

# 1 Elektrische Ladung: Kapitel ohne Aufgaben

# 2 Elektrischer Strom: Kapitel ohne Aufgaben

# 3 Übungen Ladung Strom

## 3.1 Mignon-Akku

Auf einem Akku findet man folgende Angaben:  
Rechargeable / 2500mAh / AA / 1,2V / NiMH

### 3.1.1 Was bedeuten diese Angaben?

Rechargeable = wiederaufladbar

Kapazität bzw. maximale Ladungsmenge  $Q=2500\text{mAh}$

AA Größe Mignon

$U=1,2\text{V}$  Nennspannung

NiMH Technologie (Materialien aus dem der Akku besteht, hier Nickel-Metallhydrid )

### 3.1.2 Wie lange dauert das Aufladen des Akkus mit einem Strom von 750mA, wenn die gesamte zugeführte Energie gespeichert wird?

Gegebene Größen: Ladung  $Q = 2500\text{mAh}$ , Stromstärke  $I = 750\text{mA}$

Gesuchte Größe:  $t$

Formel:  $I = \frac{Q}{t}$

Rechenweg:

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{2500\text{mAh}}{750\text{mA}} = 3,33\text{ h} = 3\text{h } 20\text{min}$$

Die Aufladung mit 750mA dauert 3 Stunden und 20 min.

### 3.1.3 In der Praxis dauert die Aufladung bei $I = 750\text{mA}$ genau 4 Stunden. Woran liegt das?

Die Aufladung dauert länger, weil ein Teil der zugeführten Energie als Wärme verloren geht.

### 3.1.4 Wie lange kann der voll aufgeladene Akku eine ultrahelle (Taschenlampen-) LED mit einem Strom von 50mA versorgen? (Der Akku soll sich beim Entladen nicht erwärmen).

Gegeben:  $Q = 2500\text{mAh}$ ,  $I = 50\text{mA}$ .

Gesucht:  $t$

Formel:  $I = \frac{Q}{t}$

Rechenweg:

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{2500\text{mAh}}{50\text{mA}} = 50\text{h} = 2\text{Tage } 2\text{h}$$

Im Idealfall würde die LED 2 Tage und 2 Stunden leuchten.

In der Praxis sinkt auch die Spannung des Akkus, wodurch die LED früher erlischt.

In den meisten Taschenlampen muss außerdem noch eine Elektronik versorgt werden, die den Strom durch die LED regelt und die Spannung von 1,2V oder 2,4V auf 4V herauf transformiert. Weiße LEDs benötigen Spannungen größer als 3,5V.

## 3.2 Handy-Akku

Auf einem Akku findet man folgende Angaben:  
Rechargeable / 3.7V / Li-Ion / 900mAh

### 3.2.1 Was bedeuten diese Angaben?

Rechargeable = wiederaufladbar  
Kapazität bzw. maximale Ladungsmenge 900mAh  
3,7V Nennspannung  
Li-Ion Technologie (Litium-Ionen )

### 3.2.2 Welcher Aufladestrom fließt, wenn das Aufladen ca. 3 Std. dauert?

Gegeben:  $Q = 900\text{mAh}$ ,  $t = 3\text{h}$

gesucht:  $I$

$$\text{Formel: } I = \frac{Q}{t}$$

Rechenweg:

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{900\text{mAh}}{3\text{h}} = 300\text{mA}$$

Der Akku wird mit einem Strom von 300mA aufgeladen.

### 3.2.3 Welchen Strom benötigt das Handy im Standby-Betrieb, wenn der Akku nach 6 Tagen entladen ist?

Gegeben:  $Q = 900\text{mAh}$ ,  $t = 6 \cdot 24\text{h} = 144\text{h}$

gesucht:  $I$

$$\text{Formel: } I = \frac{Q}{t}$$

Rechenweg:

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{900\text{mAh}}{144\text{h}} = 6,25\text{mA}$$

Das Handy benötigt im Durchschnitt 6,25mA im Standby-Betrieb.

In der Praxis schwankt die Stromaufnahme der Handy-Elektronik stark. Immer, wenn sich das Handy beim Netzbetreiber meldet, ist eine erhöhter Strom notwendig. Die Energie „verschwindet“ u.a. in den Funkwellen!

### 3.2.4 Überlegen Sie: Woran kann es liegen, dass sich ein Handy-Akku entlädt, obwohl das Handy ausgeschaltet ist?

Achtung: das Handy ist nicht wirklich ausgeschaltet. Die interne Uhr läuft z.B. weiter. Auch bemerkt man, dass man mit einem langen Tastendruck das Handy einschaltet. Dies funktioniert nur, wenn die Elektronik den Taster immer wieder abfragt. Im Handy läuft also ein Programm!

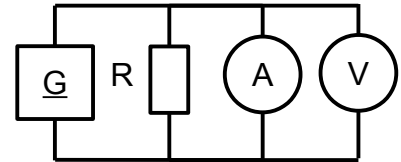
Wenn man ein Handy längere Zeit (mehrere Monate) nicht benötigt, sollte man den Akku herausnehmen, sonst entlädt sich dieser bis zu seinem unwiederbringlichen Tod. (Das nennt man Tiefentladen.)

### 3.3 Strom- und Spannungsmessung

### 3.4 Eigenschaften von Strom- und Spannungsmessern

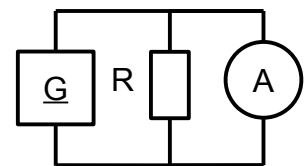
Der Spannungsmesser ist parallel und daher richtig geschaltet  
Der Strommesser ist falsch geschaltet und schließt durch seinen geringen Widerstand die Spannungsquelle kurz.

- Entweder brennt die Sicherung des Strommessers sofort durch, dann zeigt dieser 0A an und der Spannungsmesser die Größe der Spannung
- oder der Strommesser zeigt den Kurzschlussstrom an, den das Netzgerät liefern kann und der Spannungsmesser zeigt 0V an.

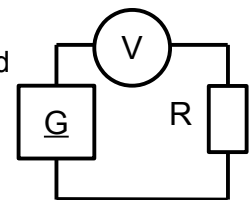


Der Strommesser ist parallel und daher falsch geschaltet.

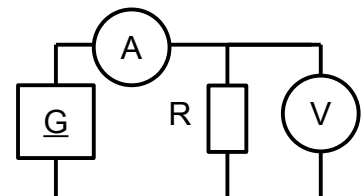
- Entweder brennt die Sicherung des Strommessers sofort durch, dann zeigt dieser 0A an
- oder der Strommesser zeigt den Kurzschlussstrom an, den das Netzgerät liefern kann.



Der Spannungsmesser ist in Reihe und daher falsch geschaltet. Wegen seines sehr großen Widerstandes fließt praktisch kein Strom, daher fällt am Widerstand 0V ab und das Messgerät zeigt die Spannung des Netzgerätes an. Trotzdem ist die Schaltung falsch! Wenn man den Widerstand R sehr groß macht, teilen sich Spannungsmesser und die Widerstand die Spannung des Netzteils und dies ist nicht gewünscht!



Strom- und Spannungsmesser sind richtig geschaltet.  
Es wird der im Stromkreis fließende Strom und die am Widerstand anliegende Spannung gemessen.



## 4 Elektrische Spannung: Kapitel ohne Aufgaben

## 5 Elektrische Energie und Leistung: Kapitel ohne Aufgaben

## 6 Wirkungsgrad: Kapitel ohne Aufgaben

## 7 Übungen Spannungen, Energie, Leistung, Wirkungsgrad

### 7.1 Akku-Schrauber

Auf dem Akku eines Akku-Schraubers findet man folgende Angaben:

12V / 1,4Ah / 16,8Wh

#### 7.1.1 Welche elektrischen Größen werden hier angegeben? (Name? Formelzeichen?)

Spannung  $U=12V$ , Ladungsmenge (Kapazität)  $Q=1,4Ah$ , Energiemenge  $W=16,8Wh$

#### 7.1.2 Geben Sie den Zusammenhang zwischen diesen Größen an! (Formel)

$$\text{Spannung} = \frac{\text{Energiemenge}}{\text{Ladungsmenge}} \quad U = \frac{W}{Q} = 12V = \frac{16,8 \text{ Wh}}{1,4 \text{ Ah}} = \frac{16,8 \text{ VAh}}{1,4 \text{ Ah}}$$

#### 7.1.3 Erklären Sie: Was kann man sich unter der Größe mit der Einheit Ah vorstellen?

Ein Strom von 1 A transport in einer Stunde die Ladungsmenge 1 Ah.  
Wenn die Ladungen gespeichert sind, nennt man dies Ladungsmenge,  
wenn die Ladungen fließen, nennt man dies Strom.

