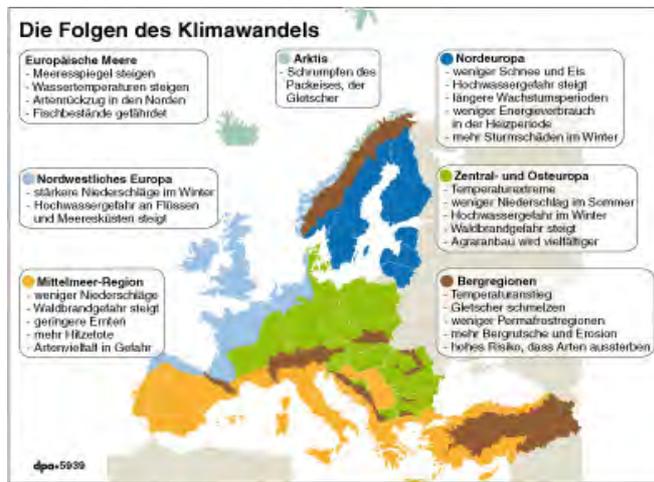
Grafik:VCD (Verkehrsclub Deutschland)

Das Gleichgewicht zwischen Treibhausgasen und Absorption der Sonnenenergie war früher ausgeglichen. Die Sonnenenergie wurde in Wärme umgewandelt und der Rest als Infra-Rotstrahlung reflektiert. Durch den erhöhten Anteil der Treibhausgase wird ein geringerer Teil der Strahlung reflektiert und die Temperatur der Atmosphäre und der Weltmeere steigt an.



U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

Die Wirkung von Klimagasen lässt sich an verschiedenen Indikatoren ablesen, einige steigen an, andere fallen. Je nach Landschaft und Klimaregion treten die verschiedenen Indikatoren gehäuft oder auch nur einzeln auf und die Gebiete sind mehr oder weniger stark betroffen.



- Als Folgen zeigen sich weltweit:
- Pole und Gletscher schmelzen
  - Wetterextreme nehmen zu
  - Der Meeresspiegel steigt an
  - Vegetationszonen verschieben sich
  - Tierarten sterben aus
  - Der Golfstrom wird geschwächt
  - Neue Erreger erobern neue Gebiete
  - Ernteausfälle
  - Hochwassergefahr
  - Anstieg der Todesfälle durch Wetterextreme

## Messergebnisse und Lösungen Versuch 9

Raumtemperatur	°C
Temperatur im Becher nach ca. 5 Min:	30,5°C
Max. Temperatur im Becher mit dem CO <sub>2</sub> -Luftgemisch:	33,9°C
Temperaturunterschied der Luft Vorher/nachher:	3,4°C

## 10 Energieeffizienz-Klimawandel – Treibhauseffekt 2

Name: \_\_\_\_\_

Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

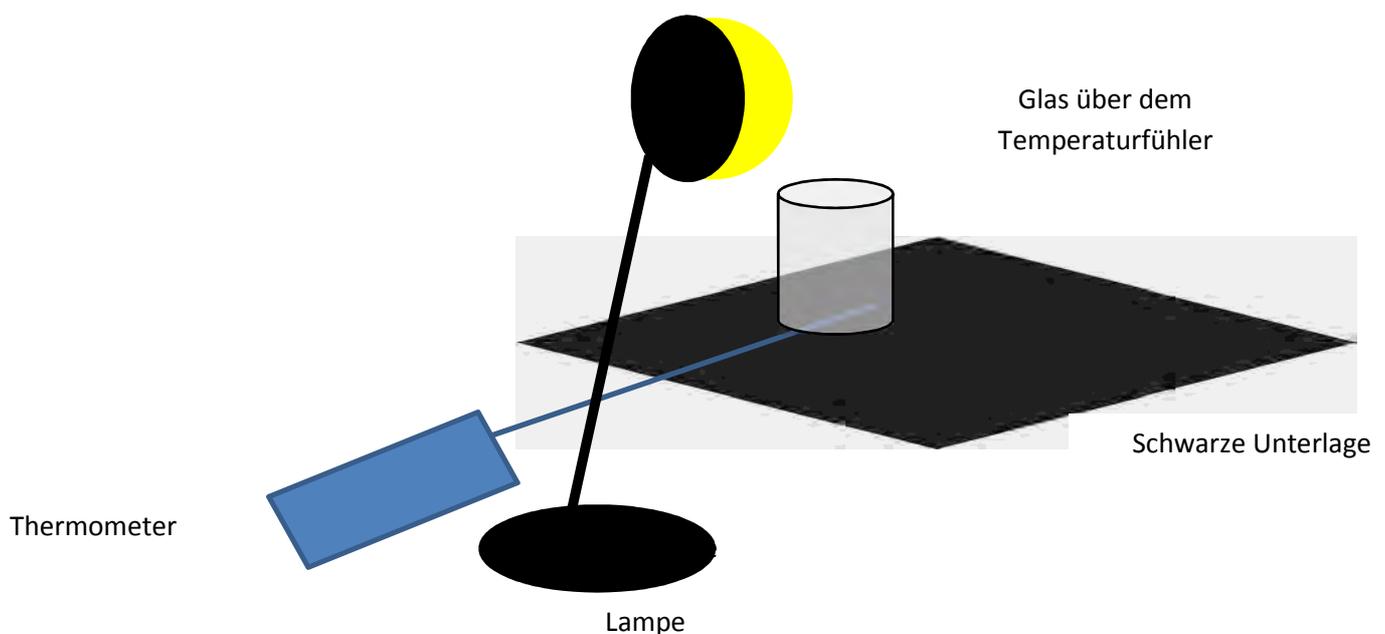
Hier sollen die Auswirkungen einer „Glasglocke“, die die Atmosphäre der Erde symbolisiert, auf die Temperaturen auf der Erde und der Einfluss der Treibhausgase verdeutlicht werden.

**Materialien:** Thermometer  
Glas zum Überstülpen  
Lichtquelle (Schreibtischlampe)  
Schwarze Unterlage  
Stopp-Uhr

### Arbeitsablauf:

1. Fühler des Thermometers auf der schwarzen Unterlage im Abstand von ca. 20 cm unter der Lampe platzieren.
2. Die Temperatur des Fühlers einpendeln lassen, bis sie sich nicht mehr ändert, Werte in die Tabelle eintragen.
3. Über den Fühler das Glas stülpen.
4. Ca. 5 Min. warten, bis sich die Temperatur unter dem Glas stabilisiert hat und sich nicht mehr ändert, diese ablesen und in die Tabelle eintragen.

### Messaufbau





**Messergebnisse und Lösungen Versuch 10**

Temperatur der Fühler ohne Glas	Temperatur des Fühlers mit Glas	Temperaturunterschied
Fühler ohne Glas: 27,8°C	Fühler mit Glas: 34,8°C	7°C

## 11 Energieeffizienz-Beleuchtung – Wirkungsgrad von Lampen

Name: \_\_\_\_\_

Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

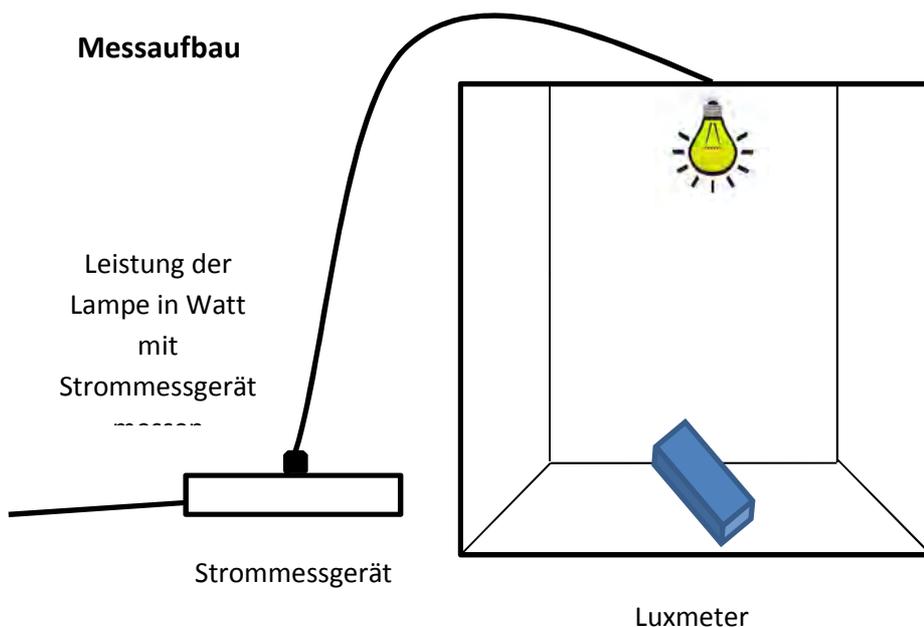
In diesem Experiment wird die Lichtausbeute und damit der Wirkungsgrad verschiedener Lampentypen bestimmt. Ferner wird die Leistung und die Beleuchtungsstärke von vier Lampenarten gemessen und das Verhältnis des Lichtstroms zur Leistung ermittelt. Je größer die Lichtausbeute ist, desto effizienter arbeitet die Lampe.

**Materialien:** Glühlampe            25 W (40 W)  
 Halogenlampe            20 W (30 W)  
 Energiesparlampe        5 W (9 W)  
 LED                        4 W (4 W)  
 Steckdosenleiste mit Strommessgerät  
 Luxmeter

### Arbeitsablauf:

1. Messung der Leistung der einzelnen Lampen mit dem Strommessgerät
2. Messung der Beleuchtungsstärke mit dem Luxmeter. Achtung, bei der Energiesparlampe einige Zeit warten, bis sich die volle Beleuchtungsstärke einstellt!
3. Lichtstrom von der Lampenverpackung ablesen und in der Tabelle notieren
4. Messergebnisse in die Tabelle notieren, Wirkungsgrad/Lichtausbeute ermitteln und auswerten

### Messaufbau



Art und Leistung der Lampe	Gemessene Leistung in Watt	Gemessene Beleuchtungsstärke in Lux	Angabe Lichtstrom in Lumen	Lichtausbeute Lumen/Watt
Glühlampe 25 W	_____ W	_____ lx	_____ lm	_____
Halogenlampe 20 W	_____ W	_____ lx	_____ lm	_____
Energiesparlampe 6 W	_____ W	_____ lx	_____ lm	_____
LED 4 W (Licht gerichtet)	_____ W	_____ lx	_____ lm	_____
Glühlampe 40 W	_____ W	_____ lx	_____ lm	_____
Halogenlampe 30 W	_____ W	_____ lx	_____ lm	_____
Energiesparlampe 9 W	_____ W	_____ lx	_____ lm	_____
LED 4 W	_____ W	_____ lx	_____ lm	_____

**Berechnung** Im Haushalt befinden sich eine 25 W Glühlampen, die durch eine LED-Lampe mit 4 Watt ersetzt werden kann. Die Brenndauer beträgt im Durchschnitt 4 h pro Tag. Eine kWh Strom kostet 25 Cent. Die Anschaffungskosten für eine LED-Lampe betragen 10 €.

Wieviel kWh Strom und wieviel € im Jahr können durch den Austausch eingespart werden?  
Wann hat sich die Anschaffung über die Einsparung amortisiert?

Stromverbrauch Glühlampe 25 Watt: \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ kWh/a

Stromverbrauch Austausch LED 4 Watt: \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ kWh/a

Berechnung Einsparung kWh: \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ kWh/a

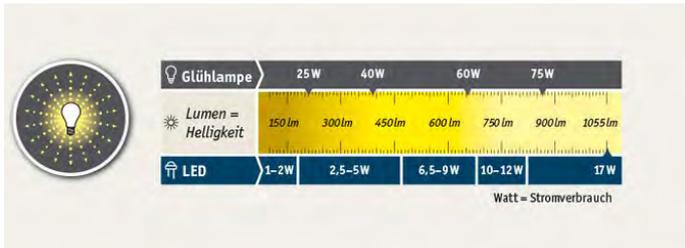
Berechnung Einsparung Kosten: \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ €

Berechnung Anschaffungskosten: \_\_\_\_\_ €

Amortisation: \_\_\_\_\_ € : \_\_\_\_\_ €/a = \_\_\_\_\_ Jahre

entspricht \_\_\_\_\_ Jahre\* 12 Monate/Jahr = \_\_\_\_\_ Monate

**Austausch lohnt sich ( ) lohnt sich nicht ( )**

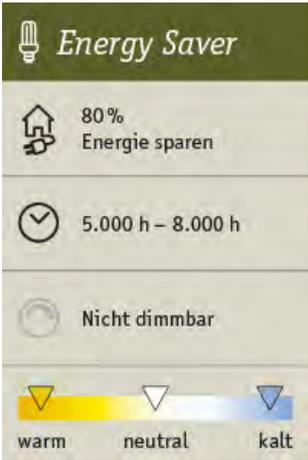
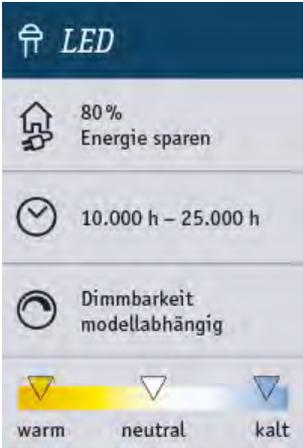


Die Maßeinheit Lumen (lm) gibt mit dem Lichtstrom die gesamte Lichtmenge an, die eine rundumstrahlende Lampe abgibt. Lumen zeigen eindeutiger als Watt (W), welche Helligkeit zu erwarten ist. Moderne Lampen benötigen im Vergleich zu herkömmlichen Glühlampen weniger Strom für die gleiche Lichtleistung. Daher sind Lumen der entscheidende Wert für die Helligkeit eines Leuchtmittels. Lumen (abgekürzt lm) ist die Maßeinheit des Lichtstroms, also der Lichtmenge, die eine Lampe abgibt.

