

Übungen zum elektrischen Strom

Serie 4: Energieumsätze in Stromkreisen – elektrische Leistung

1. Grundrechnungen mit der Leistungsdefinition und Kilowattstunden

Studiere bei Bedarf nochmals den Abschnitt 4.2 des Skripts.

- Auf einem Haarföhn steht die Aufschrift 1400W. Überschlage ohne TR, wie viele Kilowattstunden Energie der Föhn bezieht, wenn du ihn während 4.0 Minuten benutzt. Schätze so ausserdem den Preis dieses Föhnens bei Normaltarif ab.
- Mit einem Energiezähler findest du heraus, dass deine Stereoanlage im Standbymodus während 24 Stunden eine Energie von 69 kJ "verschluckt" hat.
Welche Standby-Leistung bezieht die Anlage und wie teuer kommt dich ein Monat Standbyzustand zu stehen – vorausgesetzt, du musst deine Stromrechnung selber bezahlen?
- Eine volle Batterie beinhaltet ca. 15 kJ Energie. Wie lange "läuft" eine Taschenlampe mit zwei Batterien, wenn deren Lämpchen mit 0.7W angeschrieben ist?

2. Rechnungen rund um die elektrische Leistung

Beispielaufgabe: Auf meinem Hellraumprojektor wird eine Leistung von 450 W angegeben. Welchen Gerätewiderstand weist der Projektor bei Normalbetrieb auf?

Lösung: Der Hellraumprojektor funktioniert mit 230 V. Daraus folgt für die Stromstärke:

$$P_{el} = U \cdot I \quad \Rightarrow \quad I = \frac{P_{el}}{U} = \frac{450 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 1.96 \text{ A}$$

Für den Gerätewiderstand erhält man somit:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{230 \text{ V}}{1.96 \text{ A}} = 117 \Omega = \underline{\underline{120 \Omega}}$$

- Eine übliche Haushaltsicherung toleriert Stromstärken bis zu 10.0 A.
Welche Leistung darf ein elektrisches Gerät höchstens beziehen, damit man es gerade noch an eine Steckdose anschliessen kann? Gib die Antwort in Kilowatt.
- Jemand möchte im Auto ein 2.0 kW- "Heizöfeli" installieren. Die Spannung der Autobatterie beträgt 12 V.
Welche Stromstärke wäre nötig? Welchen Widerstand müsste das Öfeli aufweisen? Wie lange könnte man es mit einer voll geladenen Autobatterie mit einer Kapazität von $Q = 36 \text{ Ah}$ (= 36 Amperestunden) betreiben?
Gib die Antworten in Ampere, Ohm und Minuten.
- Ein für eine Spannung von 230 V hergestellter elektrischer Bohrer bezieht bei uns eine elektrische Leistung von 400 W. Wir nehmen ihn mit in die USA (Steckdosenspannung 110 V). Leider ist der Bohrer dort praktisch unbrauchbar. . .
Berechne die Leistung, welche der Bohrer in den USA vom Elektrizitätswerk bezieht. Gehe davon aus, dass der Bohrer ein Ohm'scher Leiter ist.
Erläutere anschliessend in Worten, weshalb der Bohrer in den USA nicht so funktionieren kann, wie er es hier in Europa tut.
Hinweis: Der Bohrer und damit sein elektrischer Widerstand wird in die USA mitgenommen. Man sollte also ganz bestimmt den Widerstand R des Bohrers bestimmen.
- Für die Beleuchtung eines grossen Konzertchores werden starke Scheinwerfer benötigt. Bei deren Betrieb kommen Starkstrom-Verteiler zum Einsatz. Diese arbeiten mit einer Spannung von 380 V. Jeder solche Verteiler verfügt über eine 10 A-Sicherung (bei einer Stromstärke über 10 A stellt die Sicherung den Strom ab).
Wie viele 850 W-Scheinwerfer können an einem Verteiler betrieben werden?