#### 7.1.4 Erklären Sie: Was kann man sich unter der Größe mit der Einheit Wh vorstellen?

Die gespeicherte Energiemenge 1 Wh kann 1 Stunde 1 W leisten.  
(Einheit der Leistung ist 1 W)

#### 7.1.5 Im Dauerbetrieb „hält“ eine Akkuladung unter Belastung 30min.

Wie groß ist der durch den Motor fließende Strom?

Welche Leistung nimmt der 12V-Motor auf?

Gegeben:  $Q=1,4Ah$ ,  $W=16,8Wh$ ,  $U=12V$

Gesucht: I, P

Formeln:  $I = \frac{Q}{t}$      $P = U \cdot I$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{1,4 \text{ Ah}}{0,5 \text{ h}} = 2,8 \text{ A} \quad \text{Es fließt ein Motorstrom von 2,8A.}$$

$$P = U \cdot I = 12V \cdot 2,8A = 33,6 \text{ W}$$

#### 7.1.6 Aus wie viel in Reihe geschalteten Akkuzellen besteht der NiMH-Akku?

Eine NiMH-Zelle besitzt eine Spannung von 1,2V.

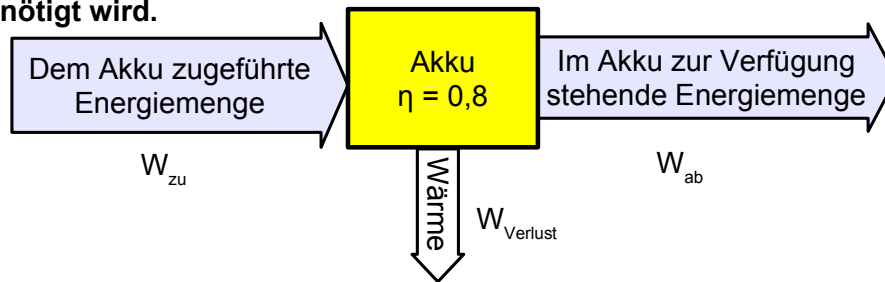
Daher müssen  $12V/1,2V = 10$  Stk NiMH-Zellen in Reihe geschaltet werden.

## 7.2 Energie

Die Fragen beziehen sich auf folgenden Akku:  
 3500mAh / 1,2V / NiMH / Auflade-Wirkungsgrad 80%

### 7.2.1 Welche Energiemenge wird benötigt, um den Akku aufzuladen?

Anleitung: Die nach der Aufladung im Akku zur Verfügung stehende Energiemenge kann mit den oben angegebenen (Nenn-) Daten berechnet werden.  
 Beachten Sie, dass auf Grund von Wärmeverlusten mehr Energie zur Aufladung benötigt wird.



Gegeben:  $Q = 3500\text{mAh}$ ,  $U = 1,2\text{V}$ ,  $\eta = 0,8$  (80%)

gesucht:  $W_{zu}$

Formeln:  $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{W_{ab}}{W_{zu}}$      $U = \frac{W}{Q}$

$$W_{ab} = U * Q = 1,2\text{ V} * 3,5\text{ Ah} = 4,2\text{ VAh} = 4,2\text{ Wh}$$

$$W_{zu} = \frac{W_{ab}}{\eta} = \frac{4,2\text{ Wh}}{0,8} = 5,25\text{ Wh}$$

Es wird eine Energiemenge von 5,25Wh benötigt, um den Akku aufzuladen.

### 7.2.2 Wie lange dauert die Aufladung, wenn das Ladegerät maximal 2 A liefern kann?

Gegeben:  $Q = 3500\text{mAh}$ ,  $U = 1,2\text{V}$ ,  $\eta = 0,8$  (80%)

gesucht:  $t$  bei  $I = 2\text{A}$

Formel:  $I = \frac{Q}{t}$      $U = \frac{W}{Q}$

$$Q = \frac{W}{U} = \frac{5,25\text{ Wh}}{1,2\text{ V}} = \frac{5,25\text{ VAh}}{1,2\text{ V}} = 4,375\text{ Ah} > 3500\text{mAh wegen Verlusten!}$$

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{4,375\text{ Ah}}{2\text{ A}} = 2,1875\text{ h} = 2\text{ h } 11\text{ min}$$