Die Beleuchtungsstärke (Lux) ist das Licht, das auf eine Fläche auftrifft. Beschrieben wird die Beleuchtungsstärke durch den Lichtstrom einer Lampe in Lumen (lm), bezogen auf die beleuchtete Fläche in m<sup>2</sup>.

Ihre Leuchte		Socket	Ihr Ersatzleuchtmittel				
			Ersatz für / Helligkeit	LED	Energy Saver	Balogen 12V	Balogen 230V
Küchen-/Pendelleuchte Schreibtischleuchte Wand-/Deckenleuchte	E27	60W / 654lm	[Prohibited]	10W 680lm -80% 10.000h - 25.000h	15W 800lm -80% 5.000h - 8.000h		42W 625lm -25% 2.000h
				11W 820lm 281.42	15W 800lm 892.39	42W 625lm 400.27	
Stehleuchte mit Schirm Wand-/Deckenleuchte	E27	60W / 654lm	[Prohibited]	11W 820lm 281.42	15W 800lm 892.39		42W 625lm 400.27
				5W 350lm 281.48	9W 405lm 894.39	28W 370lm 314.66	
Tischleuchte mit Schirm	E14	40W / 389lm	[Prohibited]	5W 300lm 281.47			28W 370lm 510.43
Kronleuchter	E14	40W / 389lm	[Prohibited]	5W 300lm 281.47			28W 370lm 510.43
				40W / 490cd	4.5W 174lm ≤ 30° 281.60		28W 181lm ≤ 40° 200.11
Einbauleuchten Strahler 230V	GU10	50W / 800cd	[Prohibited]	5W 270lm ≤ 25° 281.45			40W 375lm ≤ 30° 800.36
				5W 300lm ≤ 25° 281.46		28W 223lm ≤ 36° 800.28	
Einbauleuchten Strahler Schiensystem 12V (mit Trafo)	GU5,3	35W / 1250cd	[Prohibited]	6W 300lm ≤ 25° 281.46			28W 223lm ≤ 36° 800.28

Für die durch die EU-Verordnung verbotenen Glühlampen gibt es vielseitigen Ersatz: Lampen in allen gebräuchlichen Formen für sämtliche Sockel und in verschiedenen Techniken. In der Tabelle sind die möglichen Austauschprodukte zu finden. (Quelle Paulmann)

	<p>50% Einsparung bei Niedervolt-Halogen, 25 % bei Hochvolt-Halogen                  Stufenlos dimmbar                  Niedervolt-Halogen bis zu 5.000 Stunden, Hochvolt-Halogen bis zu 2.000 Stunden                  Höchste Farbwiedergabe: Echte Farbwirkung wie im Sonnenlicht – brillant und natürlich                  Hervorragend als Wohnraum- und Objektbeleuchtung                  Angenehme Lichtfarben: 3000 Kelvin (warmweiß)                  Mit voller Anfangshelligkeit                  Echter Glühlampenersatz                  (Quelle Paulmann)</p>
	<p>Energiesparlampen sparen bis zu 80 % Energie                  Bis zu 8.000 Stunden                  Von Warmweiß (2700 Kelvin), Neutralweiß (4000 Kelvin) bis Tageslichtweiß (6400 Kelvin)                  Gute Raumausleuchtung                  Ideal für Dauerlicht                  Dekorierte Formen und Farben für diverse Leuchtenstile.                  (Quelle Paulmann)</p>
	<p>LED spart bis zu 80 % Energie                  Bis zu 25.000 Stunden                  Qualitäts-LED mit &gt;1.000 Lumen als Ersatz für eine 75W-Glühlampe                  Angenehme Lichtfarben: 2700 Kelvin (warmweiß)                  Startet mit voller Anfangshelligkeit                  Keine Infrarot- oder UV-Strahlung, kein Quecksilber                  Neue Designmöglichkeiten durch kompakte Abmessungen                  Unempfindlich: Gegen Vibration oder Schockbelastung                  (Quelle Paulmann)</p>

## Messergebnisse und Lösungen Versuch 11

Art und Leistung der Lampe	Gemessene Leistung in Watt	Gemessene Beleuchtungsstärke in Lux	Angabe Lichtstrom in Lumen	Lichtausbeute Lumen/Watt
Glühlampe 25 W	27 W	1218 lx	220 lm	8
Halogenlampe 20 W	22,7 W	567 lx	235 lm	10
Energiesparlampe 6 W	6 W	636 lx	235 lm	39
LED 4 W (Licht gerichtet)	4,8 W	1686 lx	250 lm	52
Glühlampe 40 W	44 W	2113 lx	415 lm	9
Halogenlampe 30 W	33 W	1126 lx	405 lm	12
Energiesparlampe 9 W	9,9 W	1376 lx	430 lm	43
LED 4 W	5,4 W	755 lx	470 lm	87

**Berechnung:** Im Haushalt befinden sich zwei 25 W Glühlampen und drei 40 W Glühlampen, die durch LED-Lampen ersetzt werden können. Die Brenndauer beträgt im Durchschnitt 4 h pro Tag. Eine kWh Strom kostet 25 Cent. Die Anschaffungskosten für eine LED-Birne betragen 10 €.

Wieviel kWh Strom und wieviel € im Jahr können durch den Austausch eingespart werden?  
Wann hat sich die Anschaffung über die Einsparung amortisiert?

$$2 * 25 \text{ W} * 4 \text{ h} * 365 \text{ Tage} : 1000 = 73 \text{ kWh pro Jahr}$$

$$3 * 40 \text{ W} * 4 \text{ h} * 365 \text{ Tage} : 1000 = 172,2 \text{ kWh pro Jahr}$$

$$\text{Austausch } 5 * 4 \text{ W} * 4 \text{ h} * 365 \text{ Tage} : 1000 \text{ W/kW} = 29,2 \text{ kWh pro Jahr}$$

$$75 \text{ kWh/a} + 172,2 \text{ kWh/a} - 29,2 \text{ kWh/a} = 221 \text{ kWh/a}$$

$$221 \text{ kWh/a} * 0,25 \text{ €/kWh} = 55,25 \text{ €}$$

$$\text{Anschaffungskosten: } 5 * 10 \text{ €} = 50 \text{ €}, 50 \text{ €} : 55,25 \text{ €/a} = 0,9 \text{ Jahre}$$

$$\text{entspricht } 0,9 \text{ Jahre} * 12 \text{ Monate/Jahr} = 10,8 \text{ Monate}$$

**Austausch lohnt sich ( X ) lohnt sich nicht ( )**

## 12 Energieeffizienz Geräte Versuch Bereitschaftsverluste

Name: \_\_\_\_\_

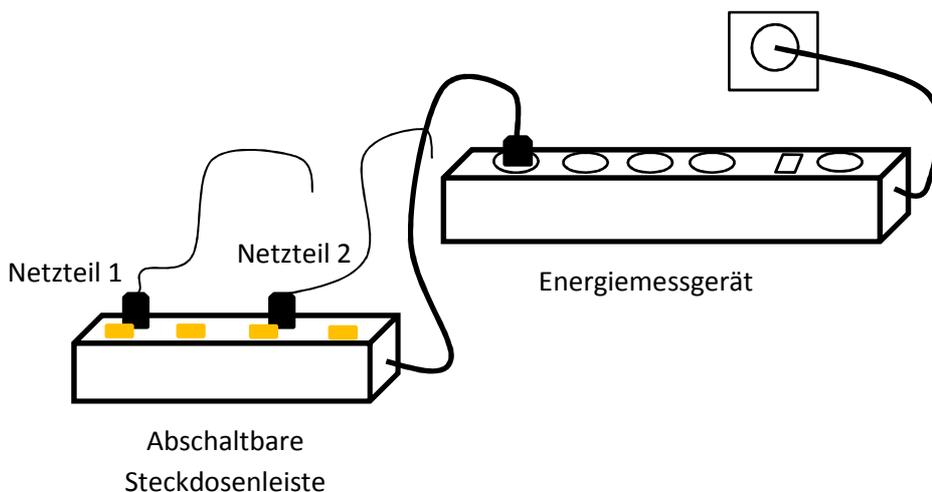
Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Bei diesem Experiment wird aufgezeigt, dass Geräte im ausgeschalteten Zustand Energie verbrauchen und wir dieser Energieverbrauch unterbunden werden kann.

**Materialien:** Zwei Netzteile  
 Steckerleiste mit Energiemessgerät  
 Abschaltbare Steckdosenleiste

**Arbeitsablauf:**

1. Energiemessgerät in die Steckdose stecken, Einstellung auf W (Watt) stellen.
2. Abschaltbare Mehrfachsteckdose in das Energiemessgerät stecken
3. Die Netzteile in die abschaltbare Steckdose stecken, den Schalter einzeln anmachen, die jeweilige Leistung messen und notieren.
4. Beide Steckdosen mit Netzteilen ausschalten, Wert ablesen und notieren.



Gerät	Leistung	Leistung	Leistung
<b>Netzteil 1</b>	_____ Watt	_____ Watt	_____ Watt
<b>Netzteil 2</b>	_____ Watt	_____ Watt	_____ Watt
<b>Lampe 1</b>	_____ Watt	_____ Watt	_____ Watt
<b>Lampe 2</b>	_____ Watt	_____ Watt	_____ Watt



## **ENFF-BLEND – Energieeffizienz – Blended Learning Ein integrierter Bildungsansatz zum Erlernen der Energieeffizienz von Gebäuden für Schüler der 8. - 12. Klasse an weiterführenden Schulen**

---

Abschlussbericht über die Durchführung eines Umweltbildungsprojekts  
gefördert unter dem Aktenzeichen 31809 von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt  
Band 5-Tabletversionen

von

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler und Dipl.-Ing.(FH) Bettina Sickenberger

Februar 2017

Hochschule Aschaffenburg



06/02		<b>Projektkennblatt</b> der <b>Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>			
Az	<b>31809/01</b>	Referat	<b>43/0</b>	Fördersumme	<b>187.417 €</b>
<b>Antragstitel</b>		<b>Durchführung des Umweltbildungsprojekts ENEFF – Energieeffizienz und Blended Learning. Ein integrierter Bildungsansatz zum Erlernen der Energieeffizienz von Gebäuden für Schüler der 8. bis 12. Klasse an weiterführenden Schulen</b>			
<b>Stichworte</b>		Energieeffizienz, Blended Learning			
Laufzeit		Projektbeginn		Projektende	
<b>26 Monate</b>		<b>01.01.2015</b>		<b>28.2.2017</b>	
Projektphase(n)		<b>1</b>			
Zwischenberichte		nach 6 Monaten			
<b>Bewilligungsempfänger</b>		Hochschule Aschaffenburg Labor für Elektromagnetische Verträglichkeit Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler Würzburger Straße 45  63743 Aschaffenburg		Tel 06021-4206-816 Fax 06021-4206-881 Projektleitung Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler Bearbeiter Stefan Meyer (Administration)	
<b>Kooperationspartner</b>		Keine			
<b>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens</b>					
Ziel ist es, Schülerinnen und Schülern der 8. bis 12. Klassen das Wissen darüber zu vermitteln, wie ein Gebäude der Zukunft aussehen muss, um eine möglichst geringe Belastung für die Umwelt darzustellen. Durch die Beschäftigung mit dem Thema Energieeffizienz erfolgt eine Sensibilisierung der Jugendlichen, die sich mit den gewonnenen Erkenntnissen aktiv an der aktuellen Energiedebatte beteiligen können. Dadurch wird den teilnehmenden Schülern das Verständnis für den Zusammenhang von Energieverbrauch und Umweltbelastung über den CO <sub>2</sub> -Ausstoß deutlich gemacht. So kann mit diesem Projekt ein Beitrag zur Bildung des Umweltbewusstseins und eine Sensibilisierung gegenüber Umweltbelastungen geleistet werden.					
<b>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</b>					
Als Lernform wird das „Blended Learning“ (integriertes Lernen) gewählt. Dieses Konzept, welches das E-Learning in klassische Formen der Didaktik und Pädagogik der Präsenzschiung einbettet sowie praktische Interaktion verlangende Anteile enthält, bietet eine deutlich höhere Vermittlungseffizienz als der klassische Frontalunterricht. Wissensbasis ist neben einem virtuellen Kurs im Internet, auf den die Schüler zurückgreifen können, ein Effizienzpraktikum vor Ort. Das Lernprogramm gliedert sich in einen theoretischen Teil, der auch als PDF-Dokument heruntergeladen und ausgedruckt werden kann, und Kontrollfragen am Ende des jeweiligen Kapitels. Im Effizienzpraktikum werden die Schulen vor Ort besucht oder kommen in das Labor der Hochschule. Der zeitliche Aufwand beträgt ca. drei Stunden. Jede Schülergruppe bearbeitet zwei bis drei Experimente und wertet die Ergebnisse aus. Im Rahmen eines Kurzvortrags werden die Ergebnisse den Mitschülern vorgestellt. Insgesamt sind 12 Versuche vorhanden, die mit einfachsten Mitteln (Baumarktmaterialien, Elektronikversand etc.) die grundlegenden Effekte deutlich machen. Die Versuche befassen sich mit den Themen Klimawandel, Wärmeleitung, Solarthermie, Wärmedämmung, energieeffiziente Beleuchtung, Mehrfachverglasung und Fotovoltaik und können von den Schülerinnen und Schülern mithilfe von Arbeitsunterlagen oder mit dem Tablet eigenständig bearbeitet werden. In einem Vortrag seitens der Hochschule werden den Schülerinnen und Schülern Grundkenntnisse über die Arbeitsweise einer Thermografiekamera vermittelt. Als Abschluss können die Schülerinnen und Schüler in einem Energiequiz ihr Wissen testen.					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • <a href="http://www.dbu.de">http://www.dbu.de</a>					

### **Ergebnisse und Diskussion**

Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Einsparung gewinnen immer mehr an Bedeutung. Ressourcenknappheit, steigende Energiekosten und nicht zuletzt die zunehmende Umweltbelastung durch steigenden CO<sub>2</sub>-Ausstoß sind Schwerpunkte, mit denen sich die Politik immer mehr beschäftigt. Die Zukunft des Bauens und Sanierens läuft sowohl auf die Errichtung als auch die Sanierung aller Gebäude als Passivhäuser oder Plus-Energiehäuser hinaus, um den Bedarf an Energie für Beheizung, Warmwasser und Haushaltsstrom möglichst gering zu halten. Diese Entwicklung betrifft als zukünftige Bauherren auch die Jugendlichen von heute, weshalb eine frühzeitige Beschäftigung und Wissensbildung zu diesem Thema das Gespür für die Voraussetzungen der Errichtung und Sanierung zukunftsfähiger Gebäude fördern kann. Die Vermittlung von Gestaltungskompetenz weitet den Blick für Fragen der Generationengerechtigkeit und den Zusammenhang ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte. Projektziel ist die breite Verankerung des Wissens über Zukunftstechnologien und Klimaschutz sowie über Konzepte nachhaltiger Entwicklung in der schulischen Bildung. Durch diese Kenntnis kann energiesparendes Verhalten eingeübt werden und Kosten für Strom und Heizung werden minimiert. Die Schüler lernen Verbrauchs- und Produktionsgewohnheiten kennen, die durch mehr Effizienz in der Produktion (geringerer Material- und Energieverbrauch) und Veränderung im Konsumverhalten in Hinblick auf Ressourcenverbrauch und Energieeinsparung zu einer Verringerung von Umweltbelastungen führen. Im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung werden Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzt, aktuell sinnvolle Entscheidungen für die Zukunft zu treffen und das eigene Tun zu überprüfen.

