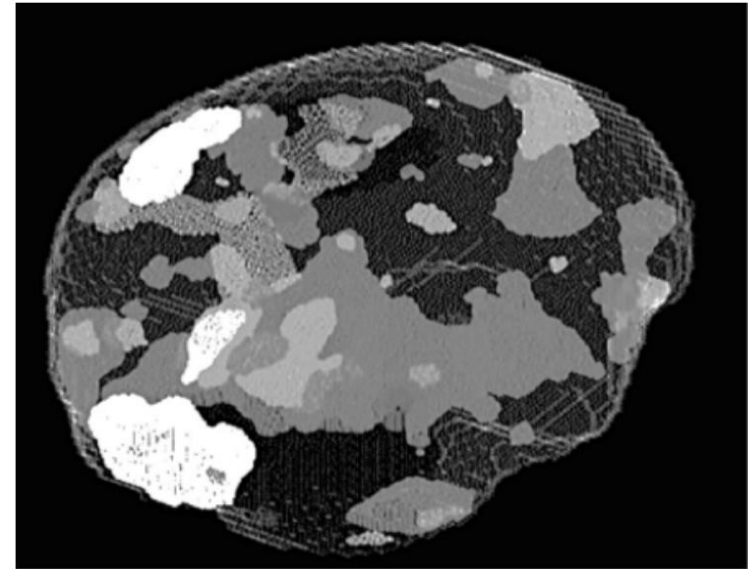


# **RECOMPOSING BEETHOVEN WITH NEUROTECHNOLOGY**

*Eduardo Reck Miranda & Anders Vinjar*

# fMRI

- Functional Magnetic Resonance Imaging / funktionelle Magnetresonanztomographie
- Misst räumliche Durchblutung des Gehirns
- Dadurch Aktivität von Hirnarealen darstellbar



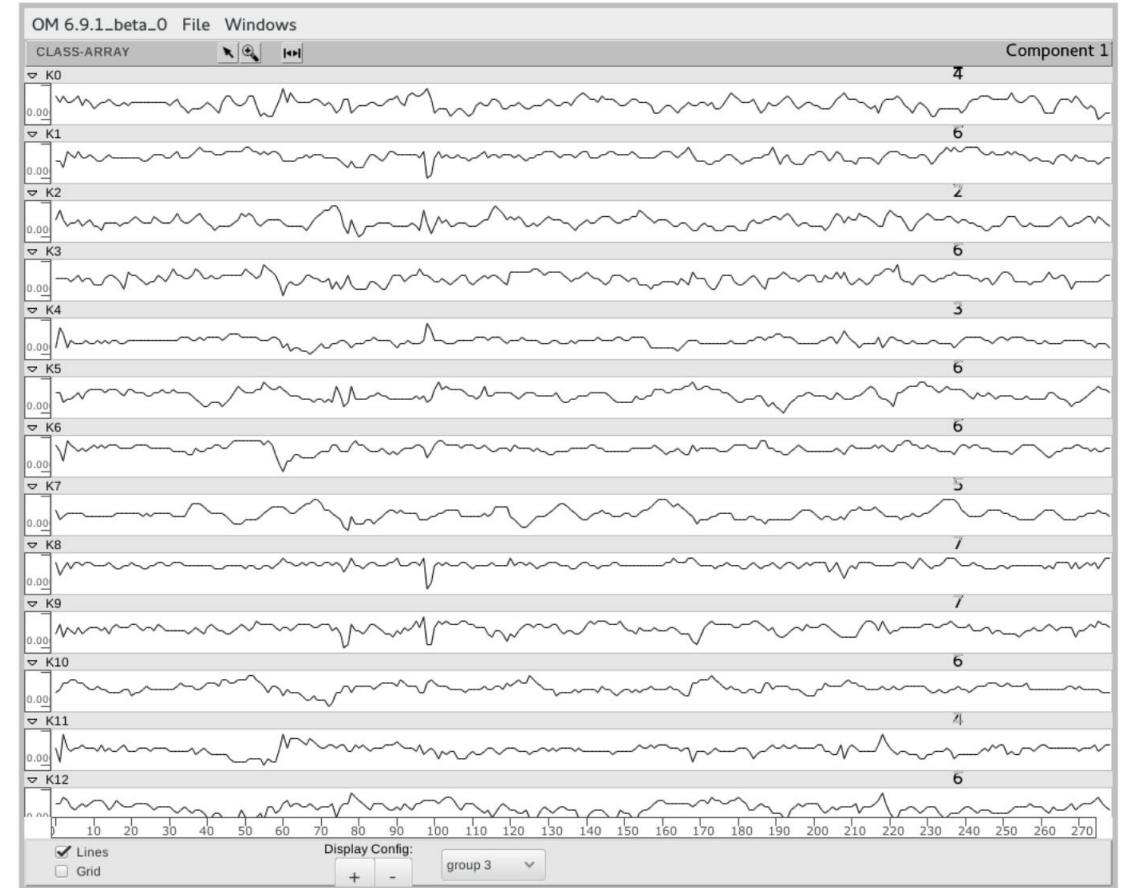
**Figure 2.** An artistic 3D rendering of an fMRI scan.

