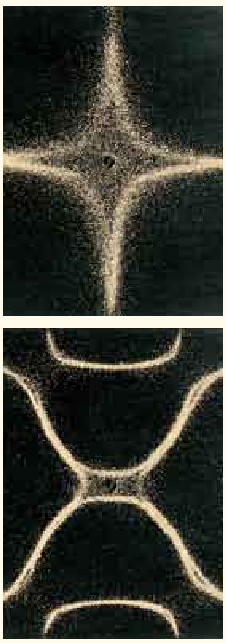
Stehende Wellen

Überlagerung gegenläufiger Wellen

Schall- oder Seilwellen überlagern sich auch, wenn sie entgegengesetzte Ausbreitungsrichtungen haben. Mit einem Mikrofon lässt sich z. B. die entstehende Interferenz nachweisen. Abbildung **B3** beschreibt das Prinzip der Überlagerung an zwei gleichen, gegenläufigen Wellen mit einigen Momentaufnahmen:

- Die Amplituden (maximale Auslenkungen) sind an jedem Ort zeitlich konstant.
- Es gibt Stellen, an denen die Amplitude stets null ist, sie heißen **Knoten**.
- Es gibt Stellen mit stets maximaler Amplitude, sie heißen **Bäuche**.
- Die Entfernung zwischen benachbarten Knoten oder Bäuchen beträgt $\lambda/2$.
- Zwischen zwei benachbarten Knoten schwingen alle Oszillatoren im Gleichtakt. Vor und nach einem Knoten schwingen die Oszillatoren im Gegentakt.

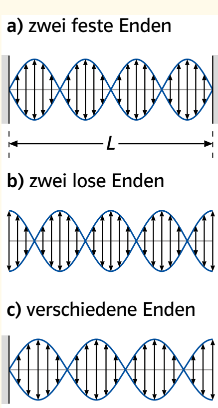
Dieses Interferenzergebnis heißt **stehende Welle**.



B1 Chladni'sche Figuren für zwei verschiedene Frequenzen

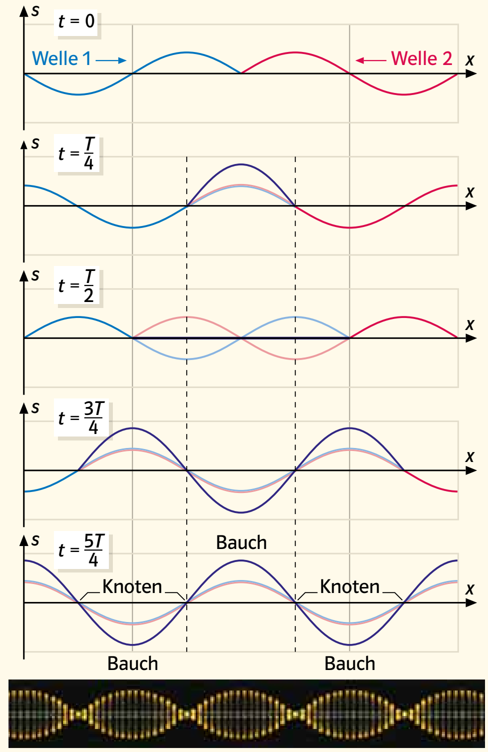
Eingesperrte Wellen Ein an beiden Enden eingespanntes Gummiband wird an einem Ende periodisch so ausgelenkt, dass eine harmonische Welle entsteht. Sie wird am anderen Ende reflektiert. Auf dem Gummiband breiten sich zwei gegenläufige Wellen gleicher Frequenz und annähernd gleicher Amplitude aus. Es bildet sich eine stehende Welle, allerdings nur bei ganz bestimmten Frequenzen bzw. Wellenlängen.

Abbildung **B2** zeigt stehende Wellen. Bei der Reflexion am festen Ende kann sich dort nur ein Knoten, beim losen Ende nur ein Bauch ausbilden. Der Abstand zwischen zwei benachbarten Knoten bzw. Bäuchen beträgt $\lambda/2$.



B2 Stehende Wellen durch Reflexion

Auf einem Gummiband der Länge L mit zwei festen Enden kann sich eine stehende Welle nur ausbilden, wenn die Länge L ein ganzzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge beträgt, also muss $L = k \cdot \lambda_k/2$ mit $k = 1, 2, 3 \ldots$ sein. Bei zwei losen Enden entstehen an den Enden Bäuche, Knoten und Bäuche vertauschen also gegenüber festen Enden ihre Positionen. Entsprechend erhält man für zwei verschiedene Enden: $L = (2k - 1) \cdot \lambda_k/4$.



B3 Momentdarstellungen zur Ausbildung stehender Wellen

Bei stehenden Wellen infolge gleichartiger Reflexionen am Rand gilt

$$\lambda_k = \frac{2L}{k} \quad \text{mit } k = 1, 2, 3 \ldots,$$

bei verschiedenartigen Reflexionen gilt

$$\lambda_k = \frac{4L}{(2k-1)} \quad \text{mit } k = 1, 2, 3 \ldots$$

Die stehende Welle mit der größtmöglichen Wellenlänge ($k = 1$) nennt man **Grundwelle**, die anderen **Oberwellen**. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Welle hängt vom Medium ab. Aus $c = \lambda \cdot f$ ergibt sich zu jeder Wellenlänge eine bestimmte Frequenz.
Ist f_1 die Frequenz der Grundwelle, so gilt:

- bei zwei gleichen Enden
  $f_k = k \cdot f_1$ mit $k = 1, 2, 3 \ldots$
- bei zwei verschiedenen Enden
  $f_k = (2k - 1) \cdot f_1$ mit $k = 1, 2, 3 \ldots$

Diese Frequenzen sind die **Eigenfrequenzen** der Anordnung. Ähnliche Überlegungen gelten auch für stehende Wellen, die durch Schall auf einer Metallplatte erzeugt werden. Die Knoten bilden Linien in der Platte. Auf der Platte befindlicher Sand sammelt sich auf diesen Knotenlinien und bildet die Chladni'schen Figuren (→ **B1**).

Bildquellen: B1 Zuckerfabrik Digital, G. Neumann und Th. Zörlein; B3 Archiv EKV