Das Konzept des Energieeffizienzpraktikums hat sich in der Praxis als erfolgreich erwiesen. Der zeitliche Rahmen von drei Stunden mit Pause konnte in den schulischen Ablauf ohne große Störungen integriert werden. Im fünfteiligen Aufbau bestehend aus Einführung – Bearbeitung der Experimente – kurze Reflexion – 2. Runde Bearbeitung der Experimente – Energiesparquiz konnte das Wissen adäquat vermittelt werden und die Schüler bewältigten das Arbeitspensum in der verfügbaren Zeit.

Die Umsetzung mit sechs Betreuern war sehr personalintensiv, daher wurden die Arbeitsunterlagen auf eine Tabletversion umstrukturiert, sodass die Schüler diese ohne große Hilfestellung alleine bearbeiten können und nur maximal zwei Personen die Versuche begleiten. Zur Dokumentation wurde eine Handreichung für Lehrer und Interessierte erstellt, die neben dem physikalischen Hintergrund und der Beschreibung der Experimente auch eine Zusammenstellung zum Bezug und den Kosten der Materialien für die Experimente enthält sowie die Arbeitsblätter mit Lösungen und die Tabletversionen in drei Bänden umfasst.

### **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Das Umweltbildungsprojekt wurde auf Veranstaltungen innerhalb der Hochschule wie Girls' Day, Schnupperstudium, Ferienuni oder MINT-Veranstaltungen der Initiative Bayerischer Untermain seitens der Hochschule präsentiert. Mehrere Schulbesuche wurden von der Presse begleitet und in regionalen und überregionalen Zeitungen gewürdigt. In Hochschulorganen und Jahresberichten der Schulen konnte die Vernetzung von Hochschule und Schulen dokumentiert werden. In Zusammenarbeit mit der Johannes-de-la-Salle-Schule in Aschaffenburg fertigten die Schüler zwei Metallhäuschen an, die in die Versuche „Wärmedämmung“ und „Wärmeleitung“ integriert wurden.

### **Fazit**

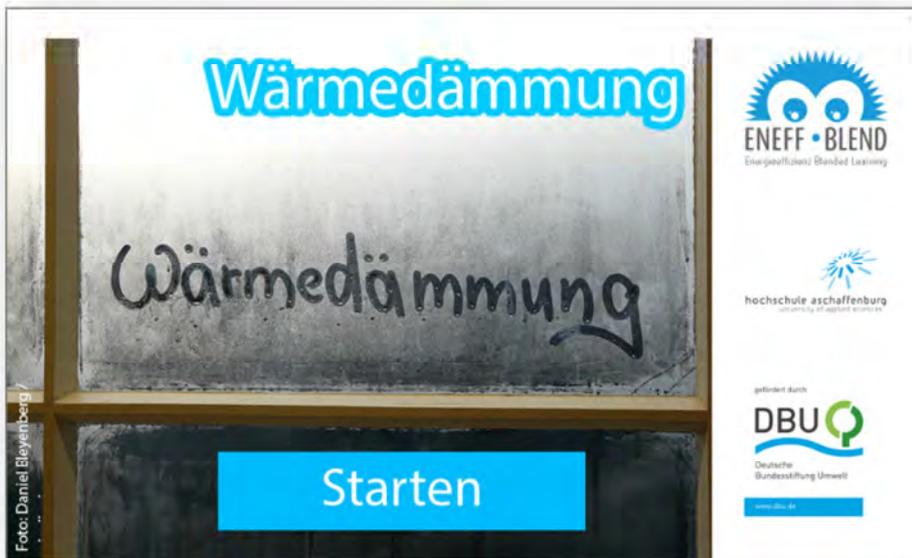
Die geforderten vierzehn Schulbesuche in den drei Bundesländern Bayern, Hessen und Baden-Württemberg konnten durchgeführt werden, dazu kamen vier Schulen zum Praktikum in die Hochschule. Ferner wurden in der Hochschule dreizehn weitere Veranstaltungen wie Ferienuni, Girls' Day etc. angeboten. Insgesamt wurden 479 Schüler beim Praktikum begleitet. Das Bildungskonzept erwies sich als erfolgreich umsetzbar und kam in reduzierter Version mit zwei Experimenten (Solarthermie und Photovoltaik) bei Hochschulveranstaltungen zum Einsatz. Alle Materialien der Versuchsaufbauten können über Baumärkte oder Elektronikhandel bezogen werden, einige Einbauten wurden im Labor aus Kleinbauteilen zusammengestellt. In der Handreichung für Lehrkräfte wurde eine Unterlage erstellt, auf der das Projekt in den Schulen weiterverfolgt werden kann. Das Angebot der Versuche umfasst zwölf Versuche, sodass insgesamt acht Stationen aufgebaut werden können. Es hat sich herausgestellt, dass die Versuchsaufbauten vor allem für die Jahrgangsstufe 8 bis 9 aller Schularten sehr gut geeignet sind. Das Programm wird hochschulintern weiter eingesetzt und kann von interessierten Schulen bei einem Vor-Ort-Besuch in der Hochschule weiter genutzt werden.

---

## Inhaltsverzeichnis

Versuch 1 Wärmedämmung .....	6
Versuch 2- Gebäudehülle.....	12
Versuch 3-Wärmeleitung .....	19
Versuch 4 Mehrfachverglasung .....	25
Versuch 5 Wintergarten.....	32
Versuch 6-Photovoltaik.....	36
Versuch 7Solarthermie .....	41
Versuch 8 Lüftung .....	48
Versuch 9/10 Treibhauseffekt .....	56
Versuch 11 Energieeffizienz von Lampen .....	69

## Versuch 1 Wärmedämmung



**Wärmedämmung**

Wärmedämmung

Starten

ENEFF • BLEND  
Energieeffizienz Blended Learning

hochschule aschaffenburg  
www.ha.aschaffenburg.de

gefördert durch  
DBU  
Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt  
www.dbu.de

Foto: Daniel Bleyenberg

### Was bewirkt Dämmung?

Dämmung verhindert, dass zum Beispiel die Kälte eines Kühlschranks durch seine Wände ungehindert nach außen dringt. Umgekehrt soll die Wärme des Raums nicht ins Innere des Kühlschranks gelangen.



Foto: Paul-Georg Maister / pixelio.de



### Allmählich dämm(er)t es mir

Dämmung findet aber auch, mithilfe natürlicher oder künstlich hergestellter Materialien, auf vielen Gebieten der Technik Anwendung.



Foto: Rainer Sturm / pixelio.de



## Wer hat's erfunden?



Säugetiere, die sich im Winter ein warmes Fell zulegen, haben evolutionär eine eigene Dämmung entwickelt. Vögel etwa plustern ihr Federkleid mit Luftpolstern auf, um Wärmeverluste zu verhindern und den Körper zu isolieren.



## Versuchsaufbau



## Sicherheitshinweis!

VORSICHT! Widerstände werden heiß.  
Verbrennungsgefahr. Widerstände abkühlen lassen.

Ich habe den Sicherheitshinweis gelesen, verstanden  
und einen Betreuer informiert.

## Durchführung des Versuchs

Die Anleitung zum Durchführen des Versuchs findest du auf dem ausgedruckten Versuchsprotokoll. Für den Versuch brauchst du das Tablet nicht.

⇒ Lege jetzt das Tablet zur Seite und folge der Anleitung auf dem Versuchsprotokoll.

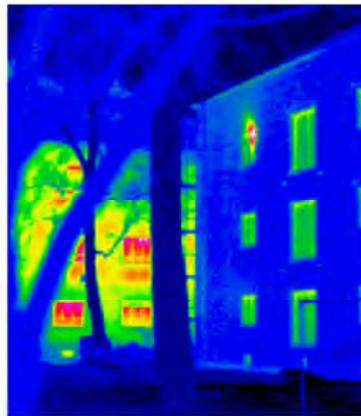
## Versuch durchgeführt

Erst bestätigen, nachdem du den Versuch durchgeführt hast!

## Temperaturverlauf

Die Außenwanddämmung verändert den Temperaturverlauf innerhalb der Wand.

Als Folge erhöht sich die Oberflächentemperatur und der Raum wird behaglicher.



Bildquelle: passivhaus.de (CC-BY 3.0)

## Heizenergie sparen



Bildquelle: WDV5 von Handwerker (wikimedia.org) (CC-BY 3.0)

Altbauten verbrauchen mehr Heizenergie als neue Häuser.

Das verursacht hohe Kosten und belastet die Umwelt.

## Wärmeverluste

Meist besteht Dämmung aus Mineralwolle oder Polystyrol und wird zum Schutz vor der Witterung verputzt.



Mineralwolle



Polystyrol

Bildquelle: commons.wikimedia.org / de.wikipedia.org

## Heizenergie sparen



Bildquelle: WDV5 von Handwerker (wikimedia.org) (CC-BY 3.0)

Ein ungedämmtes Haus benötigt im Jahr etwa 30.000 kWh oder 300 Liter Öl an Heizenergie.

Ein gedämmtes, mit etwa 15.000 kWh, fast nur die Hälfte.

## Wärmeverluste

Gegen hohe Wärmeverluste hilft die Dämmung. Sie wird auf die Außenwand und die Kellerdecke aufgeklebt oder beim Dach auf die Sparren gelegt.



Bildquelle: Rainer Sturm / pixelio.de

### Ausweis bitte!



Die Energieeffizienz eines Hauses wird im Energieausweis erfasst. Architekten berechnen dazu den Energiebedarf eines Hauses nach der Energieeinsparverordnung.

**ENERGIEAUS**  
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)  
Berechneter Energiebedarf des Gebäudes  
Energiebedarf  
Endenergiebedarf 19,77 kWh/(m²·a)

Bildquelle: Thorben Wengert / pixello.de

### Was kann man an Heizkosten sparen?

Beispiel an einem Einfamilienhaus (1983);  
Angaben entsprechen Einsparungen pro Jahr

Dachdämmung 190€ 13%		Fenster 100€ 7%
Fassadendämmung 280€ 19%		Boden 70€ 5%

Prüfen  
Zurücksetzen

Quelle: www.co2online.de

### Was kann man an Heizkosten sparen?

Beispiel an einem Einfamilienhaus (1983);  
Angaben entsprechen Einsparungen pro Jahr

Dachdämmung 190€ 13%		Fenster 100€ 7%
Fassadendämmung 280€ 19%		Boden 70€ 5%

Prüfen  
Zurücksetzen

Quelle: www.co2online.de

## Was kann man an Heizkosten sparen?

Beispiel an einem Einfamilienhaus (1983);

Angaben entsprechen Einsparungen pro Jahr

Dachdämmung  
190€

Fenster  
100€

Das ist richtig.  
Klicke auf diese Schaltfläche um fortzufahren.

Fassadendämmung  
280€

19%

Boden  
70€

5%

Quelle: www.co2online.de

## Kein Ergebnis ohne Rechnung!

In euren Versuchsunterlagen findet ihr eine Rechnung, die sich mit dem Wärmeverlust beschäftigt.

**Bitte bearbeitet nun die Rechenaufgabe.**

**Rechnung durchgeführt**

Erst bestätigen, nachdem du die Rechnung durchgeführt hast.

## Versuch abgeschlossen



Foto: Daniel Bleyenberg / pixelio.de

Danke, dass du mitgemacht hast.

Der Versuch ist jetzt abgeschlossen.

**Zum Anfang**

## Versuch 2- Gebäudehülle



### Wärmedämmung von Gebäuden

Die richtige Wärmedämmung von Gebäuden ist in den letzten Jahren zu einem wichtigen Thema geworden.



Man kann dadurch nicht nur Heizenergie sparen, sondern auch der Umwelt etwas Gutes tun.

### Dämmung in der Natur

Wie so vieles hat sich der Mensch das Dämmungsprinzip aus der Natur abgeschaut. Vögel und Säugetiere legen sich zum Beispiel im Winter ein dickeres Fell zu, um so ihren Körper vor der Kälte zu schützen.



## Der Mensch und die Dämmung



Der Mensch zieht sich seine Daunenfeder-Jacke an um den gleichen Effekt zu erzielen. Mithilfe natürlich oder künstlich hergestellter Materialien findet die Dämmung auf vielen Gebieten der Technik Anwendung.



## Durchführung des Versuchs

Die Anleitung zum Durchführen des Versuchs findest du auf dem ausgedruckten Versuchsprotokoll. Für den Versuch brauchst du das Tablet nicht.

⇒ Lege jetzt das Tablet zur Seite und folge der Anleitung auf dem Versuchsprotokoll.

**Versuch durchgeführt**

Erst bestätigen, nachdem du den Versuch durchgeführt hast!

### Wo findet Dämmung Anwendung?

Verschiebe die Bilder mit guter Dämmung in den Kasten unten.

  
Glas

  
Wolle

  
Metalbank

  
Tiefkühltasche

  
Kühlschrank

  
Federkleid

Prüfen  
Zurücksetzen

### Wo findet Dämmung Anwendung?

Verschiebe die Bilder mit guter Dämmung in den Kasten unten.

  
Glas

  
Metalbank

  
Kühlschrank

  
Wolle

  
Tiefkühltasche

  
Federkleid

Prüfen  
Zurücksetzen

### Wo findet Dämmung Anwendung?

Verschiebe die Bilder mit guter Dämmung in den Kasten unten.

Das ist richtig.  
Klicke auf diese Schaltfläche um fortzufahren.

  
Kühlschrank

  
Wolle

  
Tiefkühltasche

  
Federkleid

## Versuchsergebnis

Bei dem Versuch habt ihr bestimmt herausgefunden, dass es sinnvoll ist, Häuser zu dämmen. Aber was kann man eigentlich alles dämmen und wie viel Unterschied macht es bei der Energie- und Geldeinsparung?



## Ist Dämmung sinnvoll? - Das Dach



Wärmeeinsparung +19%

Angefangen beim **Dach** könnt ihr zum Beispiel ganz viel Energie sparen, denn hier gehen bis zu **25%** Heizenergie verloren, wenn das Dach überhaupt nicht gedämmt ist.



## Ist Dämmung sinnvoll? - Die Hauswände



Wärmeeinsparung +25%

Bei dem Styroporhaus habt ihr auch gesehen, dass die **Hauswände** ganz schön dick gedämmt waren. Das hat einen guten Grund, denn auch hier gehen nochmals etwa **25%** der Heizenergie verloren.



## Ist Dämmung sinnvoll? - Der Fussboden



Wenn man den **Fußboden** dämmen möchte, ist dies bei bestehenden Häusern nachträglich nur sehr schwer möglich. Jedoch kann man hier noch einmal etwa **10%** Heizenergie sparen.

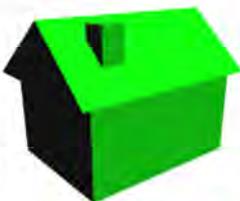
**Wärmeeinsparung +10%**

## Wärmeeinsparungen in Prozent

Beispiel an einem Einfamilienhaus (1983);  
Angaben entsprechen Einsparungen pro Jahr

Dachdämmung  
190€

Fassadendämmung  
280€



Fenster  
100€

Boden  
70€

**Prüfen**

**Zurücksetzen**

5%

19%

13%

7%

Quelle: www.co2online.de

## Wärmeeinsparungen in Prozent

Beispiel an einem Einfamilienhaus (1983);  
Angaben entsprechen Einsparungen pro Jahr

Dachdämmung  
190€

Fassadendämmung  
280€



Fenster  
100€

Boden  
70€

**Prüfen**

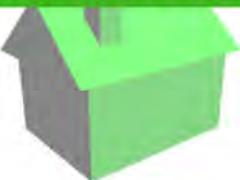
**Zurücksetzen**

Quelle: www.co2online.de

## Wärmeeinsparungen in Prozent

Beispiel an einem Einfamilienhaus (1983);  
Angaben entsprechen Einsparungen pro Jahr

Das ist richtig.  
Klicke auf diese Schaltfläche um fortzufahren.

<p>12%</p> <p>Fassadendämmung 280€</p> <p>10%</p>		<p>7%</p> <p>Boden 70€</p> <p>50%</p>
---	---	---

Quelle: www.ecocon.de

## Was haben wir gelernt?

Dämmung ist sehr aufwendig und der Bau kostet meistens viel. Allerdings rentieren sich





die Investitionen, wenn man bedenkt, wie viel man über Jahre an Heizkosten spart.



## Was haben wir gelernt?

Ihr schont damit auf Dauer nicht nur euren Geldbeutel, sondern auch die Umwelt, da ihr längst nicht so viel





heizen müsst und nicht so viel wertvolle Energie ungenutzt verschwendet.



## Kein Ergebnis ohne Rechnung!

In euren Versuchsunterlagen findet ihr eine Rechnung, die sich mit dem Wärmeverlust beschäftigt.

Bitte bearbeitet nun die Rechenaufgabe.

## Rechnung durchgeführt

Erst bestätigen, nachdem du die Rechnung durchgeführt hast.

## Versuch abgeschlossen



Danke das du mitgemacht hast. Der Versuch ist jetzt abgeschlossen.

Zum Anfang

## Versuch 3-Wärmeleitung



**Wärmeleitung**

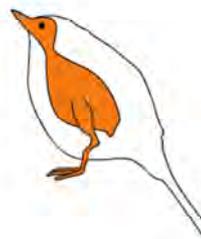
**Starten**





### Dämmung in der Natur

Ist es im Winter kalt, ziehen wir uns eine dicke Daunenjacke an. Die Luft zwischen den Daunen verhindert das rasche Auskühlen. Das funktioniert, weil Luft ein schlechter Wärmeleiter ist.



### Dämmung in der Natur



Umso besser die Wärmeleitung der Materialien ist, desto mehr Wärme wird ausgetauscht. Ein Bügeleisen soll viel Wärme abgeben, Schuhsohlen sollen keine Wärme abgeben.

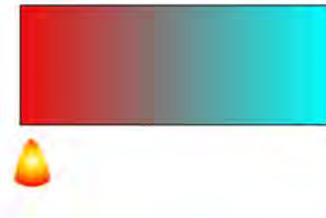
Bildquellen: commons.wikimedia.org / de.wikipedia.org



## Wie funktioniert Wärmeleitung?

Ein Körper besteht aus Atomen, die sich ständig in Bewegung befinden. Je schneller sich Atome bewegen, desto mehr Energie enthalten sie und umso wärmer ist der Körper. Wenn Wärme weitergeleitet wird, werden benachbarte Atome energetisch angeregt.

Wärme ist eine Energieform!



## Die Wärmeleitfähigkeit

Jedes Material ist auf atomarer Ebene unterschiedlich aufgebaut und hat seine eigene Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$ . Darunter versteht man die Wärmemenge, die bei einem Temperaturunterschied von einem Kelvin in einer Sekunde durch eine Fläche von  $1 \text{ m}^2$  mit  $1 \text{ m}$  Dicke fließt.

Die Einheit lautet  $\text{W}/(\text{m}^*\text{K})!$

Material	Wärmeleitzahl $\lambda$
Holz	0,13 $\text{W}/(\text{m}^*\text{K})$
Kupfer	401 $\text{W}/(\text{m}^*\text{K})$
Pappe	0,04-0,07 $\text{W}/(\text{m}^*\text{K})$
Polystyrol	0,035-0,40 $\text{W}/(\text{m}^*\text{K})$
Mineralwolle	0,035-0,04 $\text{W}/(\text{m}^*\text{K})$
Keramikfliese	1,0 $\text{W}/(\text{m}^*\text{K})$
Vakuumpatte	0,006 $\text{W}/(\text{m}^*\text{K})$
Luft (20°)	0,024 $\text{W}/(\text{m}^*\text{K})$



## Durchführung des Versuchs

Die Anleitung zum Durchführen des Versuchs findest du auf dem ausgedruckten Versuchsprotokoll. Für den Versuch brauchst du das Tablet nicht.

⇒ Lege jetzt das Tablet zur Seite und folge der Anleitung auf dem Versuchsprotokoll.

**Versuch durchgeführt**

Erst bestätigen, nachdem du den Versuch durchgeführt hast!

## Finde die richtigen Zuordnungen

Prüfen

Zurücksetzen



Gummi



Eisen

Steinwolle



Wasser



Luft/Vakuum

Hohe Wärmeleitfähigkeit

Geringe Wärmeleitfähigkeit

## Finde die richtigen Zuordnungen

Prüfen

Zurücksetzen



Wasser



Eisen



Luft/Vakuum

Steinwolle



Gummi

Hohe Wärmeleitfähigkeit

Geringe Wärmeleitfähigkeit

## Finde die richtigen Zuordnungen

Das ist richtig.  
Klicke auf diese Schaltfläche um fortzufahren.



Eisen

Hohe Wärmeleitfähigkeit



Luft/Vakuum

Gummi

Geringe Wärmeleitfähigkeit

## Wie nutzen wir dieses Wissen?

Die Wärmeleitfähigkeit ist von den meisten Materialien schon genau bestimmt.



Dadurch kann man Wärmeleitung gezielt fördern oder einschränken.

## Wärmeleitfähigkeit richtig nutzen



Hauswände werden meistens mit Polystyrol oder Mineralwolle gedämmt. Diese besitzen eine geringe Wärmeleitfähigkeit. Dadurch wird verhindert, dass Wärme vom Hausinneren nach außen gelangt.

## Wärmeleitfähigkeit richtig nutzen



Wenn man etwas lötet, möchte man sehr viel Hitze übertragen. Deswegen werden Metalle mit hohen Wärmeleitfähigkeiten verwendet.



## Wärmeleitfähigkeit richtig nutzen



Taucheranzüge aus Neopren schützen Taucher vor kaltem Wasser. Das Material ist also isolierend und besitzt somit eine geringe Wärmeleitfähigkeit.



## Kein Ergebnis ohne Rechnung!

In euren Versuchsunterlagen findet ihr eine Rechnung zum Thema Wärmeleitung.

**Bitte bearbeitet nun die Rechenaufgabe.**

Erst bestätigen, nachdem du die Rechnung durchgeführt hast.



## Versuch abgeschlossen



Danke, dass du mitgemacht hast. Der Versuch ist jetzt abgeschlossen.

[Zum Anfang](#)

## Versuch 4 Mehrfachverglasung



**Mehrfachverglasung**

Starten

ENEFF • BLEND  
Energieeffizienz Blended Learning

hochschule aschaffenburg  
University of Applied Sciences

gefördert durch  
DBU  
Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt  
www.dbu.de

### Hoch hinaus

Das höchste Gebäude der Welt, der Burj Khalifa ist 828m hoch. Seine Fassade besteht hauptsächlich aus Edelstahl und Glas. Müsste es bei einem Turm der mitten in der Wüste steht und so viele Fenstern hat nicht sehr heiß werden?



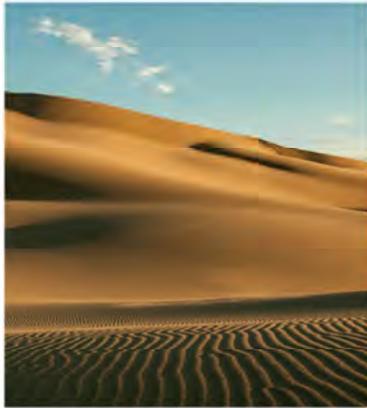
### ... brennend heißer Wüstensand ...



Da nicht von der höchsten Sauna der Welt die Rede ist, muss es scheinbar möglich sein, auch mit Glas eine gute Wärmedämmung zu erzielen.



## ... brennend heißer Wüstensand ...



In diesem Fall bedeutet das, dass ein großer Teil der Wüstenhitze nicht durch die Außenhülle ins Gebäude kommt. Wie ist das möglich?



## Draußen pfui, Innen hui

Wärmedämmung soll Temperaturunterschiede erhalten. Wenn es drinnen kalt und draußen warm ist, sollte das auch so bleiben.



Deshalb sollen die Außenwände und Fenster eines Gebäudes am besten keine oder nur wenig Wärme durchlassen.



## Versuchsaufbau



## Sicherheitshinweis!

VORSICHT! Kochendes Wasser.  
Verbrühungsgefahr. Tassen, Messbecher und Wasserkocher ausschließlich am Griff anfassen.  
Wasser langsam umfüllen, um Wasserspritzer zu vermeiden.

Ich habe den Sicherheitshinweis gelesen, verstanden und einen Betreuer informiert.

## Durchführung des Versuchs

Die Anleitung zum Durchführen des Versuchs findest du auf dem ausgedruckten Versuchsprotokoll. Für den Versuch brauchst du das Tablet nicht.

⇒ Lege jetzt das Tablet zur Seite und folge der Anleitung auf dem Versuchsprotokoll.

**Versuch durchgeführt**

Erst bestätigen, nachdem du den Versuch durchgeführt hast!

## Was sagt uns der Versuch?

Orde die Begriffe aus dem grauen Kasten zu:

Der blaue Bereich ist am Becher mit  am größten. Das heißt, der Becher lässt am  Wärme durch und ist damit besonders  gedämmt.

Einfachverglasung	schlecht
wenigsten	Dreifachverglasung
Zweifachverglasung	meisten gut

Zurücksetzen

Prüfen

### Was sagt uns der Versuch?

Orde die Begriffe aus dem grauen Kasten zu:

Der blaue Bereich ist am Becher mit **Dreifachverglasung** am größten. Das heißt, der Becher lässt am **wenigsten** Wärme durch und ist damit besonders **gut** gedämmt.

Einfachverglasung	schlecht	Zurücksetzen
Zweifachverglasung	meisten	Prüfen

### Was sagt uns der Versuch?

Orde die Begriffe aus dem grauen Kasten zu:

Der blaue Bereich ist am Becher mit **Dreifachverglasung** am größten. Das heißt, der Becher lässt am **wenigsten** Wärme durch und ist damit besonders **gut** gedämmt.

