

Habt ihr schon gewusst 277 ... Leistung - Hifi-Anlagen

Für unsere Schülerinnen und Schüler sind Hifi-Anlagen, iPod, Walkman absolut bekannte Geräte. Die Diskussion der Ausgangsleistung dieser Geräte ist also sicher ein Alltagsbezug.

Im Bildungsplan findet man

Kompetenz Nr. 05: Anwendungsbezug und gesellschaftliche Relevanz der Physik

Die Schülerinnen und Schüler können physikalische Grundkenntnisse und Methoden für Fragen des Alltags sinnvoll einsetzen

Kompetenz Nr. 10: Naturerscheinungen und technische Anwendungen

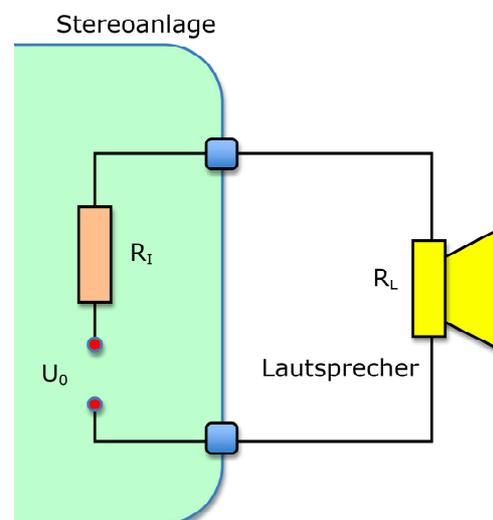
Die Schülerinnen und Schüler können weitere Erscheinungen in der Natur und wichtige Geräte funktional beschreiben. Sie sind immer mehr in der Lage, physikalische Modelle auch in ihrem Alltag gewinnbringend einzusetzen. Inhalt:

- Alltagsgeräte
- Informationstechnologie und Elektronik – auch einfache Schaltungen mit elektronischen Bauteilen

Wenn man den Physikunterricht differenziert anlegt, könnte die folgende Aufgabe eine Herausforderung für SuS sein, die sich bei den „einfachen Aufgaben“ langweilen :-)

Problemstellung

Eine Stereoanlage kann man auf folgende Weise modellieren. In diesem Modell liefert eine „Elektronik in der Ausgangsstufe“ eine Wechselspannung U_0 ; der Innenwiderstand in der Anlage selbst wird mit R_i bezeichnet und soll $10\ \Omega$ betragen. Am Lautsprecherausgang hängt ein Lautsprecher, dessen Widerstand mit R_L bezeichnet wird. In einer einfachsten Modellstufe rechnen wir die Leistungsabgabe am Lautsprecher mit einer Gleichspannung U_0 von 10V . Es werden verschiedene Lautsprecher mit ganz unterschiedlichem Widerstand R_L angeschlossen.



- Bestimmen Sie die Leerlaufspannung (kein Lautsprecher angeschlossen) und die Kurzschluss-Stromstärke (Lautsprecher mit einem extrem kleinen Widerstand) bei dieser Schaltung.
- Bestimmen Sie das U_L -I-Diagramm dieses Modellschaltbildes, wenn man den Lautsprecher-Widerstand zwischen $0\ \Omega$ und $\infty\ \Omega$ variiert.
- Kennzeichnen Sie auf der Arbeitsgerade die Positionen folgender Lautsprecher-Widerstände: (I) $R_L=0,01\ \Omega$; (II) $R_L=10\ \Omega$; (III) $R_L=100\ \Omega$; (IV) $R_L=1\ \text{M}\Omega$; (V) $R_L=100\ \text{G}\Omega$
- Berechnen Sie für diese Positionen die Energiestromstärke (Leistungsabgabe) der verschiedenen Lautsprecher (I) ... bis (V)
- Welcher Lautsprechertyp wäre ideal, damit die Stereoanlage möglichst viel Leistung am Lautsprecher abgeben kann.
- Was passiert, wenn man an seinem Walkman, der einen Innenwiderstand von $10\ \Omega$ hat, einen falschen Ohrstöpsel anschließt – Fall (a) mit einem Widerstand von $5\ \Omega$ und Fall (b) mit einem Widerstand von $20\ \Omega$.

