

## Modul 9: Physikalische Grundlagen



Welche elektrische *Leistung* ein Gerät für seinen Betrieb benötigt, ist oft auf einem Pickerl oder der Produktbeschreibung angegeben, die Einheit dafür ist Watt (W). Der *Energieverbrauch* wird in der Regel in Kilowattstunden (kWh) angegeben. Am Stromzähler z.B. lässt er sich direkt ablesen, der Verbrauch von Gas (in m<sup>3</sup>) oder Öl (in Litern) lässt sich in kWh umrechnen. Was diese Einheiten bedeuten und wie von der Leistung in Watt auf den Verbrauch in Kilowattstunden geschlossen werden kann, wird in dieser Einheit behandelt.

### Elektrische Spannung / Stromstärke/ Widerstand

Die folgenden Begriffe finden sich manchmal auf Gerätebeschreibungen. Es ist gut zu wissen, dass sich aus den Angaben von Spannung (V) und Stromstärke (A) einfach die von einem Gerät benötigte Leistung errechnen lässt:

$$\text{Spannung} \cdot \text{Stromstärke} = \text{Leistung}$$

Stromstärke	Elektrische Spannung	Widerstand
Gibt an, wie viel elektrische Ladung sich in jeder Sekunde durch den Querschnitt eines Leiters bewegt.	Gibt an, wie stark der Antrieb des elektrischen Stroms ist.	Gibt an, wie stark der Strom im Stromkreis behindert wird.
Einheit: Ampere (A)	Einheit: Volt (V) Durch das Stromnetz vorgegeben. In Europa 230 V	Einheit: Ohm ( $\Omega$ )

Die Broschüre "Energie – dem Unsichtbaren mit Experimenten auf der Spur" des Energieversorgers EVN gibt folgenden, anschaulichen Vergleich:

- *Stromspannung (elektrische Spannung): Die elektrische Spannung wird in Volt gemessen. Vergleicht man den elektrischen Strom mit einem Fluss, so ist die Spannung das Gefälle des Flusses. Die elektrische Spannung ist sozusagen der Elektronendruck, also jene Kraft, die die Elektronen von einem Pol zum anderen treibt. Ist der Ladungsunterschied zwischen dem negativen und dem positiven Pol sehr hoch, dann fließen die Elektronen mit großer Kraft vergleichbar mit einem tosenden Wasserfall (z.B. 220 Volt aus der Steckdose, ca. 100.000 Volt in Hochspannungsleitungen zur Übertragung des Stroms über weite Strecken). Eine Batterie hat sehr wenig Spannung, vergleichbar mit einem ganz langsam fließenden Fluss (z.B. hat die Flachbatterie für die Stromkreis-Versuche 4,5 Volt).*
- *Stromstärke: Die Stromstärke wird in Ampère gemessen. Beim Vergleich mit dem Fluss wäre die Stromstärke die Wassermenge, die der Fluss mit sich führt. Physikalisch ausgedrückt ist die Stromstärke jene Ladungsmenge, die pro Sekunde durch den Leiterquerschnitt fließt. Eine geringe Stromstärke entspricht sozusagen einem kleinen Rinnsal, eine große Stromstärke einem breiten Fluss.<sup>1</sup>*

### **Leistung und Verbrauch – Die Einheiten Watt und Kilowattstunde**

Um bei dem Beispiel von oben zu bleiben: wenn nun das kleine Rinnsal mit wenig Wasser (= kleine Stromstärke, wenig Ampere) an einem Wasserfall mit großem Gefälle (=große Spannung, Volt) eine Turbine antreibt wird Arbeit verrichtet bzw. Energie erzeugt oder besser umgewandelt. Genauso könnte sich aber die Turbine in einem breiten Fluss befinden, der ein geringes Gefälle hat. Die Größe der Arbeit ist immer abhängig von der Menge des Wassers, der Fließgeschwindigkeit, sowie der Zeitspanne, während der die Turbine arbeitet.

