

VibratoFinder1

Tilo Hähnel

Zusammenfassung

Das Skript »VibratoFinder1.m« für Gnu-Octave 4.0.0 findet in Tonhöhenkurven automatisch Vibrati und bestimmt sowohl deren Amplitude als auch Frequenz. Zudem eignet es sich zur Stapelverarbeitung. Ausgegeben werden neben einer Liste mit allen gefundenen Vibrati auch eine grafische Repräsentation sowie eine Reihe deskriptiver Kennwerte.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkung	4
2	Einrichten des Skripts vor dem ersten Benutzen	4
3	Ausführen in Gnu-Octave	6
4	Zur Funktionsweise von VibratoFinder1.m	6
4.1	Hintergrund	6
4.2	Ablauf des Skripts	6
4.2.1	Tonhöhendatei laden	6
4.2.2	Daten konvertieren	7
4.2.3	Daten fehlerbereinigen	7
4.2.4	Ergebnisse	7
4.2.5	Zu den ausgegebenen Kennwerten	7
4.3	Zur Verfahrensweise der Kosinusapproximation	9
5	Optionen	10
5.1	Arbeitsmodi	10
5.1.1	Interaktiver Modus	10
5.1.2	Stapelverarbeitung	11
5.2	Ausgabeoptionen	11
5.2.1	Centkurve exportieren	11
5.2.2	Geglättete Tonhöhenkurve exportieren	11
5.2.3	Ergebnistabelle exportieren	12
5.2.4	Statistische Zusammenfassung exportieren	12
5.3	Optionen für Grafiken	12
5.3.1	Ergebnisgrafik anzeigen	12
5.3.2	Forschaufenster anzeigen lassen	14
5.4	Optionen für Transformationen	14
5.4.1	Frequenzen von Hertz in musikalische Tonhöhen in Cent umwandeln	14
5.4.2	Tonhöhenkurven Fehlerbereinigen	15
5.5	Analyseoptionen	15
5.5.1	Größe des Analysefensters ändern	15
5.5.2	Gütemaß anpassen	16
5.5.3	Mindest- und Maximalfrequenz der Schwingung	17
5.5.4	Maximale Spannweite der Tonhöhenauslenkung	17

5.6	Optionen für Fehlerkorrektur	17
5.6.1	Mindestabstand für Ausreißer	17
5.6.2	Anzahl an Elementen im Analysefenster	18
5.6.3	Fensterüberlappung	18
6	Stapelverarbeitung	18
6.1	Funktionsweise	18
6.2	Einrichten des Skripts VibratoFinderStapel.m	19
7	Umgang mit Programmfehlern	19

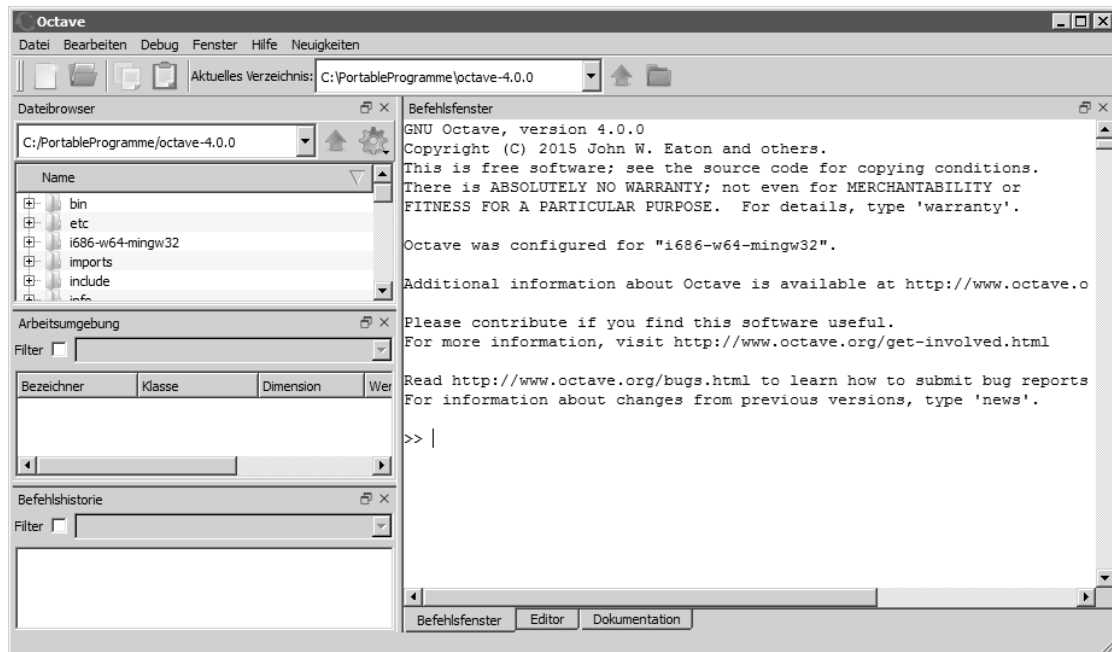


Fig. 1: Ansicht von Gnu-Octave mit geöffnetem Befehlsfenster auf der rechten Seite. Links oben befindet sich der Dateibrowser, mit dessen Hilfe Sie das Skript starten können.

1 Vorbemerkung

Um das Skript zu nutzen, benötigen Sie die Software Gnu-Octave 4.0.0 (oder höher) und selbstverständlich das Skript VibratoFinder1.m. Wenn Sie Gnu-Octave noch nicht installiert haben, können Sie es auf www.gnu.org/software/octave für Ihr Betriebssystem herunterladen und installieren.

Bitte beachten Sie unbedingt nachfolgende Hinweise zum Einrichten des Skripts. Beachten Sie bei allen Anpassungen bitte auch die Groß- und Kleinschreibung von Buchstaben. Befehle und Eintragungen im Skript sind nachfolgend immer durch eine Schreibmaschinenschrift gekennzeichnet.

2 Einrichten des Skripts vor dem ersten Benutzen

Bevor Sie das Skript VibratoFinder1.m starten, müssen Sie zwei Zeilen im Skript anpassen.

