



Experimente mit automatischer Musik-Komposition

Dr. Ralf Schlatterbeck
Open Source Consulting

Email: office@runtux.com
Web: <http://www.runtux.com>
Tel. +43/650/621 40 17



- Findet zu einer vorgegebenen Melodie „Cantus Firmus“ eine Gegenstimme
- Ab dem 14. Jahrhundert aus Frankreich und Italien
- Eingesetzt in der Lehre:
Improvisation und Komposition
- bekannte Komponisten:
 - Giovanni Pierluigi da Palestrina (1525-1594)
 - Johann Sebastian Bach (1685-1750)
- Gattungskontrapunkt (Species counterpoint):
In Gattungen gestaffelte, sehr detaillierte Regeln
(Johann Joseph Fux 1725)



- Englische Wikipedia hat einige Regeln des „Species Counterpoint“
- Das ist nur ein Beispiel, es gibt auch noch andere Regelwerke
- ... z.B. auch mit mehr als zwei Stimmen
- Eigene Regeln für Cantus Firmus (z.B. in der einfachsten Form nur ganze Noten)
- Wir unterscheiden Regeln für die Melodie (zeitliche Bedingungen) und Regeln für die Harmonie (Bedingungen zwischen den beiden Stimmen)



- Melodie: „Contrary motion should dominate“
- Harmonie: „Use no unisons except at the beginning or end“
- Kombinierte Harmonie- und Melodie-Checks: „Avoid moving in parallel fifth or octaves“
- Ziel: Stimmen sollen möglichst unabhängig verlaufen: Zweistimmigkeit
- Dazu gibt es Regeln zu den Noten-Längen im Takt
- Unterschiedliche Melodie-Regeln für Cantus Firmus und Contrapunctus



Taktpositionen schwer, halbschwer, leicht



= schwer
_ halbschwer
∪ leicht



ABC-Notation

- Simple notation for music scores
- ... with Open Source implementations
- Can generate printed music sheets
- Can generate MIDI
- Key-Value pairs describing the tune
- Notes A-G, next octave a-g, z for pause
- Higher tones with suffix(es) ' , lower with suffix ,
- appended length
- Accidentals ^G or _G
- Bars represented with |
- ... and a lot more we do not use



ABC-Notation

```
X: 1
M: 4/4
Q: 1/4=200
%%score (Contrapunctus) (CantusFirmus)
L: 1/8
V:CantusFirmus name="Cantus Firmus"
V:Contrapunctus name=Contrapunctus
K: DDor
[V:CantusFirmus] D8 |E8 |G8 |F8 |G8 |E8 |F8
      |E8 |D8 |F8 |E8 |D8 |
[V:Contrapunctus] A2 B2 d4 |c4 B4 |B8 |c4 d4
      |B8 |c8 |c8 |G8 |A8 |A4 d2 c2 |^c8 |d8 |
```



ABC-Notation

♩ = 200

Contrapunctus

Cantus Firmus

The image shows two staves of music. The top staff is labeled 'Contrapunctus' and the bottom staff is labeled 'Cantus Firmus'. Both are in 4/4 time. The tempo is marked as ♩ = 200. The Contrapunctus staff contains a sequence of notes: quarter, quarter, half, half, half, quarter, quarter, half, half. The Cantus Firmus staff contains a sequence of notes: half, half, half, half, half, half, half, half.

The image shows two staves of music. The top staff contains a sequence of notes: half, half, half, half, quarter, quarter, quarter, half. The bottom staff contains a sequence of notes: half, half, half, half, half, half, half, half.



Features

- Gleichzeitiges Erzeugen von Cantus Firmus und Contrapunctus
- Optional: Vorgabe des Cantus Firmus, erzeugen eines Contrapunctus
- Mehrere Regelsätze möglich, derzeit ein ad-hoc Satz von Regeln
- Vorgegebene mögliche Notenlängen im Contrapunctus
- End-Sequenz ist derzeit hard-codiert



Constraint Satisfaction

- Constraint Satisfaction Problem (CSP)
 - Finde Belegung der Variablen dass alle (oder möglichst viele) Bedingungen erfüllt sind
 - Meist analytisch schwer lösbar
 - Lösung typischerweise mit Suchalgorithmen
 - Im Fall von Musik gibt es *viele* Lösungen
 - ... nicht alle sind gleich „schön“ oder „gut“
 - ... die Schönheit liegt im Auge des Betrachters ...
- Future work



Suche: Constraint Satisfaction

- Noten repräsentiert als Halbtöne (Integer)
- Melodie-Bedingungen innerhalb einer Stimme (kann für CF und CP unterschiedlich sein)
- Harmonie-Checks zwischen beiden Stimmen
- kombinierte Harmonie Melodie checks
- Suche nach idealer Kombination von Stimmen (oder nur Gegenstimme, Contrapunctus)
- Regeln haben eine Gewichtung *badness* und *ugliness* ugliness ist „weicher“



Suche: Constraint Satisfaction

- Suche nach Lösungen mit möglichst wenigen Regelverletzungen nach Gewichtung
- Suche mit evolutionären Algorithmen (EA) (z.B. GA, Differential Evolution)
- ... oder einfach mit einer Tiefensuche (Depth first search)
- Beide Suchmethoden liefern unterschiedliche Ergebnisse, mit naiven Regeln findet z.B. ein EA nur ganze Töne für Contrapunctus



- In Debian gepackaged:
 - abcm2ps: Erzeugt Postscript aus abc
 - abc2mid: Erzeugt MIDI aus abc
 - timidity: MIDI player
- Contrapunctus:
github.com/schlatterbeck/contrapunctus
- Derzeit noch kein Pypi Projekt



Contents

Kontrapunkt	2
ABC-Notation	6
Features	9
Constraint Satisfaction	10
Suche: Constraint Satisfaction	11
Software	13