#### **Spannung x Stromstärke = Leistung**

**Leistung ist die Arbeit/Energie pro Zeit, also jene Arbeit, die in jedem Moment verrichtet wird.**

#### **Leistung x Zeit = Arbeit bzw. Energie**

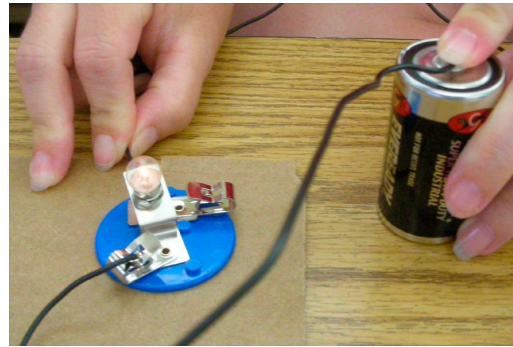
**Wird eine Leistung über einen bestimmten Zeitraum erbracht, so ergibt sich daraus die Arbeit/Energie.**

Watt ist die Einheit für „Leistung“. Jedem Gerät muss für den Betrieb Leistung zugeführt werden. Wenn wir beispielsweise an einem kleinen Glühbirnchen ablesen, es habe eine Leistung von 1

---

<sup>1</sup> Text entnommen dem Broschüre "Energie – dem Unsichtbaren mit Experimenten auf der Spur" (<http://www.young.evn.at/schulservice/download/s.49-56.pdf>). Energie Versorgung Niederösterreich – EVN, S. 50

Watt, können wir zunächst einmal feststellen, dass hier in jedem Moment Energie umgewandelt wird. Die Umwandlung von Energie wurde im Modul 2 besprochen. In diesem Fall wird elektrische Energie (aus der Batterie) in Licht und Wärme (vom Birnchen abgestrahlt) umgewandelt. Wenn das Birnchen eine Stunde (h) brennt wird **1 Wattstunde (Wh)** elektrische Energie in Wärmeenergie und Lichtenergie umgewandelt.



Die meisten elektrischen Geräte benötigen mehr als 1 W elektrische Energie pro Stunde. Ihre Leistung ist größer als 1 W und ihr „Verbrauch“ größer als 1 Wh. Die Leistung mancher Mikrowellenherde beträgt beispielsweise 1000 W oder 1 **Kilowatt (kW)** („kilo“ = 1000). Der Mikrowellenherd wandelt also in 1 Stunde 1 kWh elektrische Energie in Mikrowellenstrahlen (ca. 65%) und Abwärme um.

**Kilowattstunden** sind die gängige Einheit für den **Energie„verbrauch“**. Wie lange muss eine 100 Watt Glühlampe leuchten, damit sie 1kWh Strom in Licht und Wärme umwandelt? Die Glühlampe hat eine Leistung von 100 Watt. Wenn sie eine Stunde lang brennt, „verbraucht“ sie 100 Wh oder 0,1 kWh. Als Gleichung geschrieben:

$$100 \text{ W} \cdot 1 \text{ Std} = 100 \text{ Wh} = 0,1 \text{ kWh}$$

$$100 \text{ W} \cdot 10 \text{ Std} = 1000 \text{ Wh} = 1 \text{ kWh}$$

In 10 Stunden „verbraucht“ die 100 Watt Glühlampe also 1 kWh elektrische Energie. Wenn ein Stromanbieter jede kWh beispielsweise mit 20 Cent in Rechnung stellt, kostet der Betrieb dieser Glühlampe also alle 10 Stunden 20 Cent.

### Berechnung von Verbräuchen

Wenn die Leistung eines Gerätes bekannt ist, kann bei Geräten mit gleichbleibender Leistung der Stromverbrauch errechnet werden. Zunächst wird die Leistung (Watt) durch 1000 geteilt, um den Wert in Kilowatt auszudrücken. Kilowatt (kW) ist die gebräuchlichere Einheit, wenn schließlich der Stromverbrauch – in kWh - angegeben werden soll:

Beispiel Energiesparlampe:

$$15 \text{ Watt (Leistung)} = \mathbf{0,015 \text{ kW (Leistung)}} \times 1 \text{ Std (Brenndauer)} = \mathbf{0,015 \text{ kWh (Verbrauch)}}$$

Beispiel 100 Watt Glühlampe:

$$100 \text{ Watt (Leistung)} = \mathbf{0,1 \text{ kW (Leistung)}} \times 1 \text{ Std (Brenndauer)} = \mathbf{0,1 \text{ kWh (Verbrauch)}}$$

Beispiel Heizlüfter:

$$2200 \text{ Watt (Leistung)} = \mathbf{2,2 \text{ kW (Leistung)}} \times 1 \text{ Std (Betriebsdauer)} = \mathbf{2,2 \text{ kWh (Verbrauch)}}$$

