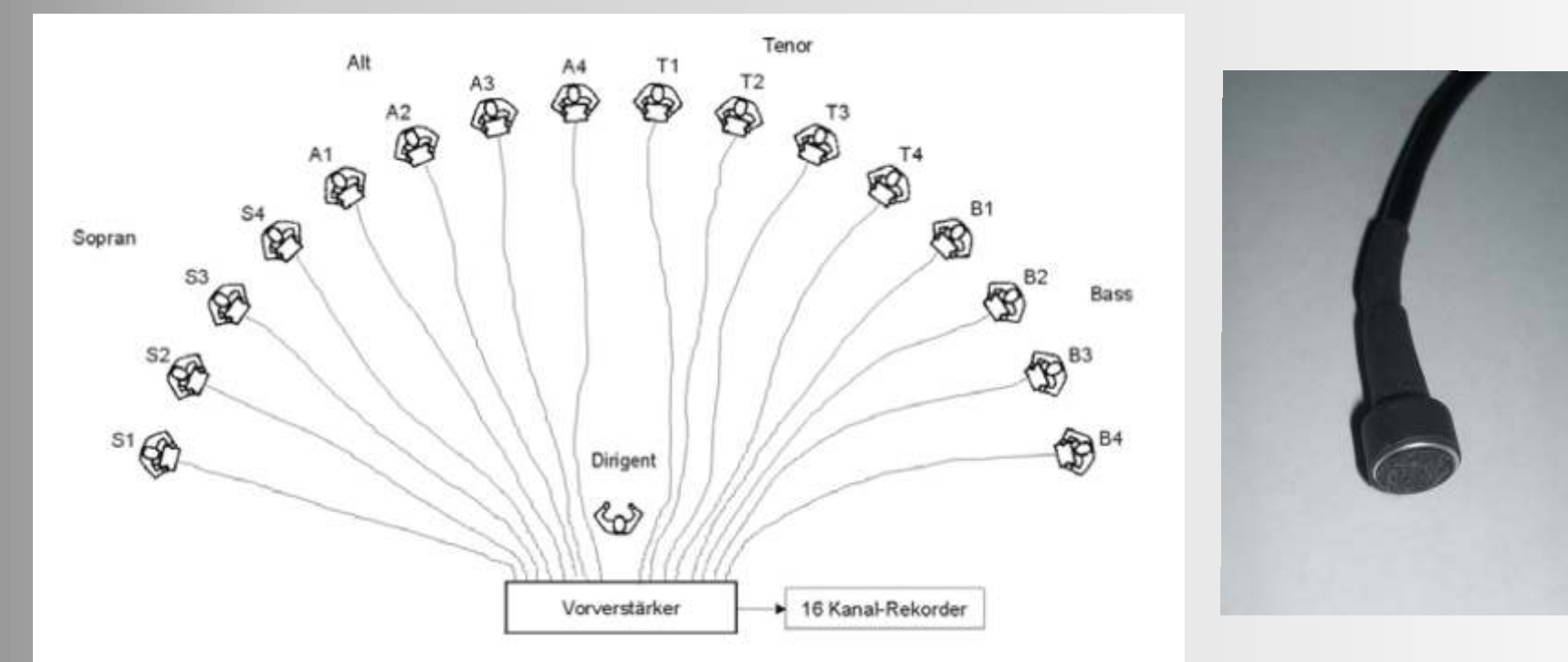


Verfahrensweise

Hintergrund

Intonation und Timing zählen unbestreitbar zu den Grundkategorien musikalischer Interpretation und musikalischen Ausdrucks. Der charakteristische Klang eines Ensembles entsteht aber gerade nicht durch hundertprozentige Exaktheit, sondern durch individuelle Abweichungen, die von jedem der beteiligten Musiker eingebracht werden. Bis vor kurzem erforderten Intonations- und Timingmessungen noch aufwändige technische Setups und eigens programmierte Software. Dazugehörige Forschungen blieben auf einen kleinen Kreis von Wissenschaftlern beschränkt. Sofern aber eine Mehrspur-Aufzeichnungsmöglichkeit vorhanden ist, lassen sich Intonations- und Timinganalysen inzwischen auch mit frei verfügbarer Software durchführen. Dies ermöglicht neue Impulse in der Performanceforschung sowie die Beurteilung des Spiels einzelner beteiligter Musiker mit vergleichsweise geringem Aufwand.



