

Fachdidaktik Physik: 1.4.3. Planung stimmiger Unterrichtseinheiten

Hans-Otto Carmesin

Gymnasium Athenaeum Stade, Studienseminar Stade

Hans-Otto.Carmesin@t-online.de

16. März 2021

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Jahresplanung	2
3 Planung einer UE	3
3.1 Analyse kompetenzorientierter Unterrichtsziele	3
3.2 Entwickeln einer Lernstruktur	3
4 Abfolge der Stunden	7
5 Beispiele für Kurzentwürfe	12
6 Aufgaben	22
7 Zusammenfassung	22

1 Einleitung

Der Lernprozess wird von Ihren Schülerinnen und Schülern besonders dann als sinnvolles Ganzes erlebt, wenn Sie Ihrem Unterricht eine logisch stimmige und umfassende Langzeitplanung zugrunde legen. Denn damit Ihre Schüler komplexere Bedeutungen und Verfahren verstehen, müssen sie die vorgeordneten Begriffe und Kompetenzen beherrschen [Roth \(2006\)](#). Umgekehrt wird Ihren SuS der Sinn des Gelernten auch dadurch bewusst, dass sie erfahren, wo sie dieses später nutzen können, z. B. auch im Folgeunterricht. Zudem ist Ihr Unterricht besonders lernwirksam, wenn Sie das Vorwissen der SuS einbeziehen, beispielsweise durch eine vorausschauende Langzeitplanung. So wurde für das Vernetzen mit Vorwissen die extrem hohe

Effektstärke¹ $d = 1,48$ ermittelt (s. [Hattie \(2009\)](#)). Im Folgenden stelle ich die wesentlichen Stationen der Entwicklung einer Langzeitplanung am Beispiel der Wellenlehre in Klassenstufe 11 für einen Kurs auf erhöhtem Niveau dar.

2 Jahresplanung

Damit wir die Zeit planvoll nutzen können, ordnen wir zu Beginn eines Schuljahres jeder Unterrichtseinheit eine angemessene Zeitspanne zu. Hierzu ermitteln wir die verfügbare Stundenzahl unter Berücksichtigung von Klassenarbeiten, Feiertage, Fahrten etc. Sodann bestimmen wir Schwerpunkte und Umfang der Themen, indem wir folgende Fragen klären: Was soll in welchem Ausmaß gemacht werden? Welche Themenbereiche sind besonders wichtig und interessant? Welche Themen möchte ich eher kurz unterrichten? Welche Unterrichtseinheiten (UEs) ergeben sich? Wie will ich die UEs anordnen? Schließlich ordnen wir jeder UE eine Dauer und eine Zeitspanne im Schuljahr zu.

Im Fall der Wellenlehre steht fest, dass in der Qualifikationsphase (Klassenstufen 11 und 12) die Themenbereiche Elektrizität, Schwingungen und Wellen, Quantenobjekte, Atomhülle und Atomkern zu behandeln sind [Beime u. a. \(2012\)](#); [Brüning u. a. \(2010\)](#); [Frenzel \(2017\)](#); [Gehmann \(2015\)](#). In Klassenstufe 11 sollte daher bereits ein erster Teil des Themas Quantenobjekte bearbeitet werden. Der Themenbereich Elektrizität legt die Unterrichtseinheiten elektrische Felder, magnetische Felder und Induktion nahe. Als Viertes kämen eine kurze UE Schwingungen und eine lange UE Wellen, gefolgt von der UE Quantenobjekte 1. Von den 6 UEs des Schuljahrs ist die zur Wellenlehre die längste. Sie sollte von den verfügbaren 35 Wochen etwa 9 Wochen einnehmen.

Eine sinnvolle Jahresplanung ist:

UE	Dauer	Zeitraum
Wiederholen	1	1. Septemberwoche
Elektrische Felder	7	2. Septemberwoche bis 1. Novemberwoche
Magnetische Felder	5	2. Novemberwoche bis 2. Dezemberwoche
Induktion mit Schwingkreis (Schwingungen 1)	6	2. Dezemberwoche bis 1. Februarwoche
Schwingungen 2	2	2. Februarwoche bis 3. Februarwoche
Wellen	9	4. Februarwoche bis 3. Maiwoche
Quantenobjekte 1	5	4. Maiwoche bis 3. Juniwoche

Tabelle 1: Jahresplanung

¹In umfangreichen Metanalysen wurden für ganze Lehrverfahren Effektstärken bis zu 0,61 festgestellt. Für einzelne unterrichtliche Maßnahmen wurden Effektstärken bis 1,48 ermittelt. Effektstärken unter 0,4 gelten als pädagogisch wenig bedeutsam (s. die entsprechende Fachsitzung oder [Hattie \(2009\)](#)).

3 Planung einer UE

3.1 Analyse kompetenzorientierter Unterrichtsziele

Zunächst analysieren wir das durch die Curricula vorgegebene kompetenzorientierte Unterrichtsziel [Beime u. a. \(2012\)](#); [Brüning u. a. \(2010\)](#); [Frenzel \(2017\)](#); [Gehmann \(2015\)](#).

Fachliche Analyse: Die Tabelle [2](#) zeigt, dass ein wesentliches Merkmal dieser UE darin besteht, dass die SuS Kompetenzen zu Wellen erwerben und auf viele Typen von Wellen anwenden.

Relevanz² für das Leben: Wellen sind wichtig beim Hören und bei Musikinstrumenten, beim Sehen und bei Farben, in der Medizin sind Röntgenstrahlen wichtig, Mikro- und Radiowellen sind aus dem Alltag kaum wegzudenken. Diese reichhaltigen Anknüpfungspunkte sollen die gesamte UE tragen.

Relevanz für die SuS: Der Kurs zeigte bereits an vielen Anwendungen reges Interesse, so dass die SuS durch die obigen Beispiele sicher motiviert werden.

