

3.3.4 SCHWINGUNGEN IN QUARZUHREN – TEXTE VERSTEHEN UND NUTZEN

Ralf Böhlemann

Mithilfe eines gegebenen Lesetextes (Material 1) erarbeiten die Lernenden die Funktionsweise einer Quarzuhr. Sie wenden dabei ihre Kompetenzen im Bereich *Texte verstehen und nutzen* an und entwickeln sie weiter. Für ein differenziertes Arbeiten auf unterschiedlichen Niveaus wird das Material 2 zur Verfügung gestellt. Es enthält neben demselben Text aus Material 1 einige Erklärungen von Begriffen, die für das Textverständnis erforderlich und möglicherweise nicht bei allen Lernenden verfügbar sind. Zur Unterstützung des Einsatzes im Unterricht liegen im Material 3 Aufgaben vor, mit denen die Bearbeitung des Textes gesteuert werden kann. In einer sich anschließenden Arbeitsphase entwickeln die Schülerinnen und Schüler ein Plakat zur Funktionsweise einer Quarzuhr. Hierbei nutzen Sie das mithilfe der Materialien erworbene Wissen.

Standards im Basiscurriculum Sprachbildung

- Informationen aus Texten zweckgerichtet nutzen [G]
- grafische Darstellungen interpretieren und bewerten [G]
- den wesentlichen Inhalt von Texten zusammenfassen [D/G]
- Texte verschiedener Art lesen und in andere Darstellungsformen übertragen [D/G]

Standards im Fach

- Untersuchungsergebnisse (auch erwartungswidrige) interpretieren [F,G]
- den Einfluss von Messfehlern erläutern [F]
- Diagramme mit zwei Variablen beschreiben und aus ihnen Daten entnehmen [E]
- naturwissenschaftliche Sachverhalte mit geeigneten bildlichen, sprachlichen, symbolischen oder mathematischen Darstellungsformen veranschaulichen [E/F]

HINWEISE

Es wird empfohlen, die Lerneinheit am Ende der Behandlung des Themenfeldes 3.12 *Mechanische Schwingungen und Wellen* einzusetzen, da dann die Fachbegriffe *Schwingung*, *Periodendauer*, *Frequenz* und *Resonanz* als bekannt vorausgesetzt werden können.

Es ist sinnvoll, die Lernenden auf die Verwendung des Lesenavigators hinzuweisen. Dabei ist es wichtig, den Fokus auf ausgewählte, im Lesenavigator beschriebene Methoden zu richten. Weitere Informationen zum Lesenavigator siehe LITERATUR, LINKS UND EMPFEHLUNGEN.



AUF EINEN BLICK

Jahrgangstufe, Niveaustufe
9/10, D/G

Fach
Physik

Themen und Inhalte
Themenfeld 3.12:
Mechanische Schwingungen und Wellen

Kompetenzbereiche im Fach
Erkenntnisse gewinnen,
Kommunizieren

Kompetenzbereiche im Basiscurriculum Sprachbildung
Rezeption/Leseverstehen
Produktion (Plakat)

