Lektion 2: For-Schleifen	Übung 3: Schleifen durch die Musiknoten
In der dritten Übung der zweiten Lektion wirst du vom Zusammenhang zwischen den Frequenzen der Notenskala in der Musik lernen. Du wirst ein Programm schreiben, mit dem du diese Noten spielen kannst, die die Musiker seit Jahrhunderten verwenden.	**Lernziele:** • Die “Zwölfte Wurzel aus Zwei”-Beziehung in der Notenskala erklären • Ein Programm schreiben, das eine Tonleiter abspielen lässt

Ein wenig Musiktheorie

Musiknoten werden durch die Frequenz eines vibrierenden Objekts wie z.B. eines Lautsprechers, eines Trommelfells oder einer Saite (Geige, Gitarre, Klavier) bestimmt. Die Noten einer Tonleiter haben einen besonderen mathematischen Zusammenhang. In einer Oktave gelangt man in 12 Schritten von einer Note zur selben Note in der nächsten Oktave. Hat eine Note die Frequenz *F*, dann hat die darauffolgende Note die Frequenz $F \times \sqrt[12]{2}$.

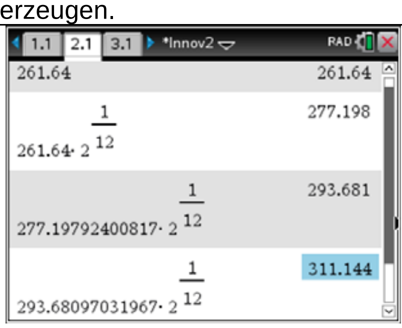
Wenn man eine Notenfrequenz 12 mal hintereinander mit $\sqrt[12]{2}$ oder $2^{1/12}$ (die zwölfte Wurzel aus 2) multipliziert, hat man die Ausgangsfrequenz genau verdoppelt. So hat die erste Note der nächsten Oktave hat die Frequenz $F \times (2^{\frac{1}{12}})^{12} = 2 \times F$.

Wenn z. B. eine Note die Frequenz 440 Hz hat, dann hat die um eine Oktave höhere Note die Frequenz 880 Hz und die, um eine Oktave niedrigere die Frequenz 220 Hz.

Das menschliche Ohr neigt dazu, zwei Noten, die um eine Oktave getrennt sind wegen der nahe verwandten Obertöne als im Wesentlichen „gleich“ zu hören. Aus diesem Grund tragen im westlichen System der Musiknotation Noten, die jeweils eine Oktave voneinander entfernt sind, gleiche Bezeichnungen. Eine Note, die eine Oktave höher ist als ein C ist wieder ein C. Die Intervalle zwischen den Tönen werden „Halbtöne“ genannt.

In diesem Projekt werden wir das $2^{1/12}$-Prinzip nutzen, um die 12 Töne einer Oktave zu erzeugen.

Das „eingestrichene C“ (c^1) hat die Frequenz 262,64 Hz. Eine Oktave darüber liegt das „zweigestrichen C“ (c^2) mit $2 \times 261{,}64$ Hz = 523,28 Hz. Es gibt 12 Schritte (Halbtöne) zwischen diesen beiden Noten und jeder Schritt ist das $2^{1/12}$ -fache der vorigen Note.



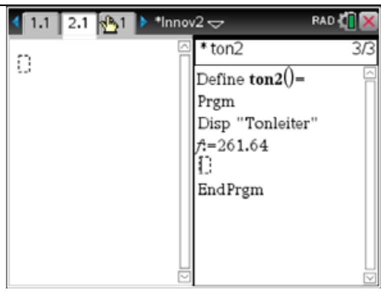
Rechts haben wir 261,64 in den *Calculator* eingegeben und mit $2^{1/12}$ multipliziert.

Wir geben am Anfang [ans] vor (hier nicht zu sehen), da das Multiplikationszeichen eine Eingabe vor ihm benötigt. Dann genügt fortwährendes Drücken der [enter]-Taste und die Folge der Frequenzen wird erzeugt, wie daneben gezeigt.

Dieses Wiederholungsprinzip werden wir ins Programm übernehmen. Die zwölfte. Antwort der obigen Rechnung ist 523,28, genau das Doppelte des Anfangswerts.

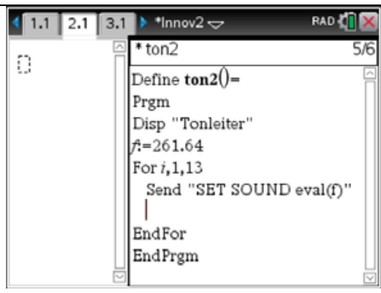
Beginn des Programms:

1. Beginne mit einem neuen Programm. Nenne es *ton2*.
2. Füge **Disp** mit dem Text „Tonleiter“ zwischen Anführungszeichen an.
3. Weise der Variablen **f** die Ausgangsfrequenz 261,64 zu.
4. Diese Variable wird alle Töne in der Tonleiter repräsentieren.



Einführung der For-Schleife:

5. Setze fort mit einer **For**-Schleife, die von 1 bis 12 läuft (für die 12 Noten).
6. Fahre fort mit einer **“SET SOUND**-Anweisung aus dem **Hub**-Menü.
7. Ergänze mit **eval( )** für die Variable **f** wie gezeigt.

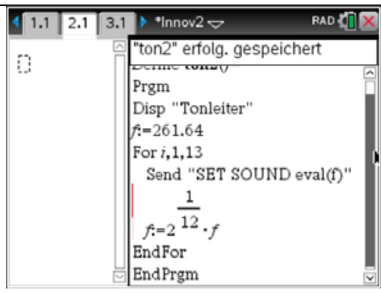


Berechnung der Frequenzen:

8. Multipliziere **f** mit $2^{1/12}$ und speichere das Ergebnis wieder unter **f**.

   f := f * 2^(1/12)

   Diese Anweisung berechnet die Frequenz der jeweils nächsthöheren Note auf der Tonleiter.
9. Speichere (ctrl B) und führe das Programm im *Calculator* aus.



Eine Programmverbesserung:

Versuche, den **TIME**-Parameter in die **Send “SET SOUND**-Anweisung einzubauen und vergiss nicht, eine entsprechende **Wait**-Anweisung vorzusehen, sodass jede Note bis zu ihrem Ende ausgespielt wird.

Wenn der TI-Innovator™ Hub einen neuen Befehl erhält, bevor der letzte ausgeführt wurde, dann wird das Gerät den neuen Befehl ausführen und den letzten nicht zu Ende bringen.