



DEUTSCHE  
GESELLSCHAFT FÜR  
ZERSTÖRUNGSFREIE  
PRÜFUNG E.V.

ZfP-Sonderpreis der DGZfP beim Landeswettbewerb Jugend forscht

## SCHLESWIG-HOLSTEIN



### **Strombedarf eines Einfamilienhauses**

Moritz Roth

Felix Roth

#### **Schule:**

Deutsche Schule Stockholm  
Karlavägen 25  
Stockholm  
SCHWEDEN  
114 31

# **Stromverbrauch eines Einfamilienhauses**



## **Inhaltsangabe**

|  |                 |
|--|-----------------|
| <b>1 Einleitung</b> .....  | <b>Seite 2</b>  |
| <b>2 Fragestellungen</b> .....   | <b>Seite 2</b>  |
| <b>3 Hypothesen</b> .....  | <b>Seite 2</b>  |
| <b>4 Material und Methoden</b> .....   | <b>Seite 3</b>  |
| 4.1 Material .....   | Seite 3         |
| 4.1.1 Unser Haus   |                 |
| 4.1.2 Das mobile Strommessgerät  |                 |
| 4.1.3 Der Stromzähler unseres Hauses   |                 |
| 4.2 Methoden .....   | Seite 4         |
| 4.2.1 Messung des Stromverbrauches der verschiedenen Geräte  |                 |
| 4.2.2 Ermittlung des Gesamtstromverbrauches unseres Hauses   |                 |
| 4.2.3 Ermittlung des jährlichen Gesamtstromverbrauches der einzelnen Geräte                              |                 |
| <b>5 Ergebnisse</b> .....  | <b>Seite 7</b>  |
| 5.1 Ermittlung des Gesamtstromverbrauches unseres Hauses .....   | Seite 7         |
| 5.2 Wie viel Strom verbrauchen die verschiedenen Geräte<br>in unserem Haus nach unseren Messungen? ..... | Seite 8         |
| <b>6 Diskussion</b> .....  | <b>Seite 11</b> |
| <b>7 Literatur</b> .....   | <b>Seite 13</b> |

# Stromverbrauch eines Einfamilienhauses

## 1 Einleitung

Wir interessieren uns für Physik, und unsere Schule nimmt an einem Projekt der Stadt Stockholm teil, das das Ziel hat, den Ausstoß von Treibhausgasen zu vermindern. Deshalb wollen wir Möglichkeiten erforschen, Strom zu sparen.

### **Was sind Leistung, Arbeit etc.?**

Physikalisch gesehen gilt für Leistung:

$$\text{Leistung} = \text{Arbeit} : \text{Zeit.}$$

Dabei ist

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule} : \text{Sekunde.}$$

Physikalisch gesehen gilt für Energie:

$$\text{Energie} = \text{Leistung} \cdot \text{Zeit.}$$

Dabei ist

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \cdot \text{Stunde}$$

(= 1.000 Watt · 3.600 Sekunden = 3,6 · 10<sup>6</sup> J = 3,6 MJ = 3,6 Mio. Ws)

## 2 Fragestellungen

- Wie viel Strom verbraucht ein freistehendes Haus?
- Wo wird in einem Haushalt am meisten Strom verbraucht?

## 3 Hypothesen

Wir vermuten, dass Kühlschrank, Kühltruhe, Heizung und Fernseher am meisten Strom verbrauchen, vielleicht auch der Computer.

## **4 Material und Methoden**

### **4.1 Material**

#### **4.1.1 Unser Haus**

Unser Haus ist 192 m<sup>2</sup> groß und hat insgesamt 7 Zimmer, Küche, 2 Bäder, Flur und eine Waschküche. Es liegt am See „Norrviken“ nördlich von Stockholm. Es ist ein freistehendes Einfamilienhaus, in dem wir zwei Kinder mit den Eltern wohnen. Das Haus ist zweistöckig.