Merken Sie sich zunächst den Ort, an dem Sie die Skripte VibratoFinder1.m und VibratoFinderStapel.m abgelegt haben und öffnen Sie Gnu-Octave.¹

Suchen Sie nun im Dateibrowser von Gnu Octave das Skript und öffnen es zum Bearbeiten mit einem Doppelklick auf VibratoFinder1.m. Das rechte Fenster in Octave sollte automatisch in den Editor wechseln (zu erkennen an den kleinen Reitern am unteren Rand des rechten Fensters) und Ihr Bildschirm nun in etwa wie Fig. 2 aussehen.

¹ Beim ersten Start kann es sein, dass Sie Octave fragt, ob Dateien angelegt werden sollen – das ist korrekt so). Ist Octave gestartet, sollten Sie eine Oberfläche sehen, die der in Fig. 1 ähnelt.

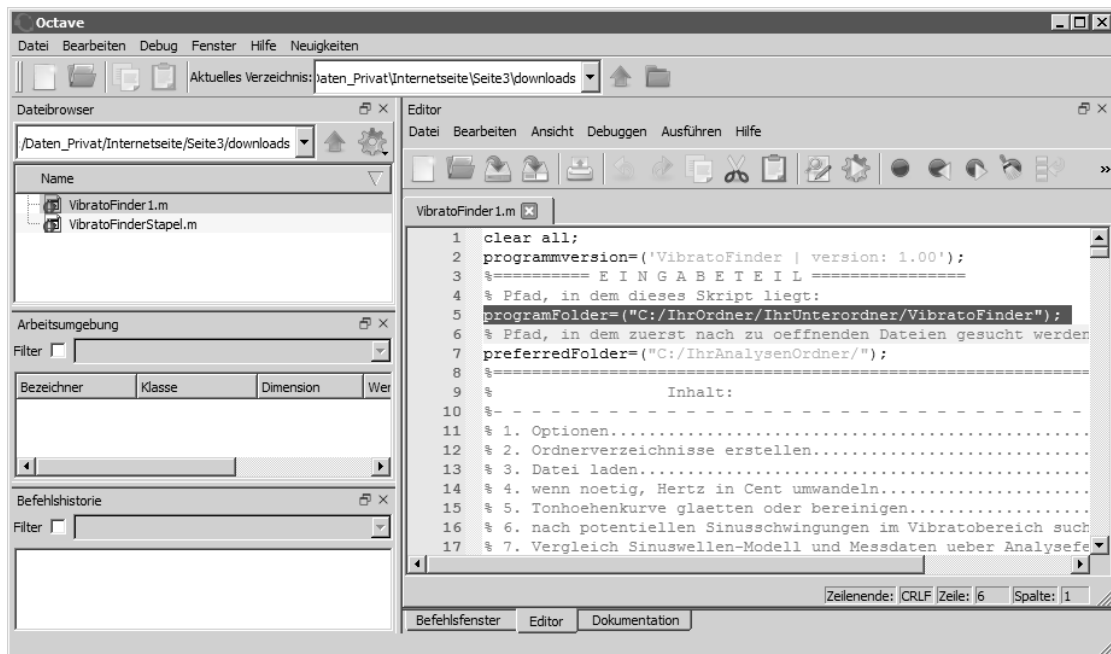


Fig. 2: Ansicht des Skripts im Editor von Gnu-Octave.

Die ersten Zeilen im Skript sind folgende:

```
clear all;
programmversion=('VibratoFinder | version: 1.00');
%===== E I N G A B E T E I L =====
% Pfad, in dem der dieses Skript liegt:
programFolder=('C:/IhrOrdner/IhrUnterordner/VibratoFinder");
% Pfad, in dem zuerst nach zu oeffnenden Dateien gesucht werden soll
preferredFolder=('C:/IhrAnalysenOrdner/");
%=====
```

Suchen Sie nun Zeile 5 auf, die mit `programFolder` beginnt. Geben Sie in den Anführungszeichen den Dateipfad ein, der angibt, wo sich Ihre `VibratoFinder1.m` befindet.²

Ändern Sie auch Zeile 7, die mit `preferredFolder` beginnt. Hier können Sie den Dateipfad eintragen, der standardmäßig beim Öffnen einer Datei vorgeschlagen werden soll. Zeile 7 muss mit einem » / «-Zeichen enden!

² Bitte achten Sie darauf, dass der Pfad in Anführungszeichen steht und die Ordner nur mit dem » / «-Zeichen getrennt werden, nicht mit dem » \ «-Zeichen). Der Pfad sollte links oben über dem Dateibrowser stehen. Zeile 5 darf nicht mit einem » / «-Zeichen enden!

3 Ausführen in Gnu-Octave

Nachdem Sie Gnu-Octave gestartet haben, suchen Sie das Skript im Dateibrowser von Gnu Octave und führen Sie es über einen Rechtsklick auf den Dateinamen des Skripts aus. Wenn vor dem Ausführen das rechtsseitige Befehlsfenster in Octave sichtbar ist (zu erkennen am kleinen Reiter am unteren Rand des rechten Fensters), können Sie das Skript verfolgen, während es läuft.

Nach dem Start von VibratoFinder1.m können Sie nun eine Tonhöhenkurve bestimmen, die auf Vibrati hin untersucht werden soll.

4 Zur Funktionsweise von VibratoFinder1.m

4.1 Hintergrund

Das Skript ist eine Weiterentwicklung des Verfahrens zur automatischen Vibratoanalyse, das 2012 auf der Jahrestagung des Arbeitskreises Studien zur populären Musik (ASPM, inzwischen gfpM) vorgestellt wurde (Hähnel et al. 2014). Der ursprüngliche Ansatz wurde im Rahmen des Forschungsprojekts »Stimme und Gesang in der populären Musik der USA (1900–1960)« zwischen 2011 und 2014 an der Hochschule für Musik Franz Liszt in Weimar entwickelt. Das Skript VibratoFinder1.m ist eine verbesserte und anwendungsorientierte Variante des Ansatzes. Der Kern des Skripts besteht aus lediglich einer Datei und kann ohne größere Computerkenntnisse auch von fachfremden WissenschaftlerInnen angewandt werden.