3.2 Entwickeln einer Lernstruktur

Unser allgemeines Vorgehen: Um eine gute Lernstruktur zu erhalten setzen wir die *Schwerpunkte* so, dass ein interessanter Lernprozess entsteht, bei dem unsere SuS auf möglichst einfache Weise ihre Kompetenzen möglichst gründlich und nachhaltig entwickeln. Zugleich heben wir *Kerngedanken* hervor und separieren das nicht absolut Nötige ab, indem wir es erst in der Stundenabfolge darstellen.

Beispiel Wellenlehre: Die vielen Typen von Wellen legen das Lernen am Beispiel und das Nutzen vieler Strukturgleichheiten nahe. Als grundlegendes Beispiel für Zeile 1 in Tabelle [2](#) wähle ich wegen der Anschaulichkeit und Relevanz die Seilwelle beim Kontrabass und am Seil ([Carmesin \(2003\)](#), [Carmesin u. a. \(2018\)](#)). An diesem Beispiel lernen die SuS auch stehende Wellen, transversale Wellen und Interferenz kennen.

Um zur Beugung am Gitter zu gelangen, s. Tabelle [2](#), wird die strukturell wesentliche Dimension des Mediums von 1 auf zunächst 2 erhöht. Für diese nicht triviale Verallgemeinerung eignen sich wegen der Anschaulichkeit besonders gut Wasserwellen. Auf dieser Basis können die SuS relativ selbstständig die Beugung von Licht am Doppelspalt und Gitter, die Welleneigenschaft von Licht, die Transversalität von Lichtwellen, deren Verhalten bei LC-Displays sowie bei Michelson-Interferometern entdecken, s. Tabelle [2](#).

Mit diesen Vorkenntnissen können die SuS recht eigenständig die Welleneigenschaft von Röntgenstrahlung anhand der Bragg-Reflexion entdecken und so die strukturell wesentliche Dimension der Ausbreitung von 2 auf 3 steigern. Damit beherrschen die SuS alle hier grundlegenden Strukturen der Wellenlehre und können diese selbst auf weitere Systeme transferieren und so die übrigen inhaltsbezogenen Kompetenzen erwerben. Bei diesem Programm eignen sich die SuS beiläufig alle prozessbezogenen Kompetenzen der Tabelle [2](#) an.

Dieses Vorgehen setzt klare *Schwerpunkte bei der Anschaulichkeit*, denn es werden die Seilwellen und die Wasserwellen behandelt, obwohl diese nicht im Curriculum gefordert sind. Denn

²Weitere Zielkataloge finden Sie bei [Bleichroth u. a. \(1999\)](#).

die im Curriculum geforderten Wellen sind als solche alle leider nicht sichtbar. Auch hebt dieses Programm den *Kerngedanken* des Weges vom Einfachen zum Schwierigen hervor. Das ist hier der Weg von unmittelbar sichtbaren zu unsichtbaren Wellen sowie von Wellen niedriger Dimension zu Wellen hoher struktureller Dimension. Feinheiten wie die Verwendung von zwei Schallsendern oder von objektiven Methoden werden vorerst nicht dargestellt. Als Module werden ein-, zwei- und dreidimensionale Wellen sowie Seil-, Wasser-, Licht-, Röntgen- und Schallwellen deutlich. Die resultierende Lernstruktur sehen wir in Abb. 2



Abbildung 1: Die Grundschwingung sowie einige Oberschwingungen sind beim Kontrabass mit bloßem Auge erkennbar.

Inhaltsbezogene Kompetenzen: SuS ...	Prozessbezogene Kompetenzen: SuS ...
<p>... beschreiben die Ausbreitung harmonischer Wellen.</p> <p>... beschreiben harmonische Wellen mithilfe von T, c, λ, f, \hat{y} und ϕ.</p> <p>... begründen den Zusammenhang zwischen λ und f und wenden die zugehörige Gleichung an.</p>	<p>... verwenden Zeigerketten oder Sinuskurven zur grafischen Darstellung.</p> <p>... nutzen in diesen Zusammenhängen die Zeigerdarstellung oder Sinusfunktionen sachgerecht.</p>
<p>... vergleichen longitudinale und transversale Wellen.</p> <p>... beschreiben Polarisierbarkeit als Eigenschaft transversaler Wellen.</p>	<p>... stellen Bezüge zwischen dieser Kenntnis und Beobachtungen an einem LC-Display her.</p>
<p>... beschreiben und deuten Interferenzphänomene für folgende Fälle:</p> <ul style="list-style-type: none"> - stehende Welle, - Doppelspalt und Gitter, - Michelson-Interferometer, - Bragg-Reflexion. 	<p>... verwenden die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung zur Beschreibung und Deutung.</p> <p>... erläutern die technische Verwendung des Michelson-Interferometers zum Nachweis kleiner Längenänderungen.</p>
<p>... beschreiben je ein Experiment zur Bestimmung der Wellenlänge von</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schall mit zwei Sendern, - Mikrowellen mit dem Michelson-Interferometer, - Licht mit einem Gitter (subjektiv/objektiv) und - Röntgenstrahlung mit Bragg-Reflexion 	<p>... werten entsprechende Experimente aus.</p> <p>... leiten die zugehörigen Gleichungen selbstständig und begründet her.</p> <p>... übertragen das Vorgehen auf Experimente mit anderen Wellenarten.</p> <p>... wenden ihre Kenntnisse zur Bestimmung des Spurbabstandes bei einer CD an.</p> <p>... erläutern ein Verfahren zur Strukturuntersuchung als technische Anwendung der Bragg-Reflexion.</p>