Das ist richtig.  
Klicke auf diese Schaltfläche um fortzufahren.

Einfachverglasung	schlecht
Zweifachverglasung	meisten

### Ist doch glasklar

In einem mehrfachverglasten Fenster befindet sich zwischen den Glasscheiben Luft. Luft ist ein guter Isolator, leitet Wärme also kaum weiter. So kann nur wenig Wärme durch das Fenster gelangen. Die Glasscheiben werden von einem luftdichten Rahmen in Position gehalten.



## Nicht bloß heiße Luft



Bildquelle: Wikipedia User: High Contrast: CC-BY 3,0

Je mehr Glasscheiben mit solchen Hohlräumen hintereinander verwendet werden, desto weniger Wärme gelangt durch das Fenster und desto besser ist die Wärmedämmung des Fensters.

## Edel, edel diese Gase in modernen Fenstern

Heutige Fenster verwenden auch Edelgase wie Argon oder Krypton.

Diese leiten Wärme noch schlechter als Luft, was den Isolationseffekt weiter steigert.

					2 He											
5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne											
13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar											
29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr									
47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe									
79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn									
111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo									
55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tm	66 Yb	67 Lu				
87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

## Edel, edel diese Gase in modernen Fenstern



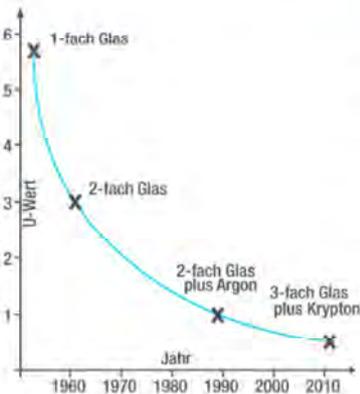
Bildquelle: pexels.com

Der Dämmungseffekt erhöht sich, je mehr Scheiben man verwendet.

Das ist jedoch teuer und führt zu mehr Energieeinsparung.

Daher werden aktuell maximal drei Glasscheiben in einem Fenster verbaut.

## Der Wärmedurchgangskoeffizient



Der Wärmedurchgangskoeffizient, auch U-Wert, wie viel Wärme pro  $m^2$  Bauteilfläche von warm nach kalt fließt, wenn der Temperaturunterschied 1 Kelvin beträgt. Je geringer der U-Wert, desto besser die Dämmung.

## U ... u ... und wo brauche ich den U-Wert?



Will man heute neue Fenster oder Dämmungen kaufen, wird häufig der U-Wert angegeben. Einfache Fenster haben einen U-Wert von  $5,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Modernste Fenster mit 3-fach-Verglasung haben einen U-Wert von  $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

## Kein Ergebnis ohne Rechnung!

In euren Versuchsunterlagen findet ihr eine Rechnung zum Thema Mehrfachverglasung.

**Bitte bearbeitet nun die Rechenaufgabe.**

**Rechnung durchgeführt**

Erst bestätigen, nachdem du die Rechnung durchgeführt hast.

## Versuch abgeschlossen



Danke, dass du mitgemacht hast. Der Versuch ist jetzt abgeschlossen.

Zum Anfang

## Versuch 5 Wintergarten



### Der Warmwintergarten

Der Warmwintergarten kann das ganze Jahr über genutzt werden, da er durch die Heizung erwärmt wird.



Jedoch geht viel Heizenergie durch die Glasscheiben verloren. Das kostet Geld und belastet die Umwelt unnötig.

### Wintergarten ist nicht gleich Wintergarten

Der Wintergarten ist eine feine Sache, um zu jeder Jahreszeit im "Freien" auf dem Balkon oder der Terrasse zu sitzen. Es gibt zwei unterschiedliche Arten von Wintergärten: den Kaltwintergarten und den beheizten Wintergarten.



## Der Kaltwintergarten

Er lässt sich ausschließlich an sonnigen Wintertagen nutzen. Trotzdem ist es die bessere Investition.



Auf den nachfolgenden Folien werden wir dir erklären, warum das so ist.



## Kaltwintergarten im Winter UND im Sommer

### Winter



Im Winter kann die Sonne sonnenförmig ins Wintergarten einstrahlen.

### Sommer



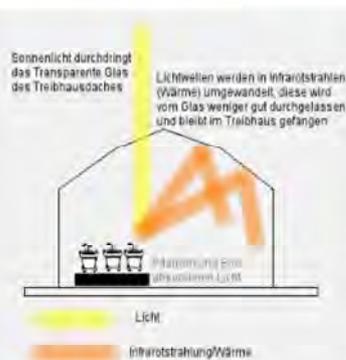
Im Sommer kann Verschattung durch einen Baum die Überhitzung verhindern.

Der Kaltwintergarten besitzt den Vorteil, dass der Raum im Winter schön warm bleibt. Im Sommer wirkt er als Puffer vor dem Haus und sorgt für angenehme Temperaturen im Haus. Ein belaubter Baum kann im Sommer bei der Verschattung und Überhitzung helfen.

Bildquelle: [www.glasnacher-metallbau.de](http://www.glasnacher-metallbau.de)



## Wird es im Kaltwintergarten kalt?



Der Kaltwintergarten funktioniert im Prinzip wie ein Treibhaus. Die Sonnenstrahlen dringen durch die Glasscheiben in den Wintergarten und die Wärme bleibt im Raum erhalten. Somit ist es an sonnigen Wintertagen darin warm.

Bildquelle: [www.treibhausetzt.de](http://www.treibhausetzt.de)





### Durchführung des Versuchs

Die Anleitung zum Durchführen des Versuchs findest du auf dem ausgedruckten Versuchsprotokoll. Für den Versuch brauchst du das Tablet nicht.

⇒ Lege jetzt das Tablet zur Seite und folge der Anleitung auf dem Versuchsprotokoll.

**Versuch durchgeführt**

Erst bestätigen, nachdem du den Versuch durchgeführt hast!

### Versuch abgeschlossen



Danke das du mitgemacht hast. Der Versuch ist jetzt abgeschlossen.

**Zum Anfang**

## Kein Ergebnis ohne Rechnung!

In euren Versuchsunterlagen findet ihr eine Rechnung, der sich mit der Einsparung von Heizenergie durch einen Kaltwintergarten ergibt.

**Bitte bearbeitet nun die Rechenaufgabe.**

**Rechnung durchgeführt**

Erst bestätigen, nachdem du die Rechnung durchgeführt hast.

## Versuch 6-Photovoltaik



**Photovoltaik**

**Starten**

ENEFF • BLEND  
Energieeffizienz Blended Learning

hochschule aschaffenburg  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

gefördert durch  
**DBU**  
Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt  
www.dbu.de

### So lala(r)



Die Anlagen bestehen aus vielen einzelnen Solarzellen. Genau wie bei einem Taschenrechner oder einer Gartenleuchte, wird hierbei aus Sonnenlicht Energie gewonnen. Einfach so. Ganz kostenlos.

### Pho - to - vol - ... Wer?

Bestimmt hast du schon einmal diese blau glänzenden Platten wie auf den Bildern gesehen.



Dabei handelt es sich um Photovoltaikanlagen. Häufig wird auch der Begriff Solaranlage verwendet.

## Wie funktioniert eine Photovoltaikanlage?

Quelle: <http://www.priogo.com/videos-so-gehts.html>



Klicke auf Abspielen, um das Video anzusehen.



## Ordne die Begriffe aus dem Video zu.



Solarzellen      Wechselrichter      Einspeisung

Zurücksetzen

Prüfen

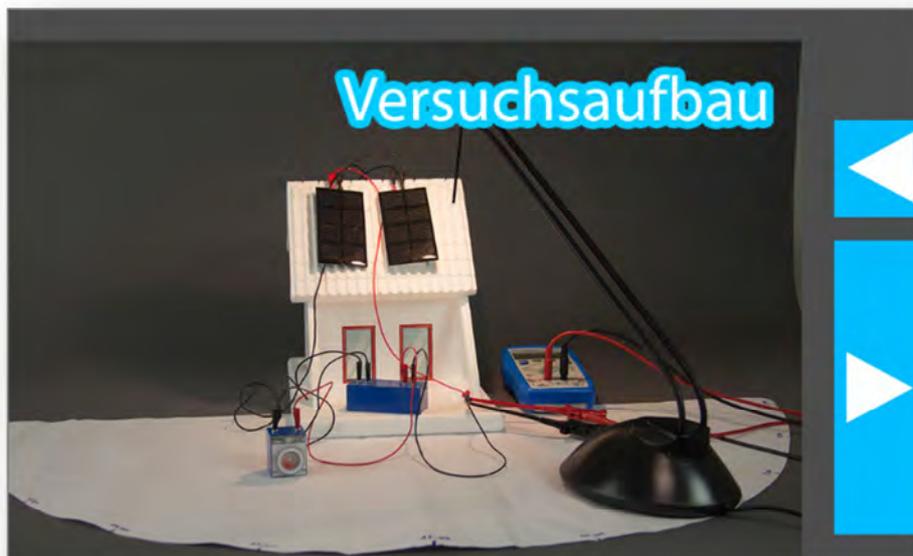
## Ordne die Begriffe aus dem Video zu.



Zurücksetzen

Prüfen

Ordne die Begriffe aus dem Video zu.



### Durchführung des Versuchs

Die Anleitung zum Durchführen des Versuchs findest du auf dem ausgedruckten Versuchsprotokoll. Für den Versuch brauchst du das Tablet nicht.

- ⇒ Lege jetzt das Tablet zur Seite und folge der Anleitung auf dem Versuchsprotokoll.

**Versuch durchgeführt**

Erst bestätigen, nachdem du den Versuch durchgeführt hast!

## Was sagt uns der Versuch?

Orde die Begriffe aus dem grauen Kasten zu:

Der        Bereich ist größer. Es wurde also        Strom produziert, als verbraucht wurde. Betrachten wir den ganzen Tag, haben wir mehr Strom       .

grüne    weniger    in das Netz eingespeist  
rote      mehr        aus dem Netz bezogen

Zurücksetzen

Prüfen

## Was sagt uns der Versuch?

Orde die Begriffe aus dem grauen Kasten zu:

Der   grüne   Bereich ist größer. Es wurde also   mehr   Strom produziert, als verbraucht wurde. Betrachten wir den ganzen Tag, haben wir mehr Strom   in das Netz eingespeist  .

weniger  
rote                    aus dem Netz bezogen

Zurücksetzen

Prüfen

## Was sagt uns der Versuch?

Orde die Begriffe aus dem grauen Kasten zu:

Der   grüne   Bereich ist größer. Es wurde also   mehr   Strom produziert, als verbraucht wurde. Betrachten wir den ganzen Tag, haben wir mehr Strom   in das Netz eingespeist  .

weniger  
rote                    aus dem Netz bezogen

Das ist richtig.

Klicke auf diese Schaltfläche um fortzufahren.

## Wie groß sollte so eine Anlage sein?

Ein 4-Personen-Haushalt verbraucht im Jahr etwa 1000 kWh pro Person. Du möchtest eine Photovoltaikanlage kaufen und den gesamten Energiebedarf abdecken. Wie groß muss die Anlage sein, wenn 1 m<sup>2</sup> aus Solarzellen im Jahr etwa 80 kWh Ertrag produziert?

etwa  
12,5 m<sup>2</sup>

etwa  
50 m<sup>2</sup>

etwa  
80 m<sup>2</sup>

## Kein Ergebnis ohne Rechnung!

In euren Versuchsunterlagen findet ihr eine Rechnung zum Thema Photovoltaik.

Bitte bearbeitet nun die Rechenaufgabe.

Rechnung durchgeführt

Erst bestätigen, nachdem du die Rechnung durchgeführt hast.

## Versuch abgeschlossen



Danke, dass du mitgemacht hast. Der Versuch ist jetzt abgeschlossen.

Zum Anfang

## Versuch 7 Solarthermie



**Solarthermie**

**Starten**

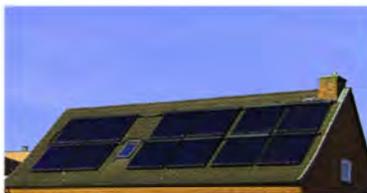
ENEFF • BLEND  
Energieeffizienz • blended Learning

hochschule aschaffenburg  
University of Applied Sciences

gefördert durch  
**DBU**  
Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt  
[www.dbu.de](http://www.dbu.de)

### Was ist das auf dem Dach?

Bestimmt hast du schon einmal blau glänzende oder schwarze Platten wie auf den Bildern gesehen.



Dabei handelt es sich entweder um Photovoltaikanlagen oder Solarthermieranlagen.

### Und worin liegt der Unterschied?

Solarthermieranlagen bestehen aus Kollektoren. Wie bei einem Wasserschlauch im Sommer wandeln die Kollektoren Sonnenlicht in Wärme um.



## Und worin liegt der Unterschied?



Photovoltaikanlagen bestehen aus Solarzellen. Wie bei Gartenleuchten oder Taschenrechnern wird das Sonnenlicht in Strom umgewandelt.



## Wie funktioniert Solarthermie?

Klicke auf Abspielen, um das Video anzusehen.



Quelle: Bayerischer Rundfunk



## Versuchsaufbau



## Durchführung des Versuchs

Die Anleitung zum Durchführen des Versuchs findest du auf dem ausgedruckten Versuchsprotokoll. Für den Versuch brauchst du das Tablet nicht.

⇒ Lege jetzt das Tablet zur Seite und folge der Anleitung auf dem Versuchsprotokoll.

**Versuch durchgeführt**

Erst bestätigen, nachdem du den Versuch durchgeführt hast!