4.2 Ablauf des Skripts

Nach dem Start im interaktiven Modus (der voreingestellte Modus) fordert Sie das Skript auf, eine Datei zu laden, in der sich die zu analysierende Tonhöhenkurve befindet. Sollten in dieser Datei die Tonhöhen in Hertz vorliegen, besteht anschließend die Möglichkeit, sie von Hertz nach Cent zu konvertieren (Centwerte sind für die Analyse zwingend erforderlich). Sie werden im nächsten Schritt gefragt, ob und wie verrauschte Daten fehlerbereinigt werden sollen. Im letzten Schritt findet die eigentliche Vibratoanalyse statt, die mit der Ausgabe einer Ergebnisliste, einer statistischen Zusammenfassung und einer grafischen Repräsentation der Ergebnisse endet. Die einzelnen Schritte werden in den nachfolgenden Abschnitten kurz erläutert.

4.2.1 Tonhöhendatei laden

Nach dem Starten des Skripts im interaktiven Modus wird die Nutzerin aufgefordert, eine Datei zu laden, in der sich die zu analysierende Tonhöhenkurve befindet. Diese Datei muss im Format .txt abgespeichert und wie im folgenden Beispiel aufgebaut sein:

```
16.044988662 1328.91
16.056598639 668.79
16.068208616 668.841
16.079818594 333.775
16.091428571 335.196
```

Die zu ladende Datei enthält zwei Spalten an numerischen Werten, einen Zeitpunkt in Sekunden (erste Spalte) und die Tonhöhe, die zu diesem Zeitpunkt vorliegt (zweite Spalte). Beide Spalten sind durch einen Tabulatorsprung von einander getrennt. Es dürfen keine Zahlen mit Dezimalkommas vorliegen (sondern nur Dezimalpunkte) und keine Buchstaben oder Sonderzeichen. Es werden nur Zahlen interpretiert.

4.2.2 Daten konvertieren

Nach dem Einlesen der Daten werden Sie gefragt, ob die Tonhöhen von Hertz nach Cent konvertiert werden sollen. Für die Analyse ist es unbedingt nötig, dass die Tonhöhen in Cent vorliegen. Liegen sie in Hertz vor (was meist der Fall ist), kann das Skript angewiesen werden, die Tonhöhen nach Cent zu konvertieren.

4.2.3 Daten fehlerbereinigen

Sind die Daten verrauscht, können zwei Formen der Datenaufbereitung gewählt werden: die Reduktion oder die Transposition von Ausreißern (siehe Abschnitt 5.4.2). Ob die Daten verrauscht sind, liegt im Ermessen der Anwenderin und wird nicht automatisch entschieden. Im Zweifel sollte keine Glättung der Daten vorgenommen werden.

4.2.4 Ergebnisse

Nach der Glättung der Daten untersucht das Skript die Tonhöhenkurve auf vibratoähnliche Passagen. Vibrati sind Passagen, in denen sich die Tonhöhe periodisch zwischen 4 und 10 Hertz ändert. Der idealtypische Tonhöhenverlauf eines Vibratos kann mathematisch mit einer Sinusfunktion beschrieben werden. Deshalb werden Ausschnitte aus der Tonhöhenkurve mit einer Sinus (bzw. Kosinusfunktion) verglichen. Anhand der Ähnlichkeit des empirischen Verlaufs mit dem idealtypischen Modell wird entschieden, ob ein Vibrato vorliegen könnte. Gefundene Vibrati werden in Frequenz, Auslenkung (Tonhöhenschwankung vom Minimum bis zum Maximum) und Güte (die Übereinstimmung mit dem Modell) bestimmt und zusammen mit dem Zeitpunkt seines Auftretens in einer Ergebnisliste abgespeichert. Als Ähnlichkeitsmaß dient der prozentuale Determinationskoeffizient D (erfasst werden alle Schwingungen mit $D \leq 50$), sobald die Korrelation zwischen Signal und Kurve positiv ist. Für die statistische Auswertung am Ende werden nur diejenigen Vibrati zusammengefasst, die dem Idealtypus besonders ähnlich sind ($D \leq 90$). Ausgegeben wird eine Zusammenfassung der Daten sowie eine Grafik, die wie Fig. 3 alle gefundenen Vibrati abbildet. In der Grafik gibt die Größe des Kreises die Güte der Übereinstimmung an (je größer, desto idealtypischer). Über die horizontale Position ist die Geschwindigkeit der Schwingung in Hertz ablesbar; über die vertikale Position die Auslenkung der Tonhöhe in Cent.

4.2.5 Zu den ausgegebenen Kennwerten

Die Ergebnisliste enthält eine Tabelle mit vier Spalten und sieht wie folgender Ausschnitt aus:

```
%t f in Hz a in Cent D
18.471474 6.05 80.7 93
18.645624 6.00 84.2 95
18.796553 6.45 74.6 96
18.959093 6.44 74.6 96
19.922722 4.97 209.9 60
20.143311 5.95 60.0 58
```

Die erste Spalte enthält den Zeitpunkt des Auftretens des Vibratos; die zweite Spalte die Frequenz in Hertz, die dritte Spalte die Auslenkung in Cent und die vierte Spalte den Determinationskoeffizienten, der als Güte-
maß fungiert. Der Determinationskoeffizient kann (rein theoretisch) einen Maximalwert von 100 (= Prozent

Übereinstimmung der Varianzen) annehmen. Die Ergebnisliste kann in Tabellenkalkulationsprogramme importiert oder anderweitig weiter analysiert und aufbereitet werden. An dem im Beispiel abgebildeten Ausschnitt einer Ergebnisliste lässt sich ablesen, dass bei Sekunde 18 vier Schwingungen mit einer Frequenz von 6–6.45 Schwingungen pro Sekunde und einer Auslenkung von ca. ± 75 –84 Cent gefunden wurden. Damit liegt in diesem Falle das Vibrato von Ella Fitzgerald an dieser Stelle im idealen Bereich der meist als angenehm empfundenen Frequenz, wobei die Auslenkung der Tonhöhe vergleichsweise gering ausfällt (± 100 Cent werden häufig im Bereich des Normalen angesehen).