Methode

Vokal- und Instrumentalensemble musizierten den 8-taktigen Kanon "Laudate Dominum" von Michael Praetorius (1571-1621). Beide Ensembles wurden von ihren gewohnten Dirigenten angeleitet, die für die jeweiligen Durchgänge zwei unterschiedliche Tempovorgaben (normal/langsam) frei realisierten. Musiziert wurde das Stück unisono sowie als 4-stimmiger Kanon.

Im Tonstudio des Instituts für Musik wurden die einzelnen Stimmen im Mehrspurverfahren digital aufgezeichnet. Sängerinnen und Sänger wurden zu diesem Zweck mit eigens angefertigten Nasenmikrofonen aus der Elektrokapsel Monacor MCE-100 (siehe Abbildungen) ausgestattet, welche mit einem Klebestreifen auf dem Nasenrücken befestigt wurden. Bei den Bläsern (Posaune, Horn, Trompete) konnten aufgrund des hohen Schalldrucks herkömmliche Studiomikrofone mit Richtcharakteristik verwendet werden.

Quellen:

Analysesoftware "Praat": <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>
 Analysesoftware "Beat Root": <http://www.elec.qmul.ac.uk/people/simond/beatroot/index.html>

Fischinger, T. & Kopiez, R. (2008): Wirkungsphänomene des Rhythmus. In: H. Bruhn, R. Kopiez & A. C. Lehmann (Hrsg.), *Musikpsychologie. Das neue Handbuch* (S. 458-476). Reinbek: Rowohlt.

Jers, Harald (2004): Vom Laienchor zum Profichor - Mehrkanalanalyse akustischer Unterschiede. Stockholm: Manuskript.

Jers, Harald & Ternström, Sten (2005): Intonation analysis of a multi-channel choir recording. *Speech, Music and Hearing. Quarterly Progress and Status Report (TMH-QPSR)*, 47 (1), S. 1-6; zugleich verfügbar unter: <http://www.acoustics.hut.fi/asf/bnam04/webprosar/papers/o04.pdf> [25.3.2008]

Rasch, R. A. (1979): Synchronization in performed ensemble music. *Acustica*, 43, 121-131.

Rasch, R. A. (1985): Perception of melodic and harmonic intonation of two-part musical fragments. *Music Perception*, 2, 441-458.

Rasch, Rudolf (1988): Timing and synchronization in ensemble performance. In: Sloboda, John (Hrsg.): *Generative processes in music: The psychology of performance, improvisation and composition* (S. 70-90). Oxford: Clarendon.

Repp, Bruno (1995): Expressive timing in Schumann's "Traumerei." An analysis of performances by graduate student pianists. *Journal of the Acoustical Society of America*, 98 (5), S. 2413-2427.

Repp, B. H. (2006): Musical synchronization. In: E. Altenmüller, M. Wiesendanger & J. Kesselring (Hrsg.): *Music, motor control and the brain* (S. 55-76). Oxford: University Press.