Tabelle 2: Wesentlicher Teil des Curriculums

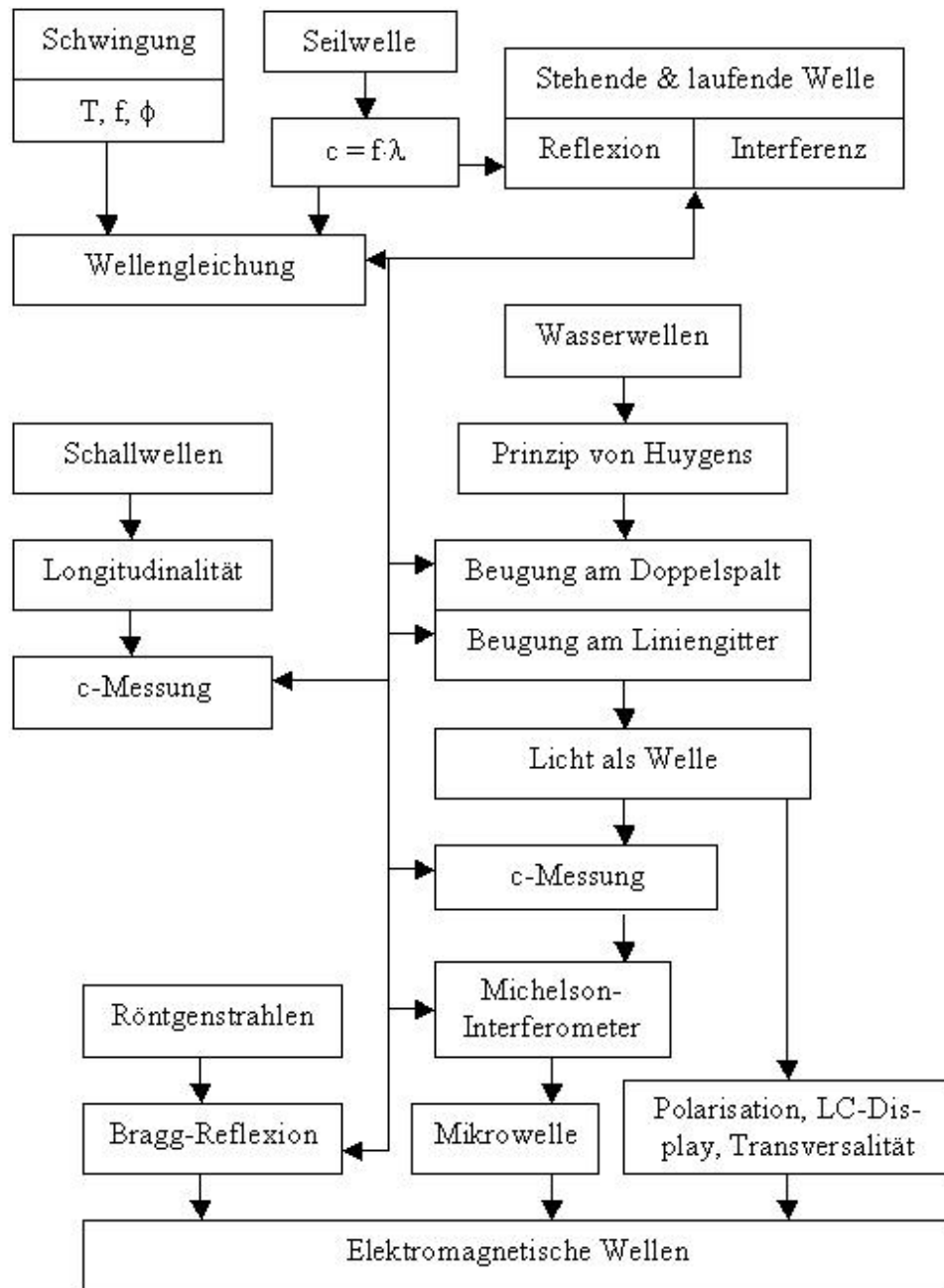


Abbildung 2: Lernstruktur: Zeilen 1-3: Grundlegende Welleneigenschaften entwickelt am Beispiel der Seilwelle. Zeilen 4 bis 11: Verallgemeinerung der grundlegenden Eigenschaften auf drei Dimensionen, Behandlung verschiedener Wellentypen, Experimentierverfahren und Anwendungen. Zeile 12: Übersicht zu elektromagnetischen Wellen.

4 Abfolge der Stunden

Unser allgemeines Vorgehen: Um gute Stundenthemen zu erhalten setzen wir einen Akzent, fokussieren wir auf das Anliegen der Stunde und legen einen zentralen Gedanken der Stunde fest. So machen wir die Stunde zu einem sinnvollen Ganzen, das zugleich seine Funktion im Rahmen der UE beibehält. Im Stundenthema formulieren wir, was die SuS in Bezug auf den fachlichen Inhalt praktisch oder gedanklich leisten. Mit dem kompetenzorientierten Unterrichtsziel legen wir fest, was die SuS nach der Stunde können sollen.

Beispiel Wellenlehre: Die Stundenabfolge ist in den Tabellen 3 bis 8 dargestellt.

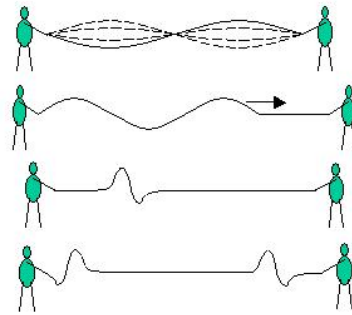
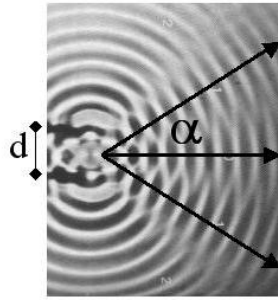


Abbildung 3: Ihre Schüler können mit dem Seil selbstständig in Gruppen stehende, laufend, reflektierte sowie überlagerte, also interferierende Wellen unmittelbar handelnd und beobachtend auf sportliche Weise erkunden und so die wesentlichen Grundlagen eindimensionaler Wellen entdecken.