Zeitbedarf
ca. 2-4 Unterrichtsstunden

Materialien
Textmaterial und Arbeitsblatt mit Arbeitsaufträgen

BAUSTEINE FÜR DEN UNTERRICHT

Thema / Schwerpunkt	Methode und Inhalt	Materialien und Tipps
<i>Vor dem Lesen: Vorwissen aktivieren und bereitstellen</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Schülerinnen und Schüler kennen aus ihrer Lebenswelt verschiedene Uhren. In einem Unterrichtsgespräch wird zu Beginn ein Überblick über verschiedene Quarzuhren erarbeitet, z. B. mithilfe der folgenden Fragen: <ul style="list-style-type: none"> - Welche Arten von Uhren kennst du? - Wodurch unterscheiden sich diese Uhren? - Welche Uhren sind am genauesten? ▪ Das Ziel wird abgeleitet: <ul style="list-style-type: none"> - Wie funktioniert eine Quarzuhr? ▪ An der Stelle können Vorkenntnisse der Lernenden über den Aufbau und die Funktion von Quarzuhren erfragt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es werden verschiedene mechanische und elektronische Uhren, gegebenenfalls Abbildungen bereitgestellt.
<i>Während des Lesens: Text erschließen</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Lernenden werden aufgefordert, den Text zu lesen, mit Blick auf die folgenden Schwerpunkte, siehe auch Hinweise in Material 3 und im Lesenavigator): ▪ Für Schülerinnen und Schüler mit größeren Defiziten im Bereich Rezeption/Leseverstehen von Texten kann der Text im Material 2 zur Verfügung gestellt werden. Er enthält zusätzlich zum Material 1 Begriffserklärungen, die das Verständnis des Textes verbessern können. ▪ Vor dem nächsten Schritt sollten in einem Unterrichtsgespräch alle eventuell noch unklar gebliebenen Begriffe gemeinsam besprochen werden. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Materialien 1 bis 3
<i>Nach dem Lesen: Anschlusskommunikation initiieren (I)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ In selbstständiger Schülerarbeit werden die Fragen 1 bis 3 des Aufgabenblatts beantwortet. ▪ Anschließend werden die Ergebnisse im Plenum vorgestellt. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gegebenenfalls kann in Gruppen gearbeitet werden.
<i>Nach dem Lesen: Anschlusskommunikation initiieren (II)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, die Aufgabe 4 zu lösen. Die Erstellung eines Plakats zum Thema erfolgt in Zweiergruppen. ▪ Zum Abschluss werden die Plakate vorgestellt. Es kann eine gemeinsame Auswahl besonders gelungener Plakate für die Ausstellung im Schulhaus oder zum Tag der offenen Tür erfolgen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ gegebenenfalls weitere selbstgewählte Quellen ▪ Die Erstellung des Plakats ist auch als Hausaufgabe möglich.

Zuordnung zu den Standards des Basiscurriculums Medienbildung

Produzieren; Medientechnik

- Medientechnik einschließlich Hard- und Software unter Verwendung von Anleitungstexten oder Tutorials handhaben [G]

Zuordnung zu den übergreifenden Themen

- kein Bezug

LITERATUR, LINKS UND EMPFEHLUNGEN

- Lesnavigator, Starter-Set und Profi-Set, verfügbar unter: <https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/index.php?id=7089>, Zugriff am: 26.03.2021.

Material 1

Hinweis: Hier fehlt eine Überschrift, siehe Aufgabe 1

.....

Damit Uhren eine genaue Uhrzeit anzeigen können, benötigen sie einen Taktgeber. Früher hat man dazu die Schwingungen von mechanischen Oszillatoren ausgenutzt. Hierbei wurde mithilfe der Energie einer gehobenen Masse oder der Energie einer gespannten Feder eine mechanische Schwingung erzeugt, wobei die Periodendauer genau $T = 1 \text{ s}$ betragen musste. Diese Schwingungen wurden durch ein System von Zahnrädern auf die Zeiger der Uhr übertragen.

In modernen Uhren werden Quarzkristalle als Taktgeber eingesetzt. Legt man an Quarzkristalle eine Gleichspannung an, so verformen sie sich. Trennt man die Spannungsquelle wieder vom Quarzkristall, so geht er in seine Ausgangslage zurück. Wenn man eine Wechselspannung der Frequenz f anlegt, dann schwingt der Quarzkristall. Wählt man die Frequenz f der Wechselspannung so, dass sie mit der Eigenfrequenz f_0 des Quarzkristalls übereinstimmt, dann tritt Resonanz auf. Der Quarzkristall schwingt dann besonders stark. Diese Wechselspannung mit der Eigenfrequenz f_0 wird als Takt für die Quarzuhr verwendet. Die Resonanzfrequenz besitzt eine sehr hohe Konstanz, auch wenn die Frequenz der Wechselspannung leichten Schwankungen unterworfen sein sollte. Die bei den meisten Quarzuhren eingesetzten Quarzkristalle besitzen eine Eigenfrequenz von 32768 Hz. Um die für die Uhr benötigte Frequenz 1 Hz zu erhalten, muss die Frequenz noch 15-mal durch 2 geteilt werden, denn es gilt: $\frac{32768 \text{ Hz}}{2^{15}} = 1 \text{ Hz}$.

In der Quarzuhr wird das durch einen elektronischen Frequenzteiler realisiert. Die Wechselspannung der Frequenz 1 Hz wird an eine Spule angelegt (siehe Abbildung 1 im Material 3), neben der sich ein drehbar gelagerter Magnet befindet. Der Magnet bewegt sich daraufhin im Takt von 1 s. Die Bewegung wird schließlich über die Zahnräder auf die Zeiger der Uhr übertragen. Bei Digitaluhren wird der Sekundentakt mithilfe eines Zählwerks für die Sekunden, Minuten und Stunden weiter verarbeitet und die Uhrzeit in einer Anzeigeeinheit dargestellt.