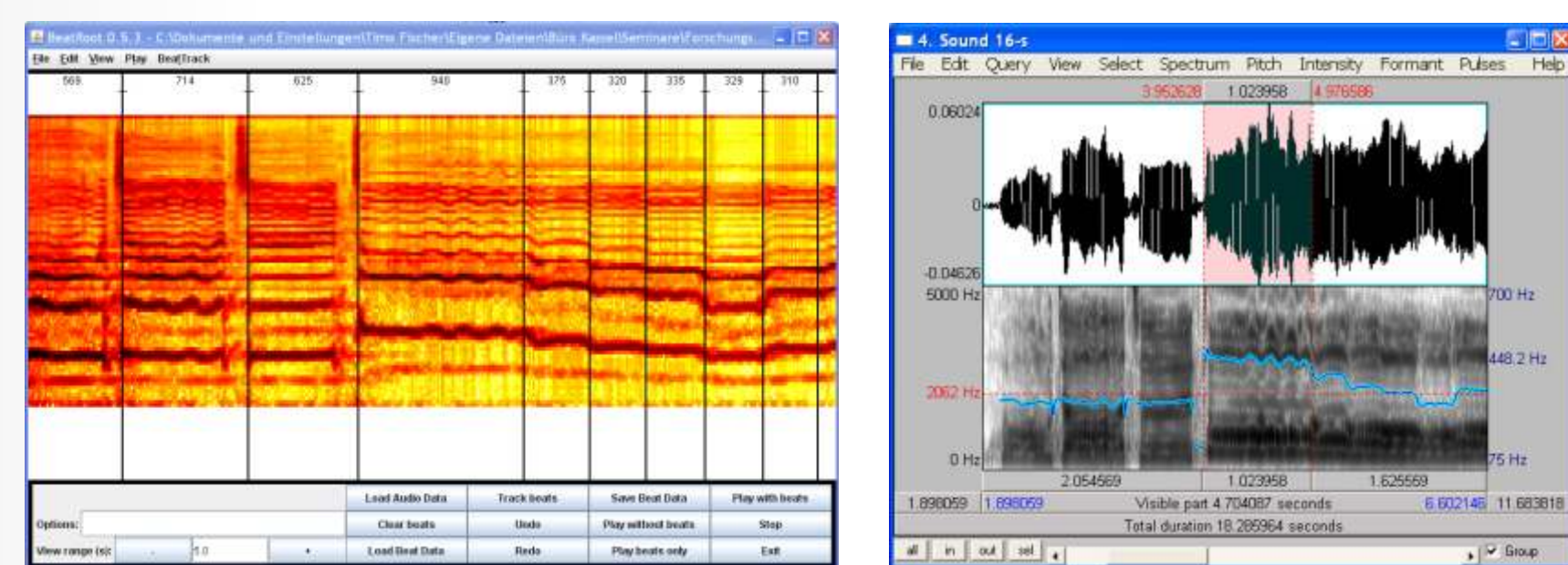
Fragestellung & Ziele

Nach dem Vorbild einer Studie von Jers & Ternström (2005) wurde das Intonationsverhalten von 15 Sängerinnen und Sängern eines Chors untersucht; zusätzlich einbezogen wurde das Timingverhalten. Diese Vorgehensweise wurde in einem weiteren Schritt auf 12 Instrumentalisten eines Posaunenchores angewendet. Dabei standen die folgenden Fragen im Vordergrund:

- Welches Maß an Präzision wird von den Musikern typischerweise erreicht?
- Gibt es Unterschiede zwischen hohen / tiefen Stimmen?
- Kann man Stimmführer identifizieren?
- Wie werden Intervallsprünge bewältigt?
- Gibt es eine Tendenz zur Intonation reiner Intervalle gegenüber gleichschwebend temperierten Intervallen?
- Welche Kriterien bieten sich zur Beurteilung einer Einzelstimme an?

Auswertung - Intonation

Zur Auswertung des Intonationsverhaltens wurden die Einzeldateien der Stimmen in die frei verfügbare Software "Praat" zur Spektrogrammerstellung und -analyse eingelesen. Auf der Basis eines Autokorrelationsalgorithmus identifiziert Praat im Signal enthaltene Tonhöhen, welche in der Abbildung (rechts) als hellblaue Linien erkennbar sind. Dargestellt sind die ersten Töne des Kanons; der markierte Bereich ist der vierte Ton a', der von einer Frauenstimme mit deutlich erkennbarem Vibrato dargeboten wird. Die dazugehörige, durchschnittliche Tonhöhe wird rechts als 448,2 Hz ausgewiesen. Die Tonhöhen der 28 zum Kanon gehörigen Noten wurden für alle Stimmen und Varianten (normal/langsam - unisono/Kanon) auf diese Weise von Hand ermittelt und nach EXCEL übertragen. Dies entspricht einer Vektorisierung des Audiosignals. Einzelne "falsche Noten" oder nicht identifizierbare Tonhöhen wurden zu "missing values", um die auf Mittelwerten basierenden Berechnungen nicht zu verfälschen. Alternativ zur Vektorisierung können von Praat kontinuierliche Pitch-Listings (mit voreinstellbarer Abtastrate) ausgegeben werden. Zur weiteren Auswertung wurden alle Frequenzen in Cent-Werte umgerechnet.