Das Haus wurde 2005 fertig gestellt und verfügt über moderne Isolierung mit dreifach verglasten Fenstern. Die Heizung wird mit Strom betrieben. Es handelt sich um eine Abluft-Wärmepumpe. Im Erdgeschoss ist eine Fußbodenheizung und im Obergeschoss sind Heizkörper installiert. Im Badezimmer befindet sich eine Fußbodenheizung mit elektrischen Heizschleifen. Während des Winters 2004/05 war die Heizungsanlage noch nicht optimal eingestellt. Seit Herbst 2005 kann zusätzlich mit einem Kachelofen geheizt werden (Entlastung der Heizung in der Übergangsperiode).

Die Küchengeräte wurden sämtlich nach Energiesparaspekten ausgewählt (Klasse A).



### **4.1.2 Das mobile Strommessgerät**

Den Strommesser (Firma Etech) kann man zwischen Gerät und Steckdose anbringen.

### **4.1.3 Der Stromzähler unseres Hauses**

Der Stromzähler des Hauses ist fest neben dem „Hintereingang“ montiert (siehe Bild).

## **4.2 Methoden**

### **4.2.1 Messung des Stromverbrauches der verschiedenen Geräte**

Mit dem **Strommesser** haben wir folgendes gemessen:

- Deckenstrahler Stand-by
- Eco-Modus der Spülmaschine
- Aufladen Gameboy Advance SP
- Aufladen Elektrischer Zahnbürste
- Licht von Spülmaschine
- Wasserkocher 1,6l
- Eierkocher
- Wasserkocher 500ml
- Dampfreiniger
- Espressomaschine (für eine Tasse)
- Deckenstrahler
- Waschmaschine: Aus
- Fernsehanlage
- Spülmaschine 45°C
- Spülmaschine 50°C
- Kühlschrank (8°C)
- Waschmaschine (40°)
- Waschmaschine 60°C Kurzwäsche
- Bügeleisen
- Computer in Betrieb
- Gefrierschrank (-18°C)

Den Strommesser bringen wir zwischen Gerät und Steckdose an und lassen ihn entweder eine kurze Zeit (z.B. 5 min, bei Stehlampen usw.), eine vorgegebene Zeit (z.B. eine Laufzeit bei Spülmaschine) oder einen Tag (z. B. bei Kühltruhe) dort.

Anhand des **Stromzählers des Hauses** ermittelten wir folgendes:

- Heizung und Warmwasser

Um die Heizung zu messen, haben wir alle Geräte im Haus ausgeschaltet und den Zählerstand des Hauses abgelesen. Nach 2h 33min haben wir erneut den Zählerstand abgelesen. Den Unterschied an Strom hat die Heizung bzw. der Warmwasserbehälter verbraucht.

**Ausgerechnet** haben wir den Verbrauch der Deckenlampen, indem wir die Wattzahl auf den Glühbirnen ablasen und dann mit der abgeschätzten täglichen Brenndauer multiplizierten

- Deckenbeleuchtung (s. Tabelle 2)

Alle anderen Angaben sind **Herstellerangaben**, also:

- Heizung der Garage
- Trockenschrank 50°C und 70°C
- Backofen und Herd

Diese drei Verbraucher konnten wir nicht messen, da die Steckdose für uns nicht erreichbar war. Wir übernahmen deshalb die Angaben des Herstellers ab und schätzten die Betriebsdauer ab.

Außerdem lesen wir einmal pro Woche den Zählerstand des Hauses ab.

#### **4.2.2 Ermittlung des Gesamtstromverbrauches unseres Hauses**

##### **Warum?**

Wir entnehmen den Stromrechnungen den Jahresstromverbrauch, um zu sehen, ob unsere Messwerte vollständig und korrekt sind.

### **a) Stromrechnungen**

Um den Durchschnittswert des Jahres zu errechnen, haben wir sechs Stromrechnungen von zusammen 12 Monaten ( Januar – Dezember ) genommen. Die Werte davon haben wir addiert, um den Jahresverbrauch zu erhalten.

### **b) Ablesungen des Stromzählers**

Den Stromzähler lesen wir ab, um herauszufinden, ob der errechnete Jahresverbrauch ungefähr stimmt..

### **Durchschnittswert aus a) und b)**

Um den Durchschnittswert zu errechnen haben wir den Wert von b) zu dem Wert von a) addiert und das Ergebnis durch zwei geteilt.

