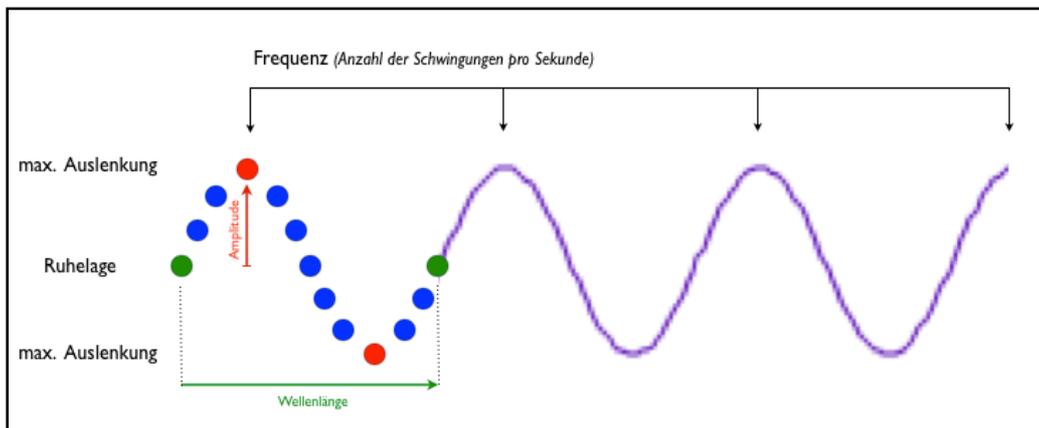


Schall ist: durch die Luft (oder ein anderes Medium) übertragene Schwingungsenergie.

Wenn ein Körper schwingt, versetzt er die Luft, die ihn umgibt, in gleichartige Schwingung. Er wird damit zur **Schallquelle**. Die Schwingungsenergie, die von einer Schallquelle ausgeht, breitet sich mit Schallgeschwindigkeit (343 m/s)¹ kugelförmig im Raum aus. Die Luftteilchen, die von der Schwingungsenergie erfasst werden, bilden als Ganzes die **Schallwelle**.

Die Eigenschaften einer Schallwelle bestimmen, wie der Schall empfunden wird. Die wichtigsten Eigenschaften einer Schallwelle sind:

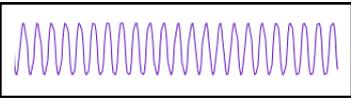
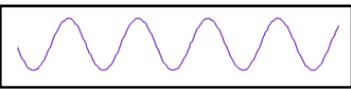
- **Frequenz:** die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde.
- **Amplitude:** die Größe der Schwingung (die maximale Auslenkung eines Teilchens von seiner Ruhelage).
- **Periodizität und Komplexität:** die Regelmäßigkeit einer Schwingung.

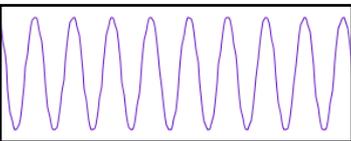
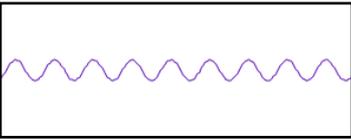


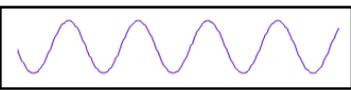
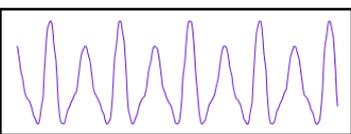
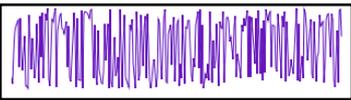
Bewegung eines Luftteilchens während einer regelmäßigen Schwingung.

- Die *Frequenz* wirkt sich auf die **Tonhöhe** aus: Je höher die Frequenz, desto höher der Schalleindruck. Sie wird in Hertz (Hz) gemessen.
- Die *Amplitude* wirkt sich auf die **Lautstärke** aus: Je größer die Amplitude, desto lauter der Schalleindruck. Sie wird in Dezibel (dB) gemessen.
- Die *Periodizität und Komplexität* wirkt sich auf die **Klangfarbe** aus: Regelmäßige Schwingungen werden als Töne empfunden, unregelmäßige als Geräusche. Bei den regelmäßigen Schwingungen unterscheiden wir *einfache* und *komplexe* Schwingungen: die einfachen werden als Ton wahrgenommen, die komplexen als Klang.
Für Periodizität und Komplexität existiert keine einheitliche Messgröße, sondern nur subjektive Beschreibungen („Das klingt wie...“).

¹ Das trifft auf Lufttemperaturen von etwa 20 °C zu. Die Schallgeschwindigkeit hängt von der Dichte der Luft ab, und die Dichte der Luft ist wiederum bestimmt von der Temperatur. Im Wasser ist die Schallgeschwindigkeit wesentlich höher, nämlich viermal so schnell (1484 m/s).

Welleneigenschaft	Die Bewegung eines Luftteilchens ist...	typische Wellenform	Schallempfindung	Schalleigenschaft
Frequenz	...schnell		hoch	Tonhöhe
	...langsam		tief	

Amplitude	...groß		laut	Lautstärke
	...klein		leise	

Periodizität und Komplexität	...regelmäßig und einfach		Ton	Klangfarbe
	...regelmäßig und komplex		Klang	
	...chaotisch		Geräusch	

Wellenformen und Schalleindrücke.

Hören

Erreicht eine Schallwelle das Trommelfell, wird dieses in eine schwingende Bewegung gebracht, die der Schwingung der Schallwelle entspricht. Über die Gehörknöchelchen des Mittelohrs und die Hörorgane des Innenohrs werden die Bewegungsimpulse des Trommelfells mehrfach übersetzt und schließlich in Nervenimpulse umgewandelt, die ins Gehirn weitergeleitet werden. Dort werden die Nervenimpulse als Schallereignisse interpretiert.

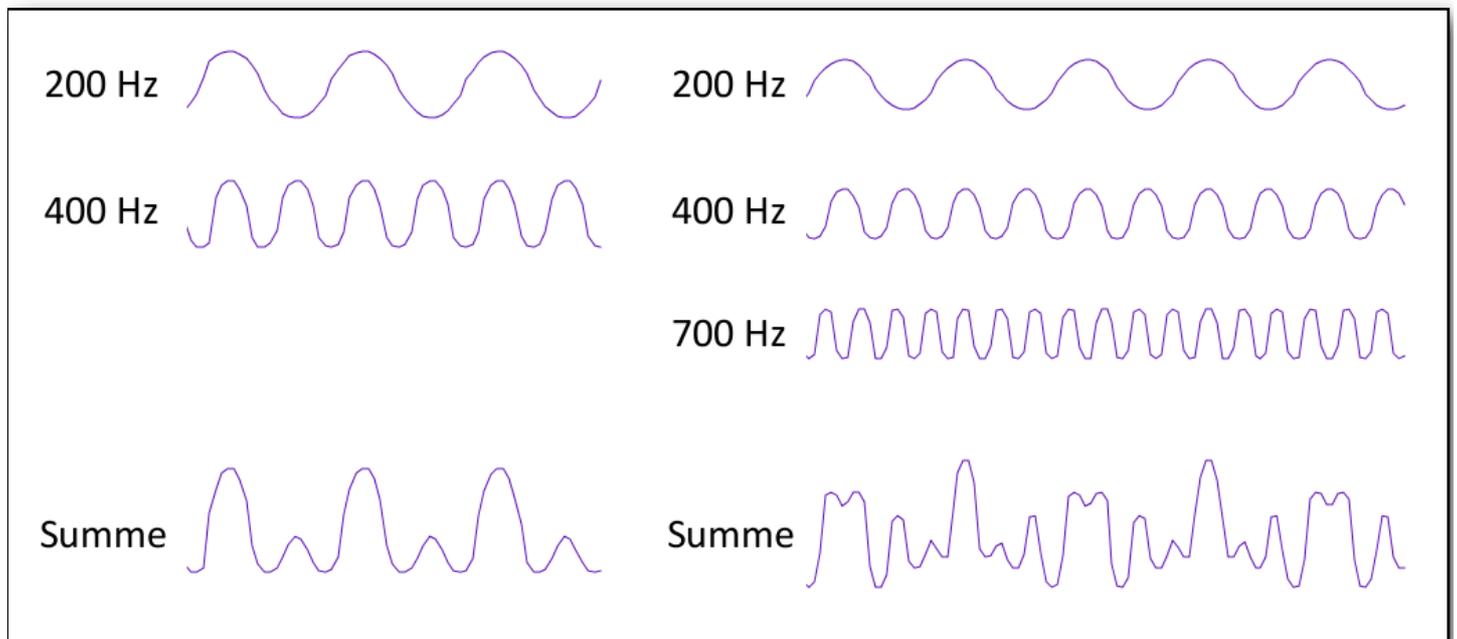
Daraus folgt, dass es „draußen auf der Welt“ eigentlich absolut still ist; der Eindruck von etwas Hörbarem ist nur innerhalb eines Gehirns vorhanden und entspricht nicht der äußeren Realität.

Genauso wie ein Trommelfell funktioniert auch die Membran eines Mikrofons: sie schwingt in derselben Weise wie die ankommenden Schallwellen und wandelt deren Bewegung in elektrische Signale um, die am Computerbildschirm sichtbar gemacht werden können. Die aufgezeichnete Welle gibt die Bewegung der Membran des Mikros bzw. eines einzelnen Luftteilchens wieder.

Einfache und komplexe Wellen

Die einfachste Wellenbewegung ist diese: ein Luftteilchen schwingt regelmäßig hin und her. Der damit verbundene Schalleindruck ist ein **Sinuston**. Solche kommen in der Natur einzeln nicht vor und können höchstens elektronisch produziert werden (oder aus bestehenden Klängen herausgefiltert werden).

Die meisten natürlichen Schallquellen — Saiten, Membranen oder auch die Stimmlippen — senden nicht nur eine, sondern gleich mehrere einfache Wellenbewegungen aus. So entsteht eine *komplexe* Schallwelle als Summe mehrerer einfacher Wellen. Der Schalleindruck ist ein **Klang** mit einer bestimmten Farbe.



Mehrere einfache Schallwellen addieren sich zu einer komplexen Welle — aus Tönen entsteht ein Klang.

Obertöne und Klangfarben

Eine angezupfte Gitarrensaite schwingt auf ihrer ganzen Länge und erzeugt eine Schallwelle mit einer bestimmten Frequenz, zum Beispiel 100 Hz (tiefes G). Das ist der **Grundton** des Klanges. Die Schwingungsenergie unterteilt sich allerdings so, dass zusätzlich noch die beiden Hälften der Saite schwingen — und zwar mit der doppelten Frequenz, also mit 200 Hz (das G in der Oktave darüber). Dieser **Oberton**² Nr. 1 ist leiser als der Grundton.

Doch nicht nur jede Hälfte der Saiten schwingt für sich, sondern auch noch jedes Drittel, jedes Viertel, jedes Fünftel und so weiter, und dabei erzeugen sie das Drei-, Vier-, Fünffache der Grundfrequenz. Diese leisen Obertöne mischen sich zusammen mit dem Grundton zu einem Gesamteindruck — zur **Klangfarbe** der Gitarre.

Manche Obertöne — oder auch Teiltöne — sind lauter, andere leiser. Die Gesamtheit aller Teiltöne und deren Lautstärken wird **Spektrum** genannt. Welche Obertöne lauter und welche leiser sind, hängt von der Form des Klangkörpers, in diesem Fall des Gitarrenkorpus, ab. In diesem **Resonanzraum** werden manche Obertöne verstärkt, andere unterdrückt.

Auch die Stimmlippen erzeugen durch Unterteilung der Schwingungsenergie eine große Anzahl an Obertönen. Deren Spektrum ist von Mensch zu Mensch unterschiedlich und verleiht jedem seinen oder ihren persönlichen Stimmklang.

Der Stimmklang verändert sich im Laufe des Lebens: in der Pubertät durch das Wachsen des Kehlkopfes, im Alter und bei unterschiedlichen Stimmungen :-).

Vokale und Formanten

Wenn die Stimmlippen schwingen, erzeugen sie einen obertonreichen Klang. Dieser klingt *immer gleich*, etwa wie ein gleichförmiges Knarren. Im Resonanzraum des Vokaltrakts, in Rachen, Mund- und Nasenhöhle, wird das Knarren unserer Stimmlippen verstärkt.

Durch die Form unseres Vokaltraktes werden manche „Bündel“ von dicht nebeneinander liegenden Obertönen besonders verstärkt. Diese nennen wir **Formanten**.