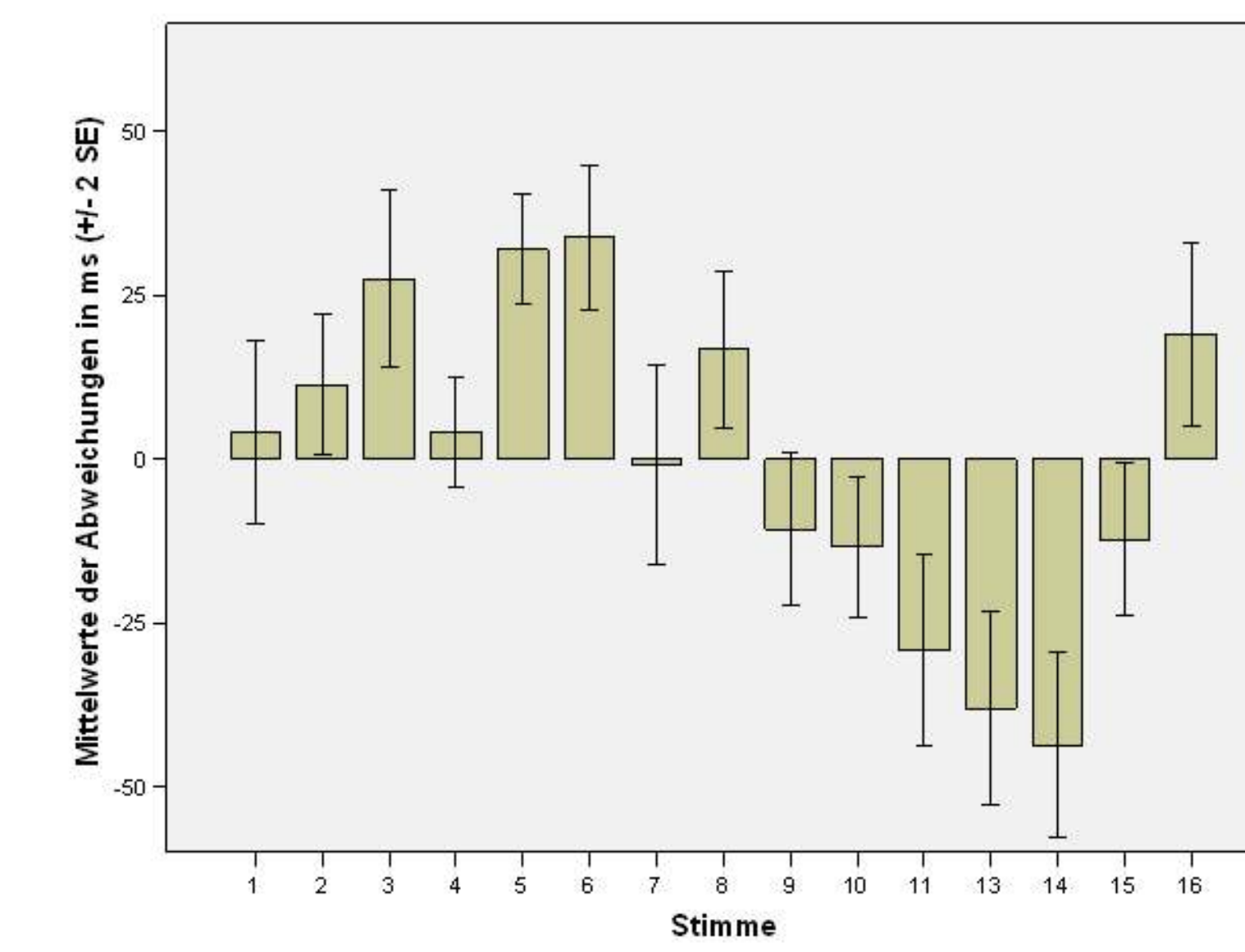