Lösungsvariante A

- Die Arbeitsgerade liegt zwischen den beiden Punkten (0V | I_{Kurzschluss}) und (U_{Leerlauf} | 0A)
- Der Lautsprecherwiderstand von 10 Ω liegt genau in der Mitte der Arbeitsgeraden.
- Die maximale Leistungsabgabe ergibt sich, wenn man einen Lautsprecher anschließt, der genau so groß ist wie der Innenwiderstand.
- Schließt man an einen Walkman einen Kopfhörer an, der einen zu großen Widerstand hat, dann ergibt sich eine kleinere Maximallautstärke im Kopfhörer. Schließt man einen Kopfhörer an, der zu klein ist, ergibt sich ebenfalls eine kleinere Maximallautstärke ... aber gleichzeitig besteht die Gefahr, dass die Elektronik hierbei einen Schaden nimmt, weil die Maximalstromstärke in der Ausgangsstufe des Walkman eventuell überschritten wird.

Lösungsvariante B

Es wird die Ausgangsleistung am Lautsprecher P_L als Funktion der Spannung U₀ und der beiden Widerstände R_i und R_L bestimmt.

Für die Energiestromstärke in dieser Schaltung gilt: Gesamtleistung verteilt sich auf den Lautsprecher und den Innenwiderstand: $P_G = P_i + P_A$

Für den Innenwiderstand gilt: $U_i = R_i \cdot I$

Für die Energiestromstärken gilt: $P_i = U_i \cdot I$ und $P_G = U_0 \cdot I$

Mit dieser Vorarbeit ergibt sich:

$$P_L = \left(\frac{U_0}{R_i + R_L} \right)^2 \cdot R_L \quad \dots \text{ oder} \quad P_L = \left(\frac{10V}{10\Omega + R_L} \right)^2 \cdot R_L$$

Der relative Hochpunkt dieser Kurve kann man auf folgende Weise bestimmen:

- Zeichnerische Lösung
- Mit dem GTR
- Durch Ableitung der Funktion ... usw.

In allen Fällen findet man das Maximum an der Stelle R_L = 10 Ω

Lösungsvariante C

Es wird die Ausgangsleistung am Lautsprecher P_L als Funktion der Spannung U₀, der Stromstärke I und des Innenwiderstandes R_i bestimmt.

Für die Energiestromstärke in dieser Schaltung gilt: Gesamtleistung verteilt sich auf den Lautsprecher und den Innenwiderstand: $P_G = P_i + P_A$

Für den Innenwiderstand gilt: $U_i = R_i \cdot I$ und $U_L = R_L \cdot I$

Für die Energiestromstärken gilt: $P_i = U_i \cdot I$ und $P_G = U_0 \cdot I$

Mit dieser Vorarbeit ergibt sich:

$$P_L = U_0 \cdot I - R_i \cdot I^2 \quad \dots \text{ oder} \quad P_L = 10V \cdot I - 10\Omega \cdot I^2$$

Der relative Hochpunkt dieser Kurve ergibt sich aus einer zeichnerischen Lösung, mit Hilfe des GTR oder durch Ableiten der Funktion an der Stelle $I = U_0/2R_i$... oder $I = 1/2 I_{MAX}$. Dieser Wert verlangt aber, dass der Widerstand des Lautsprechers exakt genau so groß ist, wie der Innenwiderstand der Stereoanlage.

Lösungsvariante D

Man könnte auch die Arbeitsgerade mit der Leistungshyperbel im U_A-I-Diagramm schneiden. Das Produkt aus den Koordinaten des Schnittpunkt (=Energiestromstärke) soll ein Maximum werden.