- (e) Auf Wikipedia finde ich zum **Tesla Roadster** (= bis dato schnellstes seriell hergestelltes Elektroauto) folgende Angaben: *Der Elektromotor wird von einer Batterie mit 375 V Spannung betrieben. Seine maximale Leistung beträgt 290 PS.*



- i. Ermittle selber die Umrechnung von Pferdestärken in Watt.
 - ii. Welche Stromstärke muss theoretisch bei maximaler Leistung durch den Elektromotor des Tesla Roadsters fließen?
 - iii. Laut Hersteller fließen bei voller Leistung 900 A durch den Motor. Das ist enorm viel – und vor allem wesentlich mehr als unter ii. berechnet! Weshalb ist die reale Stromstärke dermassen grösser als der theoretische Wert aus ii.?
- (f) Eine 1.5 V-Batterie besitze einen Innenwiderstand von 5.7Ω . Sie werde mit einem Draht kurzgeschlossen, der einen Widerstand von nur gerade $3.0 \text{ m}\Omega$ aufweist. Es handle sich um eine neue Batterie mit $Q = 550 \text{ mAh}$ (Milliamperestunden).
- i. Welche elektrische Leistung wird im Draht, welche in der Batterie umgesetzt und wie lange dauert es, bis die Batterie "leer" ist?
 - ii. Was beobachtet man demzufolge in der Realität, wenn man ganz allgemein die Pole einer Batterie kurzschliesst?

3. Europa vs. USA – welche Auswirkungen haben unterschiedliche Spannungen?

- (a) In den USA beträgt die Netzspannung 110 V. Ein dort gekaufter Wasserkocher trägt also z.B. das Typenschild:

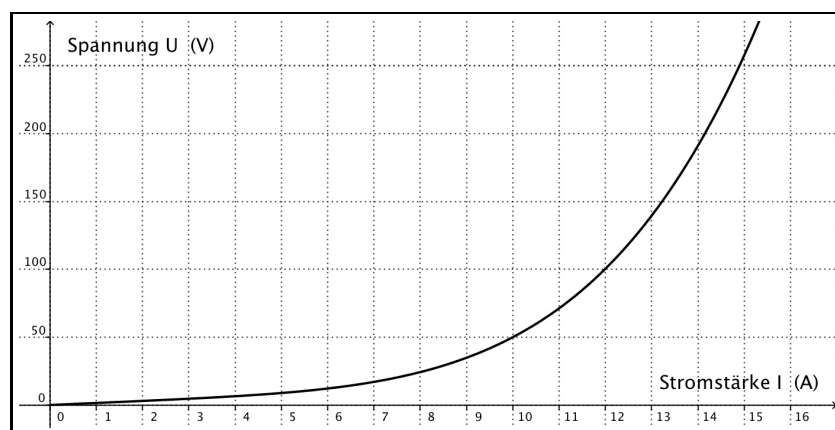
110 V / 1350 W

Welchen Widerstand weist der Kocher beim Betrieb in den USA auf?

- (b) Nehmen wir an, der Kocher in Aufgabe (a) sei ein **Ohm'scher Leiter**. Welches kaum lösbare Problem würde sich demzufolge ergeben, wenn man den Kocher an einer normalen Schweizer Steckdose betreiben möchte?

Hinweis: Schweizer Sicherungen begrenzen die Stromstärke pro Raum typischerweise auf 10.0 A. Es gibt aber auch Sicherungen, die bis zu 16.0 A tolerieren.

- (c) In Tat und Wahrheit ist ein solcher Kocher allerdings nicht Ohm'sch. Die folgende Kennlinie gehöre zum USA-Gerät aus Aufgabe (a):



Weshalb weist die Kennlinie des Kochers gerade diese Form auf?