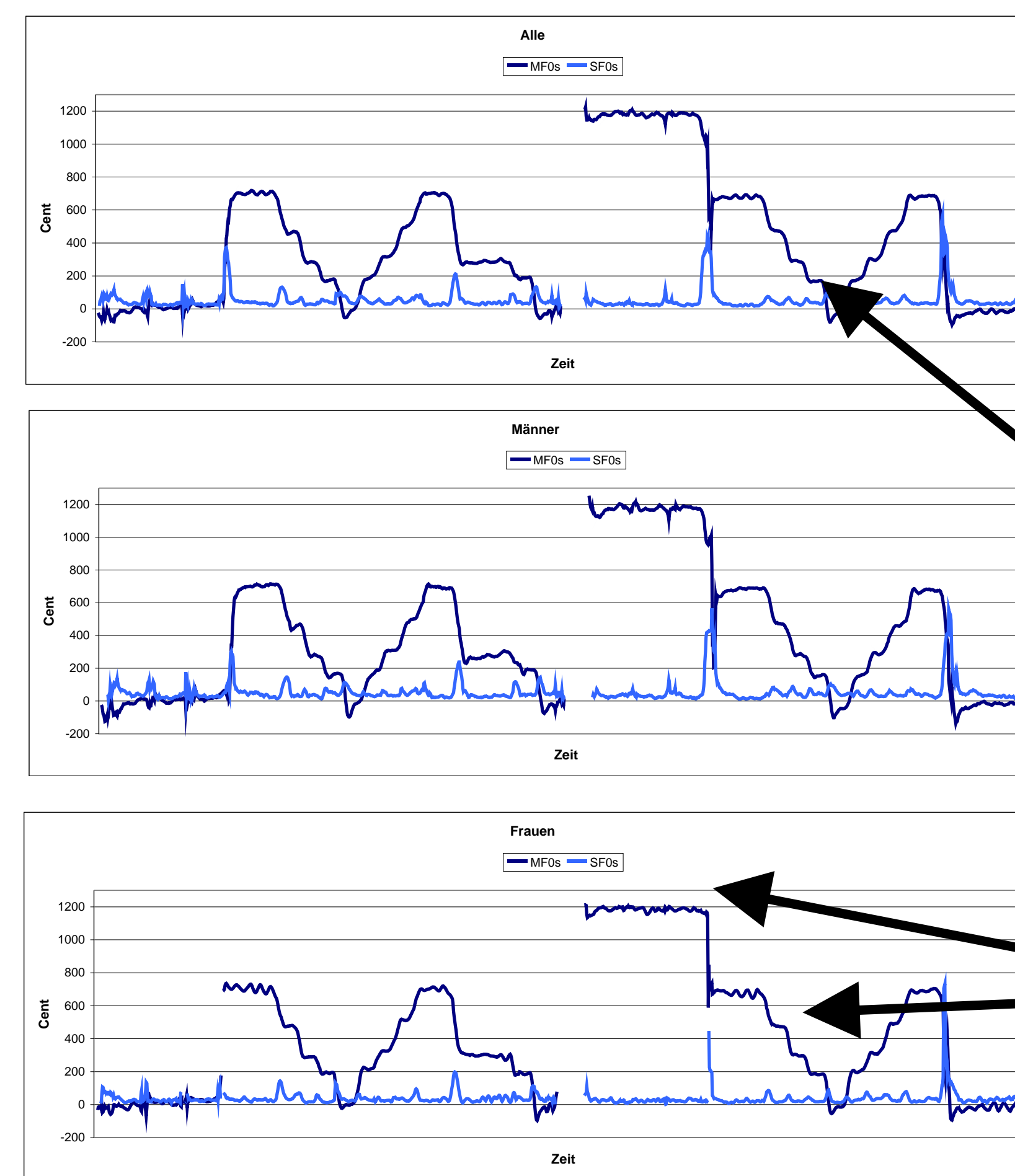