Die statistische Zusammenfassung enthält folgende Werte:

```
% Statistik fuer Fitzgerald60_p.txt erstellt mit VibratoFinder | version: 1.00
n 113
D 90
Gesamtdauer in Sekunden: 17.6
arithm. Mittel in Hz: 6.5
Standardfehler Mittel: 0.041
Median in Hz: 6.4
Spannweite in Hz: 2.5
Interdezilabstand in Hz: 1.0
Interquartilsabstand in Hz: 0.6
Standardabweichung in Hz: 0.4
arithm. Mittel in Cent: 81.0
Standardfehler Mittel in Cent: 2.163
Median in Cent: 81.1
Spannweite in Cent: 119.2
Interdezilabstand in Cent: 61.1
Interquartilsabstand in Cent: 26.3
Standardabweichung in Cent: 23.0
-----
Uebersicht:
%Dateiname n f_mittel f_sd f_se f_min f_q10 ...
Fitzgerald60_p 113 6.453 0.435 0.041 5.590 5.947 ...
```

Nach der Überschrift werden 17 Werte angegeben, die wie folgt definiert sind:

- n: die Anzahl der gefundenen Vibrati in der gesamten Datei (hier 78)
- D: der Determinationskoeffizient, der als Mindestbedingung für die statistische Zusammenfassung gewählt wurde (hier mindestens 90)
- Gesamtdauer in Sekunden: Die aufsummierte Dauer aller gefundenen Schwingungen (hier befinden sich also insgesamt 12.1 Sekunden Vibrati im Titel).

Es folgen die Kennwerte bezogen auf die Geschwindigkeit der gefundenen Vibrati (alle in Hertz)

- arithm. Mittel in Hz: die durchschnittliche Geschwindigkeit der Vibrati (hier 6.5 Hertz)
- Standardfehler Mittel: Der Standardfehler des Mittelwertes. Er ist ein Hinweis darauf, ob der ermittelte Durchschnittswert ein sinnvolles Maß ist. Je kleiner der Standardfehler des Mittelwertes ist, desto aussagekräftiger ist der empirisch ermittelte Durchschnittswert. Bei sehr kleinen Stichproben oder bei großen Streuungen der Daten wird der Standardfehler größer. Hier ist er mit 0.044 Hz sehr klein. Ist der Standardfehler sehr groß, ist die Angabe eines Durchschnittswertes nicht sinnvoll.

- Median in Hz: Der Median ist ein alternativer Mittelwert. Er gibt den Wert an, der die größten 50% der Werte von den kleinsten 50% trennt. Weicht der Median stark vom Durchschnittswert ab, ist dies ein Hinweis auf eine sehr schiefe Verteilung (hier ist der Median 6.5).
- Spannweite in Hz: Der Abstand zwischen dem kleinsten und dem größten Wert (hier 2.3 Hz).
- Interdezilabstand in Hz: der Abstand zwischen den kleinsten 10% und den größten 10%. Dieser Wert gibt also die zentralen 80% aller Werte an. Gegenüber der Spannweite hat er den Vorteil, dass Ausreißer nach oben und unten unberücksichtigt bleiben und somit ein besserer Eindruck über die Verteilung der Masse der Daten entsteht (hier ist der Interdezilabstand 0.9 Hz).
- Interquartilsabstand in Hz: Ähnlich zum Interdezilabstand wird hier der Bereich zwischen dem kleinsten Viertel und dem größten Viertel (und damit die zentralen 50% aller Daten) betrachtet (hier ist der Interquartilsabstand 0.5 Hz).
- Standardabweichung in Hz: Gibt die Standardabweichung an (hier 0.4 Hz).

Es folgen die gleichen Kennwerte, nun aber bezogen auf die Tonhöhenauslenkung (Amplitude) in Cent, daher wird auf eine weitere Erläuterung verzichtet.

Darunter befindet sich eine Übersicht, die der Form nach der Übersicht entspricht, wie sie auch am Ende der Stapelverarbeitung für (siehe Abschnitt 6) zusammenfassend für mehrere Tonhöhenkurven ausgegeben wird. Neben den Mittelwerten werden typische Lagemaße ausgegeben, wie Minimum, kleinstes Zehntel, kleinstes Viertel, oberes Viertel, oberes Zehntel und Maximum.

4.3 Zur Verfahrensweise der Kosinusapproximation

Wie auch der in Hähnel et al. (2014) beschriebene Ansatz greift das Skript auf Tonhöhenkurven zurück, wie sie zum Beispiel mit dem Algorithmus von Paul Brossier (2006) als Plugin für die Software Sonic Visualiser bereit stehen, extrahiert werden. In solchen Tonhöhenkurven liegt zu jedem Messzeitpunkt t ein entsprechender Tonhöhenwert p vor. VibratoFinder1.m enthält eine verbesserte Approximation der Tonhöhenkurve mit einer Kosinusfunktion und prüft in vier Schritten, ob überhaupt eine vibrato-ähnliche Schwingung vorliegen kann. Erst nach den ›vier bestandenen Prüfungen‹ wird eine Approximation vorgenommen.

1

Es werden zunächst nur die Zeitpunkte betrachtet, an denen die Tonhöhenkurve ein lokales Minimum p_{min} aufweist. Da aus psychoakustischen Gründen periodische Schwingungen nur im Bereich zwischen 4 – 10 Hz als Vibrato wahrgenommen werden (Fricke 2005: 117 ff), kann die Messreihe auf alle Minima reduziert werden, die einen Inter-Minima-Abstand (IMI) von $1/4$ – $1/10$ Sekunden aufweisen.

2

Fehlende Messpunkte sind das Indiz stark verrauschter Signale oder Abschnitte, in denen keine Tonhöhen gefunden werden konnten und demnach auch kein messbares Vibrato vorliegt. Daher muss die Zahl der Messpunkte ein Mindestmaß überschreiten.

3

Die Spannweite der Tonhöhen im Analysefenster muss kleiner als 700 Cent sein. Darüber hinaus gehende Schwankungen sprechen für verrauschte Signale, Glissandi/Portamenti oder Tonsprünge. Ein Vibrato ist folglich auszuschließen.