Was alle elektrischen Geräte eines Haushalts zusammen verbrauchen, ist auf dem Stromzähler abzulesen. Beispiel: Stromverbrauch eines Haushalts in 24 Stunden

Zählerstand	Zählerstand	Anmerkungen:
15.5.2012 16:30 Uhr	15.5.2012 16:30 Uhr	1. Die Zahlen im roten Bereich sind Nachkommastellen (Zehntel-kWh)
		2. Auf die gleiche Weise lässt sich natürlich auch der Gasverbrauch eines Haushalts über einen bestimmten Zeitraum anhand der Gaszähluhr bestimmen.
Differenz = Tagesverbrauch: ca. 2,85 kWh		

### Stromverbrauch und Stromkosten eines Gerätes ermitteln

Mit den Leistungsangaben auf dem Gerät oder der Verpackung lässt sich der Stromverbrauch von Elektrogeräten auf einfache Weise nachvollziehen ohne ein Strommessgerät zu verwenden. Es ist lediglich abzuschätzen wie lange das Gerät pro Tag, pro Jahr oder während eines beliebigen Zeitraums in Betrieb ist. Dieses Ergebnis kann man mit dem Stromverbrauch aus der Jahresabrechnung vergleichen, um ein Gefühl dafür zu bekommen, welche Geräte in einem Haushalt den meisten Strom verbrauchen. Weiters lässt sich so leicht berechnen, wie viel der Betrieb eines Gerätes kostet. Im Folgenden wird, der Einfachheit halber, von Kosten pro Jahr ausgegangen, was übrigens bei Beratungen üblich ist.

#### Die Rechenschritte in Worten:

1. Leistungszahl finden (Typenschild, Verpackung)
2. W in kW umrechnen ( $W : 1000$ )
3. mal Betriebsstunden pro Tag (abschätzen)
4. mal Tage pro Jahr (abschätzen)
5. das Ergebnis ist der Jahresverbrauch in kWh
6. mal angenommener Strompreis (von beispielsweise EUR 0,20 pro kWh)
7. das Ergebnis sind die Jahreskosten in EUR

#### Die Rechenschritte als Formel:

**Jahresverbrauch** = Leistung in W : 1000 • Stunden pro Tag • Tage pro Jahr

**Kosten** = Jahresverbrauch • 0,20 [Preis pro kWh in Euro]<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Dieser Wert ist durch den jeweils aktuellen Preis pro Kilowattstunde zu ersetzen

### Beispiele

#### Glühlampe

$\text{Verbrauch} = \text{Leistung in W} \div 1000 \cdot \text{Stunden pro Tag} \cdot \text{Tage pro Jahr}$

$$= 60 \text{ W} \div 1000 = 0,06 \text{ kW}$$

$$= 0,06 \text{ kW} \cdot 4 \text{ Stunden pro Tag} \cdot 340 \text{ Tage pro Jahr}$$

**Verbrauch = ca. 82 kWh pro Jahr**

$\text{Kosten pro Jahr} = \text{Verbrauch} \cdot \text{Preis pro kWh}$

$$= 82 \text{ kWh pro Jahr} \cdot \text{EUR } 0,20 \text{ pro kWh}$$

**Kosten pro Jahr = EUR 16,40**

Das bedeutet, dass diese eine Lampe mit einer Leistung von 60 W im Jahr mehr als EUR 16,- kostet, wenn sie 4 Stunden am Tag und 340 Tage im Jahr leuchtet.

#### Energiesparlampe

$\text{Verbrauch} = \text{Leistung in W} \div 1000 \cdot \text{Stunden pro Tag} \cdot \text{Tage pro Jahr}$

$$= 11 \text{ W} \div 1000 = 0,011 \text{ kW}$$

$$= 0,011 \text{ kW} \cdot 4 \text{ Stunden pro Tag} \cdot 340 \text{ Tage pro Jahr}$$

**Verbrauch = ca. 15 kWh pro Jahr**

$\text{Kosten pro Jahr} = \text{Verbrauch} \cdot \text{Preis pro kWh}$

$$= 15 \text{ kWh pro Jahr} \cdot \text{EUR } 0,20 \text{ pro kWh}$$

**Kosten pro Jahr = EUR 3,-**

Das bedeutet, dass diese eine Lampe mit einer Leistung von 11 W, im Jahr ca. EUR 3,- kostet, wenn sie 4 Stunden am Tag und 340 Tage im Jahr leuchtet.