Auswertung - Timing

Auch "Beat Root" erzeugt ein Spektrogramm und identifiziert auf der Basis von Lautstärke und Tonhöhe im Signal enthaltene Pulse bzw. Tonanfänge (Onsets). In der Abbildung (links) sind diese als schwarze vertikale Linien erkennbar. Bei Bedarf können diese Linien von Hand nachkorrigiert und ergänzt werden. Auch dies entspricht einer Vektorisierung des Audiosignals. Zwischen den Linien ist jeweils die Differenz zum Nachfolgeton angegeben (IOI = Inter-Onset-Intervall). Die IOI-Werte erlauben alle nötigen Berechnungen zur Beurteilung von Timing- und Synchronisationsverhalten.

Vokalensemble

15 Mitglieder des Universitätschores "Cantiamo" (4xBaß, 3x Tenor, 4xAlt, 4xSopran),



Ergebnisse

Alle auf diesem Poster dargestellten Ergebnisse basieren nur auf den Einspielungen "unisono" / "normales Tempo" (entsprechend MM= ca. 90 beim Chor und ca. 100 beim Ensemble; freie Vorgabe durch den Dirigenten)

In Anlehnung an Jers & Ternström (2005) wurden auf der Basis der Pitch Listings aus Praat zunächst die mittleren Grundfrequenzen pro Zeiteinheit errechnet, welche als MFO (Mean fundamental frequency) bezeichnet werden. Aus diesen ergeben sich die dazugehörigen Standardabweichungen, welche wiederum über alle Stimmen gemittelt und als SFO bezeichnet werden. Auf der Basis von a'=440 Hz lässt sich für den Grundton des Kanons d' bei gleichschwebend temperierter Stimmung der Wert 293,66 Hz errechnen, welcher für die Darstellungen in den Grafiken mit 0 cent gleichgesetzt wurde.

Diese Grafiken zeigen die Tonhöhenverläufe und die dazugehörigen Abweichungen, gemittelt über alle Stimmen. Es ist beispielsweise zu erkennen, dass die Tonhöhe von beiden Ensembles weitgehend beibehalten wird und am Ende nur gering "absackt" (Chor: 25,12 cent, Ensemble: 8,11 cent). Ebenso werden die Intervalle Quinte (674,62 cent) und Oktave (1203,22 cent) durchschnittlich im Sinne der gleichschwebend temperierten Stimmung (700 / 1200 cent) intoniert. Größere Abweichungen innerhalb der Stimmen ergeben sich im Chor bei den Quintsprüngen (aufwärts/abwärts), erkennbar an den Zacken der SFO-Linie. Eine Analyse der dazugehörigen vektorisierten Daten zeigt jedoch keine Tendenz zur Intonation reiner Intervalle (Quinte: 701,96 cent / Quarte: 498,04 cent) erkennen.