## **4.2.3 Ermittlung des jährlichen Gesamtstromverbrauches der einzelnen Geräte**

Die beiden Excel-Tabellen sind so aufgebaut:

Ganz links steht das Gerät, an dem gemessen wurde. Daneben stehen Leistung (Watt), Messdauer und Messwert. Diese Werte wurden vom Strommesser abgelesen. Dann kommt Leistung pro Stunde (Messwert/Messdauer), Anzahl der Tage im Monat an denen das Gerät benutzt wird, Anzahl der Benutzungen pro Tag (Häufigkeit pro Monat / 30), Betriebsdauer (pro Benutzung), Betriebsdauer pro Tag (Betriebsdauer / Häufigkeit pro Tag), und zuletzt der Energieverbrauch pro Tag (Leistung pro Stunde \* Betriebsdauer pro Tag).

Die Lampen wurden getrennt ausgerechnet und mit einem Gesamtwert in der Tabelle 1 berücksichtigt.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Ermittlung des Gesamtstromverbrauches unseres Hauses

#### a) Stromrechnungen

Die Stromrechnungen sind etwas ungenau, da z.T. noch die Bauphase des Hauses erfasst worden ist.

|       | Periode       | Stromverbrauch |
|-------|---------------|----------------|
| 1     | 18.1 – 31.5   | 10047 kWh      |
| 2     | 31.3 – 31.7   | 4765 kWh       |
| 3     | 19.5 – 31.7   | 2776 kWh       |
| 4     | 1.8 – 29.10   | 4012 kWh       |
| 5     | 30.10 – 29.12 | 3995 kWh       |
| Summe |               | 21595 kWh      |

Die Summe der sechs Stromrechnungen ergibt also 19445 kWh.

#### b) Ablesungen des Stromzählers in KW 38, KW 41 und KW 42

Wochenverbrauch als Mittelwert aus drei Wochen: 345.82 kWh

Jahresverbrauch nach diesem Mittelwert:  $345.82 \text{ kWh} * 52 = \underline{17982.64 \text{ kWh}}$

#### c) Durchschnittswert aus a) und b)

$$(19445 \text{ kWh} + 17982.64 \text{ kWh}) : 2 = \underline{18713,5 \text{ kWh}}$$

### 5.2 Wie viel Strom verbrauchen die verschiedenen Geräte in unserem Haus nach unseren Messungen?

Addiert man alle einzelnen Messungen, die wir von den diversen Geräten vorgenommen haben und rechnet sie auf ein Jahr hoch, so erhält man einen Jahresverbrauch von 19007,29 kWh pro Jahr.

Somit unterscheidet sich der von uns ermittelte Wert um 293,79 kWh von dem tatsächlichen Stromverbrauch des Hauses.