## Was sagt uns der Versuch?

Um wie viel Grad Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) hat sich das Wasser in der schwarzen Plastikflasche nach 5 Minuten erwärmt?

um weniger als

$1^{\circ}\text{C}$

um etwa

4 bis  $6^{\circ}\text{C}$

um mehr als

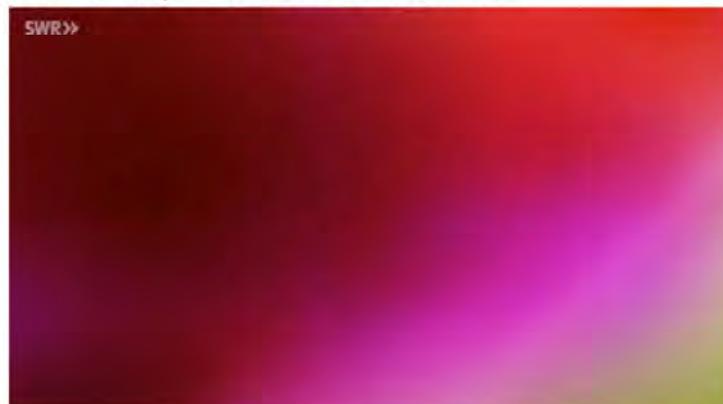
$6^{\circ}\text{C}$

um etwa

2 bis  $4^{\circ}\text{C}$

## Wie funktioniert ein Sonnenkollektor?

Klicke auf Abspielen, um das Video anzusehen.



Quelle: SWR / planet-wissen.de (Video unten: [https://www.youtube.com/watch?v=5BwoJoEJ\\_Jw](https://www.youtube.com/watch?v=5BwoJoEJ_Jw))

## Von wegen Energieknappheit

Die gesamte auf der Erdoberfläche auftreffende Energiemenge ist mehr als 10.000 mal größer als der Energiebedarf der gesamten Menschheit.



Foto von Mario De Mattia / pixello.de



## Energiesparen mit Solarthermie



Bildquelle: Florian Methe / pixello.de

Da die Sonne im Winter weniger intensiv und nachts gar nicht scheint, muss die gewonnene Wärmeenergie gespeichert werden. Das spart eine Menge Heizkosten.



## Think Big



PS20 & PS10, Spanien (CC-BY 3.0)

Neben den Kollektoren für das eigene Hausdach gibt es riesige Solarthermiekraftwerke.

Dort wird das Sonnenlicht mithilfe von Spiegeln gebündelt, um noch mehr Wärme zu erzeugen.



## Von wegen Energieknappheit

Mit den auf unseren Dächern verwendeten Solarthermieanlagen, werden 60 bis 75 % der Strahlungsenergie in Wärmeenergie umgewandelt.



Bildquelle: pixabay.com



## Energiesparen mit Solarthermie



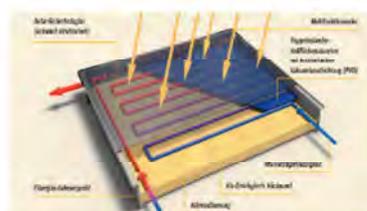
Bildquelle: Mark Mumm / pixelio.de

In Passivenergiehäusern kann eine Solarthermieanlage sogar die gesamte jährliche Heizleistung erzeugen.



## Das richtige Leitmedium

Das verwendete Wasser (genannt Leitmedium) ist in der Regel mit Chemikalien vermischt, um Wärme besser transportieren zu können und bei extremen Temperaturen nicht zu gefrieren oder zu überhitzen. Kraftwerke nutzen als Leitmedium häufig Öl anstatt Wasser.



Bildquelle: Querschnitt Flächenkollektor, © Bild Junkers



## Kein Ergebnis ohne Rechnung!

In euren Versuchsunterlagen findet ihr eine Rechnung zu diesem Versuch.

**Bitte bearbeitet nun die Rechenaufgabe.**

**Rechnung durchgeführt**

Erst bestätigen, nachdem du die Rechnung durchgeführt hast.

## Lohnt sich Solarthermie?

Ordne die Begriffe aus dem grauen Kasten zu:

Auf dem Dach wurde eine  anlage installiert. Diese verringert die Kosten für Warmwasser und Heizung. Die Anlage hat 6000 € gekostet. Deine jährlichen Kosten fürs Heizen lagen bei 1300 €, Warmwasser bei 200 €. Mit der Anlage sparst du im Jahr , 10 % der Heiz- und 60 % der Wassererwärmungskosten. Nach  hast du die Kosten der Anlage eingespart.

250 €  
300 €  
Solarthermie  
24 Jahren  
Photovoltaik  
20 Jahren

Zurücksetzen

Prüfen

## Lohnt sich Solarthermie?

Ordne die Begriffe aus dem grauen Kasten zu:

Auf dem Dach wurde eine **Solarthermie** anlage installiert. Diese verringert die Kosten für Warmwasser und Heizung. Die Anlage hat 6000 € gekostet. Deine jährlichen Kosten fürs Heizen lagen bei 1300 €, Warmwasser bei 200 €. Mit der Anlage sparst du im Jahr **250 €**, 10 % der Heiz- und 60 % der Wassererwärmungskosten. Nach **24 Jahren** hast du die Kosten der Anlage eingespart.

300 €  
Photovoltaik  
20 Jahren

Zurücksetzen

Prüfen

## Lohnt sich Solarthermie?

Ordne die Begriffe aus dem grauen Kasten zu:

Auf dem Dach wurde eine Solarthermie anlage installiert. Diese verringert die Kosten für Warm-

300 €

Das ist richtig.

Klicke auf diese Schaltfläche um fortzufahren.

lagen bei 1300 €, Warmwasser bei 200 €. Mit der Anlage sparst du im Jahr 250 €, 10 % der Heiz- und 60 % der Wassererwärmungskosten. Nach 24 Jahren hast du die Kosten der Anlage eingespart.

Photovoltaik  
20 Jahren

## Versuch abgeschlossen



Danke, dass du mitgemacht hast. Der Versuch ist jetzt abgeschlossen.

Zum Anfang

## Versuch 8 Lüftung



### Luft ist nicht gleich Luft!

In den Bergen ist die Luft klar, am Meer salzig, in den Städten dreckig und Zuhause riecht es nach Zuhause.



Luft brauchen wir zum Leben und daher ist es wichtig, dass wir gute Luft einatmen.

### Luft ist wandelbar...

Zu Hause duschen, schwitzen und kochen wir. Die Gerüche und die Feuchtigkeit, die dabei entsteht, geht in die Luft.

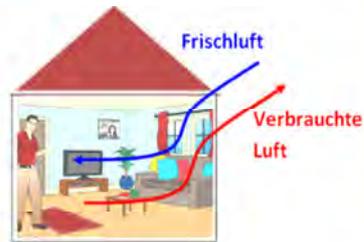


Umgangssprachlich sagt man dazu, dass die Luft mit der Zeit "verbraucht" ist. Um wieder frische Luft im Raum zu haben, lüftet man.

## Was passiert beim Lüften?

Durch das Lüften tauscht man unangenehme Gerüche, Feuchtigkeit, Luftverschmutzungen und Wärme mit frischer, sauerstoffreicher Luft aus.

Ein regelmäßiger Luftaustausch ist daher unbedingt nötig!



## Alte Gebäude ticken anders als Neue

Der Luftaustausch ist bei älteren Gebäuden, durch Spalten in Fenstern und Türen, sehr hoch. Die Luftwechselrate beträgt  $2 \text{ h}^{-1}$ .



Neue Gebäude sind nahezu luftdicht gestaltet. Meistens kontrolliert eine eingebaute Lüftungsanlage die Luftwechselrate von  $0,5 \text{ h}^{-1}$ .



## Luftaustausch = Luftwechsel



Berechnung Luftwechselrate pro Stunde:

$$\beta = \frac{\text{Luftvolumenstrom}}{\text{Raumvolumen}} = \text{h}^{-1}$$

Den Luftwechsel kann man natürlich auch in Zahlen angeben.

Gemessen wird, wie oft die **Luftmenge des Raumes (Raumvolumen)** mit **Außenluft pro Stunde (Luftvolumenstrom)** ausgetauscht wird. Das Ergebnis ist die **Luftwechselrate**.



## Luftwechsel findet immer statt

Ein Mindestluftwechsel von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  (in geschlossenen Räumen) ist in Deutschland vorgeschrieben. Das Lüften ersetzt es allerdings nicht.



Auf der nächsten Folie sollt ihr die unterschiedlichen Lüftungsarten und deren Luftwechselrate den Bildern zuordnen.



Prüfen			Zurücksetzen
<p>0 bis 0,3</p> <p>Keine Lüftung</p>	<p>0,3 bis 1,5</p> <p>Spaltlüftung</p>	<p>0,3 bis 4</p> <p>Stoßlüftung</p>	<p>Luftwechselrate <math>\text{h}^{-1}</math></p>
<p>9 bis 15</p> <p>Dauerlüftung</p>	<p>bis 40</p> <p>Querlüftung</p>	<p>Lüftungsart</p>	

Prüfen			Zurücksetzen
			<p>Luftwechselrate <math>\text{h}^{-1}</math></p> <p>0,3 bis 1,5</p> <p>9 bis 15</p> <p>0,3 bis 4</p> <p>bis 40</p> <p>0 bis 0,3</p>
		<p>Lüftungsart</p> <p>Spaltlüftung Keine Lüftung</p> <p>Querlüftung Dauerlüftung</p> <p>Stoßlüftung</p>	



## Durchführung des Versuchs

Die Anleitung zum Durchführen des Versuchs findest du auf dem ausgedruckten Versuchsprotokoll. Für den Versuch brauchst du das Tablet nicht.

⇒ Lege jetzt das Tablet zur Seite und folge der Anleitung auf dem Versuchsprotokoll.

**Versuch durchgeführt**

Erst bestätigen, nachdem du den Versuch durchgeführt hast!

## Weiter geht's!

Sicherlich wisst ihr jetzt wie viel Wärme verloren geht, wenn man alle Fenster offen stehen lässt, anstatt sie geschlossen zu halten?

< 5%

10 - 15 %

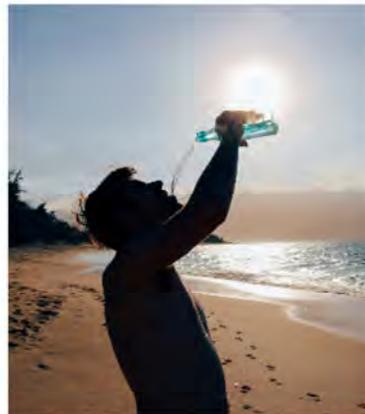
5 - 10%

>15%

## Die Luftfeuchtigkeit

An heißen Sommertagen ist die Luft oft schwül und das Atmen fällt schwer. Das liegt daran, dass Wasser durch die Sonne verdunstet wird und in die Luft steigt.

-> die Luftfeuchtigkeit erhöht sich!



## Wie lüftet ihr zu Hause?

Überlegt euch kurz, welche Lüftungsart ihr zu Hause verwendet. Lüftet ihr überhaupt und wenn ja, lasst ihr den ganzen Tag das Fenster auf?

Welche Lüftungsart denkt ihr ist die Beste?

### Keine Lüftung

(es kann keine Energie verloren gehen - super!)

### Spaltlüftung

(den ganzen Tag ein bisschen frische Luft ist gut)

### Stoßlüftung

(einmal 10 min Fenster auf am Tag reicht)

### Dauerlüftung

(10 min? - Ein Tag muss das Fenster offen sein)

### Querlüftung

(Es muss durchziehen, damit es was bringt)

## Die Luftfeuchtigkeit zu Hause



Luftfeuchtigkeit zu Hause entsteht zum Beispiel durch Duschen, Kochen und Schwitzen.

Diese Feuchtigkeit verursacht Schimmel an Möbeln und Wänden.

Um das zu vermeiden, ist es wichtig zu **Lüften**.

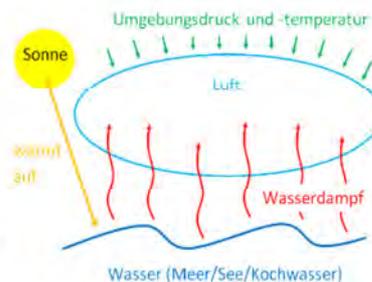
## Weißt du jetzt, was Luftfeuchtigkeit ist?

Was bedeutet es, wenn die relative Luftfeuchtigkeit 50% aufweist?

1. Die feuchte Luft hat sich zu 50% der Umgebungstemperatur angepasst.
2. Die feuchte Luft beinhaltet 50% der menge an wasser, die sie aufnehmen kann
3. Die feuchte Luft muss zu 50% dem Umgebungsdruck entgegenwirken.

## Luftfeuchtigkeit aus wissenschaftlicher Sicht

Die Luftfeuchtigkeit kann man in Prozent angeben und zwar, indem man den **Anteil von Wasserdampf in der Luft** misst. Wie viel Wasserdampf die Luft maximal aufnehmen kann, ist abhängig von der **Umgebungstemperatur** und dem **Umgebungsdruck**.