Quarzuhren sind wesentlich genauer als ihre mechanischen Vorgänger. Innerhalb eines Monats beträgt die Abweichung von der tatsächlichen Zeit lediglich einige Sekunden. Bei Funkuhren lässt sich dieser Fehler noch weiter verringern. Sie besitzen einen Empfänger, mit dem sie in regelmäßigen Abständen das Zeitzeichensignal eines Langwellensenders empfangen können. Die vom Zeitzeichensender kontinuierlich gesendeten Informationen enthalten die genaue Zeitangabe einer sehr genau gehenden Atomuhr. Der in Europa hauptsächlich von Funkuhren genutzte Zeitzeichensender DCF77 befindet sich südöstlich von Hanau in Mainflingen. Er hat eine Reichweite von bis zu 2000 km.

Material 2

Hinweis: Hier fehlt eine Überschrift, siehe Aufgabe 1

Damit Uhren eine genaue Uhrzeit anzeigen können, benötigen sie einen Taktgeber. Früher hat man dazu die **Schwingungen** von **mechanischen Oszillatoren** ausgenutzt. Hierbei wurde mithilfe der Energie einer gehobenen Masse oder der Energie einer gespannten Feder eine mechanische Schwingung erzeugt, wobei die Periodendauer genau $T = 1 \text{ s}$ betragen musste. Diese Schwingungen wurden durch ein System von Zahnrädern auf die Zeiger der Uhr übertragen.

In modernen Uhren werden **Quarzkristalle** als Taktgeber eingesetzt. Legt man an Quarzkristalle eine Gleichspannung an, so verformen sie sich. Trennt man die Spannungsquelle wieder vom Quarzkristall, so geht er in seine Ausgangslage zurück. Wenn man eine Wechselspannung der Frequenz f anlegt, dann schwingt der Quarzkristall. Wählt man die Frequenz f der Wechselspannung so, dass sie mit der **Eigenfrequenz** f_0 des Quarzkristalls übereinstimmt, dann tritt **Resonanz** auf. Der Quarzkristall schwingt dann besonders stark. Diese Wechselspannung mit der Eigenfrequenz f_0 wird als Takt für die Quarzuhr verwendet. Die Eigenfrequenz besitzt eine sehr hohe Konstanz, auch wenn die Frequenz der Wechselspannung leichten Schwankungen unterworfen sein sollte. Die bei den meisten Quarzuhren eingesetzten Quarzkristalle besitzen eine Eigenfrequenz von 32768 Hz. Um die für die Uhr benötigte Frequenz 1 Hz zu erhalten, muss die Frequenz noch 15-mal durch 2 geteilt werden, denn es gilt:

$$\frac{32768 \text{ Hz}}{2^{15}} = 1 \text{ Hz}.$$

In der Quarzuhr wird das durch eine elektronischen Frequenzteiler realisiert. Die Wechselspannung der Frequenz 1 Hz wird an eine Spule angelegt (siehe Abbildung 1 im Material 3), neben der sich ein drehbar gelagerter Magnet befindet. Der Magnet bewegt sich daraufhin im Takt von 1 s. Die Bewegung wird schließlich über die Zahnräder auf die Zeiger der Uhr übertragen. Bei Digitaluhren wird der Sekundentakt mithilfe eines Zählwerks für die Sekunden, Minuten und Stunden weiter verarbeitet und die Uhrzeit in einer Anzeigeeinheit dargestellt.

Quarzuhren sind wesentlich genauer als ihre mechanischen Vorgänger. Innerhalb eines Monats beträgt die Abweichung von der tatsächlichen Zeit lediglich einige Sekunden. Bei Funkuhren lässt sich dieser Fehler noch weiter verringern. Sie besitzen einen Empfänger, mit dem sie in regelmäßigen Abständen das Zeitzeichensignal eines **Langwellensenders** empfangen können. Die vom Zeitzeichensender kontinuierlich gesendeten Informationen enthalten die genaue Zeitanzeige einer sehr genau gehenden Atomuhr. Der in Europa hauptsächlich von Funkuhren genutzte Zeitzeichensender **DCF77** befindet sich südöstlich von Hanau in Mainflingen. Er

Schwingung

Unter einer Schwingung versteht man eine zeitlich periodische Änderung einer physikalischen Größe.