Nr.	Stundenthema	kompetenzorientiertes Unterrichtsziel
1	Einführung von Seilwellen beim Kontrabass	Die SuS bestimmen die Wellenlänge λ und Frequenz f beim Kontrabass, um ihre experimentelle Kompetenz zu schulen.
2	Entdeckung der Proportionalität von Wellenlänge und Periodendauer	Die SuS begründen die Proportionalität von λ und f , um ihre Mathematisierungskompetenz mit Ausgleichskurven zu schulen.
3	Entdeckung der Ausbreitungsgeschwindigkeit	Die SuS begründen die Gleichheit des Quotienten λ/f zur Ausbreitungsgeschwindigkeit, um ihre experimentelle Problemlösekompetenz zu schulen.
4	Entdeckung der laufenden Welle und Einführung der Wellengleichung	Die SuS erläutern die Wellengleichung, um ihre Mathematisierungskompetenz zur Darstellung von Wellen zu schulen.
5	Entdeckung der Überlagerung von Wellen	Die SuS begründen die additive Überlagerung von Wellen, um ihre experimentelle Kompetenz zu schulen.
6	Deutung der stehenden Welle als Überlagerung	Die SuS begründen, dass die Überlagerung einer Welle mit der reflektierten Welle zu einer stehenden Welle führt, um ihre Argumentationskompetenz mit Winkel-funktionen zu schulen.

Tabelle 3: Unterrichtssequenz Seilwellen



Maxima: $n \cdot \lambda = d \cdot \sin(\alpha)$

Abbildung 4: Ihre Schüler können durch unmittelbare Beobachtung von Wasserwellen bei verschiedenen Versuchen alle grundlegenden Merkmale der Ausbreitung und Überlagerung von Wellen im Raum mit ihren eigenen Sinnen entdecken.

Nr.	Stundenthema	Kompetenzorientiertes Unterrichtsziel
1	Beschreibung von Wasserwellen	Die SuS beschreiben Wasserwellen mithilfe von Wellenfronten und Wellenstrahlen, um ihre Modellierungskompetenz zu schulen.
2	Entdeckung der Beugung von Wasserwellen am Spalt	Die SuS deuten die Beugung von Wasserwellen mithilfe der Elementarwellen des Huygens, um ihre Argumentationskompetenz und Erkenntnisgewinnungskompetenz mit Hypothesen und deren Überprüfung zu schulen.
3	Entdeckung und Deutung der Brechung von Wasserwellen	Die ermitteln zeichnerisch Brechungswinkel, um ihre Mathematisierungskompetenz mit Grafiken und Termen zu schulen.
4	Entdecken der Beugung von Wasserwellen am Doppelspalt	Die SuS deuten die Beugung am Doppelspalt mithilfe von Elementarwellen, um ihre Modellierungskompetenz zur Problemlösung bei Wellen zu schulen.
5	Entdecken der Beugung von Wasserwellen am Gitter	Die SuS leiten für die Beugung am Gitter die Beugungsformel her, um ihre Mathematisierungskompetenz zu schulen.

Tabelle 4: Unterrichtssequenz Wasserwellen

Nr.	Stundenthema	Kompetenzorientiertes Unterrichtsziel
1	Entdeckung der Beugung von Licht am Gitter	Die SuS bestimmen Lichtwellenlängen, um ihre Problemlösekompetenz bezüglich Analogien und ihre Erkenntnisgewinnungskompetenz mit Modellvorstellungen zu schulen.
2	Entdeckung der Beugung von Licht am Spalt	Die SuS beugen Licht am Spalt, um ihre experimentelle Kompetenz zu schulen.
3	Untersuchung der Speicherdichten optischer Medien	Die SuS bestimmen grob die Speicherdichten von CDs und DVDs, um ihre experimentelle Kompetenz zu schulen.
4	Bestimmung von λ mit dem Michelson-Interferometer	Die SuS bestimmen eine Lichtwellenlänge mit dem Michelson-Interferometer, um ihre experimentelle Kompetenz bezüglich Messunsicherheiten zu schulen.
5	Entdecken der Polarisation von Licht	Die SuS deuten die Polarisation von Licht mit Filtern und Spiegeln, um ihre Modellierungskompetenz zu schulen.
6	Anwendung der Polarisation bei LC-Displays	Die SuS erklären die Anwendung der Polarisation des Lichts bei LC-Displays, um ihre Problemlösekompetenz bei technischen Anwendungen zu schulen.
7	Spektrale Analyse von Licht	Die SuS spektroskopieren Licht mit verschiedenen Verfahren, um ihre experimentelle Kompetenz auch beim Planen zu schulen.

Tabelle 5: Unterrichtssequenz Lichtwellen

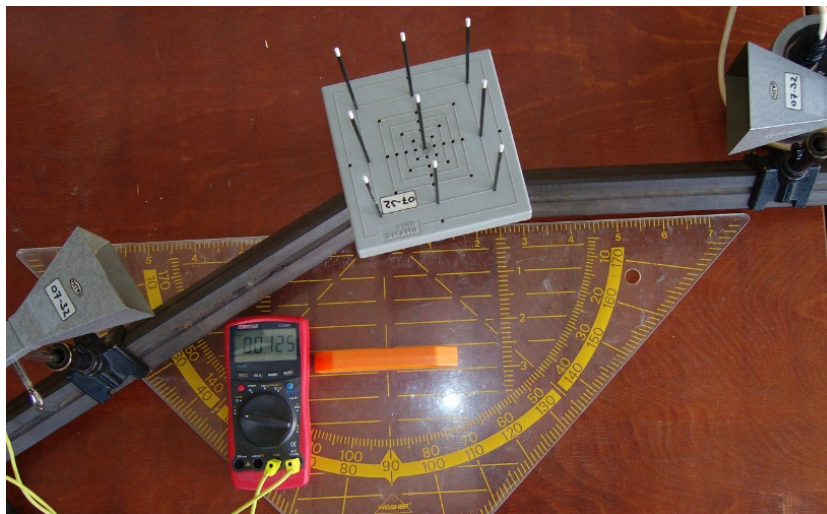


Abbildung 5: Ihre Schüler können die Bragg-Bedingung durch makroskopische Beobachtung bei Mikrowellen entdecken.