4

Sind alle vorhergehenden Hürden genommen, wird eine erste Schwingung konstruiert, deren Amplitude der halben Spannweite der Tonhöhen im Analysefenster entspricht, deren Frequenz mit $1/IMI$ und deren Phase über die Position des lokalen Minimums gut geschätzt werden kann. Ist die Korrelation zwischen der Schwingung und der Messreihe hinreichend hoch, wird eine genauere Frequenz über eine binäre Suche in wenigen Schritten optimiert.

5 Optionen

Obwohl das Skript ohne Anpassungen zuverlässig laufen sollte, gibt es mehrere Optionen, mit denen Sie die Ausgabe des Programms und die Funktionsweisen beeinflussen können. Die meisten Optionen sind aktivierbar und deaktivierbar. Dazu werden die Werte der Optionen auf »true« (aktiviert) oder »false« (deaktiviert) gesetzt. Auch die Stapelverarbeitung ist über die Optionen aktivierbar. Andere Optionen verlangen die Eingabe von Werten.

Über die Kenntnis der Optionen erfahren Sie gleichzeitig etwas über die Funktionsweise von VibratoFinder1.m, auch, wenn Sie nicht vor haben, Optionen zu ändern.

5.1 Arbeitsmodi

VibratoFinder1.m verfügt über zwei Arten von Arbeitsmodi, einem interaktiven Modus und einen Stapelverarbeitungsmodus.

5.1.1 Interaktiver Modus

Im Standardmodus ist das Skript interaktiv und die Stapelverarbeitung ist deaktiviert. Der interaktive Modus wird durch den Befehl

```
INTERAKTIV = true;
```

aktiviert. In diesem Zustand fragt Sie das Skript, ob Sie Tonhöhen von Hertz nach Cent konvertieren und welche Art der Fehlerbereinigung Sie auf den Tonhöhendaten laufen lassen möchten. Sie können diese Entscheidungen jedoch vorab direkt in den entsprechenden Optionen festlegen und die Nachfragen überspringen, wenn Sie den interaktiven Modus deaktivieren. Dazu setzen Sie den Wert auf

```
INTERAKTIV = false;
```

5.1.2 Stapelverarbeitung

Mit der Stapelverarbeitung ist es möglich, mehrere Tonhöhenkurven nacheinander und automatisiert analysieren zu lassen. Um den Modus zur Stapelverarbeitung zu aktivieren, setzen Sie den Wert

```
STAPELMODUS = true;
```

Bitte beachten Sie, dass bei einer Stapelverarbeitung die Dateiliste und sämtliche Optionen in der separaten Datei »VibratoFinderStapel.m« organisiert werden. Bei aktivierter Stapelverarbeitung ist kein interaktiver Modus möglich. Sie brauchen den Wert INTERAKTIV nicht anzupassen, er wird durch die aktivierte Stapelverarbeitung stets übergangen. Die Stapelverarbeitung selbst wird in Abschnitt 6 genauer beschrieben.

5.2 Ausgabeoptionen

Hier legen Sie fest, welche Dateien während der Vibratoanalyse ausgegeben werden sollen.

5.2.1 Centkurve exportieren

Das Skript kann Tonhöhen in Hertz umwandeln, wobei als Grundton standardmäßig 440 Hz angenommen werden. Für die Vibratoanalyse ist die absolute Tonhöhe nicht wichtig, da die Änderungen der Tonhöhe betrachtet werden.

Möchten Sie die Centkurve exportieren³, setzen Sie die Zeile auf

```
AUSGABEPCO=true;
```

Anderenfalls deaktivieren Sie die Option mit

```
AUSGABEPCO=false;
```

5.2.2 Geglättete Tonhöhenkurve exportieren

Das Skript kann Tonhöhenkurven glätten. Wird eine Tonhöhe geglättet oder transformiert (siehe Abschnitt 5.4), können Sie die geglättete Tonhöhenkurve (in Cent) als Datei ausgeben lassen. Dazu setzen Sie

```
AUSGABEPC=true;
```

Zum Deaktivieren der Exportoption setzen Sie

```
AUSGABEPC=false;
```

³ Der Export der konvertierten Cent-Kurve ist unabhängig von der Konvertierung. Die Konvertierung selbst kann mit vorgenommen werden (siehe Abschnitt 5.4.1).

5.2.3 Ergebnistabelle exportieren

Die Ausgabe der Ergebnisse erfolgt in Tabellenform. Jede Zeile in der Tabelle informiert über ein gefundenes Vibrato, die Spalten geben 1. den Zeitpunkt in der Aufnahme, 2. die Frequenz der Schwingung, 3. die Auslenkung und 4. die Güte an. Um die Ergebnisse in eine .txt Datei speichern zu lassen, setzen Sie

```
AUSGABEE=true;
```

Wünschen Sie keine Dateiausgabe, können sie die Ausgabe mit

```
AUSGABEE=false;
```

deaktivieren.

5.2.4 Statistische Zusammenfassung exportieren

Neben der Ergebnistabelle, in der jedes Vibrato gelistet ist, fasst das Skript die Ergebnisse zusammen und gibt einige statistische Kennwerte aus. Diese statistische Ausgabe kann mit

```
AUSGABES=false;
```

deaktiviert werden.

5.3 Optionen für Grafiken

Die Ergebnisse werden nicht nur als Ergebnistabelle, sondern auch als Grafik ausgegeben (siehe Fig. 3). Dabei bildet die horizontale Achse die jeweilige Frequenz einer Schwingung ab, die vertikale Achse die Auslenkung. Die Güte der Schwingung wird über die Kreisgröße ausgegeben. Große Kreise zeigen Tonhöhwenschwankungen, die denen eines Vibratos mit größerer Sicherheit entsprechen als solche, die mit einem kleinen Kreis markiert werden (siehe Abschnitt 5.5)

5.3.1 Ergebnisgrafik anzeigen

Werden Vibrati gefunden, so wird standardmäßig eine Ergebnisgrafik wie in Fig. 3 angezeigt. Darin wird jede gefundene Vibratoschwingung als Kreis in einer zweidimensionalen Fläche dargestellt. Die Position auf der waagerechten Achse entspricht der Schnelligkeit des Vibratos in Hertz. So ist im Beispiel zu erkennen, dass Ella Fitzgerald in ihrer Version von »Tenderly« sehr viele Vibrati zwischen 6 und 7 Hz singt. Die horizontale Position gibt die Stärke der Auslenkung an. Im Beispiel ist zu erkennen, dass die meisten Vibrati zwischen ± 65 und ± 100 Cent liegen.

