

SBL Physik

Einheit am 20.11.2020

Bernd Riederer

Zusammenfassung Schwingungen & Wellen

- Teilgebiet der Mechanik
- 3 Bewegungsformen
 - Periodische Bewegung
 - Schwingungen
 - Wellen

Zusammenfassung Mechanik

Periodische Bewegung & Schwingung

- Periodische Bewegung:
 - Körper ist nach Zeit T (Periode) im selben Bewegungszustand
 - Beispiele: Kettenkarussell, Zeigerspitze einer Uhr, ...
- Schwingung:
 - Spezialfall der periodischen Bewegung

Zusammenfassung Mechanik

Schwingung

- Schwingung:
 - Bewegung um Ruhelage: “Hin- und Herbewegung”
 - (mind.) 2 Umkehrpunkte
 - Idealisiert: Energieumwandlung zwischen potentieller und kinetischer
 - Beispiele: Fadenpendel, Federpendel, ...

Zusammenfassung Mechanik

Welle

- Räumlich ausbreitende Änderung des Bewegungszustands
- kollektive Eigenschaft mehrere schwingender Massenpunkte
- Keine Bewegung der Materie -> Nur Informationsweiterleitung
- Beispiele: La-Ola Welle, Wasser-Welle, ...
- Unterscheidung durch Wellen-Ausbreitungs- und Teilchen-Schwing-Richtung

Fragen zur letzten Einheit!

Wellen-Eigenschaften

- Reminder:
 - Frequenz: Häufigkeit des selben Bewegungszustandes pro Sekunde
- $f = \frac{1}{T}$
- Auswirkung der Teilchen-Schwingungen auf die Welle?

Wellen-Eigenschaften

Quelle: [https://www.leifiphysik.de/mechanik/mechanische-wellen/
grundwissen/groessen-zur-beschreibung-einer-welle](https://www.leifiphysik.de/mechanik/mechanische-wellen/grundwissen/groessen-zur-beschreibung-einer-welle)

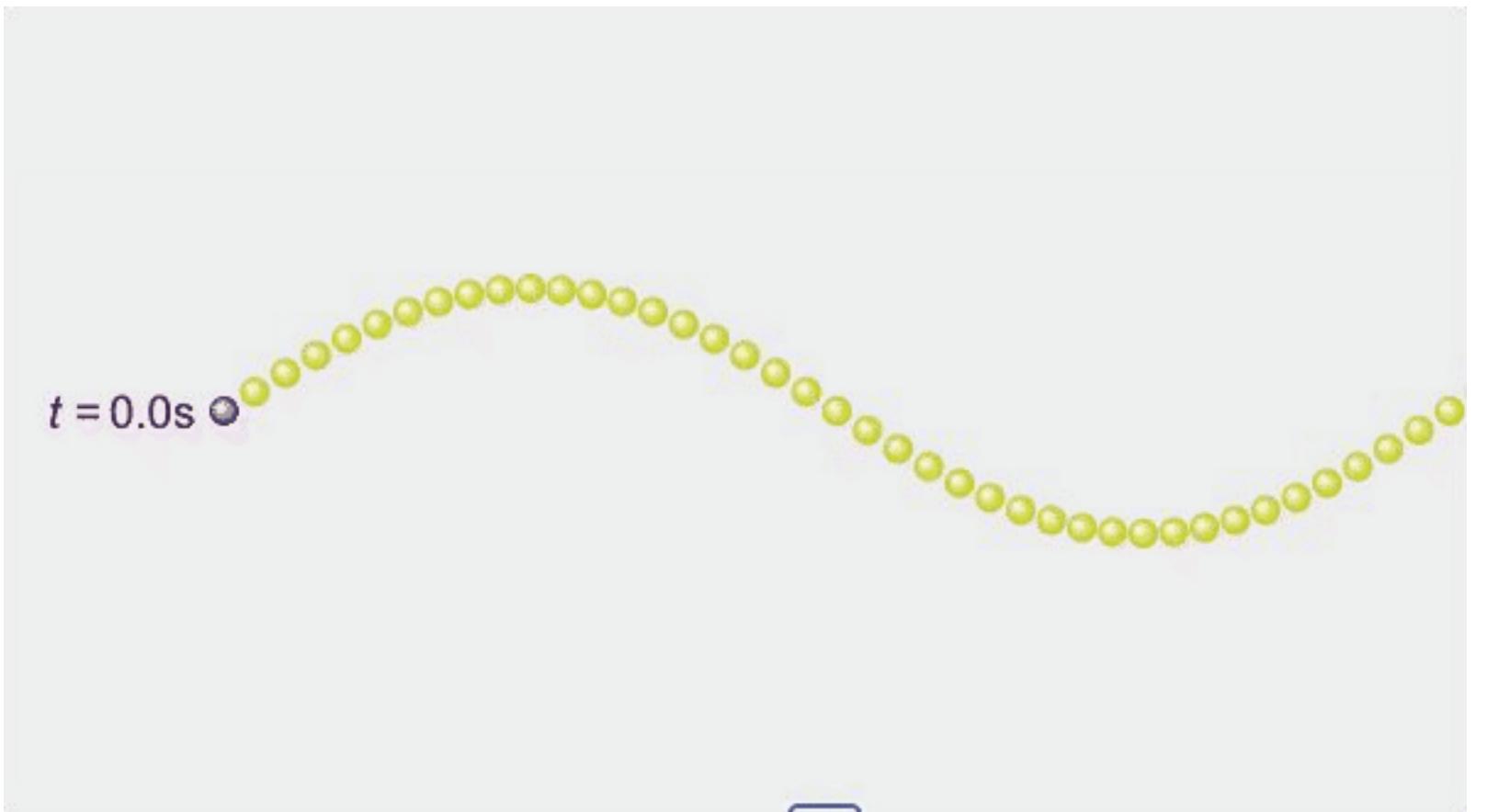
- Alle Teilchen schwingen mit selber Frequenz