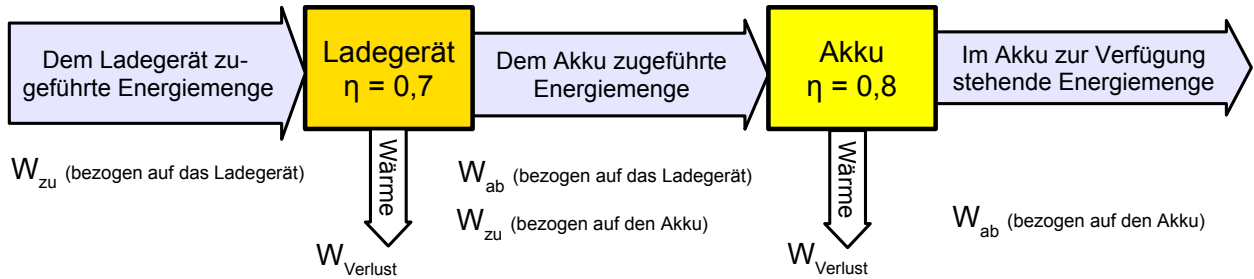
alternative Berechnung:  $Q = \frac{W}{U}$  in  $t = \frac{Q}{I}$  einsetzen:  $t = \frac{W}{U * I} = \frac{5,25\text{ Wh}}{1,2\text{ V} * 2\text{ A}} = 2,19\text{ h}$

Die Aufladung des Akkus dauert 2 Stunden und 11 Minuten.

**7.2.3 Das Ladegerät besitzt einen Wirkungsgrad von 70%.**

**Welche Energiemenge muss dem Netz entnommen werden, um den Akku aufzuladen?**

**Was kostet eine Akku-Ladung, wenn 1kWh elektrische Energie aus dem Stromnetz 19 Cent kostet?**



gegeben: U,  $W_{ab} = W_{zu(Aufgabe1)}$

Die Energie, die das Ladegerät abgibt, wird dem Akku zugeführt.

gesucht:  $W_{zu}$  , Kosten

Formeln:  $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{W_{ab}}{W_{zu}}$

$W_{zu} = \frac{W_{ab}}{\eta} = \frac{5,25 \text{ Wh}}{0,7} = 7,5 \text{ Wh}$  Dem Netz müssen 7,5Wh entnommen werden.

$1000\text{Wh} \triangleq 19 \text{ Cent}$

$1\text{Wh} \triangleq 0,019 \text{ Cent}$

$7,5\text{Wh} \triangleq 7,5 \cdot 0,019 \text{ Cent} = 0,1425 \text{ Cent}$

Eine Akkuladung kostet 0,14 Cent.

**7.3 Vergleich Glühlampe – Energiesparlampe**

**Eine 60W Glühlampe leuchtet täglich 3 h. Nach einem Jahr ist sie defekt.**

**Eine etwa „gleich helle“ 11W-Energiesparlampe muss bei der gleichen Leuchtdauer dagegen erst nach 6-8 Jahren ausgewechselt werden. 1 kWh kostet 20 Cent.**

**Anschaffungspreise: Glühlampe: 50 Cent, Energiesparlampe 4€.**

**Vergleichen Sie die entstehenden Kosten nach 1 Jahr und nach 6 Jahren**

Die 60W-Lampe benötigt in 1 Jahr die Energiemenge  $60\text{W} \cdot 3\text{h} \cdot 365 = 65,7\text{kWh}$ .

Die Betriebskosten betragen:  $65,7\text{kWh} \cdot 0,2\text{€} = \mathbf{13,14\text{€}}$ .

Die Gesamtkosten betragen:  $13,14\text{€} + 0,50\text{€} = \mathbf{13,64\text{€}}$  pro Jahr und  $\mathbf{81,84\text{€}}$  in 6 Jahren.

Die 11 W-Lampe benötigt nur  $11\text{W} \cdot 3\text{h} \cdot 365 = 12,05\text{kWh}$ .

Die Betriebskosten betragen:  $12,05\text{kWh} \cdot 0,2\text{€} = \mathbf{2,41\text{€}}$ .