# fMRI

- fMRI Scans von 3 Personen während sie den 2. Satz von Beethovens 7. Symphony hören
- Daten wurden zu Clustern zusammengefasst, die zusammen Oszillieren, um eine einfachere Analyse zu ermöglichen.
- Diese Cluster Repräsentieren zeitlich zusammenhängende Aktivitätsnetzwerke
- Jeweils zwei fMRI Scans einer Person wurden verglichen, um die Abhängigkeit der jeweiligen Clusteraktivität vom Audiostimulus zu bestimmen
- Daraus wurde ein Clusterranking erstellt
- Clusteraktivität wurde für jeden Takt in Beethovens 7. Symphonie bestimmt und von 0 bis 9 normalisiert

Beethoven measure	ICA 25	ICA 15	ICA 14	ICA 8	ICA 5
1	7	5	5	5	2
2	5	5	8	5	8
3	7	3	5	5	6
4	5	8	3	5	2
5	5	7	4	4	4
6	6	6	4	5	3
7	7	8	5	6	3
8	4	6	3	4	3
9	6	6	4	5	4
10	5	7	5	5	3

**Table 1.** The values of the strongest 5 ICA components for the first 10 measures of the Beethoven movement yielded by the fMRI from Miranda.



**Figure 6.** ICA components stored in a *class-array* object in OPENMUSIC.

# SYMPHONY OF MINDS LISTENING

- Der 2. Satz der 7. Symphonie wurde mithilfe von AI-Software analysiert
- Analyse bestand aus der Generierung von statistischen Informationen aus den Noten
- Aus diesen Daten wurde von durch die Software versucht, Beethovens Satz zu rekonstruieren
- Rekonstruktion wurde durch die fMRI Daten an der jeweiligen Stelle beeinflusst

# CORPUS CALLOSUM

- Corpus Callosum: Teil des Gehirns der für den Austausch beider Hirnhemisphären zuständig ist
- Orchester in 2 Teile (Gehirnhälften) aufgeteilt, jeweils ein Teil auf der linken und rechten Seite der Bühne
- Instrumente auf der rechten Seite spielen Material mit Fokus auf Orchestrierung und Timbre, während die Gruppe auf der linken Seite Material mit Fokus auf Rhythmus und Melodie spielt