- Beispiel 1: $f = \frac{1}{4\ s} = 0.25\ Hz$



- Welle erhält **selbe** Frequenz!

- Beispiel 2: $f = \frac{1}{2.5\ s} = 0.4\ Hz$



Wellen-Eigenschaften

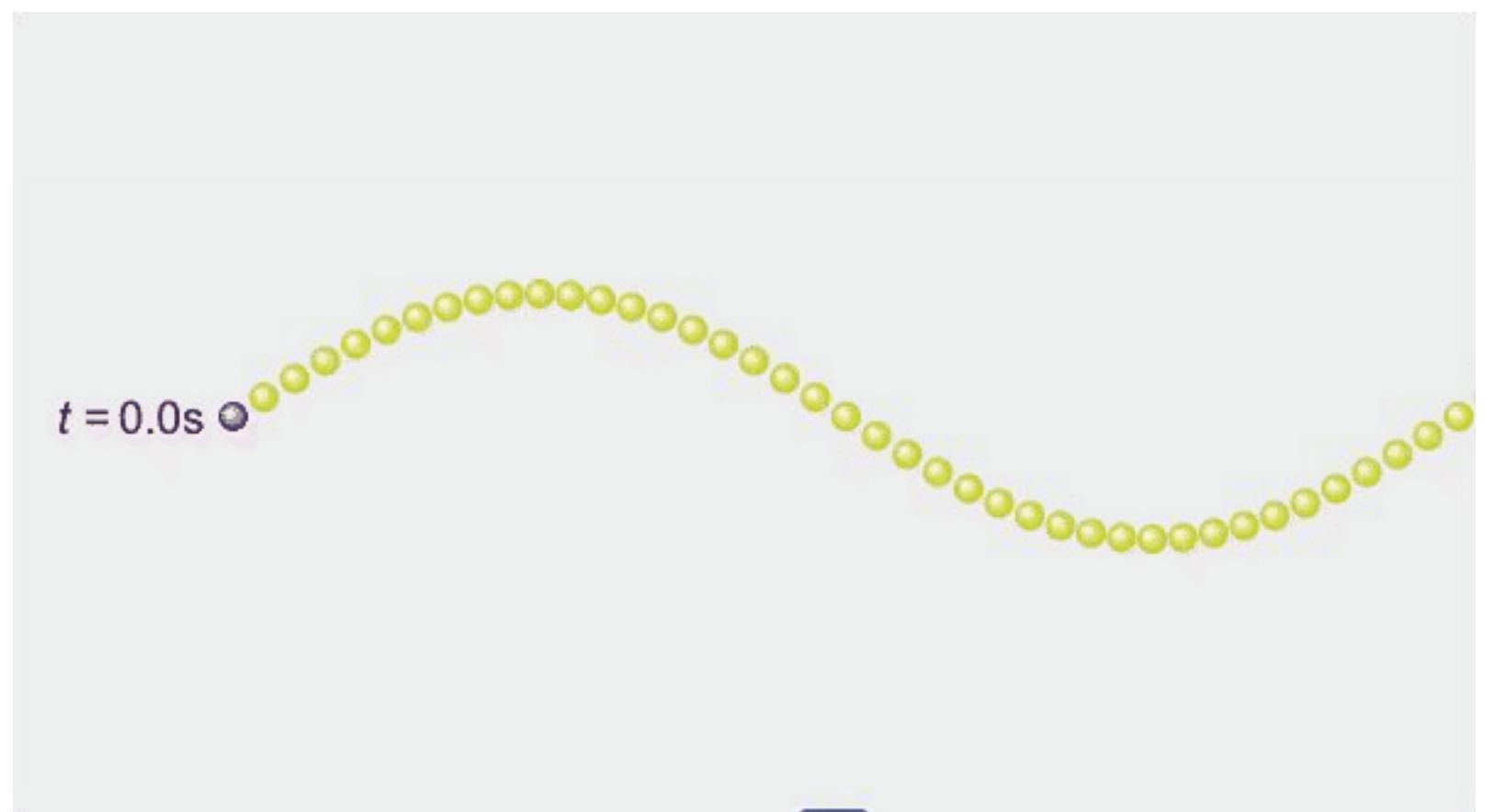
Quelle: [https://www.leiphysik.de/mechanik/mechanische-wellen/
grundwissen/groessen-zur-beschreibung-einer-welle](https://www.leiphysik.de/mechanik/mechanische-wellen/grundwissen/groessen-zur-beschreibung-einer-welle)

- Welle bewegt sich schneller
- Ausbreitungs- oder Phasengeschwindigkeit:

- c mit $[c] = \frac{m}{s}$

- Länge einer Welle?

- $\lambda = \frac{c}{f} = c \cdot T$ mit $[\lambda] = m$



Wellen-Eigenschaften (Zusammenfassung)

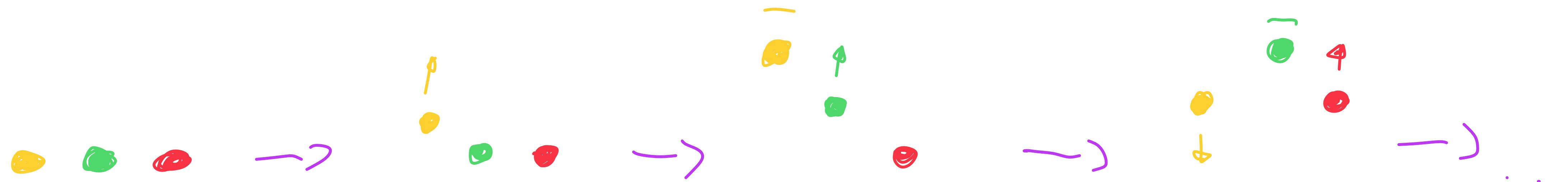
- Frequenz (f):
 - Gegeben durch Schwingung der Teilchen
- Geschwindigkeit (c):
 - Gegeben durch Kopplung der Teilchen und Art der Schwingung
- Wellenlänge (λ):
 - Gegeben durch Relation von Frequenz und Geschwindigkeit

Reflexion

- Was passiert mit Welle wenn das letzte Teilchen ...
 - A. Fixiert ist?
 - B. Frei schwingt?
- Egal welche Form:
 - (idealisierte) Welle muss weiterlaufen, da Energieerhaltung gilt

Reflexion

- Wie funktioniert eine Welle überhaupt? -> 3 Punkte zur Darstellung



Reflexion (fixes Ende)

- Letzte Punkt kann sich **nicht** bewegen
- Vorletzter Punkt **geringere Amplitude**
- **Starke Rückzugskraft** -> Auslenkung nach “unten”
- Startpunkt neuer Welle:
 - **selbe Frequenz und Wellenlänge**
 - **andere Richtung und negative Amplitude**

Quelle: <https://www.leiphysik.de/mechanik/mechanische-wellen/grundwissen/reflexion-von-wellen>

Reflexion eines Wellenbergs am **festen** Ende



Start

eins weiter

Reflexion (freies Ende)

- Letzte Punkt kann sich **frei** bewegen
- Letzter Punkt **höhere Amplitude**
- Schwache Rückzugskraft -> Auslenkung nach “oben”
- Startpunkt neuer Welle:
 - **selbe Frequenz, Wellenlänge und **selbe Amplitude****
 - andere Richtung

Quelle: <https://www.leiphysik.de/mechanik/mechanische-wellen/grundwissen/reflexion-von-wellen>

Reflexion eines Wellenbergs am **losen** Ende

.....

Start

eins weiter

Überlagerung zweier Wellen

- Was passiert wenn zwei Wellen aufeinandertreffen?