#### Fernseher

$\text{Verbrauch} = \text{Leistung in W} \div 1000 \cdot \text{Stunden pro Tag} \cdot \text{Tage pro Jahr}$

$$= 55 \text{ W} \div 1000 = 0,055 \text{ kW}$$

$$= 0,055 \text{ kW} \cdot 5 \text{ Stunden pro Tag} \cdot 365 \text{ Tage pro Jahr}$$

**Verbrauch = ca. 100 kWh pro Jahr**

$\text{Kosten pro Jahr} = \text{Verbrauch} \cdot \text{Preis pro kWh}$

$$= 100 \text{ kWh pro Jahr} \cdot \text{EUR } 0,20 \text{ pro kWh}$$

**Kosten pro Jahr = EUR 20,-**

Das bedeutet, dass dieser Fernseher mit einer Leistung von 55 W, im Jahr EUR 20,- kostet, wenn er 5 Stunden am Tag und jeden Tag im Jahr eingeschaltet ist.



## Das Energiemessgerät für elektrischen Strom – Stromverbrauch selbst messen

Energiemessgeräte kommen zum Einsatz, um die Leistung, den Stromverbrauch und die Kosten von Elektrogeräten zu ermitteln. Das Messgerät wird wie ein Verlängerungskabel zwischen das zu messende Elektrogerät und die Steckdose gesteckt. Bei der Grundeinstellung lässt sich nach dem Anschließen und Einschalten des Elektrogeräts die augenblickliche Leistung in Watt auf dem Display ablesen.



Von dieser lassen sich dann, wie oben beschrieben, Rückschlüsse auf den Stromverbrauch und den dafür zu zahlenden Preis ziehen. Die meisten Messgeräte lassen sich so einstellen, dass auch die Verbrauchskosten angezeigt werden. Fast alle Geräte verfügen über eine Langzeitmessfunktion. Nach Beenden einer solchen Messung, werden der Verbrauch in kWh und die Kosten für den gemessenen Zeitraum angezeigt. Voraussetzung für die Kostenanzeige ist jedoch die vorherige Eingabe des Preises pro Kilowattstunde.

Eine solche Langzeitmessung ist dann erforderlich, wenn ein Gerät nicht kontinuierlich dieselbe Leistungsaufnahme besitzt. Kühlgeräte und Waschmaschinen beispielsweise verbrauchen in unterschiedlichen Phasen verschieden viel Strom: Sie kühlen und pausieren; bzw. heizen auf, schleudern, pausieren, etc. Bei Geräten wie Waschmaschinen oder Wäschetrocknern soll ein gesamter Wasch- oder Trockenvorgang gemessen werden. Bei Geräten die im Dauerbetrieb laufen und unterschiedliche Leistungsaufnahme haben (wie etwa Kühlschränke oder auch Aquarien) soll zumindest eine 24-Stundenmessung durchgeführt werden.



Manchmal ist es praktisch, ein Energiemessgerät vor eine Mehrfachsteckdose zu schalten. Dies ist zum Beispiel ratsam, wenn alle Geräte eines Schreibtischs (Computer, Drucker, Lampe, etc.) oder eines Aquariums (Heizung, Beleuchtung, etc.) bereits an eine Mehrfachsteckdose angeschlossen sind oder angeschlossen werden können. Auf diese Weise lassen sich Leistung und Verbrauch eines ganzen Systems messen.

Die Handhabung des Energiemessgeräts kann an dieser Stelle nicht im Detail beschrieben werden, da es Abweichungen von Modell zu Modell gibt. Hierüber gibt die jeweilige Bedienungsanleitung Auskunft. Am besten ist es, diese im Kurs gemeinsam mit dem Dozenten/der Dozentin Schritt für Schritt durchzugehen.

Fotos und Grafiken © SELF mit Ausnahme von:

S.3 – Stromkreis (Batterie und Glühlämpchen. Foto: Judy Baxter (Creative Commons). Download am 15.5.2012  
[<http://www.flickr.com/photos/judybaxter/2656571223/sizes/l/in/photostream/>]