**Was haben wir gelernt?** Zurücksetzen Prüfen

<ul style="list-style-type: none"> <li>- nimmt Gerüche, Wärme, Schmutz usw. auf</li> <li>- sollte sauber sein</li> <li>- verbrauchen wir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tauscht die verbauchte Raumluft mit sauberer aus</li> <li>- am besten stoßweise oder quer</li> <li>- vermeidet Schimmelbildung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- findet immer statt</li> <li>- in Deutschland mit 0,5 h/1 pflicht</li> <li>- wird berechnet durch Luftvolumenstrom/ Raumvolumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- entsteht durch Duschen, Kochen, usw.</li> <li>- macht Schimmel in der Wohnung</li> </ul>
Luftwechsel	Luftfeuchtigkeit	Luft	Lüften

**Was haben wir gelernt?** Zurücksetzen Prüfen

<ul style="list-style-type: none"> <li>- nimmt Gerüche, Wärme, Schmutz usw. auf</li> <li>- sollte sauber sein</li> <li>- verbrauchen wir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tauscht die verbauchte Raumluft mit sauberer aus</li> <li>- am besten stoßweise oder quer</li> <li>- vermeidet Schimmelbildung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- findet immer statt</li> <li>- in Deutschland mit 0,5 h/1 pflicht</li> <li>- wird berechnet durch Luftvolumenstrom/ Raumvolumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- entsteht durch Duschen, Kochen, usw.</li> <li>- macht Schimmel in der Wohnung</li> </ul>
Luft	Lüften	Luftwechsel	Luftfeuchtigkeit

**Was haben wir gelernt?**

<ul style="list-style-type: none"> <li>- nimmt Gerüche, Wärme, Schmutz usw. auf</li> <li>- sollte sauber sein</li> <li>- verbrauchen wir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tauscht die verbauchte Raumluft mit sauberer aus</li> <li>- am besten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- findet immer statt</li> <li>- in Deutschland mit 0,5 h/1 pflicht</li> <li>- wird berechnet durch Luft-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- entsteht durch Duschen, Kochen, usw.</li> <li>- macht Schimmel in der Wohnung</li> </ul>
Luft	Schimmelbildung	Luftwechsel	Luftfeuchtigkeit

Das ist richtig.  
Klicke auf diese Schaltfläche um fortzufahren.

## Kein Ergebnis ohne Rechnung!

In euren Versuchsunterlagen findet ihr eine Rechnung zu diesem Versuch.

**Bitte bearbeitet nun die Rechenaufgabe.**

**Rechnung durchgeführt**

Erst bestätigen, nachdem du die Rechnung durchgeführt hast.

## Versuch abgeschlossen



Danke, dass du mitgemacht hast. Der Versuch ist jetzt abgeschlossen.

**Zum Anfang**

## Versuch 9/10 Treibhauseffekt



**Treibhauseffekt**

**Starten**





### 36 Grad und es wird noch heißer...

Klimawandel, Treibhauseffekt, der Meeresspiegel steigt... all diese Begriffe sind negativ behaftet.



Aber wisst ihr, was genau sich dahinter verbirgt und warum es nicht gut ist, wenn die Polkappen schmelzen?



### Versuchen wirs!

Der erste Versuch zeigt auf, welche Auswirkungen das Treibhausgas CO<sub>2</sub> auf die Temperatur hat.



Im zweiten Versuch veranschaulichen wir den Treibhauseffekt.



## Treibhauseffekt - Versuch 1

Im ersten Versuch zeigen wir euch, welchen Einfluss Treibhausgase wie Kohlenstoffdioxid, Lachgas und Methan auf die Temperatur haben. Dadurch könnt ihr den Treibhauseffekt, der im zweiten Versuch bearbeitet wird, besser verstehen.



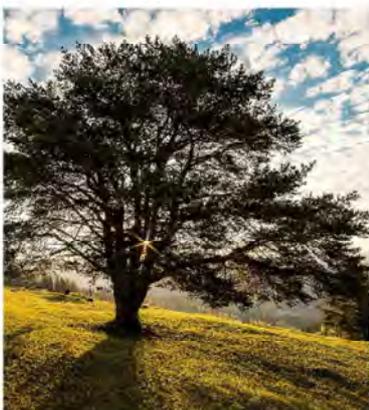
## Das Kohlenstoffdioxid CO<sub>2</sub>



Die Folge: CO<sub>2</sub> bleibt in der Erdatmosphäre und fördert den Treibhauseffekt. Mehr dazu aber im zweiten Versuch.



## Das Kohlenstoffdioxid CO<sub>2</sub>



Das CO<sub>2</sub> ist grundsätzlich gut. Pflanzen benötigen es zum Leben. Sie nehmen es auf und geben es als Sauerstoff wieder an ihre Umwelt ab. Aktuell gibt es aber zu viel CO<sub>2</sub> auf der Welt, sodass die Pflanzen es nicht mehr verarbeiten können.



## Das Lachgas (Distickstoffoxid) N<sub>2</sub>O



Ein weiteres Gas, dass den Treibhauseffekt fördert, ist das Lachgas N<sub>2</sub>O. Es entsteht hauptsächlich bei der Verwendung von Kunstdünger.

Lachgas  
310-mal schädlicher als CO<sub>2</sub>

## Das Methan CH<sub>4</sub>



Der bekannteste Produzent von Methangasen ist die Kuh. Mülldeponien, Reisanbau und Verbrennungen von Biomassen sind weitere Entstehungsquellen.

Methan  
21-mal schädlicher als CO<sub>2</sub>!

## Versuchsaufbau 1



## Durchführung des Versuchs

Die Anleitung zum Durchführen des Versuchs findest du auf dem ausgedruckten Versuchsprotokoll. Für den Versuch brauchst du das Tablet nicht.

⇒ Lege jetzt das Tablet zur Seite und folge der Anleitung auf dem Versuchsprotokoll.

## Versuch durchgeführt

Erst bestätigen, nachdem du den Versuch durchgeführt hast!

## Versuchsergebnis

Durch den Versuch habt ihr gemerkt, wie schnell und wie stark das CO<sub>2</sub> die Temperatur beeinflusst.



Lachgas und Methangas werden nicht so oft ausgestoßen, sind dafür aber umso schädlicher.



## Wer produziert was?

Ordne den Gasen die richtigen Objekte zu!

Prüfen

Zurücksetzen



CO<sub>2</sub>  
(Kohlenstoffdioxid)

N<sub>2</sub>O  
(Distickstoffoxid "Lachgas")

CH<sub>4</sub>  
(Methan)

### Wer produziert was?

Ordne den Gasen die richtigen Objekte zu!

[Prüfen](#)  
[Zurücksetzen](#)

 <p><b>CO<sub>2</sub></b> (Kohlenstoffdioxid)</p>	 <p><b>N<sub>2</sub>O</b> (Distickstoffoxid "Lachgas")</p>	 <p><b>CH<sub>4</sub></b> (Methan)</p>
--	---	---

### Wer produziert was?

Ordne den Gasen die richtigen Objekte zu!

Das ist richtig.  
Klicke auf diese Schaltfläche um fortzufahren.

 <p><b>CO<sub>2</sub></b> (Kohlenstoffdioxid)</p>	 <p><b>N<sub>2</sub>O</b> (Distickstoffoxid "Lachgas")</p>	 <p><b>CH<sub>4</sub></b> (Methan)</p>
--	---	---

### Was habt ihr gelernt?

[Zurücksetzen](#) [Prüfen](#)

In eurem Versuch habt ihr herausgefunden, dass die Temperatur            ist, nachdem ihr            hinzugefügt habt. Pflanzen benötigen das            Gas CO<sub>2</sub> zum Leben. Der Mensch produziert allerdings            CO<sub>2</sub>, sodass die Pflanzen nicht mehr alles in            umwandeln können. Der            an CO<sub>2</sub> ist schuld am           .

Sauerstoff  
zu viel  
gestiegen  
Kohlenstoffdioxid  
Treibhauseffekt  
natürliche  
Überschuss

### Was habt ihr gelernt?

Zurücksetzen

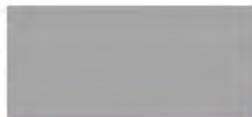
Prüfen

In eurem Versuch habt ihr herausgefunden, dass die Temperatur **gestiegen** ist, nachdem ihr **Kohlenstoffdioxid** hinzugefügt habt. Pflanzen benötigen das **natürliche** Gas CO<sub>2</sub> zum Leben. Der Mensch produziert allerdings **zu viel** CO<sub>2</sub>, sodass die Pflanzen nicht mehr alles in **Sauerstoff** umwandeln können. Der **Überschuss** an CO<sub>2</sub> ist schuld am **Treibhauseffekt**.



### Was habt ihr gelernt?

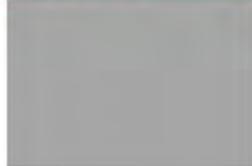
In eurem Versuch habt ihr herausgefunden, dass die Temperatur **gestiegen** ist, nachdem ihr **Kohlenstoffdioxid** hinzugefügt habt.



Das ist richtig.

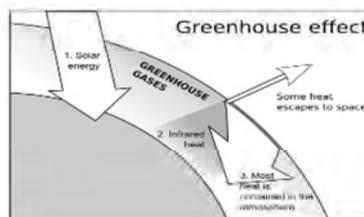
Klicke auf diese Schaltfläche um fortzufahren.

allerdings **zu viel** CO<sub>2</sub>, sodass die Pflanzen nicht mehr alles in **Sauerstoff** umwandeln können. Der **Überschuss** an CO<sub>2</sub> ist schuld am **Treibhauseffekt**.

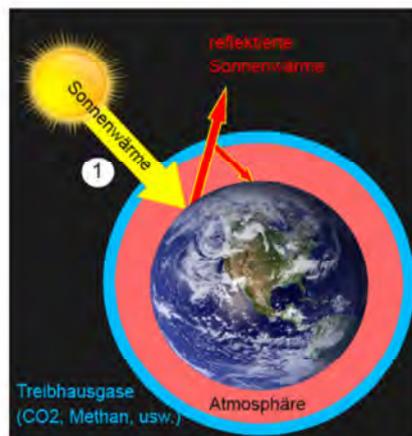


### Treibhauseffekt - Versuch 2

Durch den ersten Versuch haben wir festgestellt: Treibhausgase sind schädlich für unsere Umwelt. Allerdings wären diese Gase nur halb so schlimm, wenn es den **Treibhauseffekt** auf der Erde nicht gäbe. Aber was ist der Treibhauseffekt?

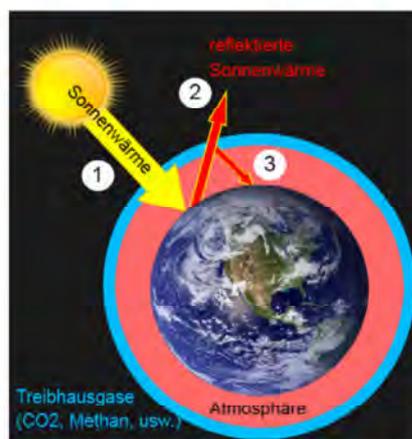


## Das CO<sub>2</sub> und der Treibhauseffekt



1. Sonnenwärme gelangt auf die Erde und erwärmt sie.

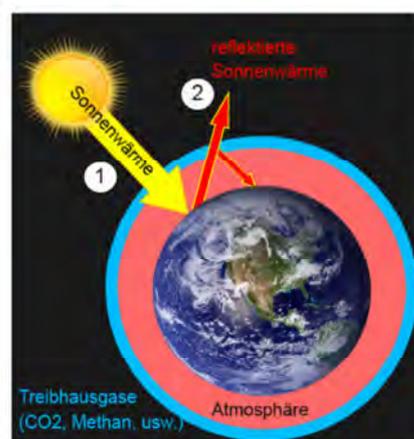
## Das CO<sub>2</sub> und der Treibhauseffekt



3. Treibhausgase wirken wie eine Glaskugel. Deshalb wird ein Teil der Sonnenwärme wieder auf die Erde zurückgeschickt.

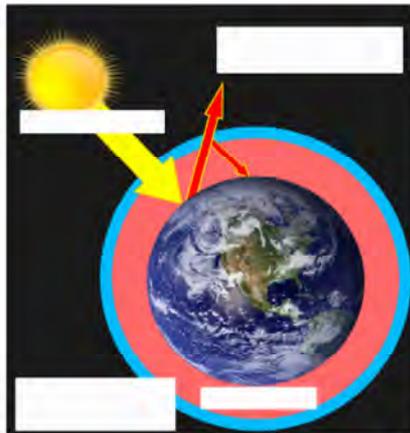
→ Die Atmosphäre erwärmt sich viel zu schnell.

## Das CO<sub>2</sub> und der Treibhauseffekt



2. Die Wärme wird von der Erde (z.B. Wasser) reflektiert und anschließend wieder ins All abgegeben.

### Was konntest du dir merken?

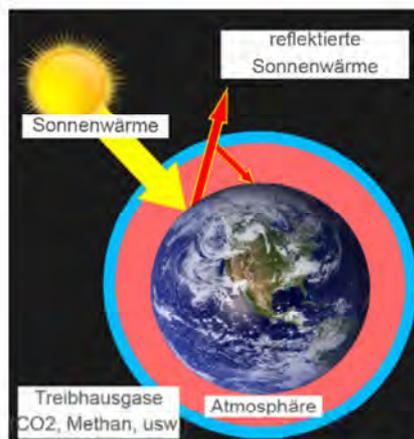


Ordne die Begriffe den richtigen Lücken zu.

- Sonnenwärme
- reflektierte Sonnenwärme
- Treibhausgase (CO<sub>2</sub>, Methan, usw.)
- Atmosphäre

[Prüfen](#)  
[Zurücksetzen](#)

### Was konntest du dir merken?



Ordne die Begriffe den richtigen Lücken zu.

[Prüfen](#)  
[Zurücksetzen](#)

### Was konntest du dir merken?



Ordne die Begriffe den richtigen Lücken zu.

Das ist richtig.  
Klicke auf diese Schaltfläche um fortzufahren.

## Einfacher erklärt...

Das überschüssige CO<sub>2</sub> steigt in die Erdatmosphäre und sammelt sich unter der Ozonschicht.

Das CO<sub>2</sub> wirkt wie eine **Glaskugel**. So dringt viel Sonnenwärme durch, aber es wird kaum Wärme ins All zurückgegeben.



## Durchführung des Versuchs

Die Anleitung zum Durchführen des Versuchs findest du auf dem ausgedruckten Versuchsprotokoll. Für den Versuch brauchst du das Tablet nicht.

⇒ Lege jetzt das Tablet zur Seite und folge der Anleitung auf dem Versuchsprotokoll.