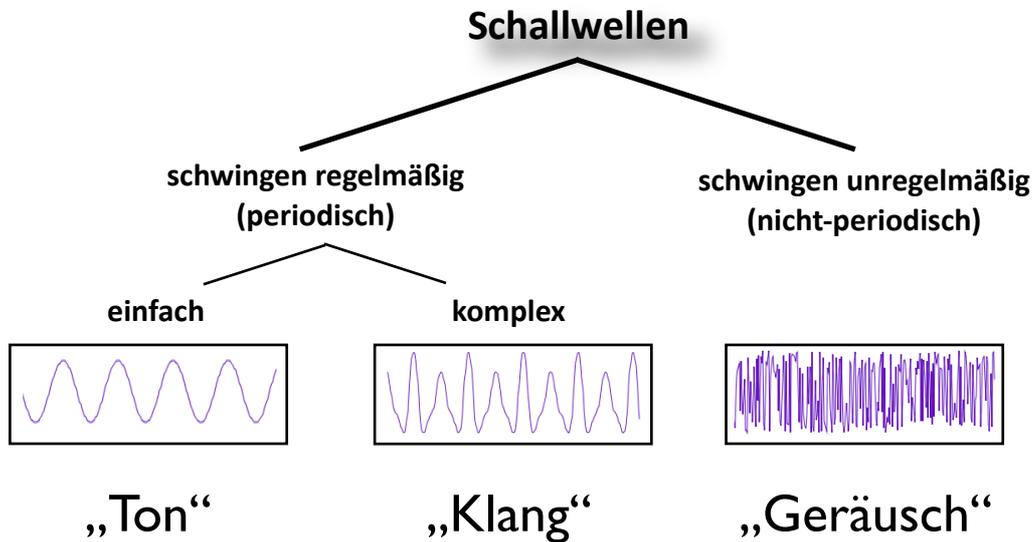
Die Formanten sind für den Klang der verschiedenen Vokale verantwortlich. Ein [i] hat deutlich höhere Formanten als ein [u] oder [a]. Da die Formanten universell sind — mehr oder weniger gleich bei allen Menschen — erkennen und unterscheiden wir mühelos Vokale, unabhängig vom individuellen Spektrum des Sprechers.

Beim Sprechen bewegen wir Zunge und Lippen, und wir vergrößern oder verkleinern dabei unseren Resonanzraum. Bestimmte Formanten werden dadurch verstärkt, andere unterdrückt. Es ist, als würde eine Gitarre ständig ihre Form verändern, wodurch sich auch deren Klangfarbe radikal ändern würde.

² auch Teilton genannt. Die Nummerierung ist allerdings unterschiedlich: der Grundton gilt als der erste Teilton. Somit ist der erste Oberton der zweite Teilton.

Schallwellen und Sprachlaute

Wie schon beschrieben, unterscheiden wir drei „Sorten“ von Schallwellen: einfach-regelmäßige, komplex-regelmäßige und unregelmäßige oder chaotische.



Einfache Schwingungen kommen in der Natur isoliert nicht vor, bilden aber die Grundlage für komplexe Schwingungen: Mehrere einfache Schwingungen addieren sich zu einer zusammengesetzten Welle, die dann als Klang mit einer bestimmten Klangfarbe wahrgenommen wird.

- Beispiele für Töne wären: elektronische Sinustöne, Stimmgabeln, das Piepsen von Scannern...
- Zu den Klängen zählen etwa: Vogelgezwitscher, Motorengeräusche, Kirchenglocken, alle Musikinstrumente mit definierten Tonhöhen...
- In die Kategorie Geräusche gehören: Papierrascheln, Wasserrauschen, zerbrechendes Glas, Händeklatschen, Husten...

Die Sprachlaute sind sowohl klang- als auch geräuschartig:

Vokale und Nasale sowie der **Lateral** [l] gehören eindeutig zu den Klängen, ihre Wellenform ist komplex-periodisch.

Stimmlose Konsonanten dagegen zählen alle zu den Geräuschen. Besonders stimmlose Frikative erzeugen ein für Geräusche typisches Signalbild.

Die **stimmhaften Konsonanten** stehen in der Mitte zwischen Klang und Geräusch: ein stimmhafter Frikativ etwa hat einen starken Geräuschanteil, aber durch das Schwingen der Stimmlippen kommt ein regelmäßig schwingender Anteil hinzu.