Nr.	Stundenthema	Kompetenzorientiertes Unterrichtsziel
1	Entdeckung stehender Wellen in der Mikrowelle	Die SuS bestimmen die Lichtgeschwindigkeit mit der Mikrowelle, um ihre Modellierungskompetenz mit Strukturgleichheiten zu schulen.
2	Bestimmung von λ bei Mikrowellen mit dem Michelson-Interferometer	Die SuS bestimmen die Wellenlänge von Mikrowellen mit dem Michelson-Interferometer, um ihre Problemlösekompetenz mit Analogien zu schulen.
3	Erzeugung von Radiowellen	Die SuS erzeugen Radiowellen, um ihre experimentelle Kompetenz zu schulen.
4	Entdeckung der Bragg-Reflexion	Die SuS beugen Mikrowellen an Netzebenen, um ihre experimentelle Kompetenz zu schulen.
5	Herleitung der Bragg-Gleichung	Die SuS leiten die Bragg-Bedingung her, um ihre Problemlösekompetenz bezüglich Deduktionen zu schulen.

Tabelle 6: Unterrichtssequenz Mikrowellen

Nr.	Stundenthema	Kompetenzorientiertes Unterrichtsziel
1	Entdeckung der Röntgenstrahlen	Die SuS erklären grundlegende Eigenschaften von Röntgenstrahlen, um ihre Modellierungskompetenz zu schulen.
2	Strukturanalyse mit Röntgenstrahlen	Die SuS bestimmen die Wellenlänge von Röntgenstrahlen, um ihre experimentelle Problemlösekompetenz auch mit Analogien zu schulen.

Tabelle 7: Unterrichtssequenz Röntgenstrahlen

Nr.	Stundenthema	Kompetenzorientiertes Unterrichtsziel
1	Entdeckung schwingender Luftsäulen bei Musikinstrumenten wie Pfeifen und Trompeten	Die SuS deuten die Tonerzeugung mithilfe stehender Luftsäulen, um ihre Modellierungskompetenz zu schulen.
2	Bestimmung der Schallgeschwindigkeit durch schwingende Luftsäulen	Die SuS bestimmen die Schallgeschwindigkeit im Kundtschen Rohr, um ihre experimentelle Kompetenz zu schulen.
3	Bestimmung der Schallgeschwindigkeit durch Interferenz	Die SuS bestimmen die Schallgeschwindigkeit mit Hilfe von zwei Lautsprechern, um ihre experimentelle Kompetenz zu schulen.

Tabelle 8: Unterrichtssequenz Schallwellen

Die UE umfasst insgesamt 28 geplante Stunden bei 36 vorhandenen Stunden. Das lässt Zeit für unvorhergesehene Dinge. Auch besteht die UE aus sechs in sich abgerundeten Sequenzen, die stimmig aufeinander aufbauen. Das gibt der UE eine für die SuS leicht nachvollziehbare Struktur und Progression. Die SuS lernen vertieft in jeder Sequenz an einem exemplarischen Thema [Wagenschein \(1999\)](#); sie übertragen das Gelernte auf die weiteren Lerninseln, wobei sie fortschreitend physikalisch komplexere Strukturen kennenlernen.

5 Beispiele für Kurzentwürfe

Wie gut die Langzeitplanung funktioniert, das erkennen wir schon während der Planung relativ gut, wenn wir die Kurzentwürfe erstellen. Noch fundiertere Hinweise ergibt die Reflexion nach dem Unterricht, diese nutzen wir selbstverständlich bei einem zweiten Durchgang. Für einen ersten Durchgang bleiben also nur die Kurzentwürfe, hierzu einige Beispiele:

Kurzentwurf für eine Physikstunde

Athenaeum

PH EN 11

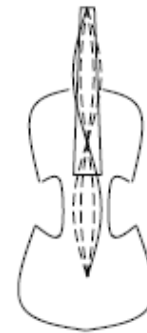
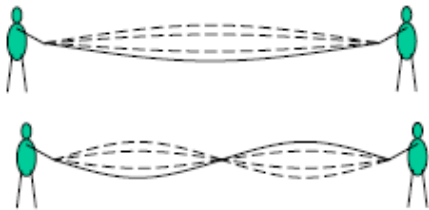
Thema der Unterrichtseinheit: Wellen**Einführung von Seilwellen beim Kontrabass****Didaktik:** KUZ: Die Lernenden experimentieren mit der Seilwelle beim Kontrabass und beim Seil, um ihre experimentelle Kompetenz zu schulen.

Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: Periodendauer, Frequenz	Erläutern, Messen
LV: Kontrabass, Funktionsweise	Beschreiben, Erläutern mit Alltagswissen
TZ: Seilwelle, Schraubenfeder	Beschreiben, Darstellen, Anregen
TZ: Periodendauer beim Kontrabass	Erläutern, Messen
TZ: Wellenlänge beim Kontrabass	Erläutern, Messen

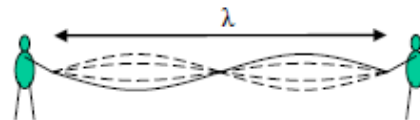
Methodik: Dominantes Lehrverfahren: Interaktiv erarbeitend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
5	<u>Hinführung:</u> Kontrabass spielen Oktave verdeckt spielen	Spiel beschreiben, Oktave beschreiben	LSG
7	<u>Aufgabenstellung:</u> Seilwelle	Skizzieren, Leitfrage entwickeln	LSG
20	<u>Erarbeitung:</u> Bewegung, Kontrabass und Modellversuch mit Seil	SE zur Seilwelle, Messung von λ , T	GA
30	<u>Sicherung:</u> s.u.	SV, Reflexion, Rückkopplung	SV
45	<u>Festigung:</u> weitere Beispiele		PA

