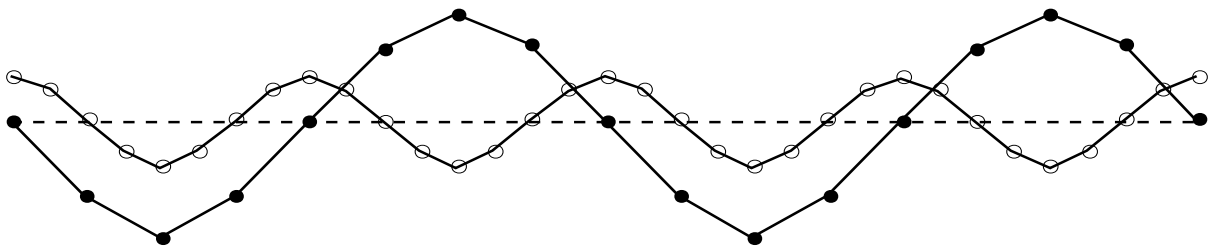


## 5. Überlagerung von Schwingungen oder Wellen

### Das Superpositionsprinzip

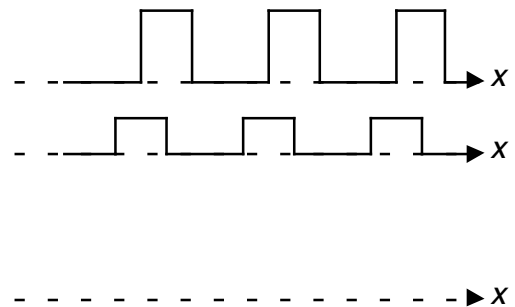
**84** ⓘ Die Elongation der **Überlagerungswelle** zweier Einzelwellen an einer bestimmten Stelle  $x$  zur Zeit  $t$  erhält man durch Addition der Elongationen der beiden Einzelwellen bei  $x$  und  $t$ . (**Superpositionsprinzip für Wellen**, zurückgeführt auf das Superpositionsprinzip für Schwingungen).

**85** ? Konstruieren Sie gemäss obiger Anweisung die **Überlagerungswelle** der beiden einzelnen Wellen.



**86** ⓘ Aufgrund der vorangegangenen Konstruktion stellen Sie fest, dass die Überlagerungswelle zweier harmonischer Wellen ("sinusförmige" Wellen) im Allgemeinen keine harmonische Welle ist. Dasselbe gilt für die Überlagerung von harmonischen Schwingungen.

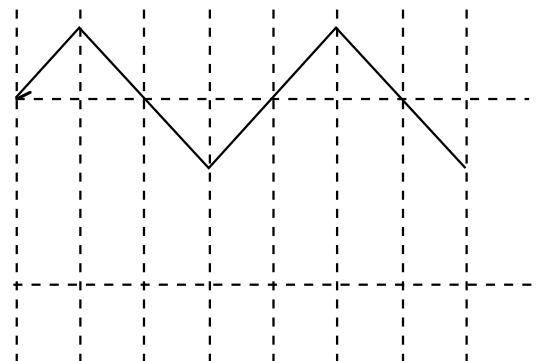
Das oben beschriebene Superpositionsprinzip gilt auch für alle anderen Wellen- und Schwingungsformen, zum Beispiel für "eckige Schwingungen und Wellen" (wie sie etwa in der Elektronik erzeugt werden).



**87** ? Wie sieht die Überlagerung der beiden gezeichneten **Rechteckwellen** aus?

**88** ? Zeichnen Sie im ersten Diagramm der nebenstehenden Abbildung zusätzlich eine **Dreieckswelle** ein, welche die gleiche Amplitude aber die doppelte Wellenlänge hat wie die dargestellte Welle. (Ganz links sei die Elongation dieser Welle ebenfalls null.)