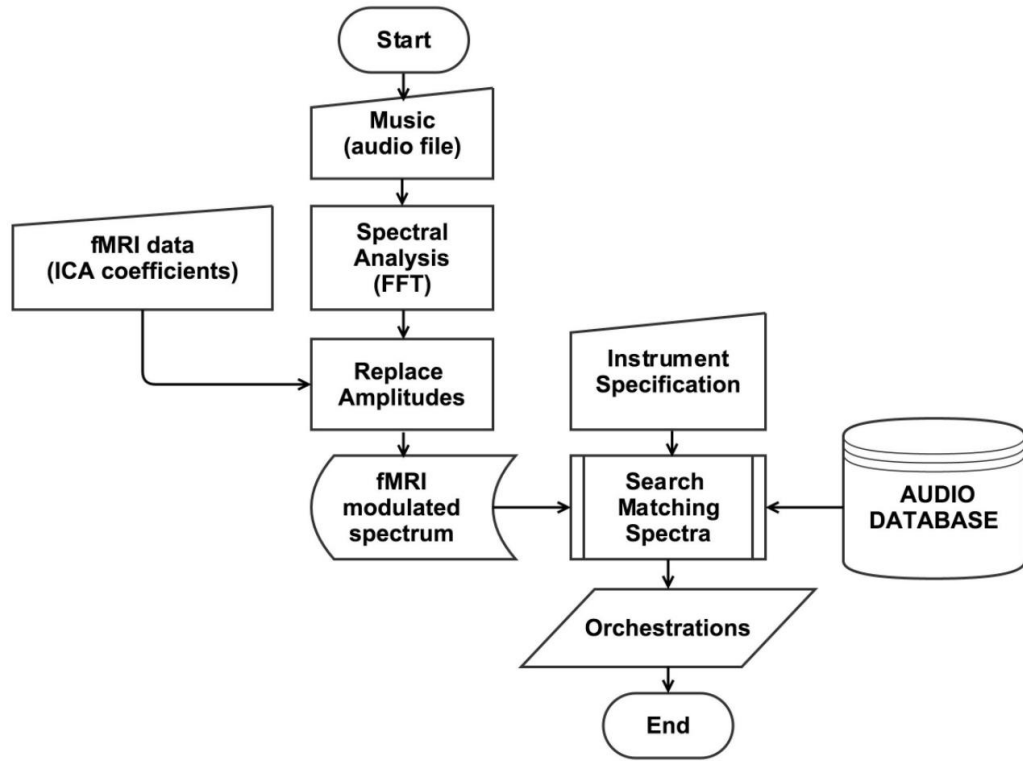


Figure 9. The process of generating orchestrations.

The image shows a musical score excerpt for the piece *Corpus Callosum*. The score is written for a woodwind section and includes the following parts: Flute - 1, Flute - 2, Oboe - 1, Oboe - 2, Clarinet (B $\flat$ ) - 1, Clarinet (B $\flat$ ) - 2, Bass Clarinet (B $\flat$ ), Bassoon - 1, and Bassoon - 2. The music is in 4/4 time and features various dynamics such as *f* (forte), *p* (piano), *mf* (mezzo-forte), and *pp* (pianissimo). The score shows a complex interplay of instruments, with some parts having long, sustained notes and others having more rhythmic patterns.

Figure 4. Excerpt from the score of *Corpus Callosum*, showing music representing the right hemisphere.

Partial	Frequency in Hz	Amplitude (0-9)
1	220.35	6 (ICA 25)
2	381.73	5 (ICA 15)
3	592.57	7 (ICA 14)
4	805.02	6 (ICA 8)
5	1063.28	4 (ICA 5)
6	1210.06	5 (ICA 10)
7	1432.21	5 (ICA 11)
8	1648.53	2 (ICA 18)
9	1812.22	5 (ICA 6)
10	2099.66	5 (ICA 2)
11	2411.76	7 (ICA 4)
12	2466.86	3 (ICA 1)
13	2701.88	4 (ICA 17)
14	2900.26	3 (ICA 16)
15	3206.43	3 (ICA 13)
16	3297.83	6 (ICA 20)
17	3586.17	5 (ICA 21)
18	3947.55	6 (ICA 3)
19	3980.26	6 (ICA 22)
20	4241.45	3 (ICA 24)
21	4535.72	6 (ICA 12)
22	4788.87	4 (ICA 7)
23	4920.14	5 (ICA 9)
24	5018.24	2 (ICA 23)
25	5395.23	4 (ICA 19)

**Table 2.** The fMRI-modulated spectrum corresponding to measure 139 of the Beethoven movement.



The image displays a musical score for a string quartet, consisting of four staves: Violin A - 1, Violin A - 2, Viola A, and Violoncello A. Each staff begins with a forte (*ff*) dynamic marking. The music is characterized by a repeating triplet pattern of eighth notes, with a '3' above each group of three notes. The notes in the triplets are: Violin A - 1 (G4, A4, B4), Violin A - 2 (F4, G4, A4), Viola A (E3, F3, G3), and Violoncello A (C3, D3, E3). The score is divided into three measures by vertical bar lines.

**Figure 5.** Excerpt from the score of *Corpus Callosum*, showing a string quartet representing the left hemisphere.

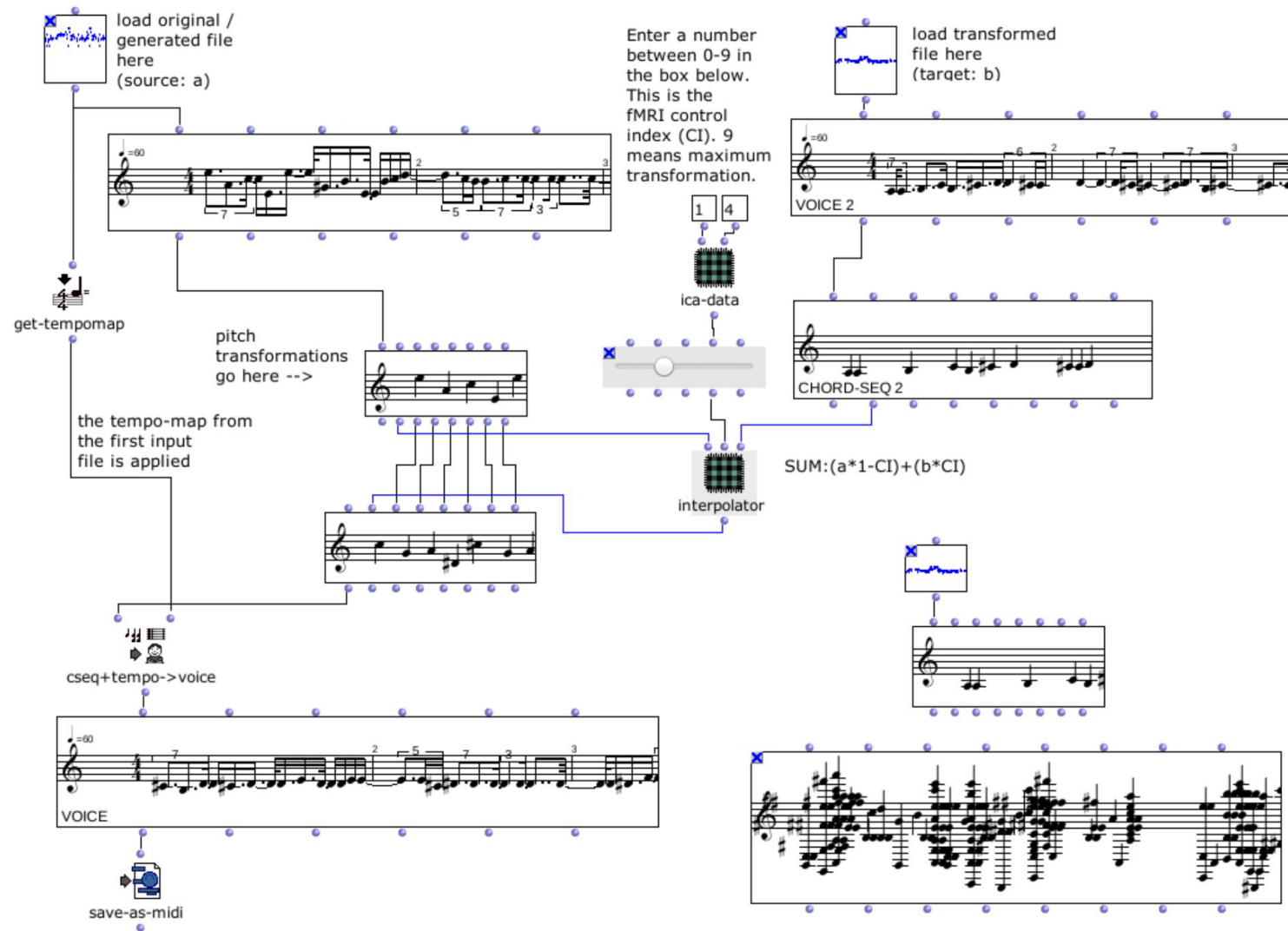


Figure 12. A typical patch for fMRI-controlled interpolation.

<b>Section</b>	<b>Measures</b>
1	1 to 25
2	26 to 50
3	51 to 74
4	75 to 100
5	101 to 116
6	117 to 138
7	139 to 148

<b>Section</b>	<b>Measures</b>
8	149 to 183
9	184 to 212
10	213 to 224
11	225 to 247
12	248 to 253
13	254 to 278