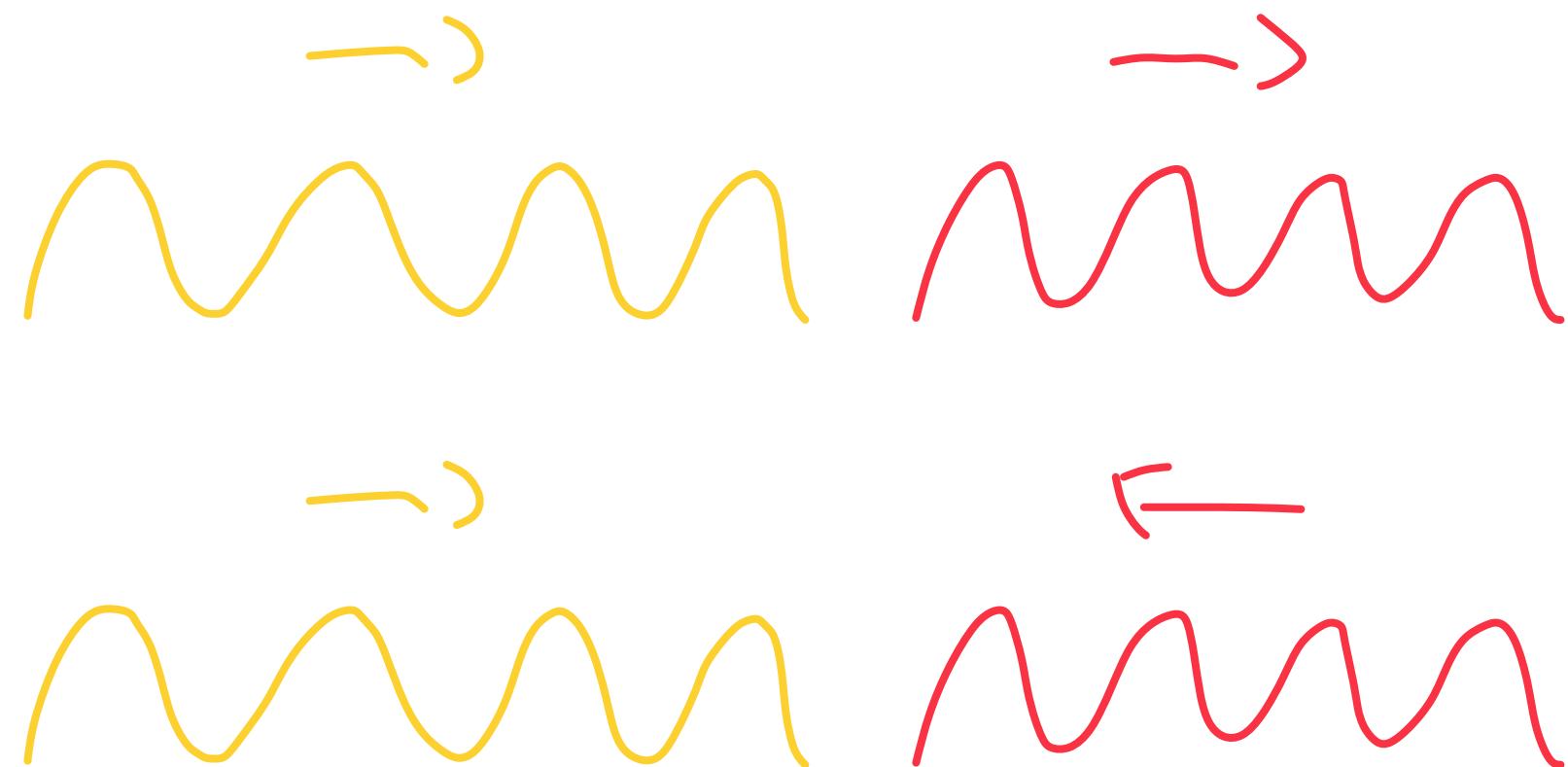
- 2 Möglichkeiten:

- A. Laufen in selbe Richtung

- B. Laufen in entgegengesetzte Richtung

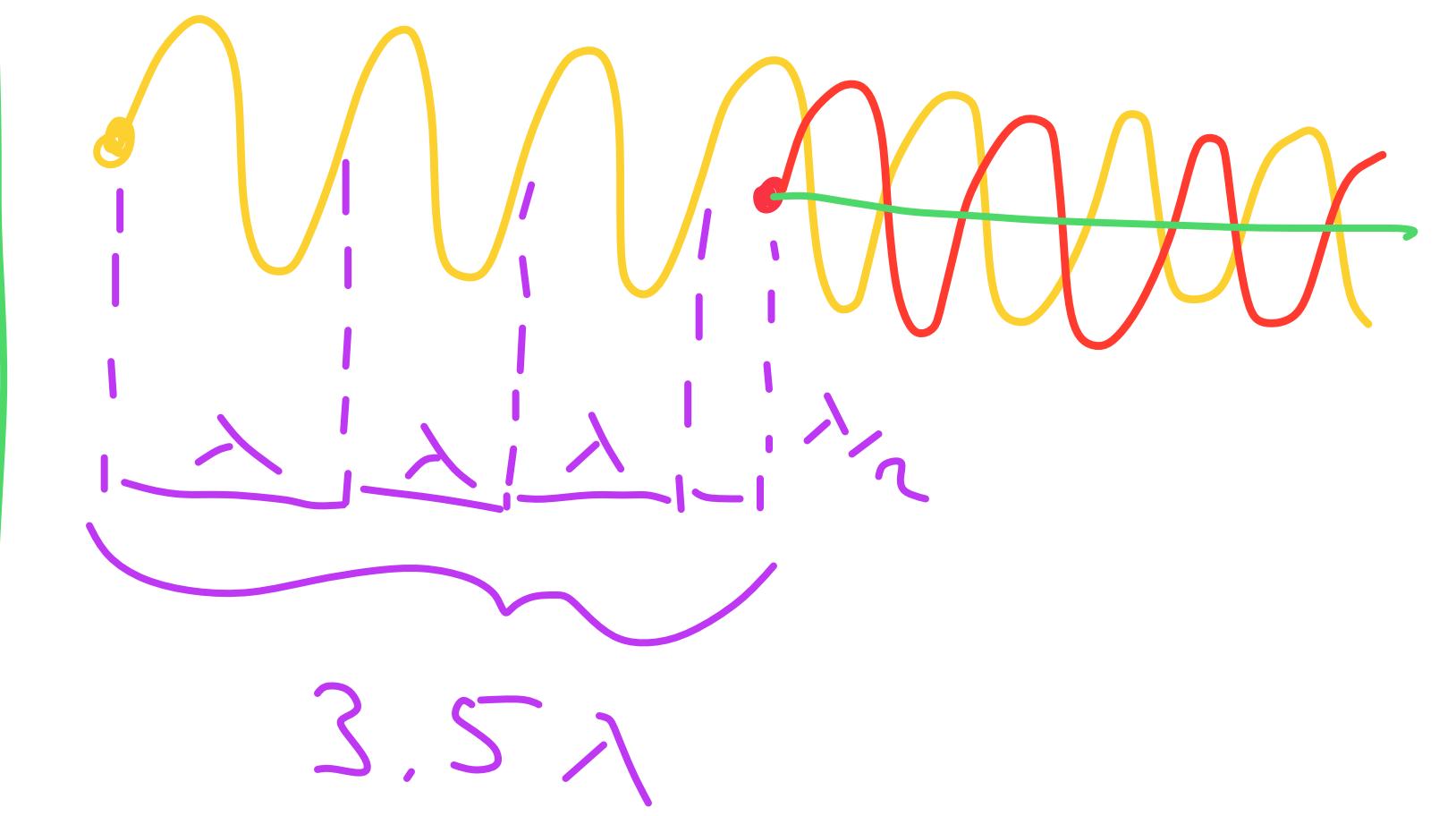
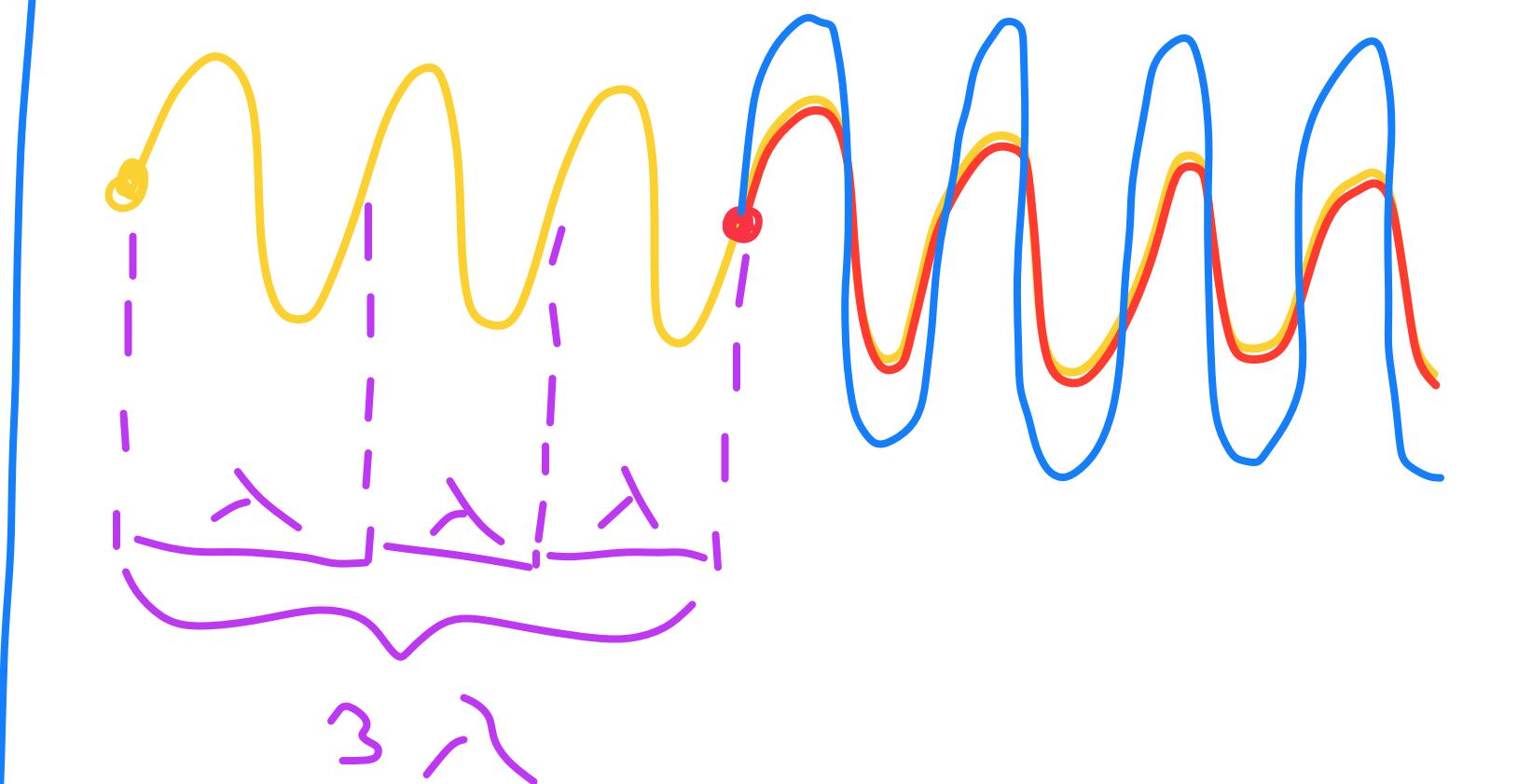
- Annahme:

- Wellen haben selbe Frequenz und Wellenlänge (da gleiches Medium)



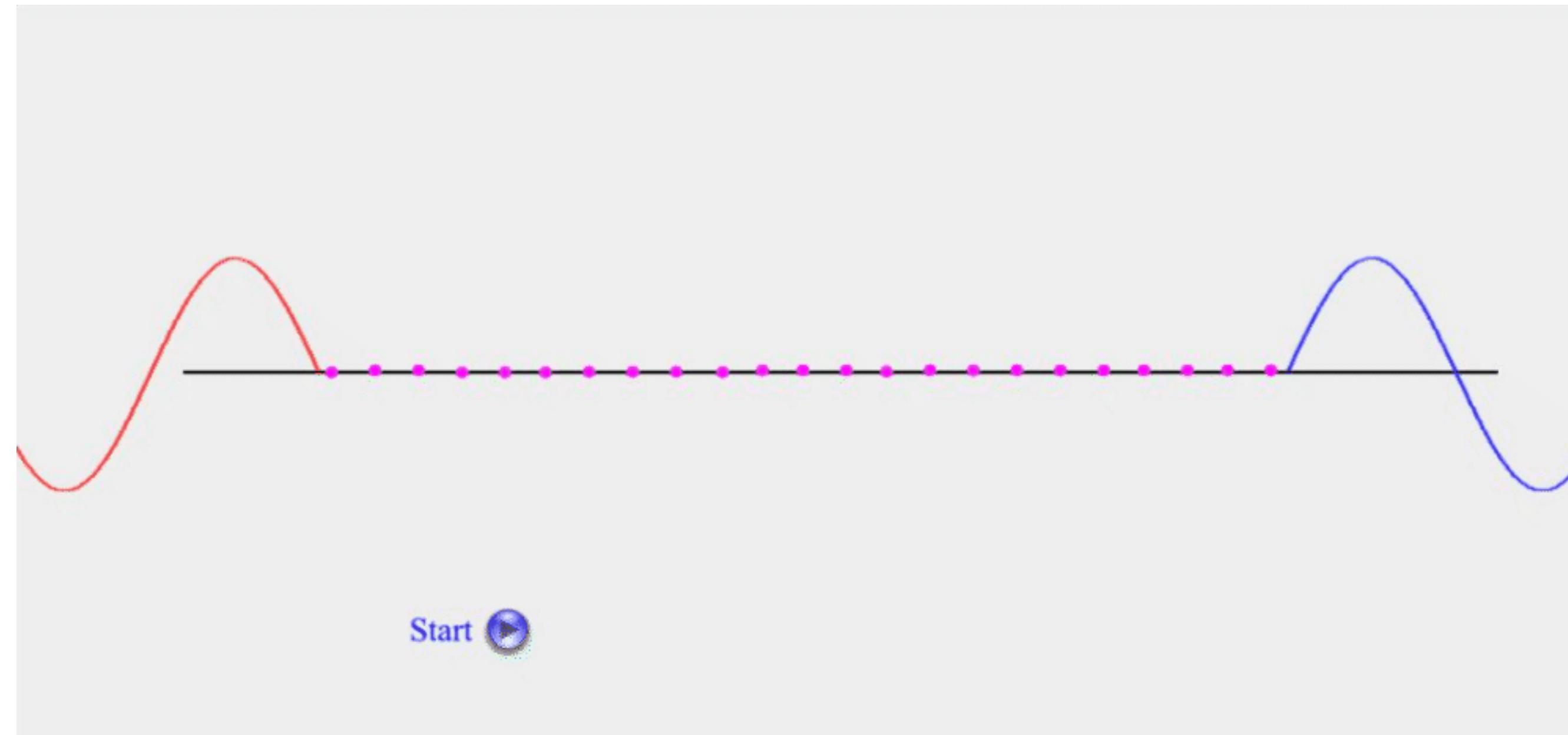
Überlagerung zweier Wellen (Interferenz)