Beispiele:

- Auslenkung eines schwingenden Fadenpendels (mechanische Schwingung)
- Sinusförmige Wechselspannung (elektrische Schwingung)

Mechanischer Oszillator

Ein Oszillator ist ein schwingungsfähiges System. Ein mechanischer Oszillator, z. B. ein Federschwinger, kann demnach mechanische Schwingungen ausführen.

Quarzkristall

Quarz ist ein sehr häufig in der Erdkruste vorkommendes Material. Es handelt sich dabei um Siliziumdioxid (SiO_2). Die Atome der Verbindung sind regelmäßig, meist in Form von Tetraedern angeordnet und bilden eine Kristallstruktur.

Eigenfrequenz

Jeder Oszillator, der freie Schwingungen ausführt, schwingt dabei mit einer für ihn typischen Eigenfrequenz f_0 .

Resonanz

Wird ein Oszillator durch Energiezufuhr von außen mit einer Erregerfrequenz f_{er} in Schwingungen versetzt, dann wird die meiste Energie auf den Oszillator übertragen, wenn die Eigenfrequenz f_0 des Oszillators und die Erregerfrequenz übereinstimmen ($f_{er} = f_0$). In diesem Fall spricht man von Resonanz.

Langwellensender:

Ein Langwellensender ist ein Sender, der elektromagnetischen Wellen mit einer Frequenz zwischen 30 kHz und 300 kHz abstrahlt.

DCF77

Internationale Bezeichnung des Zeitzeichensenders in Mainflingen

hat eine Reichweite von bis zu 2000 km.

Material 3

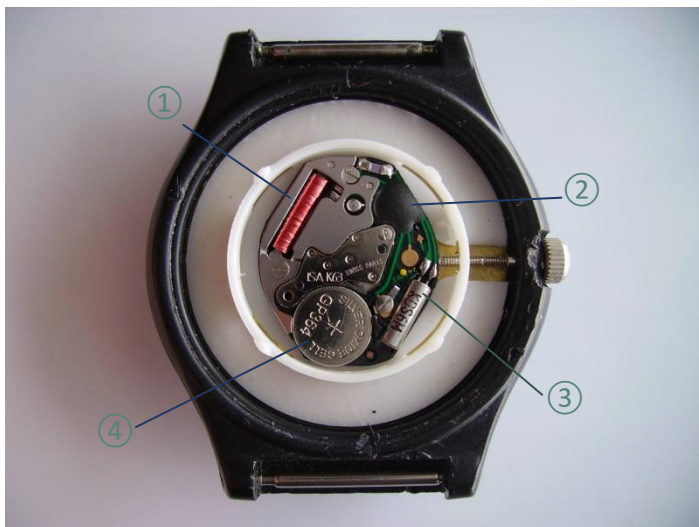
Hinweis

Mithilfe des Textes im Material kannst du verstehen, wie eine Quarzuhr funktioniert. Bevor du die Aufgaben 1 bis 4 bearbeitest, erschließe dir den Text. Führe dazu folgende Arbeitsschritte aus:

- (a) Verschaffe dir einen Überblick über den Text. Formuliere eine Kernaussage darüber, worum es im Text geht.
- (b) Markiere alle unbekanntenen Begriffe, die du nachschlagen musst, und kläre sie anschließend mithilfe von geeigneten Recherchen.
- (c) Ordne Teilabschnitten des Textes treffende Teilüberschriften zu.

Aufgaben

1. Überlege dir zwei Überschriften für den im Material gegebenen Text.
 - Die erste Überschrift soll fachlich exakt beschreiben, worum es in dem Text geht.
 - Die zweite Überschrift soll vor allem Neugier erzeugen, den Text zu lesen.
2. Die Frequenz, mit der der Quarzkristall einer Quarzuhr schwingt, beträgt $f_Q = 32678 \text{ Hz}$. Erläutere, wie aus den Schwingungen des Quarzkristalls der Sekundentakt $f = 1 \text{ Hz}$ erzeugt werden kann.
3. Erkläre, weshalb Quarzuhren sehr genau sind. Gehe bei deiner Erklärung auf den Begriff Resonanz ein.
4. Erstelle ein Plakat, das die Funktionsweise einer Quarzuhr anschaulich erklärt. Beachte die an der Schule eingeführten Vorgaben für die Erstellung von Plakaten.



- ① Spule
- ② Schaltkreis zur Aufbereitung des Taktsignals
- ③ Quarz
- ④ Batterie

Abbildung 1: Rückseite einer geöffneten Quarzarmbanduhr

Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8b/Armbanduhr_Rueckseite.jpg, Zugriff am 26.03.2021.