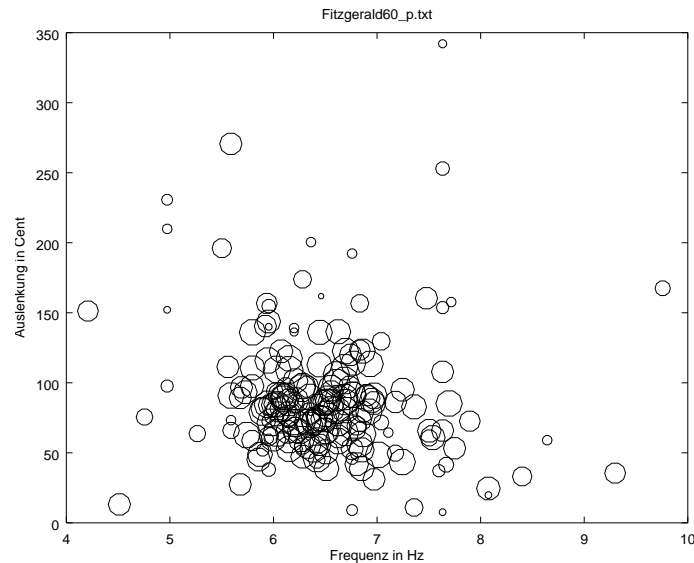


Fig. 3: Ergebnisgrafik von Ella Fitzgerald, »Tenderly« (1960).

Mit der Option

```
ZeigeFreqAmp=true;
```

wird die Ergebnisgrafik angezeigt und als PDF ausgegeben. Sie können die Option deaktivieren, wenn Sie

```
ZeigeFreqAmp=false;
```

setzen.

Je größer der dargestellte Kreis, desto »vibratohafter« ist die Schwingung – d. h., desto besser entspricht der Tonhöhenverlauf einer periodischen Schwingung. Das Maß für die Güte ist der Determinationskoeffizient zwischen einer Kosinusschwingung und dem Ausschnitt der Tonhöhenkurve. Die Größe der Kreise ist über die Werte `KREISMIN` und `KREISMAX` definiert. Dieser Wert sollte nicht geändert werden, wenn die Vergleichbarkeit verschiedener Analysen erhalten bleiben soll. Sollten Sie dennoch eine Anpassung wünschen, können Sie die Mindest- und Maximalgröße der Kreise in Pixeln angeben. Die Mindestgröße ist im Standard 4 pt.

```
KREISMIN = 4;
```

Die Maximalgröße für die dargestellten Kreise bei optimaler Entsprechung mit einer Kosinusschwingung ist 20 pt.

```
KREISMAX = 20;
```

Wenn Sie den Wert auf 40 setzten, werden die größten Kreise doppelt so groß wie in der Beispielgrafik.

5.3.2 Forschaufenster anzeigen lassen

Während der Analyse werden Abschnitte der Tonhöhenkurve mit einer Kosinusfunktion verglichen. Zur Kontrolle des Ablaufs des Programms kann es in verschiedenen Situationen sinnvoll sein, den Prozess zu verfolgen. Über die Option

```
VORSCHAU = true;
```

können Sie im laufenden Programm den Analyseprozess verfolgen. Jedoch verlangsamt die Vorschau das Programm. Daher ist in der Voreinstellung die Option mit

```
VORSCHAU = false;
```

deaktiviert.

5.4 Optionen für Transformationen

Vor der Analyse einer Tonhöhenkurve sind in der Regel ein bis zwei Schritte zur Vorverarbeitung der Ausgangskurve nötig. Die Vorverarbeitung wird über die Transformationsoptionen geregelt, aber auch im Laufe des Programms interaktiv abgefragt (außer in der Stapelverarbeitung).

5.4.1 Frequenzen von Hertz in musikalische Tonhöhen in Cent umwandeln

Für eine Verarbeitung musikalischer Tonhöhen müssen Tonhöhen in Cent angegeben sein. In Tonhöhenkurven, wie sie der Sonic Visualiser ausgibt, werden die Tonhöhen meist in Hertz angegeben.

Mit der Option

```
hertz2cent = 'ja';
```

werden die Tonhöhen in Cent umgewandelt. Die Variable ist eine Zeichenkette, deshalb muss der Wert immer in einfache Anführungsstriche gesetzt werden. Liegen bereits Centwerte in der Tonhöhenkurve vor, muss die Konvertierung entsprechend mit

```
hertz2cent = 'nein';
```

deaktiviert werden. Außer 'ja' und 'nein' sind keine Zeichenketten erlaubt.

5.4.2 Tonhöhenkurven Fehlerbereinigen

Sind Tonhöhenkurven leicht verrauscht und reißen einige Werte aus, so können zwei Optionen zur Fehlerreduktion gewählt werden. Die Transformation wird über den Parameter `glaettung` gewählt und kann drei verschiedene Werte annehmen, 1, 2 und 3.

Bei

```
glaettung = 1;
```

findet keine Transformation statt. Die Tonhöhenkurve wird so genutzt, wie sie vorliegt.

Bei

```
glaettung = 2;
```

wird eine reine Reduktion von Ausreißern vorgenommen. Dazu wird für jeden Tonhöhenwert geprüft, wie weit er von einer Mediankurve abweicht. Ab einer bestimmten Entfernung vom Mittelwert der Umgebung wird die Tonhöhe als Ausreißer definiert und gelöscht.

Bei

```
glaettung = 3;
```

werden Ausreißer transponiert. Die Transposition trägt dem Umstand Rechnung, dass bei der Berechnung von Tonhöhenkurven häufig Oktavverwechslungen vorkommen. Ausreißer weichen zu einem großen Teil nicht beliebig ab, sondern um ± 1200 Cent. Diese Abweichungen werden rücktransponiert. Wenn sie nach der Transposition immer noch zu weit abweichen, werden sie wie in der Reduktion gelöscht.