- Wellen laufen in gleiche Richtung: führt zu “Interferenz”
- Beispiel: 2 Steine in Wasser
- Resultierende Welle hängt ab von Abstand Δs der Entstehungsorte
- Konstruktive Interferenz: $\Delta s = n \cdot \lambda$
- Destruktive Interferenz: $\Delta s = \left(n + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda$



Überlagerung zweier Wellen (Stehende Wellen)

- Wellen laufen in gegengesetzte Richtung: führt zu “stehenden Wellen”

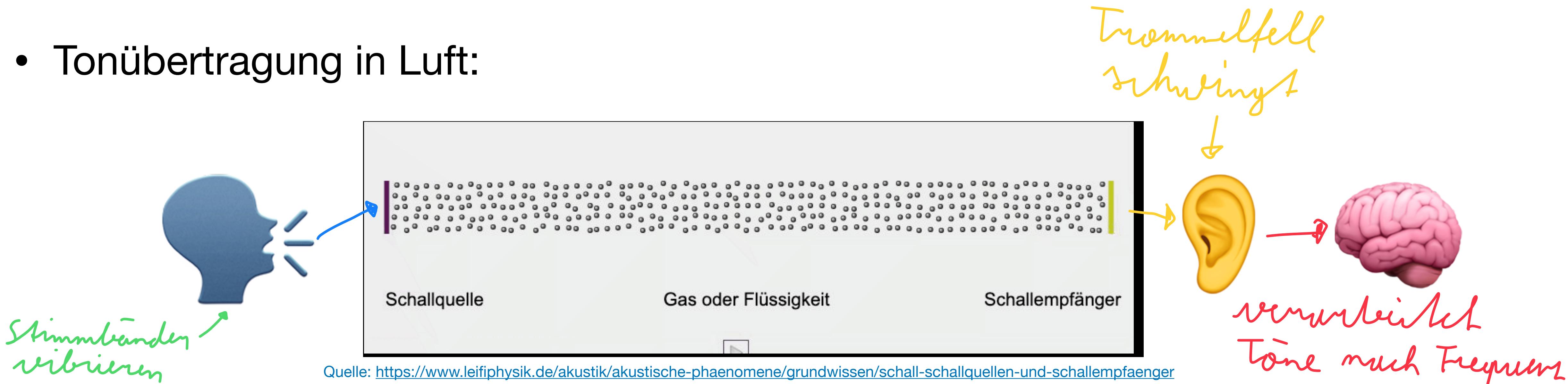


Beispiel: Stehende Wellen bei Gitarrensaiten



3.3) Akustik

- Akustik: Lehre des Schall und dessen Ausbreitung
- Zusammenhang mit Wellen?
- Ausbreitung von Schall in Form von Schalwellen
- Tonübertragung in Luft:



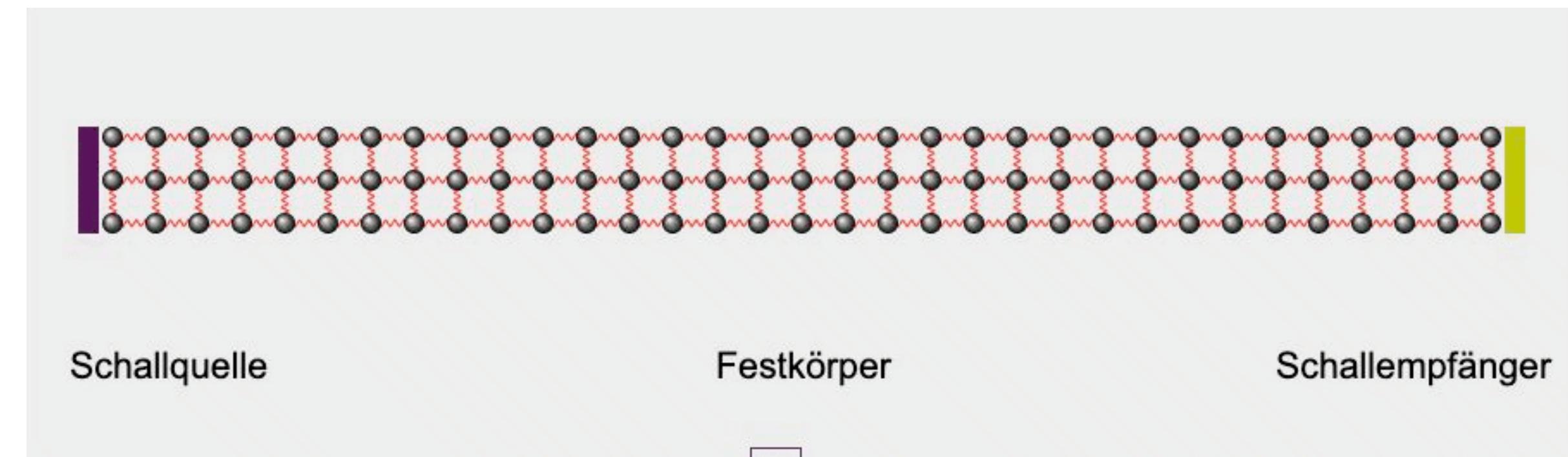
Schallwellen in unterschiedlichen Medien