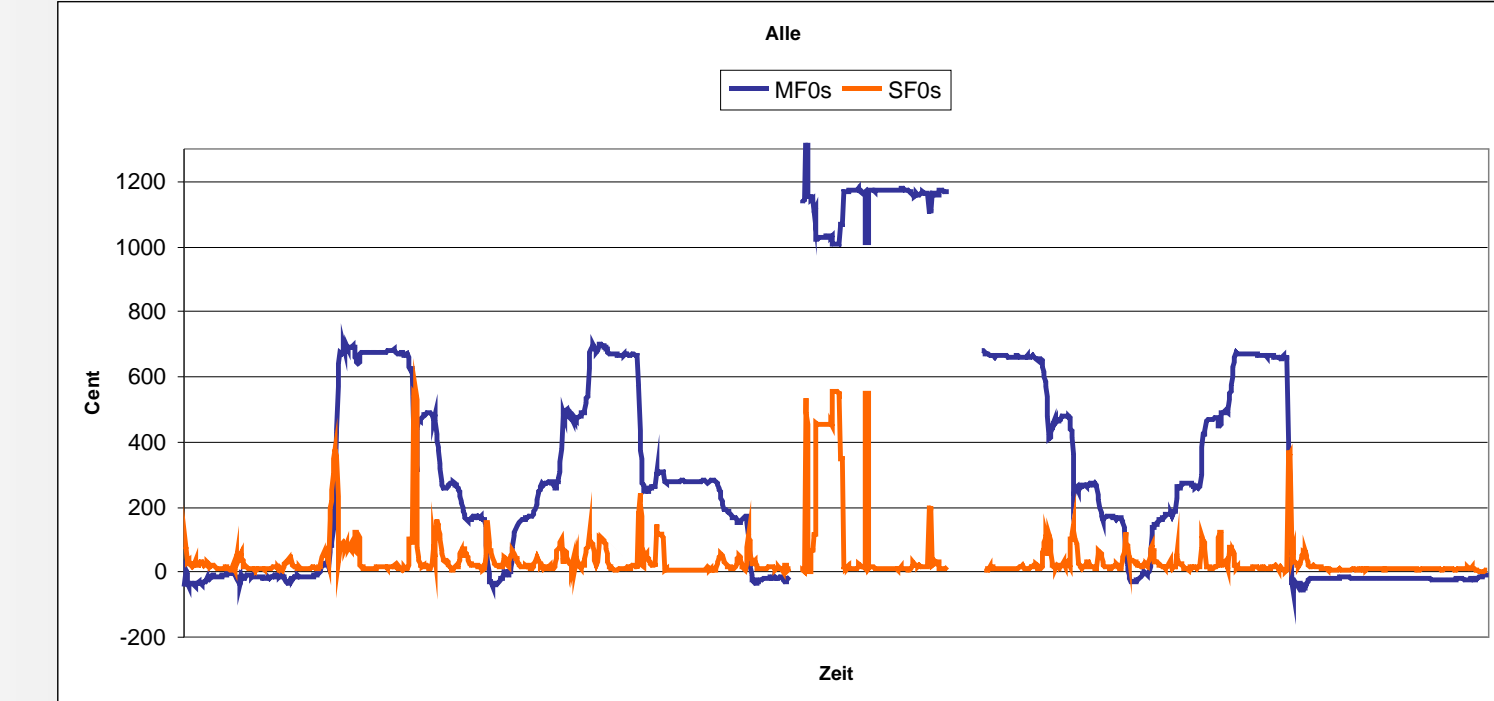
Diatonische Schritte werden abwärts durchgängig präziser (= kantigere Stufen) durchgeführt als aufwärts.

Nur bei den Frauenstimmen ist ein kollektiv synchronisiertes Vibrato zu beobachten, welches auch von Jers & Ternström beschrieben wird. Es wird vermutet, dass dies durch eine gemeinsame, ganzzahlige Unterteilung der dazugehörigen Tondauer ermöglicht wird. Bei den Bläsern zeigt sich dieser Effekt hingegen nicht.

In Anlehnung an Rasch (1988) wurde die durchschnittlichen Asynchronien der einzelnen Stimmen berechnet: Chor = 33,07 ms (Männerstimmen = 31,47 und Frauenstimmen = 34,81 ms) / Ensemble = 37,25 ms. Dies entspricht den von Rasch beschriebenen Größenordnungen. Die Frauenstimmen (9-15) liegen (über alle 28 Noten) um -18 ms vor dem "Stimmeinsatz-Mittelwert", während die Männer 16 ms nach 0 bzw. 34 ms nach den Frauen einsetzen. Offenbar nehmen die Frauen hier die Rolle der Stimmführung ein. Im Posaunenchor tritt dieser Effekt bei den hohen Stimmen (8-12) nicht auf.

Instrumentalensemble

12 Mitglieder eines aus Musikstudierenden und Amateurmusikern bestehenden Posaunenchores (6x Posaune, 1xHorn, 5xTrompete).



Im Chor intonieren die Frauenstimmen Sopran und Alt durchschnittlich präziser als die Männerstimmen. Im Posaunenchor ist dieser Effekt noch deutlicher zu beobachten.

