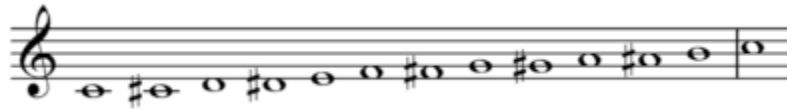




Lektion 2: For - Schleifen	Übung 3: Schleife mit Noten
<p>In der dritten Einheit von Lektion 2 geht es um die Beziehung zwischen den Frequenzen der Tonleiter. Dazu wird ein Programm geschrieben, das die Noten über den Lautsprecher abspielt, die Musiker schon seit vielen Jahrhunderten benutzen.</p>	<p>Lernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erklärung der $\sqrt[12]{2}$ - Beziehung • Entwurf eines Programmes, das nacheinander die Noten der Tonleiter abspielt.



Etwas Musiktheorie

Musiknoten sind bestimmt durch die Frequenz eines vibrierenden Objektes, z.B. einer Saite bei einer Gitarre oder einem Klavier, eines Fells bei einer Trommel aber auch der Membran eines Lautsprechers. Die Noten stehen dabei in einer besonderen mathematischen Beziehung. Eine Oktave umfasst 12 Töne. Hat ein Ton die Frequenz f , so hat der darauf folgende Ton die Frequenz $f \cdot \sqrt[12]{2}$, der dann folgende die Frequenz $f \cdot \sqrt[12]{2} \cdot \sqrt[12]{2} = f \cdot (\sqrt[12]{2})^2$. Nach genau 12 Tönen hat sich die Frequenz also genau verdoppelt, denn

$$f \cdot (\sqrt[12]{2})^{12} = f \cdot (2^{1/12})^{12} = f \cdot 2$$

Gehört zu einer Note z.B. die Frequenz 440 Hz, so zu der Note eine Oktave höher 880 Hz und eine Oktave tiefer 220 Hz. Den Abstand zwischen 2 benachbarten Tönen bezeichnet man als Halbton.

Das menschliche Ohr tendiert dazu zwei Noten, die eine Oktave voneinander entfernt sind, wegen des ähnlichen Klanges als im wesentlichen "gleich" anzusehen. Deshalb gibt man in der westlichen Notation den Noten, die eine Oktave voneinander entfernt sind, dieselbe Bezeichnung. Das C eine Oktave höher heißt also auch C. Dazu kommen noch Hochkommata um die Oktaven zu kennzeichnen.

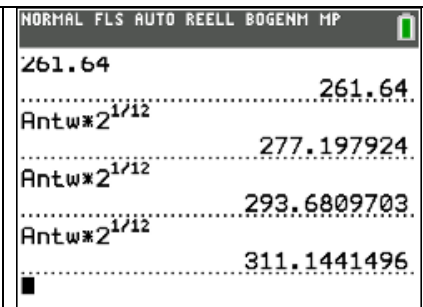
Im Programm wird die $2^{1/12}$ - Beziehung ausgenutzt, um die 12 Töne einer Oktave zu erzeugen.

C" hat die Frequenz 261,64Hz. Eine Oktave darüber, also C"', wäre die Frequenz $2 \cdot 261,64 \text{ Hz} = 523,28 \text{ Hz}$. Zwischen diesen beiden Noten gibt es 12 Schritte (Halbtöne), wobei jedesmal die Folgefrequenz das $2^{1/12}$ fache der vorhergehenden Note ist.

Im Bild ist gut zu sehen, dass zunächst 261,64 im Startbildschirm eingegeben wurde. In der nächsten Zeile wird dieser Wert dann mit $2^{1/12}$ multipliziert.

Der Taschenrechner ergänzt die Zeile automatisch mit **Antw** am Anfang, da bei der Multiplikation erwartet wird, dass am Anfang irgendetwas eingegeben wurde. Drückt man nun wiederholt **ENTER** so erhält man die dargestellte Folge der Antworten.

Nach diesem Prinzip soll auch das Programm aufgebaut werden. Die zwölfte Antwort wird dann 523,28 lauten, denn: $261,64 \cdot (2^{1/12})^{12} = 2 \cdot 261,64 = 523,28$.





Hinweis: Es kann Schwierigkeiten geben, wenn Schülerinnen und Schüler Problem mit der Potenzrechnung haben. Mit einem Klavier oder Handy-Keyboard kann man die Töne vorführen, die eine Oktave auseinanderliegen bzw. die 12 Töne einer Oktave (wenn man die schwarzen Tasten mitbenutzt!).

Die ersten Programmzeilen:

1. Ein neues Programm mit dem Namen TON2 wird erzeugt.
2. Die Befehle **ClrHome** und **Disp** werden eingefügt mit dem Anzeigetext in Anführungszeichen wie auf dem nebenstehenden Bild.
3. Mit der Taste **STO** wird die Anfangsfrequenz 261,64 der Variablen **F** zugewiesen.
4. Diese Variable nimmt später nacheinander die 12 Frequenzen der Tonleiter an.

```
NORMAL FLS AUTO REELL BOGENM MP
PROGRAM: TON2
:ClrHome
:Disp "TONLEITER"
:261.64→F
```

Die For - Schleife:

1. Eine **For** - Schleife von 1 bis 12 für die 12 Noten wird hinzugefügt.
2. Aus dem Menü **HUB** wird der Befehl **Send** ("SET SOUND hinzugefügt.
3. Dazu kommt noch **eval** für die Variable **F** wie dargestellt. Auf die Anführungszeichen und Klammern achten!

```
NORMAL FLS AUTO REELL BOGENM MP
PROGRAM: TON2
:ClrHome
:Disp "TONLEITER"
:261.64→F
:
:For(I,1,12)
:Send("SET SOUND eval(F)")
:
:End
```

Berechnung der Frequenzen:

1. **F** wird mit $2^{1/12}$ multipliziert und das Ergebnis wird wieder in **F** gespeichert:
 $F \cdot 2^{(1/12)} \rightarrow F$
 - Durch diesen Befehl wird der aktuelle Wert der Frequenz **F** in die Frequenz des nächst höheren Tones der Tonleiter verändert.
2. Nach Verlassen des Editors kann das Programm gestartet werden..

```
NORMAL FLS AUTO REELL BOGENM MP
PROGRAM: TON2
:261.64→F
:
:For(I,1,12)
:Send("SET SOUND eval(F)")
:
:F*2^(1/12)→F
:
:End
```

Veränderung des Programmes:

Man kann den Parameter **TIME** dem Befehl **SEND** ("SET SOUND noch hinzufügen, wobei man auch noch den passenden Befehl **Wait** in das Programm einfügen muss, damit das Programm jede Note auch zu Ende spielen lässt.

Wenn der TI-Innovator™ Hub einen neuen Befehl erhält bevor er den letzten abgearbeitet hat, führt er den neuen Befehl aus anstatt den alten zu beenden.

```
NORMAL FLS AUTO REELL BOGENM MP
PROGRAM: TON2
:261.64→F
:
:For(I,1,12)
:Send("SET SOUND eval(F) T
IME .5")
:F*2^(1/12)→F
:Wait .5
:
:End
```