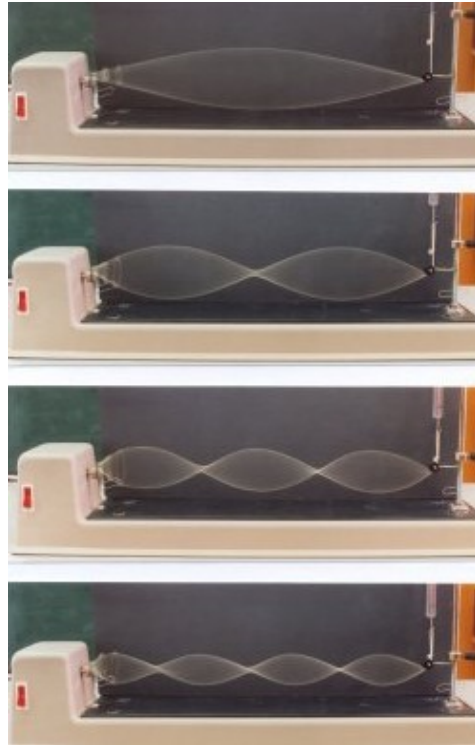
Geplanter TA

Wie können wir beim Kontrabass eine Oktave spielen?Lösungsideen: Frequenz verdoppeln, Länge halbieren, Smartphone-Oszilloskop, Lineal, Seil Modellversuch und Versuch Skizzen:Versuchsdurchführung: Beim Kontrabass messen wir T mit dem Smartphone, beim Seil mit der Stoppuhr.Ergebnisse zur Periodendauer:

- Wir messen die Wiederholdauer T, indem wir den Ton mit einem Mikrofon aufnehmen und im Oszilloskop die Periodendauer bestimmen.
- Wir messen die Wiederholdauer T des Kontrabass, indem wir einen Ton mit einem Tongenerator so abstimmen, dass er die gleiche Tonhöhe hat, wie der Ton des Kontrabasses.

Ergebnis: Wenn wir die Seilwelle halbieren, dann verdoppelt sich die Frequenz. Der Ton ist dann eine Oktave höher.Bezeichnungen: Die Wiederholstrecke heißt Wellenlänge λ .Die räumliche und zeitliche Bewegung bei der Saite und beim Seil heißt Seilwelle.

Ein Seil der Länge 0,5 m wird zu vier Seilschwingungen angeregt. Bestimmen Sie die Wellenlängen!



Bestimmen Sie die Anzahl der Wellenbäuche bei den beiden Seilwellen am Kontrabass!





Kurzentwurf für eine Physikstunde

Athenaeum

PH EN 11

Thema der Unterrichtseinheit: Wellen

Einführung von Seilwellen beim Kontrabass

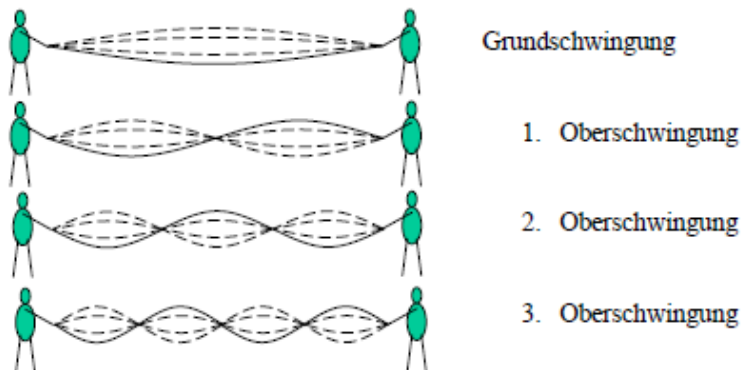
Entdeckung der Proportionalität von Wellenlänge und Periodendauer**Didaktik:** KUZ: Die SuS entdecken die Proportionalität, um ihre experimentelle Kompetenz zu schulen.

Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: Periodendauer beim Kontrabass und Seil	Erläutern, Messen
LV: Wellenlänge beim Kontrabass und Seil	Erläutern, Messen
TZ: Versuchsplanung	Erläutern, Begründen
TZ: λ proportional T	Erläutern, experimentelles Begründen

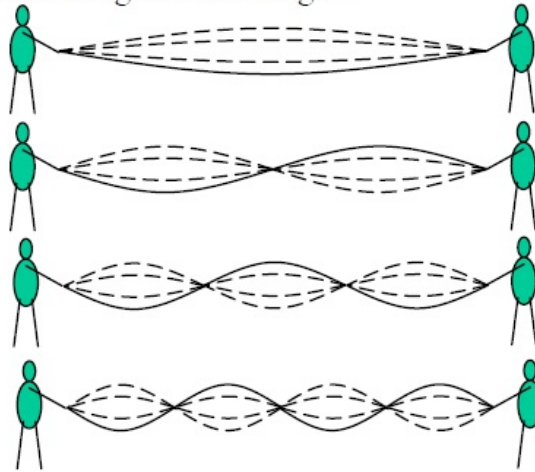
Methodik: Dominantes Lehrverfahren: Aufgebend erarbeitend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
4	<u>Hinführung:</u> λ , T beim Kontrabass	Beschreiben, Spielen, Messen	LSG
8	<u>Aufgabenstellung:</u> Zusammenhang	Leitfrage entwickeln, vermuten	LSG
20	<u>Erarbeitung:</u> Proportionalität	SE zur Seilwelle, Messung von λ , T	GA
30	<u>Sicherung:</u> s.u.	SV, Reflexion	SV
45	<u>Festigung:</u> AB		EA

Geplanter TA

Wie hängt die Wellenlänge von der Periodendauer ab?Vermutungen: $\lambda \sim T$ Versuchsidesen: Kontrabass, Oszilloskop, Smartphone, Lineal, Seil, StoppuhrErgebnisse: Bei der Seilwelle die Periodendauer proportional zur Wellenlänge. Kurz: $\lambda \sim T$ Beim Kontrabass ist $\lambda/T = 306$ m/s.Bei der Schraubenfeder $\lambda/T = 10$ m/s.