Die Gesamtkosten betragen:  $2,41\text{€} + 4\text{€} = \mathbf{6,41\text{€}}$  im ersten Jahr

und je  $\mathbf{2,41\text{€}}$  in den weiteren Jahren. Nach  $\mathbf{6}$  Jahren sind dies  $\mathbf{18,46\text{€}}$

**7.4 Standby-Schaltungen**

**DVD-Player und Fernseher benötigen im Standby-Betrieb zusammen 10W, im Betrieb 100W. Beide werden täglich 4 Std. genutzt.**

**Vergleichen Sie die jährlichen Kosten wenn die Geräte bei Nichtbenutzung im Standby-Betrieb bleiben oder wenn Sie mit Hilfe einer Steckdosenleiste mit Schalter ausgeschaltet werden.**

**Dann überlegen Sie sich mal, wie viel Standby-Schaltungen in Ihrem Haushalt**

**vorhanden sind: Telefone mit Steckernetzteil, Telefon-Anlage, DSL-Router, PCs, Bildschirme, PC-Router, DVD-Rekorder, Sat-Receiver, Fernseher, Hifi-Anlage; Kühlschrank, Gefrierschrank, Zirkulationspumpen (Heizung, Warmwasser), Heizungssteuerung ....**

mit Standby:

$$1 \text{ Tag} \quad W = 100\text{W} \cdot 4\text{h} + 10\text{W} \cdot 20\text{h} = 400\text{Wh} + 200\text{Wh} = 600\text{Wh}$$

$$365 \text{ Tage:} \quad W = 365 \cdot 600\text{Wh} = 219\text{kWh}$$

$$\text{Kosten:} \quad 219\text{kWh} \cdot 0,2\text{€} = 43,80\text{€ pro Jahr}$$

ohne Standby:

$$1 \text{ Tag} \quad W = 100\text{W} \cdot 4\text{h} = 400\text{Wh}$$

$$365 \text{ Tage:} \quad W = 365 \cdot 400\text{Wh} = 146\text{kWh}$$

$$\text{Kosten:} \quad 146\text{kWh} \cdot 0,2\text{€} = 29,20\text{€ pro Jahr}$$

Ersparnis:  $200\text{Wh} \cdot 365 = 73\text{kWh}$  entspricht 14,60€

## 7.5 **Faustformel: was kosten Standby-Schaltungen im Jahr?**

**Entwickeln Sie eine Faustformel: 1W Standby kostet im Jahr xx € (1 kWh kostet 20 Cent.)**

$$1\text{W} \cdot 24\text{h} \cdot 365 = 8,544\text{kWh kosten } 1,71\text{€}.$$

$$1 \text{ Watt Standby kosten im Jahr } 1,71\text{€}.$$

$$10 \text{ Watt Standby kosten im Jahr } 17\text{€}.$$

### 7.6 Vergleich Netzteil – Akku – Batterie

Ein 12V-Schaltnetzteil besitzt einen Wirkungsgrad von 70%.

Ein Akkuladegerät besitzt einen Wirkungsgrad von 70%.

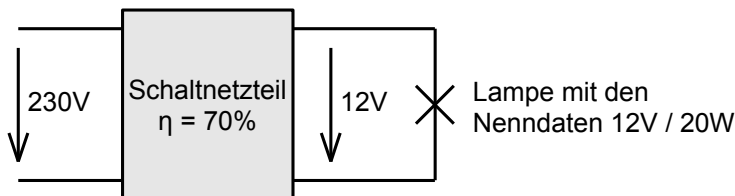
Die 1,2V-Akkus besitzen Wirkungsgrade von 80% und Kapazitäten von je 3500mAh.

Die 1,5V-Batterien besitzen Kapazitäten von je 7800mAh und kosten 1,60€ pro Stück.

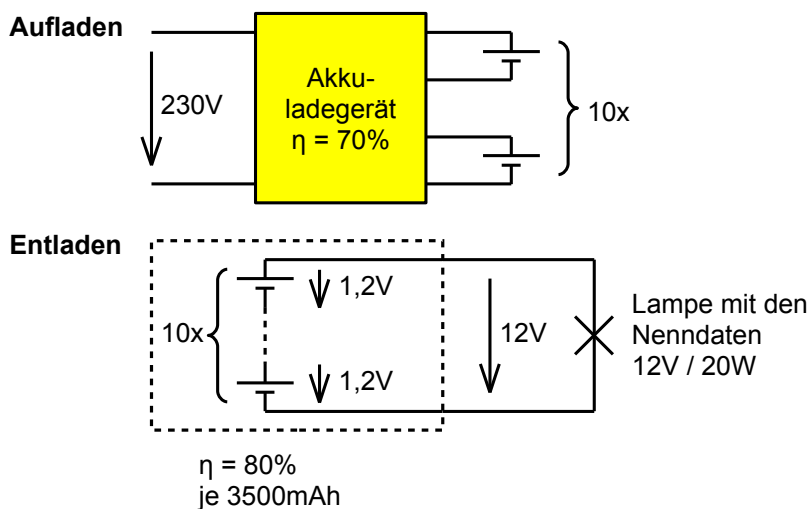
1 kWh elektrische Energie aus dem Stromnetz kostet 20 Cent.