**Tab. 1: Ermittlung des jährlichen Gesamtstromverbrauches der einzelnen Geräte**

| Gerät                                  | Leistung<br>(Watt = W) | Messdauer<br>(h) | Messwert<br>(kWh) | Messwert<br>(kWh/h) | Häufigkeit<br>(Tage/Monat) | Häufigkeit<br>(pro Tag) | Betriebsdauer<br>(h/pro Ereignis) | Betriebsdauer<br>(h/Tag) | Energieverbrauch<br>(kWh/Tag) |
|--|------------------------|------------------|-------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Deckenstrahler Stand-by                | 0                      | 0,08             | 0                 | 0,0000              | 30,0000                    | 1,0000                  | 23,5000                           | 23,5000                  | 0,0000                        |
| Eco-Modus der Spülmaschine             | unbekannt              | 2,61             | 1,13              | 0,4330              | 0,0000                     | 0,0000                  | 0,0000                            | 0,0000                   | 0,0000                        |
| Trockenschrank 50°C (Herstellerangabe) | 2035                   | 1,60             | 2,8               | 1,7500              | 2,0000                     | 0,0667                  | 0,0000                            | 0,0000                   | 0,0000                        |
| Trockenschrank 70°C (Herstellerangabe) | 2035                   | 1,40             | 2,8               | 2,0000              | 0,0000                     | 0,0000                  | 0,0000                            | 0,0000                   | 0,0000                        |
| Aufladen Gameboy Advance SP            | 4                      | 2,73             | 0,01              | 0,0037              | 4,0000                     | 0,1333                  | 3,0000                            | 0,4000                   | 0,0015                        |
| Aufladen Elektrischer Zahnbürste       | 6                      | 9,67             | 0,06              | 0,0062              | 3,0000                     | 0,1000                  | 10,0000                           | 1,0000                   | 0,0062                        |
| Licht von Spülmaschine                 | unbekannt              | 0,75             | 0,01              | 0,0133              | 30,0000                    | 1,0000                  | 0,5000                            | 0,5000                   | 0,0067                        |
| Wasserkocher 1,6l                      | 1936                   | 0,06             | 0,12              | 1,8947              | 2,0000                     | 0,0667                  | 0,0600                            | 0,0040                   | 0,0076                        |
| Eierkocher                             | 280                    | 0,38             | 0,1               | 0,2647              | 5,0000                     | 0,1667                  | 0,3300                            | 0,0550                   | 0,0146                        |
| Wasserkocher 500ml                     | 1936                   | 0,03             | 0,06              | 1,8621              | 12,0000                    | 0,4000                  | 0,03                              | 0,0120                   | 0,0223                        |
| Dampfreiniger                          | 1346                   | 0,38             | 0,5               | 1,3196              | 1,0000                     | 0,0333                  | 1,0000                            | 0,0333                   | 0,0440                        |
| Espressomaschine (für eine Tasse)      | 1136                   | 0,02             | 0,01              | 0,6000              | 38,0000                    | 1,2667                  | 0,0800                            | 0,1013                   | 0,0608                        |
| Deckenstrahler                         | 286                    | 0,13             | 0,03              | 0,2400              | 30,0000                    | 1,0000                  | 0,5000                            | 0,5000                   | 0,1200                        |
| Waschmaschine: Aus                     | 9                      | 1,00             | 0,01              | 0,0100              | 30,0000                    | 1,0000                  | 19,5000                           | 19,5000                  | 0,1950                        |
| Zentralstaubsauger                     | 1690                   | 1,00             | 1,69              | 1,6900              | 4,3333                     | 0,1444                  | 1,0000                            | 0,1444                   | 0,2441                        |
| Backofen (Herstellerangabe)            | unbekannt              |                  |                   | 0,83                | 10,0000                    | 0,3333                  | 1,0000                            | 0,3333                   | 0,2767                        |
| Fernsehanlage                          | 140                    | 4,54             | 0,71              | 0,1565              | 30,0000                    | 1,0000                  | 2,0000                            | 2,0000                   | 0,3131                        |
| Tv-Anlage im Standby                   | 27                     | 1,01             | 0,02              | 0,0197              | 30,0000                    | 1,0000                  | 22,0000                           | 22,0000                  | 0,4342                        |
| Spülmaschine 45°C                      | 50-115                 | 1,12             | 0,73              | 0,6526              | 15,0000                    | 0,5000                  | 1,5000                            | 0,7500                   | 0,4894                        |
| Spülmaschine 50°C                      | 50-120                 | 1,52             | 1,04              | 0,6857              | 15,0000                    | 0,5000                  | 1,5000                            | 0,7500                   | 0,5143                        |
| Kühlschrank (8°C)                      | 20-80                  | 26,48            | 0,58              | 0,0219              | 30,0000                    | 1,0000                  | 24,0000                           | 24,0000                  | 0,5256                        |
| Waschmaschine (40°)                    | unbekannt              | 2,61             | 1,13              | 0,4330              | 15,0000                    | 0,5000                  | 2,6100                            | 1,3050                   | 0,5651                        |
| Waschmaschine 60°C Kurzwäsche          | 12-2970.0              | 1,61             | 1,13              | 0,7020              | 15,0000                    | 0,5000                  | 1,6100                            | 0,8050                   | 0,5651                        |
| Kochherd                               | verschiedene Platten   |                  |                   |                     |                            |                         |                                   |                          | 0,7000                        |
| Bügeleisen                             | 1300                   | 0,17             | 0,2               | 1,1613              | 20,0000                    | 0,6667                  | 1,0000                            | 0,6667                   | 0,7742                        |
| Computer in Betrieb                    | unbekannt              | 2,07             | 0,46              | 0,2226              | 30,0000                    | 1,0000                  | 4,0000                            | 4,0000                   | 0,8906                        |
| Heizung Garage                         | 80                     | 1,00             | 0,08              | 0,0800              | 10,0000                    | 1,0000                  | 12,0000                           | 12,0000                  | 0,9600                        |
| Gefrierschrank (-18°C)                 | 2-110                  | 24,34            | 0,98              | 0,0403              | 30,0000                    | 1,0000                  | 24,0000                           | 24,0000                  | 0,9664                        |
| Lampen                                 | 1935                   |                  |                   |                     |                            |                         |                                   |                          | 1,2621                        |
| Fußbodenheizung Bad                    | 490                    | 1,00             | 0,49              | 0,4900              | 30,0000                    | 1,0000                  | 12,0000                           | 12,0000                  | 5,8800                        |
| Heizung                                | unbekannt              | 2,55             | 3,85              | 1,5098              | 15,0000                    | 1,0000                  | 24,0000                           | 24,0000                  | 36,2353                       |
|  |                        |                  |                   |                     |                            |                         |                                   | Tageswert                | 52,0748                       |
|  |                        |                  |                   |                     |                            |                         |                                   | Jahreswert               | 19007,2942                    |