5.5 Analyseoptionen

Mit den Analyseoptionen beeinflussen Sie direkt den Analyseprozess. Die Optionen sollten daher nicht geändert werden. Wünschen Sie jedoch aus speziellen Gründen eine Anpassung, beachten Sie bitte den Umstand, dass Sie andere Ergebnisse erhalten werden. Die Vergleichbarkeit/Reliabilität der Analysen ist nur mit gleichen Analyseinstellungen gewährleistet.

5.5.1 Größe des Analysefensters ändern

Die Strenge legt fest, wie groß das Analysefenster sein soll, in dem jeweils der Tonhöhenverlauf mit einer Kosinusschwingung abgeglichen werden soll. Ausgehend vom lokalen Minimum der Schwingung wird ein Analysefenster mit der 1.5, 2.5 oder 3.5-fachen geschätzten Schwingungsdauer aufgespannt, in dessen Mitte das lokale Minimum liegt.

Die Konstante STRENGE kann nur auf die Werte 1, 2 oder 3 gesetzt werden.

Mit der Einstellung

STRENGE=1 ;

wird ein kleines Fenster gewählt. Dadurch werden mehr Schwingungen gefunden, weil eine Mindestmenge von 1.5 Schwingungen ausreicht, um als Vibrato behandelt zu werden. Hier besteht jedoch die Gefahr, dass kurze Tonhöhenänderungen bereits als Vibrato erfasst werden.

Mit der Einstellung

STRENGE=1 ;

wird ein mittelgroßes Fenster von 2.5 Schwingungen gewählt. Dies ist die Standardeinstellung.

Mit der Einstellung

STRENGE=3 ;

wird ein großes Fenster gewählt. Dabei müssen 3.5 Schwingungen vorliegen. Kurze Vibrati werden möglicherweise nicht mehr oder zu wenig erfasst. Andere Werte als 1, 2 oder 3 sind nicht möglich.

5.5.2 Gütemaß anpassen

Beim Abgleich des Tonhöhenverlaufs im Analysefenster mit einer Kosinusfunktion wird bei einer positiven Korrelation der Determinationskoeffizient bestimmt. Darüber wird entschieden, ob ein hinreichender Zusammenhang zwischen Tonhöhenverlauf und einer regelmäßigen Schwingung vorliegt. VibratoFinder1.m erlaubt zwei Schwellwerte, einen für die Mindestgüte, die nötig ist, um ein Vibrato als solches zu erfassen, und eine ›strengere‹ Mindestgüte, die solche Abschnitte erreichen müssen, die sich für die statistische Auswertung und Zusammenfassung qualifizieren sollen. Die DSCHWELLE legt den Determinationskoeffizienten (in Prozent) fest, der mindestens vorliegen muss, damit ein Vibrato in der Ergebnisliste erfasst wird. Der Standardwert ist

DSCHWELLE=50 ;

Die VSCHWELLE gibt den Determinationskoeffizienten an, der mindestens erreicht werden muss, damit ein Vibrato für die statistische Zusammenfassung einbezogen wird. Der Zusammenhang zwischen Tonhöhenverlauf und Kosinusschwingung sollte möglichst hoch sein, da bei hohen Korrelationen auch wenig Messungenauigkeiten vorliegen. Der Standardwert ist

VSCHWELLE=90 ;

5.5.3 Mindest- und Maximalfrequenz der Schwingung

MINVIB gibt die Mindestfrequenz der Schwingung an, die als Vibrato erfasst werden soll. Sie sollte beim Standardwert von

MINVIB=4;

liegen. Langsamere Schwingungen werden nicht als Vibrato empfunden.

MAXVIB gibt die Höchsthäufigkeit der Schwingung an, die als Vibrato erfasst werden soll. Sie sollte beim Standardwert von

MAXVIB=10;

liegen. Schnellere Schwingungen werden in der Regel nicht als Vibrato empfunden.

5.5.4 Maximale Spannweite der Tonhöhenauslenkung

MAXAMB gibt den maximalen Ambitus (gesamte Spannweite) der Tonhöhenauslenkung (in Cent) in einem Vibrato an. Der Standardwert ist

MAXAMB=700;

Stärker ausschlagende Tonhöhenverläufe finden sich in der Regel nicht in Vibrati.

5.6 Optionen für Fehlerkorrektur

Bei der Reduktion und auch bei der Transposition von Ausreißern (siehe Abschnitt 5.4.2) werden Außreißer über drei Parameter ermittelt. Zuerst wird eine Mittelwertkurve erstellt, von der aus dann der Abstand des Messpunktes berechnet wird.

5.6.1 Mindestabstand für Ausreißer

Der zulässige Abstand des Punktes von der Mediankurve wird in Cent angegeben. Er ist standardmäßig auf

mindestabstand=500;

gesetzt.

5.6.2 Anzahl an Elementen im Analysefenster

Bei der Berechnung der Mittelwertkurve soll vermieden werden, dass stark verrauschte Bereiche, die meist vor und nach einer relevanten Passage auftreten, den Median negativ beeinflussen. Es soll also der Median am Ende einer Phrase erhalten bleiben und am Anfang einer Phrase die Phrase antizipieren. Gelöst wird dieses Problem mit der Analyse von zwei sich überlappenden Zeitfenstern. Das erste Zeitfenster ›blickt nach vorn‹, während das zweite ›nach hinten blickt‹. Da in einer Phrase weniger Rauschen herrscht als abseits einer Phrase, kann das Vorliegen der Phrase (und damit das Vorliegen eines wichtigen Abschnitts) über die Varianz der Daten ermittelt werden. Ist die Varianz der Daten im ersten Zeitfenster größer als im zweiten, dann wird der Median des zweiten Zeitfensters gewählt (und umgekehrt). Die Parameter, die für diese Prozedur einstellbar sind, betreffen die Größe der Analysefenster und den Grad ihrer Überlappung.