**Versuch durchgeführt**

Erst bestätigen, nachdem du den Versuch durchgeführt hast!

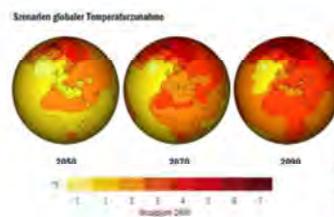
## Versuchsergebnis

Wie du bestimmt schon erwartet hast, ist die Temperatur unter dem Glas höher gewesen. Stell dir vor, der Temperaturfühler ist die Erde und das Glas das überschüssige CO<sub>2</sub> in der Erdatmosphäre. Was genau da passiert? Siehe selbst...



## Deutschland... the Sunshine-State!

Eine Prognose für die Erderwärmung in den nächsten 75 Jahren zeigt uns das Schaubild. Eigentlich eine schöne Vorstellung, dass wir bereits in 35 Jahren in Deutschland Temperaturen haben wie am Mittelmeer, oder?



## Deutschland... the Sunshine-State!

Warum sagen dann immer alle, dass der Klimawandel und somit der Treibhauseffekt schlecht für uns ist?



Könnt ihr euch vielleicht vorstellen, welche verheerende Folgen ein zu schneller Klimawandel auf uns haben kann?



## Warum der Klimawandel schlecht ist..

**Böden trocknen aus**  
Das Wetter ändert sich. Dort wo es früher geregnet hat, trocknen nun die Böden aus.

**Überflutungen**  
Die Wetterverhältnisse werden extremer. Wenn es regnet, dann sintflutartig.

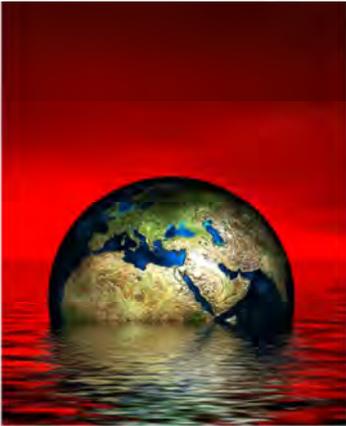
**Gletscher und Polkappen schmelzen**  
Wichtige Süßwasser-Vorräte schmelzen, versickern im Boden oder gehen ins Meer.







## Ein Blick in die Zukunft



Wenn wir in den nächsten Jahren den Klimawandel nicht aufhalten können, dann wird sich das Landschaftsbild weltweit negativ verändern. Der Anbau von Lebensmittel wird schwieriger werden, Wetterverhältnisse werden extremer, sogar Tierarten können aussterben.



## Was kannst du tun?

Zurücksetzen
Prüfen

Jeder kann etwas tun, um den Ausstoß von CO<sub>2</sub> zu verringern. Was denkst du, trägt dazu bei?

Verschlechtert Treibhauseffekt	Verbessert Treibhauseffekt
<ul style="list-style-type: none"> <li>- viel Papier verwenden</li> <li>- techn. Geräte ausschalten</li> <li>- mit dem Flugzeug reisen</li> <li>- Heizung zurückdrehen</li> <li>- Licht aus</li> <li>- Exotische Früchte kaufen</li> <li>- Stoßlüften</li> <li>- viel Fleisch essen</li> <li>- öffentl. Verkehrsmittel</li> </ul>	Empty box for improved effects



**Was kannst du tun?** Zurücksetzen Prüfen

Jeder kann etwas tun, um den Ausstoß von CO2 zu verringern. Was denkst du, trägt dazu bei?

Verschlechtert Treibhauseffekt	Verbessert Treibhauseffekt
<ul style="list-style-type: none"> <li>- viel Papier verwenden</li> <li>- mit dem Flugzeug reisen</li> <li>- Exotische Früchte kaufen</li> <li>- viel Fleisch essen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- techn. Geräte ausschalten</li> <li>- Heizung zurückdrehen</li> <li>- Licht aus</li> <li>- Stoßlüften</li> <li>- öffentl. Verkehrsmittel</li> </ul>

**Was kannst du tun?**

Jeder kann etwas tun, um den Ausstoß von CO2 zu verringern. Was denkst du, trägt dazu bei?

Verschlechtert Treibhauseffekt	Verbessert Treibhauseffekt
<ul style="list-style-type: none"> <li>- viel Papier verwenden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- techn. Geräte ausschalten</li> <li>- Heizung zurückdrehen</li> </ul>
<p>Das ist richtig. Klicke auf diese Schaltfläche um fortzufahren.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exotische Früchte kaufen</li> <li>- viel Fleisch essen</li> </ul>	

**Lassen wir es nicht soweit kommen!**

Wir haben nur eine Erde, deshalb lasst uns alles versuchen, sie gesund zu halten!




## Kein Ergebnis ohne Rechnung!

In euren Versuchsunterlagen findet ihr eine Rechnung zu diesem Versuch!

**Bitte bearbeitet nun die Rechenaufgabe.**

**Rechnung durchgeführt**

Erst bestätigen, nachdem du die Rechnung durchgeführt hast.

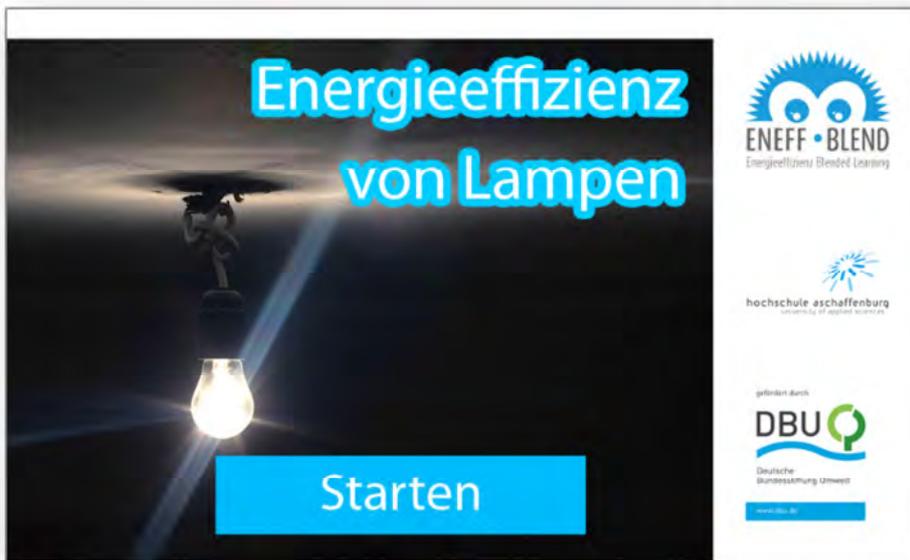
## Versuch abgeschlossen



Danke, dass du mitgemacht hast. Der Versuch ist jetzt abgeschlossen.

**Zum Anfang**

## Versuch 11 Energieeffizienz von Lampen



**Energieeffizienz  
von Lampen**

Starten

ENEFF • BLEND  
Energieeffizienz | Blended Learning

hochschule aschaffenburg  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

gefördert durch  
DBU  
Deutsche  
Bundesanstalt  
Umwelt

### Bringen wir etwas Licht ins Dunkel

Kennt man eine Lampe, kennt man sie alle! Wer mal im Baumarkt vor einem Regal mit Leuchtmitteln stand, weiß das besser.



Heutzutage gibt es unzählige Lampenarten, mit unterschiedlicher Leistung und Angaben wie Watt, Lux und Lumen.

### Wat(t) bedeutet das?

Watt (Abkürzung: W) = Elektrische Leistung

Bezeichnet den Stromverbrauch einer Lampe.

⇒ Mehr Watt = Höhere Leistung = Hellere Lampe

Lumen (Abkürzung: Lm) = Lichtstrom

Die Menge an Licht, die eine Lampe abgibt.

⇒ Mehr Lumen = Hellere Lampe

Lux (Abkürzung: Lx) = Beleuchtungsstärke

Gibt an, wie viel Licht auf einer Fläche ankommt

⇒ Mehr Lux = Mehr Licht pro  $m^2$  = Hellere Fläche

Ordne die Begriffe den Kästchen zu.

Abkürzung: Lx                      Abkürzung: W                      Zurücksetzen  
 Elektrische                      Beleuchtungs-                      Prüfen  
 Leistung                      stärke                      Lichtstrom                      Abkürzung: Lm

Lumen	Watt	Lux

Ordne die Begriffe den Kästchen zu.

Zurücksetzen  
Prüfen

Abkürzung: Lm Lichtstrom	Abkürzung: W Elektrische Leistung	Abkürzung: Lx Beleuchtungs- stärke
Lumen	Watt	Lux

Ordne die Begriffe den Kästchen zu.

Das ist richtig.  
Klicke auf diese Schaltfläche um fortzufahren.

Abkürzung: Lm Lichtstrom	Abkürzung: W Elektrische Leistung	Abkürzung: Lx Beleuchtungs- stärke
Lumen	Watt	Lux

## Das leuchtet mir nicht ein?!



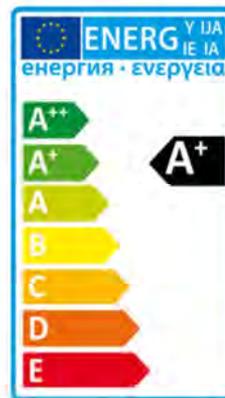
Bildquelle: Viktor Mildenberger / pixelio.de

Heutzutage gibt es viele verschiedene Lampentypen und die tatsächliche Helligkeit lässt sich nicht mehr einfach von der Wattangabe ablesen.

Der Lichtstrom (in Lumen) sagt uns wie hell eine Lampe scheinen wird.

## Wie vergleiche ich Birne ... mit Birne?

Wie vergleicht man Lampen die bei 4 Watt Leistung 250 Lumen erzeugen und Lampen die bei 25 Watt Leistung nur 220 Lumen erzeugen? Dazu wird die Lichtausbeute aller Lampen berechnet und in Energieeffizienzklassen unterteilt.



## Lichtausbeute. Beuten wir es aus, Arrrrr!

Das Verhältnis von erzeugtem Licht zu verbrauchtem Strom wird Lichtausbeute genannt und in Lichtstrom durch Leistung (lm/W) angegeben.



## Lichtausbeute. Beuten wir es aus, Arrrr!

Physikalisch liegt die höchstmögliche Lichtausbeute bei 350 lm/W. Modernste LEDs erreichen bereits 300 lm/W.



## Sicherheitshinweis!

VORSICHT! Lampen werden heiß.  
Verbrennungsgefahr. Handschuhe benutzen.

VORSICHT! Elektrische Spannung.  
Vor Wechseln der Lampe, Strom ausschalten.

Ich habe den Sicherheitshinweis gelesen, verstanden  
und einen Betreuer informiert.

## Durchführung des Versuchs

Die Anleitung zum Durchführen des Versuchs findest du auf dem ausgedruckten Versuchsprotokoll. Für den Versuch brauchst du das Tablet nicht.

⇒ Lege jetzt das Tablet zur Seite und folge der Anleitung auf dem Versuchsprotokoll.

Versuch durchgeführt

Erst bestätigen, nachdem du den Versuch durchgeführt hast!

## Welche Lampe hat die höchste Lichtausbeute?

Orde die Lampen in der richtigen Reihenfolge an:

			
Energiesparlampe	LED	Halogenlampe	Glühlampe
Geringste			Höchste
		Zurücksetzen	Prüfen

Bildquelle: Tim Reckmann / pixelio.de

## Welche Lampe hat die höchste Lichtausbeute?

Orde die Lampen in der richtigen Reihenfolge an:

			
Geringste			Höchste
		Zurücksetzen	Prüfen

Bildquelle: Tim Reckmann / pixelio.de

## Welche Lampe hat die höchste Lichtausbeute?

Orde die Lampen in der richtigen Reihenfolge an:

Das ist richtig.  
Klicke auf diese Schaltfläche um fortzufahren.



Geringste



Höchste

Bildquelle: Tim Reckmann / pixelio.de

## Glühlampe



Bildquelle: Tim Reckmann / pixelio.de

In einer Glühlampe fließt Strom durch einen Draht aus Wolfram. Der Draht ist so dünn, dass der hindurchfließende Strom ihn erhitzt und so zum Leuchten bringt. Eine herkömmliche Glühlampe erzeugt deutlich mehr Wärme als Licht.



## Halogenlampe

Halogenlampen besitzen genau wie Glühbirnen einen Glühdraht aus Wolfram. Dieser befindet sich jedoch in einem kleineren Glaskolben. Der Glaskolben aus Quarzglas ist mit einem Halogen gefüllt, zum Beispiel Brom oder Iod.



Bildquelle: Tim Reckmann / pixelio.de



## Energiesparlampe



Bildquelle: Tim Reckmann / pixelio.de

An den Enden der Leuchtröhre befinden sich Elektroden, zwischen denen Strom in Form elektrischer Entladungen fließt. Die dabei erzeugte UV-Strahlung, bringt Leuchtstoffe an der Innenseite der Leuchtröhre zum Leuchten.



## LED-Lampen

Leuchtdioden wandeln elektrischen Strom direkt in Licht um. Innerhalb der Diode kann der Strom nur in eine Richtung durch einen Halbleiter fließen. Durchquerende Elektronen lassen den Halbleiter Strom in Form von Licht abstrahlen.



Bildquelle: Tim Reckmann / pixelio.de



## Kein Ergebnis ohne Rechnung!

In euren Versuchsunterlagen findet ihr eine Rechnung zu diesem Versuch.

**Bitte bearbeitet nun die Rechenaufgabe.**

**Rechnung durchgeführt**

Erst bestätigen, nachdem du die Rechnung durchgeführt hast.

## Versuch abgeschlossen



Danke, dass du mitgemacht hast. Der Versuch ist jetzt abgeschlossen.

[Zum Anfang](#)