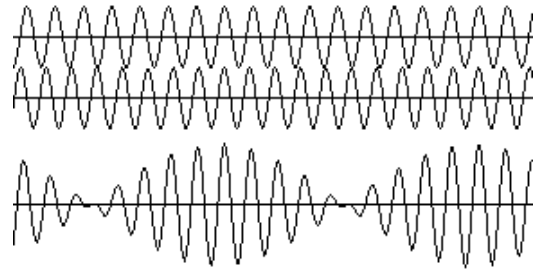
Stellen Sie darunter die Überlagerungswelle der beiden Wellen dar.



## Akustische Interferenzphänomene

- 89** ⓘ Durch Überlagerung können sich Wellen und Schwingungen verstärken oder abschwächen, je nach der relativen Lage der Einzelwellen- oder Schwingungen. Man spricht dann entweder von **konstruktiver** oder von **destruktiver** Interferenz.

Ein akustisches Interferenzphänomen ist die **Schwebung**. Die Skizze zeigt die Überlagerung von zwei Schallschwingungen, die nur fast die gleiche Frequenz haben (z.B. 9 Hz und 10 Hz).



- 90** ? Charakterisieren Sie die Art und Weise, wie Sie eine Schwebung wahrnehmen. Was hören Sie genau? Zeigen Sie anhand der Skizze rechts oben, was man wohl mit dem Begriff **Schwebungsfrequenz** meint.

**Schwebungsfrequenz**

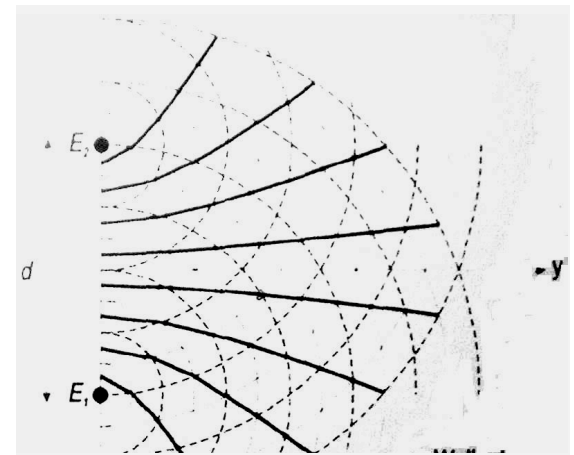
- 91** R Es werden zwei Stimmgabeln angeschlagen, eine mit 254 Hz und eine andere mit 256 Hz. Die sich ergebende **Schwebungsfrequenz** ist 2 Hz, 4 Hz, 255 Hz?

- 92** ⓘ Durch die Ausnützung der Interferenz können in verschiedenen Bereichen sehr **präzise Messungen** gemacht werden. Z.B. wurden mit solchen Methoden die **Konstanz der Lichtgeschwindigkeit** gefunden und die winzigen **Wellenlängen von Licht** gemessen. Die folgende Aufgabe ist ein weiteres Beispiel für die Empfindlichkeit derartiger Messmethoden.

- 93** ? Die Schwebung ermöglicht einen empfindlichen **Nachweis des Dopplereffektes**: Es seien zwei Schallquellen gegeben, welche je einen Ton von 2000 Hz erzeugen. Wenn beide Quellen in Ruhe sind, wird also keine Schwebung wahrgenommen. Wie schnell bewegt sich nun eine dieser Schallquellen auf den Beobachter zu, wenn dieser eine Schwebungsfrequenz von 2 Hz wahrnimmt?

- 94** ? Lässt man gleichzeitig von **zwei** nahe beisammen platzierten **kohärenten Schallquellen** Schallwellen erzeugen, so lassen sich im Raum Stellen auffinden, an welchen die Lautstärke geringer ist als wenn nur eine Schallquelle aktiv ist. Diese Stellen liegen auf den so genannten **Knotenlinien**.