Eine 12V / 20W-Lampe wird auf drei unterschiedliche Arten betrieben:

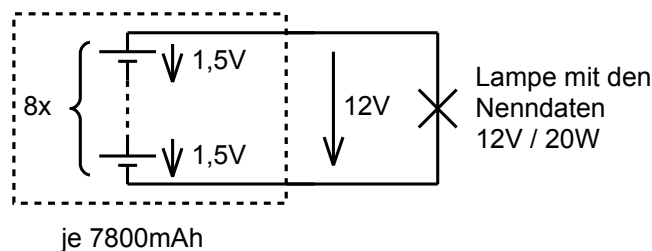
a) mit dem Schaltnetzteil



b) mit 10 in Reihe geschalteten 1,2V-Akkus



c) mit 8 in Reihe geschalteten 1,5V-Batterien.



#### 7.6.1 Welche Stromstärke fließt durch die Lampe, wenn man sie mit 12V betreibt? (Nennbetrieb)

gesucht: I

$$P = U \cdot I \quad I = \frac{P}{U} = \frac{20\text{W}}{12\text{V}} = 1,667 \text{ A}$$



**7.6.2 Berechnen Sie die Kosten für 1 Stunde Lampenbetrieb in den Fällen a) b) c).**  
Die Anschaffungskosten für Schaltnetzteil, Akkus, Ladegerät bleiben hier unberücksichtigt.  
Sie werden später im Fach CT mit einer Kalkulationstabelle berechnet.

gesucht: W für 1h Betrieb, Kosten

$$P = \frac{W}{t} \quad W = P * t = 20W * 1h = 20Wh$$

Die Lampe benötigt in 1 Stunde die Energiemenge W=20 Wh.

a) Schaltnetzteilbetrieb

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{W_{ab}}{W_{zu}} \quad W_{zu} = \frac{W_{ab}}{\eta} = \frac{20Wh}{0,7} = 28,57 Wh$$

Dem Schaltnetzteil müssen 28,57Wh zugeführt werden.

1kWh kostet 20Cent -> 1Wh kostet 0,02 Cent → 28,57Wh kosten 0,571 Cent

b) Betrieb an 10 Stück 1,2V-Akkus

Gesamtwirkungsgrad: Akkueffizienz \* Ladegeräteffizienz = 0,8 \* 0,7 = 0,56

$$W_{zu} = \frac{W_{ab}}{\eta} = \frac{20Wh}{0,56} = 35,71 Wh$$

Den Akkus müssen 35,71Wh zugeführt werden.

1kWh kostet 20Cent → 1Wh kostet 0,02 Cent → 35,71Wh kosten 0,714 Cent

c) Betrieb an 8 Stück 1,5V-Batterien

Berechnung der Kosten für 1 Wh Batteriestrom

$$U = \frac{W}{Q}$$

Auf den 8 Batterien kann eine Energiemenge von W = U\*Q = 12V\*7,8Ah = 93,6Wh gespeichert werden. (Auf einer Batterie nur 1,5V\*7,8Ah).

Diese Energiemenge kostet 8\*1,60€ = 12,80€.

1 Wh kostet 12,80€ / 93,6 = 0,137€ = 13,7 Cent

Die für die Lampe benötigten 20Wh kosten 20\*0,137€ = 2,73€ !!!

**7.6.3 Wie lange leuchtet die Lampe in den Fällen b) (eine Aufladung) und c) unter der Annahme, dass Strom und Spannung über den gesamten Betriebszeitraum konstant bleiben?**

(Im Kapitel 11 lernen wir, warum die Spannung mit zunehmender Entladung leicht sinkt.)

gesucht: t

$$I = \frac{Q}{t} \quad \text{Akkubetrieb: } t = \frac{Q}{I} = \frac{3,5Ah}{1,667 A} = 2,1 h = 2h 6min$$

$$\text{Batteriebetrieb: } t = \frac{Q}{I} = \frac{7,8Ah}{1,667 A} = 4,68 h = 4h 41min$$

Achtung: die Ladungen der einzelnen Zellen darf man nicht addieren. Jede der Zellen gibt in dieser Zeit ihre Ladungsmenge ab.