**Tab. 2: Ermittlung des jährlichen Gesamtstromverbrauches der einzelnen Lampen im Haus (in Tab. 1 beinhaltet)**

| Raum                 | Anzahl Lampen | Leistung<br>(Watt = W) | Gesamt Leistung<br>(Watt = W) | Zeit/Tag<br>(min) | Energieverbrauch<br>(Wh/Tag) | Energieverbrauch<br>(kWh/Tag) | Energieverbrauch<br>(kWh/Jahr) |
|----------------------|---------------|------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Kinderzimmer         | 2             | 20                     | 40                            | 15                | 10,00                        | 0,0100                        | 3,6500                         |
| Allrum               | 2             | 35                     | 70                            | 30                | 35,00                        | 0,0350                        | 12,7750                        |
|                      | 3             | 40                     | 120                           | 30                | 60,00                        | 0,0600                        | 21,9000                        |
|                      | 1             | 50                     | 50                            | 30                | 25,00                        | 0,0250                        | 9,1250                         |
|                      | 1             | 20                     | 20                            | 5                 | 1,67                         | 0,0017                        | 0,6083                         |
| Schlafzimmer         | 3             | 50                     | 150                           | 15                | 37,50                        | 0,0375                        | 13,6875                        |
| Bad                  | 2             | 15                     | 30                            | 40                | 20,00                        | 0,0200                        | 7,3000                         |
|                      | 2             | 50                     | 100                           | 30                | 50,00                        | 0,0500                        | 18,2500                        |
| Arbeitszimmer Eltern | 3             | 50                     | 150                           | 10                | 25,00                        | 0,0250                        | 9,1250                         |
| Arbeitszimmer Kinder | 2             | 50                     | 100                           | 5                 | 8,33                         | 0,0083                        | 3,0417                         |
| Vorrat OG            | 1             | 40                     | 40                            | 0                 | 0,00                         | 0,0000                        | 0,0000                         |
| Treppe               | 1             | 20                     | 20                            | 45                | 15,00                        | 0,0150                        | 5,4750                         |
| Flur                 | 5             | 50                     | 250                           | 25                | 104,17                       | 0,1042                        | 38,0208                        |
| Tvättstuga           | 3             | 40                     | 120                           | 60                | 120,00                       | 0,1200                        | 43,8000                        |
| Vorrat EG            | 1             | 40                     | 40                            | 5                 | 3,33                         | 0,0033                        | 1,2167                         |
| WC                   | 1             | 50                     | 50                            | 10                | 8,33                         | 0,0083                        | 3,0417                         |
|                      | 2             | 15                     | 30                            | 15                | 7,50                         | 0,0075                        | 2,7375                         |
| Küche                | 1             | 60                     | 60                            | 15                | 15,00                        | 0,0150                        | 5,4750                         |
|                      | 1             | 50                     | 50                            | 45                | 37,50                        | 0,0375                        | 13,6875                        |
|                      | 6             | 20                     | 120                           | 90                | 180,00                       | 0,1800                        | 65,7000                        |
| Wohnzimmer           | 5             | 40                     | 200                           | 135               | 450,00                       | 0,4500                        | 164,2500                       |
|                      | 1             | 20                     | 20                            | 120               | 40,00                        | 0,0400                        | 14,6000                        |
| Bibliothek           | 3             | 35                     | 105                           | 5                 | 8,75                         | 0,0088                        | 3,1938                         |
|                      |               |                        |                               |                   |                              |                               |                                |
| <b>Summe</b>         | <b>52</b>     |                        | <b>1935</b>                   | <b>780</b>        | <b>1262,08</b>               | <b>1,2621</b>                 | <b>460,6604</b>                |