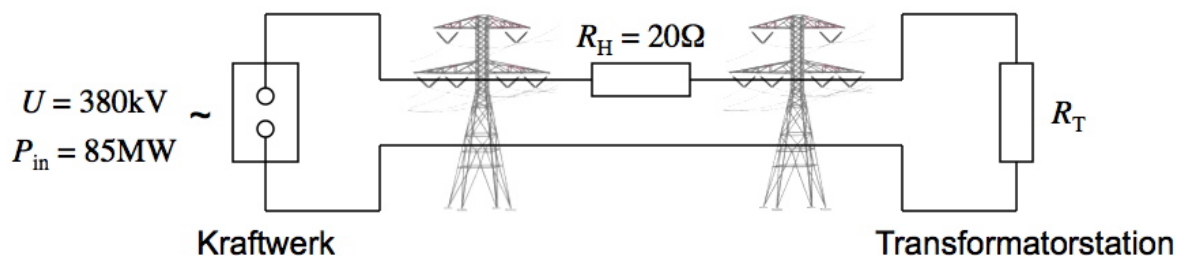
- (d) Liesse sich der USA-Kocher mit der Kennlinie aus (c) an einer Schweizer Steckdose betreiben? Wenn ja: Welche elektrische Leistung würde er dann etwa beziehen?

Hinweis: Berücksichtige hierzu den Hinweis unter (b).

4. Energieverlust bei Hochspannungsleitungen (Zwischenprüfungsaufgabe)

Hochspannungsleitungen werden zur Energieübertragung über grosse Distanzen verwendet. Unterwegs entstehen Verluste, welche man möglichst gering halten möchte.

In der Graphik siehst du den Stromkreis, welcher die Hochspannungsleitung enthält. Auf der linken Seite steht das Kraftwerk als 380 kV-Spannungsquelle. Auf der rechten Seite befindet sich eine Transformatorstation (als Widerstand R_T eingezeichnet). Dort wird die Energie von der Hochspannungsleitung bezogen und mithilfe von "Niederspannungs"-Stromkreisen (230 V) in die Haushalte geliefert. Beim Kraftwerk handle es sich um ein Wasserkraftwerk in den Bergen bei einem Staudamm, welches momentan eine Leistung von 85 MW an die Leitung abgibt. Zwischen Kraftwerk und Transformatorstation sollen 120 km liegen. Der Widerstand der Hochspannungsleitung beträgt dann total gerade etwa $R_H = 20\ \Omega$.



- (a) Berechne, wie gross die Stromstärke in der Hochspannungsleitung sein muss, um die Kraftwerksleistung aufzunehmen.
 (b) Welche Leistung geht insgesamt in der Hochspannungsleitung, d.h. im Widerstand R_H , verloren?

Gib die Antwort in Kilowatt.

Tipp: Berechne zuerst die Spannung über R_H .

- (c) Welcher Prozentsatz der im Kraftwerk eingespeisten Leistung kommt bei der Trafostation an? Dies ist die Frage nach dem **Wirkungsgrad** η der Hochspannungsleitung:

$$\eta := \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} = \frac{P_{\text{Trafostation}}}{P_{\text{Kraftwerk}}}$$

- (d) Nehmen wir einmal an, die Energieübertragung würde mit einer geringeren Kraftwerkspannung von "nur" $U = 50\ \text{kV}$ laufen. Berechne für diesen Fall den Wirkungsgrad der Leitung (d.h., rechne für $U = 50\ \text{kV}$ nochmals die Aufgaben (a) bis (c) durch).
 (e) Versuche, die Aufgabe zu überblicken und in Worte zu fassen, weshalb der Leistungsverlust bei Betrieb mit grösseren Spannungen viel geringer wird.

Ergänzung: Reale Hochspannungsleitungen arbeiten nicht mit Gleich-, sondern mit **Dreiphasenwechsel-** oder **Drehstrom**. Das Prinzip der Verlustminimierung durch Hochspannung ist dabei allerdings immer noch genau das Gleiche.

Hinweis: Die Unterstreichung in $20\ \Omega$ bedeutet, dass diese Null ebenfalls als signifikante Ziffer zu verstehen ist. Dasselbe gilt dann auch für die Null in $50\ \text{kV}$.