- In Gasen und Flüssigkeiten: Longitudinalwellen (siehe vorherige Folie)

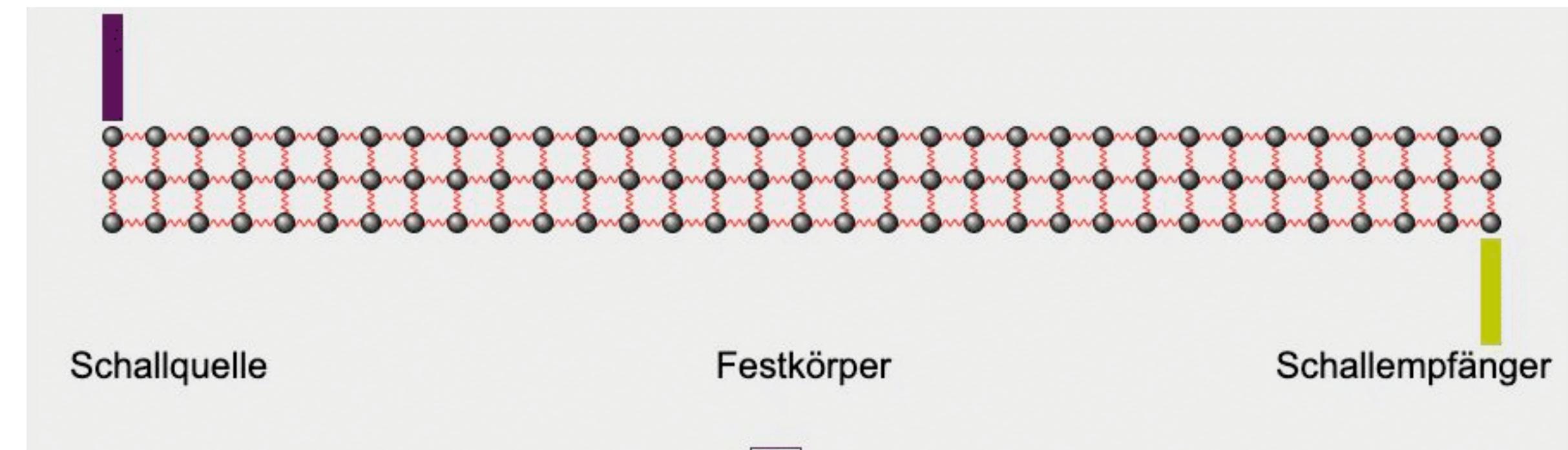
Quelle: <https://www.leifiphysik.de/akustik/akustische-phaenomene/grundwissen/schall-schallquellen-und-schallempfaenger>

- In Festkörpern:

- Longitudinalwellen



- Transversalwellen



Schallgeschwindigkeit

- Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwellen
- Abhängig von Medium, Art der Welle, Temperatur, Druck, ...
- In Luft bei ca. 20°C : $c_{\text{Schall}} \approx 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- In Festkörpern (meist) höher als in Gasen oder Flüssigkeiten
 - Stärkere Kopplung als durch Teilchen-Stöße

Tonerzeugung

- Zur Erzeugung von Tönen benötigt man einen schwingungsfähigen Körper
 - Beispiele: Gitarrensaiten, Fell eines Lautsprechers, Orgelpfeifen, ...
- Tonhöhe wird charakterisiert durch die Frequenz (Hoher Ton = hohe Frequenz)
- Frequenz bestimmt durch Geschwindigkeit und Länge (bzw. Ausdehnung)
 - Gitarrensaite: höherer Bund -> kürzere Saite -> λ kleiner
$$-> f = \frac{c}{\lambda}$$
 -> Frequenz wird größer -> höherer Ton

Doppler-Effekt

- Was passiert wenn sich Tonquelle oder Beobachter bewegen?
- <https://www.leifiphysik.de/akustik/akustische-wellen/grundwissen/doppler-effekt>
- Tonquelle bewegt sich zu Beobachter: Frequenz wird höher
- Tonquelle bewegt sich weg von Beobachter: Frequenz wird niedriger
- Genau gleich für bewegten Beobachter
- Beispiel: Rettung fährt vorbei, Radar-Fallen, ...

Schwebung

- Bisher immer gleiche Frequenz betrachtet
- Was passiert wenn diese leicht unterschiedlich sind?
- Es kommt zur sogenannten Schwebung

- $f_S = |f_1 - f_2|$

- $f_R = \frac{f_1 + f_2}{2}$

- Man hört einen Ton mit der niedrigen Frequenz f_S , dessen Lautstärke sich mit f_R ändert

Quelle: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File%3ASchwebung_sinus2.ogg