Bei der Seilwelle der obersten Abbildung wurde die Periodendauer 1 s gemessen. Bestimmen Sie die Periodendauern für die übrigen Abbildungen!



Kurzentwurf für eine Physikstunde

Athenaeum

PH EN 11

Thema der Unterrichtseinheit: Wellen

Einführung von Seilwellen beim Kontrabass

Entdeckung der Proportionalität von Wellenlänge und Periodendauer

Entdeckung der Ausbreitungsgeschwindigkeit**Didaktik:** KUZ: Die SuS entdecken der Ausbreitungsgeschwindigkeit bei einer Seilwelle, um ihre erkundende Erkenntnisgewinnungskompetenz zu schulen.

Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: λ proportional T	Erläutern, experimentelles Begründen
LV: stehende Welle beim Seil	Erläutern, Anregen
DS: λ/T ist Geschwindigkeit	Erläutern, Begründen durch Einheit
DS: fortlaufender Einzelbauch	Beschreiben, Erläutern, Anregen, Messen der Ausbreitungsgeschwindigkeit
DS: $\lambda/T = c$	Erläutern, experimentelles Begründen

Methodik: Dominantes Lehrverfahren: Problemlösend/Entdeckend

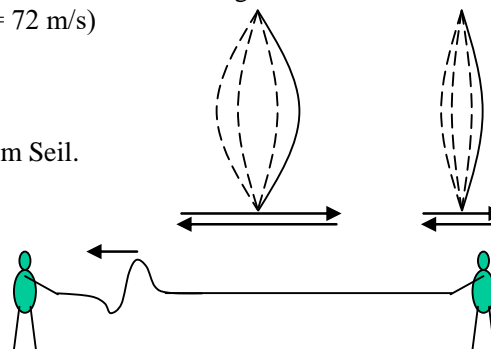
Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
5	<u>Hinführung:</u> Konstante λ/T beim Kontrabass	Erläutern, deuten als Geschwindigkeit, deuten als Geschwindigkeit der Saite	LSG
7	<u>Problemstellung:</u>	Leitfrage entwickeln	LSG
15	<u>Analyse:</u> kognitiver Konflikt, s.u.	Vermuten, Argumentieren	MuG
25	<u>Lösung:</u> laufende Welle	SE zur Seilwelle, Messung von c	GA
35	<u>Sicherung:</u> s.u.	SV, Reflexion	IWB
45	<u>Festigung:</u> Laufende Welle bei Wellenmaschine, AB		EA

Geplanter TA

Was bedeutet die Konstante $\lambda/T = 6,7$ m/s bei der Seilwelle?

Vermutungen: λ/T hat die Einheit der Geschwindigkeit, es ist die Geschwindigkeit senkrecht zum Seil.
(Kontrabass: 24 Hz bei $\lambda=3$ m $\rightarrow \lambda/T = \lambda \cdot f = 3\text{m} \cdot 24 \text{ Hz} = 72$ m/s)

Geschwindigkeit der Saite nimmt mit der Amplitude zu, λ/T ist konstant

Ergebnis: λ/T ist nicht die Geschwindigkeit senkrecht zum Seil.Versuchsideen: Ausprobieren, Seil, StoppuhrErgebnis: Bei der Seilwelle bewegt sich ein Wellenbauch in Seilrichtung mit der Geschwindigkeit 10 m/s.Bezeichnungen: Wellenbäuche, die an einer Stelle stehen bleiben, bilden stehende Wellen.Wellenbäuche, die sich weiter bewegen, bilden laufende Wellen, ihre Geschwindigkeit heißtAusbreitungsgeschwindigkeit c.Ergebnis: Für die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Welle gilt: $c = \lambda/T$ Reserve: Laufende Welle bei der WellenmaschineLösungen: Zu 1) $\lambda = c/f = 3\text{e}8\text{m/s} / 1,9\text{e}9\text{Hz} = 15,8$ cmZu 2a) $\lambda = c/f = 331\text{m/s} / 1\text{e}5\text{Hz} = 3,31$ mm Zu 2b) $\lambda = c/f = 331\text{m/s} / 5000\text{Hz} = 6,62$ cmZu 2c) Kurze Wellenlänge \rightarrow hohe GenauigkeitZu 3a) Violine) $c = 0,66\text{m} \cdot 440\text{Hz} = 290,5$ m/sZu 3b) $f = c/\lambda = 290,4 \text{ m/s} / 0,44\text{m} = 660$ Hz Zu 3c) $f = c/\lambda = 290,4 \text{ m/s} / 0,22\text{m} = 1320$ Hz

1. Die Saiten einer Violine sind 33 cm lang.
 - a. Berechnen Sie die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle in der a – Saite, die mit der Frequenz 440 Hz schwingt.
 - b. Der Geiger greift die Saite 11 cm vom oberen Ende entfernt mit festem Griff. Wie viele Perioden führt die Saite dann pro s aus?
 - c. Er greift die Saite 11 cm vom oberen Ende entfernt mit leichter Berührung. Mit welcher Frequenz schwingt die Saite?