Die Größe des Analysefensters gibt die Anzahl an Messpunkten im Analysefenster an. Der Standardwert ist

```
glaettungsfenster=50;
```

5.6.3 Fensterüberlappung

Die Fensterüberlappung wird als Verhältnis angegeben. Der Standardwert ist

```
fensterueberlappung=3/4;
```

Möglich wäre auch die Angabe einer Dezimalzahl. `fensterueberlappung=0.75`; würde ebenso dem Standard entsprechen. Dabei überlappen sich beide Fenster zu 3/4.

6 Stapelverarbeitung

Die Stapelverarbeitung erlaubt das automatische Abarbeiten mehrerer Eingabedateien nacheinander. Es findet keine Nutzerinteraktion während des Ablaufs mehr statt.

6.1 Funktionsweise

Die Stapelverarbeitung wird über die Option

```
STAPELMODUS = true;
```

aktiviert (siehe Abschnitt 5.1.2). Dann wird das zweite Skript, `VibratoFinderStapel.m` geladen. `VibratoFinderStapel.m` enthält die Angaben zu den Dateien, die nacheinander verarbeitet werden sollen und die Optionen, die für den Stapelmodus gelten. Die Optionen im `VibratoFinder1.m` brauchen *nicht* geändert werden. Am Ende der Stapelverarbeitung werden folgende statistische Kennwerte für alle Dateien zusammengefasst: Die Tabelle enthält den Dateinamen, die Anzahl der gefundenen Vibrati mit $D \leq 90$, dann nachfolgend bezogen auf die Schwingungsfrequenz (alle Angaben in Hertz): das arithmetische Mittel, die Standardabweichung, der Standardfehler des Mittelwertes, das Minimum, das untere Zehntel, das untere Viertel, der Median, das obere Viertel, das obere Zehntel, das Maximum. Daneben sind die gleichen Werte bezogen auf die Amplitude (in Cent) verzeichnet. Dabei gibt die Amplitude immer die Auslenkung »nach oben und unten« an. Die komplette Spannweite vom oberen zum unteren Umkehrpunkt ist stets die doppelte Amplitude.

6.2 Einrichten des Skripts VibratoFinderStapel.m

Das Skript zur Stapelverarbeitung verlangt, dass alle zu bearbeitenden Dateien in einem Ordner liegen. Dieser Ordner wird in der Variable `Dateipfad` angegeben. Die Angabe des Ordners ist entsprechend in einfache Anführungszeichen und mit den korrekten Trennsymbolen zu setzen:

```
Dateipfad='C:/Ordner/Unterordner/Zielordner/';
```

Die Namen der zu bearbeitenden Dateien werden nachfolgend in der Liste `Dateiliste` aufgereiht. Dabei ist zu beachten, dass alle Dateien in geschweifte Klammern gesetzt werden und mit Kommas voneinander getrennt werden. Um den gesamten Block an Dateinamen werden eckige Klammern gesetzt. Das Format ist allgemein folgendes:

```
Dateiliste=[
    {'Dateiname1.txt'},
    {'Dateiname2.txt'},
    {'Dateiname3.txt'},
    {'DateinameN.txt'}
];
```

Sowohl die Kommas als auch die Klammern und das abschließende Semikolon sind wichtig und müssen exakt beachtet werden, um keine Fehlermeldung auszulösen.

7 Umgang mit Programmfehlern

Das Skript gibt während es läuft einige Informationen im Befehlsfenster aus. So können Sie den Zustand überprüfen und sehen, »wie weit es gerade ist«. Dies ist bei Stapelverarbeitungen durchaus hilfreich.

Bei Abstürzen können Sie durch das Befehlsfenster eingrenzen, an welcher Stelle das Skript abbricht. Ursachen für Abstürze gibt es unzählige. Typische Fehler können sein:

- falsche Formatierung innerhalb der Tonhöhendateien (z.B. Buchstaben oder Sonderzeichen enthalten, Dezimalkommas oder inkomplette Wertepaare)
- falsche Schreibweisen von Ordnern und Dateinamen (Groß/Kleinschreibung, Buchstabendreher etc.)
- Formatfehler (z.B. die Verwechslung von »;« mit »,« oder » { « mit » [«)
- die Eingabe von ungültigen Werten (z.B. `STRENGE=4;` oder `hertz2cent=true;`)
- das versehentliche Entfernen des % -Symbols am Beginn einer Kommentarzeile (was auch schnell passiert, wenn bei einer Kommentarzeile ein Zeilenumbruch vorgenommen wird und die neue Zeile nicht neu auskommentiert wurde).

Sind alle Fehler ausgeschlossen, überprüfen Sie bitte, ob und in welcher Situation der Fehler wiederholt auftritt. Sie können mir nach erfolgloser Suche gern einen Fehlerbericht (am besten mit der Ausgabe des Befehlsfensters, Ihrem Skript und der Tonhöhendatei, die Sie verwenden) zusenden. Ich werde dann versuchen, das Problem ausfindig zu machen und zu beheben.

Literatur

- Brossier, P. (2006), Automatic Annotation of Musical Audio for Interactive Applications, PhD thesis, Queen Mary, University of London.
- Fricke, J. P. (2005), Psychoakustik des Musikhörens. Was man von der Musik hört und wie man sie hört, *in* H. d. I. Motte-Haber, ed., 'Musikpsychologie', Handbuch der systematischen Musikwissenschaft 3, Laaber, p. 101–154.
- Hähnel, T., Marx, T. & Pfeiderer, M. (2014), 'Methoden zur Analyse der vokalen Gestaltung populärer Musik', *SAMPLES. Online-Publikationen der Gesellschaft für Populärmusikforschung* 12.

Index

AUSGABEE, 12
AUSGABEPC, 11
AUSGABEPCO, 11
AUSGABES, 12

Dateiliste, 19
Dateipfad, 19
DSCHWELLE, 16

fensterueberlappung, 18

glaettung, 15
glaettungsfenster, 18

hertz2cent, 11, 14

INTERAKTIV, 10

KREISMAX, 12
KREISMIN, 12

MAXAMB, 17
MAXVIB, 17
mindestabstand, 17
MINVIB, 17

STAPELMODUS, 10, 18
STRENGE, 15

VORSCHAU, 14
VSCHWELLE, 16

ZeigeFreqAmp, 12