## **6 Diskussion**

Insgesamt decken sich unsere Messungen und Schätzungen mit dem Jahresverbrauch.

Der durchschnittliche Gesamtverbrauch (nach Stromrechnungen) unseres Hauses beträgt pro Jahr 18713,5 kWh (Siehe auch unter „Ermittlung des Gesamtstromverbrauches“).

Nach unseren Messungen beträgt der Gesamtstromverbrauch ca. 19007 kWh, also 293,5 kWh Unterschied. Dieser Unterschied liegt im Rahmen der jährlichen Abweichungen des Stromverbrauchs (unter 3%) und damit im Rahmen der Genauigkeit der Erfassungsmöglichkeiten, wir haben also anscheinend kein Gerät vergessen zu berücksichtigen und auch keines übertrieben stark gewertet..

Unsere Hypothesen haben sich bestätigt, denn ~90% des Gesamtverbrauches machen Heizung inklusive elektrische Fußbodenheizung und Kühlschrank, Kühltruhe, PCs und Fernseher aus. Die Heizung mit Fußbodenheizung im Bad und Warmwasser ist der mit Abstand größte Energieverbraucher (~80%). Die Beleuchtung ist der drittgrößte Einzelposten mit ~2,4%.

Die Möglichkeiten, Energie zu sparen, indem die Bauweise des Hauses verbessert wird, sind beschränkt. Es handelt sich um ein Haus nach dem neuesten Stand der Isolierungstechnik. Als einzige Schwachstelle könnte man den Dachboden ansehen, der nicht isoliert ist. Die Decke im OG ist allerdings mit 40 cm starker Isolierschüttung versehen.

Da die Heizung den Großteil des Energieverbrauchs ausmacht, muss man vor allem hier nach Einsparmöglichkeiten suchen

Es gibt alternative Methoden, Wärme in einem Haus zu erzeugen. Diese Methoden können allerdings auch Nachteile haben, z.B. Abgasentwicklung.

- Wärmeerzeugung mit Gas
- Wärmeübertragung mit Fernwärme
- Wärmepumpe mit Erdwärmennutzung

Am einfachsten kann man selbst Energie sparen, indem man weniger Wärme verbraucht:

- Raumtemperatur absenken, z.B. während der Nacht
- Heizung abschalten während Abwesenheit
- Fenster und Türen nur kurzzeitig zum Lüften öffnen

Außerdem ist es wichtig, die Heizungsanlage optimal einzustellen und regelmäßig zu warten.

Andere Möglichkeiten, Energie zu sparen, sind relativ begrenzt aber trotzdem wichtig:

- Stand-by von Geräten vermeiden, Geräte ganz ausschalten
- Duschen anstatt zu Baden (weniger Warmwasserverbrauch)
- Spül- und Waschmaschine optimal füllen
- Licht nur dort anmachen, wo man sich aufhält
- Energiesparlampen einbauen
- Alte Geräte durch moderne, energiesparende Geräte ersetzen

Man kann also durchaus noch etwas Energie sparen, wenn man zur Senkung des Energieverbrauches beitragen will.

## **7 Literatur**

<http://de.wikipedia.org> (30.11.05)