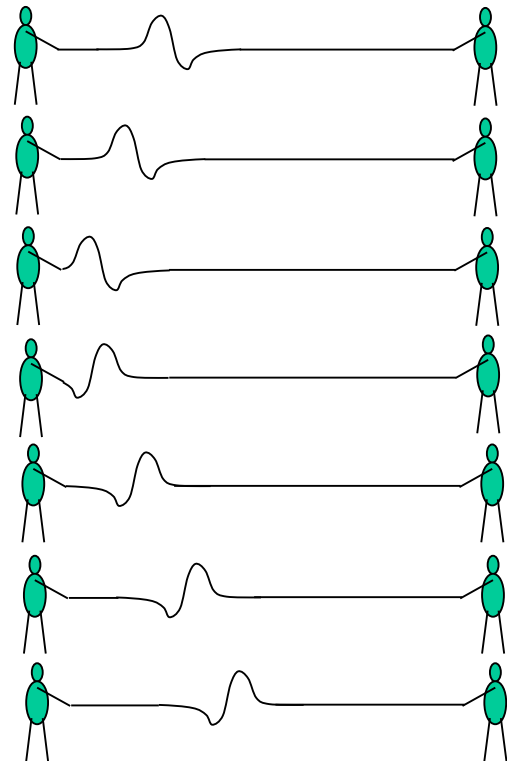


2. Eine Fledermaus erzeugt ein Ultraschallsignal der Frequenz 100 kHz bei einer Schallgeschwindigkeit von $331 \frac{m}{s}$.
 - a. Bestimmen Sie die Wellenlänge!
 - b. Bestimmen Sie die Wellenlänge für einen gut hörbaren Laut mit 5000 Hz.
 - c. Welchen Vorteil bietet Ultraschall für die Fledermaus?



3. Ein Handy sendet auf der Frequenz 1900 MHz. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht beträgt $300\,000 \frac{km}{s}$. Bestimmen Sie die Wellenlänge!

- 1) Beschreiben Sie die oben rechts dargestellte Bewegung der Seilwelle!
- 2) Die Saite eines Flügels hat die schwingende Länge 3 m und die Frequenz 30 Hz. Bestimmen Sie die Ausbreitungsgeschwindigkeit für die Saite!



6 Aufgaben

1. Analysieren Sie, welche Konzepte von Wellen die SuS im Laufe der UE kennenlernen. Wo bieten sich dabei Gelegenheiten für kognitive Konflikte?
2. Entwerfen Sie eine Lernstruktur für eine UE, die Sie demnächst unterrichten.
3. Entwerfen Sie eine Stundenabfolge für eine UE, die Sie demnächst unterrichten.
4. Reflektieren Sie, wie realistisch Ihre bisherigen Langzeitplanungen und UE-Planungen waren.
5. Vergleichen Sie Ihre UE-Planungen mit denen von Mitreferendaren, die das gleiche Thema unterrichten.
6. Skizzieren Sie eine UE zum Thema Schwingungen in Klassenstufe 12.
7. Skizzieren Sie eine UE zum Thema magnetische Felder in Klassenstufe 12.

7 Zusammenfassung

Ein in sich stimmiger und für die SuS langfristig überzeugender Unterricht ist zu wichtig, als dass wir ihn dem Zufall überlassen sollten! Daher planen wir langfristig, sinnvoll und wirkungsvoll strukturiert, sanft und gründlich fortschreitend sowie robust mit Freiräumen für unvorhergesehene Dinge. Ich wünsche Ihnen, dass Sie geistreiche Konzepte entwerfen, durch die der Unterricht für Sie und Ihre Schüler zu einem stets progressiv fortschreitenden und auch langfristig erfolgreichen Vergnügen wird.

Literatur

- [Beime u. a. 2012] BEIME, Christa ; HOPPE, Petra ; HUMMES, Klaus-Peter ; VÖPEL, Karl-Heinz ; VOSS, Christine ; ZEMANN, Winfried: *Kerncurriculum für die Integrierte Gesamtschule, Schuljahrgänge 5 - 10, Naturwissenschaften, Niedersachsen*. Hannover : Niedersächsisches Kultusministerium, 2012
- [Bleichroth u. a. 1999] BLEICHROTH, Wolfgang ; DAHNKE, Helmut ; JUNG, Walter ; KUHN, Wilfried ; MERZYN, Gottfried ; WELTNER, Klaus: *Fachdidaktik Physik*. 2. Köln : Aulis Verlag Deubner, 1999
- [Brüning u. a. 2010] BRÜNING, Thomas ; DÖTZER, Susanne ; ELSASSER, Wolfgang ; HEIKE, Christina ; JÜTTNER, Horst ; MICHALSKI, Regina ; MOORKAMP, Michael ; SUTTMAYER, Beate: *Rahmenrichtlinien für das Fach Naturwissenschaft in der Klasse 12 der Fachoberschule, Niedersachsen*. Hannover : Niedersächsisches Kultusministerium, 2010
- [Carmesin 2003] CARMESIN, Hans-Otto: Einführung der Wellenlehre mit Hilfe eines Kontrabasses. In: NORDMEIER, Volker (Hrsg.) ; Deutsche Physikalische Gesellschaft (Veranst.): *Tagungs-CD Fachdidaktik Physik*. Berlin : DPG, 2003

-
- [Carmesin u. a. 2018] CARMESIN, Hans-Otto ; EMSE, Anneke ; KONRAD, Ulf ; PRÖHL, Inka K. ; SALZMANN, Wiebke ; WITTE, Lutz: *Universum Physik Sekundarstufe II Niedersachsen Einführungsphase*. Berlin : Cornelsen Verlag, 2018
- [Frenzel 2017] FRENZEL, Michael u. a.: *Kerncurriculum für das Gymnasium - gymnasiale Oberstufe, die Gesamtschule - gymnasiale Oberstufe, das Fachgymnasium, das Abendgymnasium, das Kolleg, Physik, Niedersachsen*. Hannover : Niedersächsisches Kultusministerium, 2017
- [Gehmann 2015] GEHMANN, Kurt u. a.: *Kerncurriculum für das Gymnasium, Schuljahrgänge 5 - 10, Naturwissenschaften, Niedersachsen*. Hannover : Niedersächsisches Kultusministerium, 2015
- [Hattie 2009] HATTIE, John: *Visible Learning*. London : Taylor and Francis Ltd, 2009
- [Roth 2006] ROTH, Gerhard: Möglichkeiten und Grenzen von Wissensvermittlung und Wissenserwerb. In: CASPARI, Ralf (Hrsg.): *Lernen und Gehirn*. Freiburg : Herder, 2006, S. 54–69
- [Wagenschein 1999] WAGENSCHIN, Martin: *Verstehen lehren*. Weinheim : Beltz Verlag, 1999