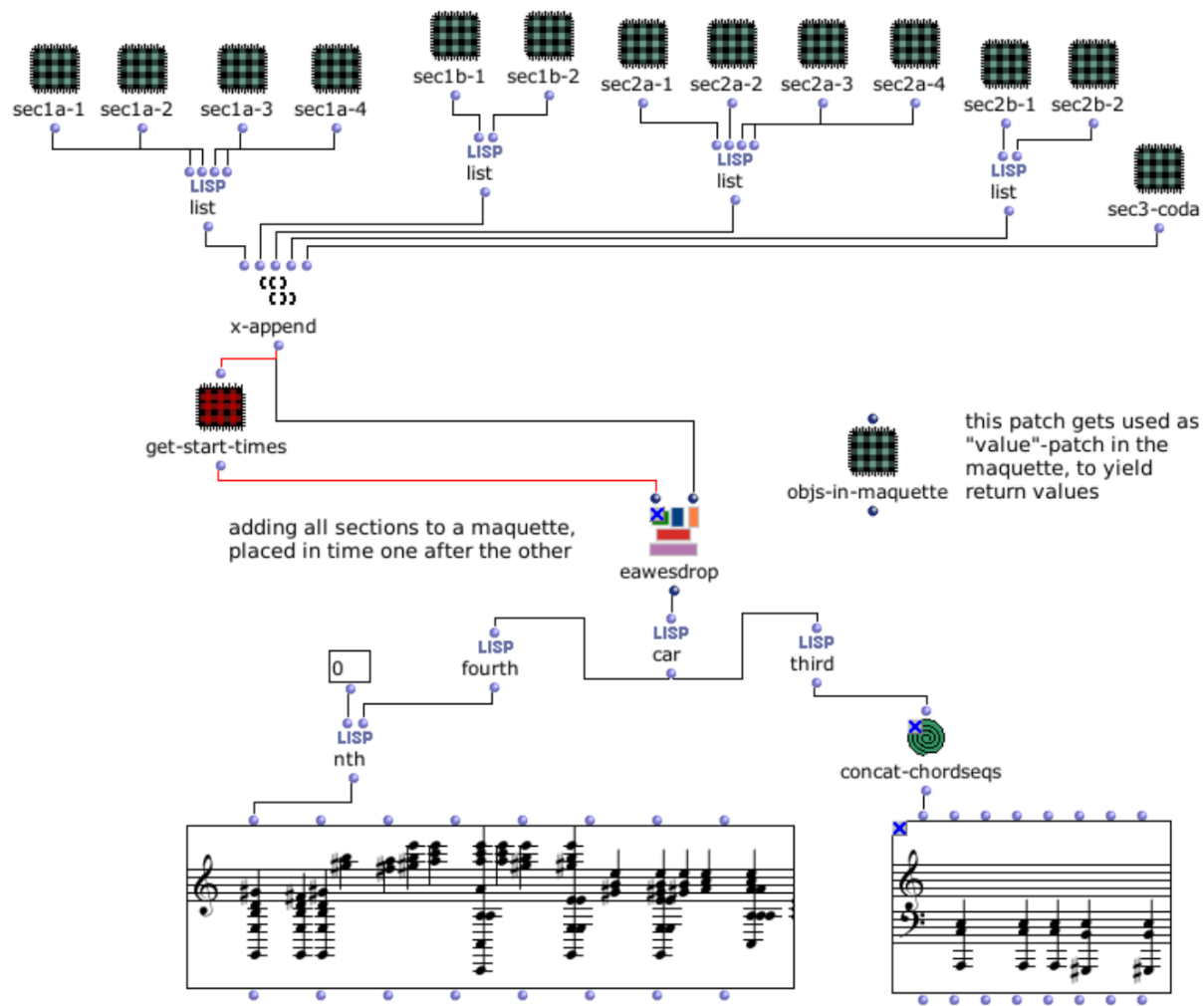


Figure 19. Recomposing Beethoven section-by-section using transformed material.

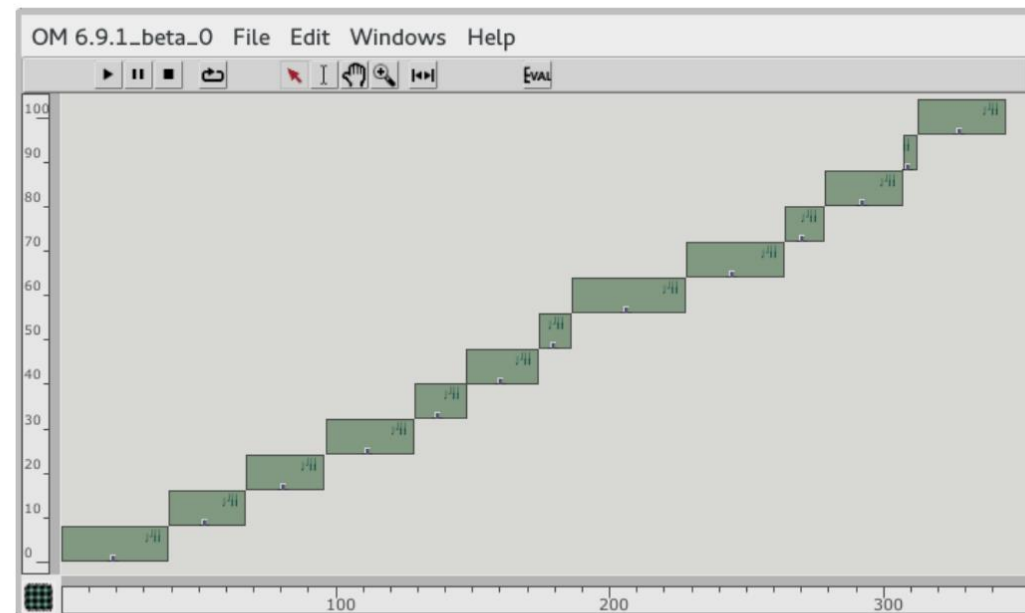


Figure 20. The MAQUETTE for the project.

# KLANGBEISPIELE

- [https://soundcloud.com/ed\\_miranda/shockwaves](https://soundcloud.com/ed_miranda/shockwaves)
- [https://soundcloud.com/ed\\_miranda/beethoven-deviations](https://soundcloud.com/ed_miranda/beethoven-deviations)