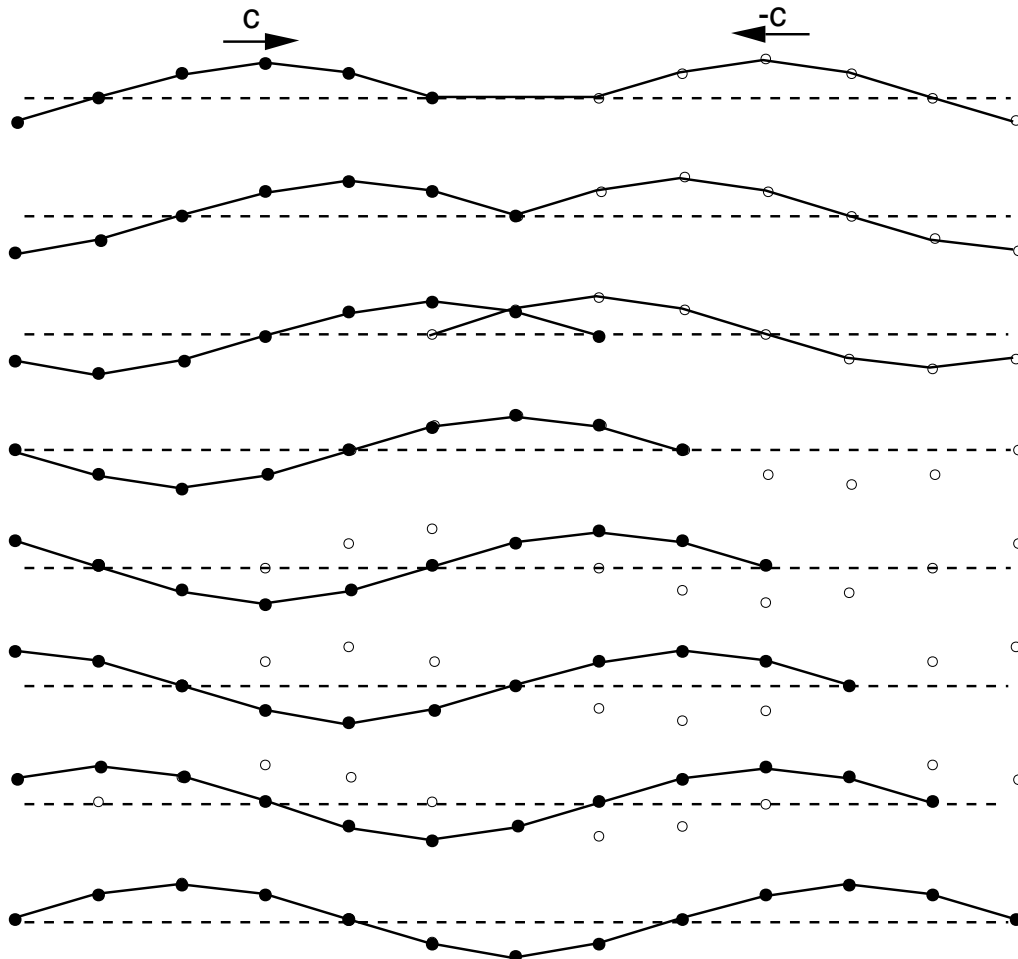
Das Bild erklärt das Phänomen. Fassen Sie es in Worte und notieren Sie die Bedingung, die für Orte auf den Knotenlinien erfüllt sein müssen.



## Wie stehende Wellen sich bilden

- 95 ?** Konstruieren Sie die **Überlagerung** zweier gleichartiger Wellen (gleiche Amplitude, gleiche Wellenlänge und natürlich gleiche Ausbreitungsgeschwindigkeit), die einander entgegenlaufen.

(Bemerkung zur untersten Zeile des Bildes: Die helle und die dunkle Welle liegen genau übereinander.)



- 96 ?** An Hand der Konstruktion erkennen Sie also folgendes (Kasten):

**Zwei gegeneinander laufende, gleichartige harmonische Wellen (d.h. Wellen mit gleicher Frequenz und gleicher Amplitude) erzeugen eine stehende harmonische Welle.**

**Zwischen zwei benachbarten Knoten oder Bäuchen liegt stets eine halbe Wellenlänge.**

## Ergänzungen

- 97** ✎ Unter dieser Nummer werden Sie die Ergänzungen festhalten, die wir zu diesem Kapitel möglicherweise machen werden.

- Es gibt keine Ergänzungen!  
 Es gibt Ergänzungen: