

# Pegelanalysen in der Interpretationsforschung Spektraldynamik bringt Klangfarbe ins Spiel

## Hintergrund

Werden in Untersuchungen zur Interpretation von Musikwerken (Interpretationsanalyse) neben zeitbezogenen Parametern (Tempo, Tempo-Abweichungen, Asynchronizitäten, Tondauern etc.) auch Änderungen in der Spieldynamik betrachtet, so werden diese meist in Amplitudenwerten, MIDI-Velocity oder Schallpegelwerten gemessen. [1]

Die Schwierigkeit bei diesen Angaben ist jedoch, dass zum einen die Pegelunterschiede von Musikinstrumenten je nach gespielter Tonhöhe zwischen p und f sehr gering sein können [2] und dass andererseits die empfundene Spieldynamik eher eine Frage der Klangfarbe ist als des Schallpegels oder des MIDI-Velocity- oder Amplitudenwerts: je nach Stärke der Anregung klingt ein Instrument im f heller und im p dumpfer. [3]

## Ziele und Fragestellungen

- Inwieweit sind spektraldynamische Veränderungen tonhöhenabhängig an der spieldynamischen Klangbildung beteiligt?
- Anhand welcher Messgrößen lassen sich spektraldynamische Veränderungen robust identifizieren?
- Wie verhalten sich die spektralen Charakteristika von p- bzw. f-Klängen im zeitlichen Verlauf im Vergleich zum RMS-Pegelverlauf?

## Methoden

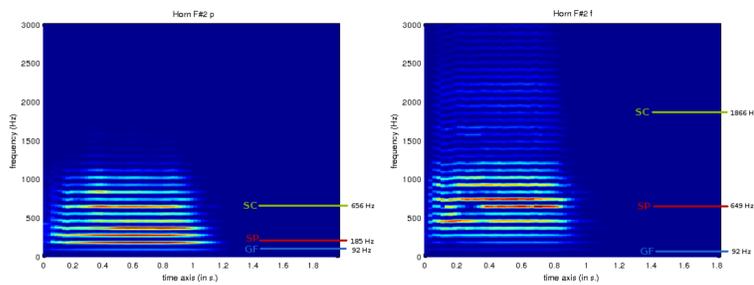
**Untersuchte Klänge:** Aufnahmen von Flöte, Klarinette, Horn, Trompete, Geige und Kontrabass

**Quelle:** Vienna Symphonic Library

in allen vorhandenen **Tonhöhen** (~40 Klänge pro Instrument und Dynamikstufe),

**Dynamikstufen:** p und f

Die Klänge wurden in Matlab mithilfe von MIRtoolbox-Funktionen [4] klangfarbenbezogen ausgewertet, wobei als spektrale Messpunkte der Spectral Centroid (SC), Spectral Peak (SP) sowie Spectral Centroid / Grundfrequenz (GF) (= relativer Spectral Centroid) betrachtet wurden:



Die extrahierten Messwerte wurden pro Instrument auf Graphen aufgetragen und prototypischen Kurven zur instrumententypischen Pegeldynamik nach Pierce [5] gegenübergestellt.

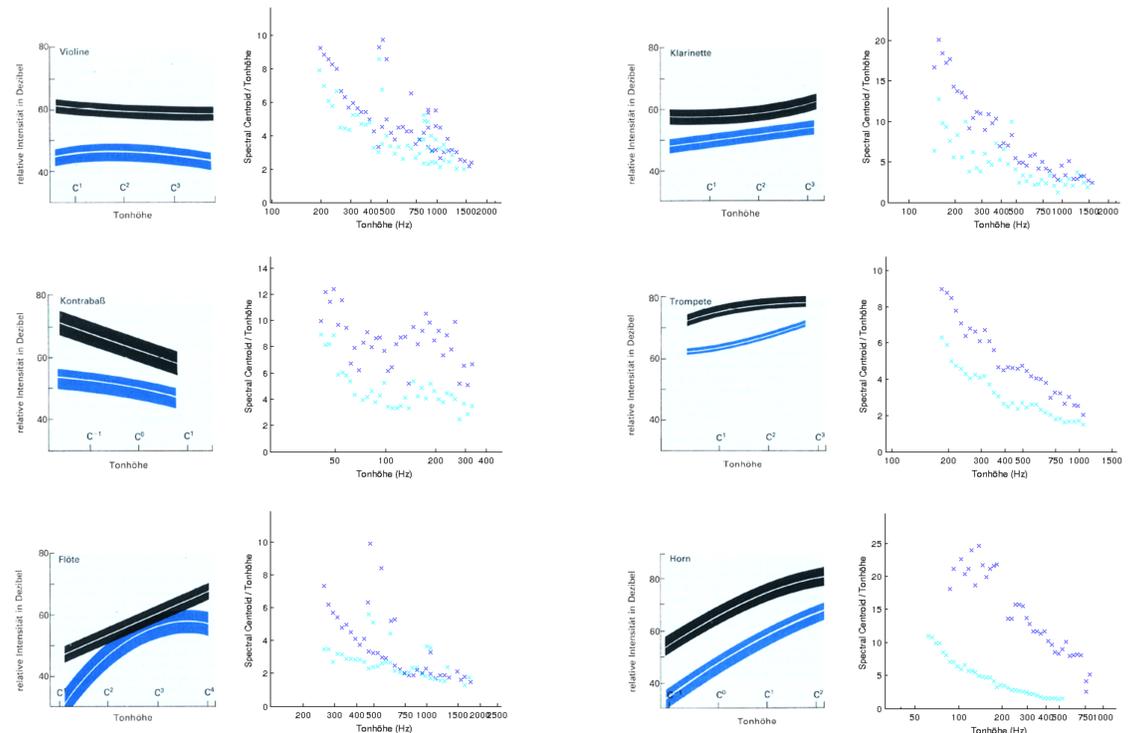
Darüberhinaus wurden die dynamikabhängigen Unterschiede des relativen Spectral Centroids zwischen p- und f-Klängen mithilfe von paarweisen Zweistichproben-t-Tests statistisch auf Signifikanz untersucht.

## Literatur

- [1] z.B. Sloboda, J.A. (1983), The communication of musical metre in piano performance. In: Quarterly Journal of Experimental Psychology - Human Experimental Psychology, Band 35, S. 377-396; Goebel, W. (2003), The Role of Timing and Intensity in the Production and Perception of Melody in Expressive Piano Performance. Diss. Karl-Franzens-Universität, Graz; Friberg, A., Bresin, R. & Sundberg, J. (2006), Overview of the KTH rule system for musical performance. In: Advances in Cognitive Psychology, Special Issue on Music Performance 2(2-3), S. 145-161; Hähnel, T. (2012), Baroque performance - A research study on characteristic parameters of 18th Century music. Diss. Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg; etc.
- [2] z.B. Clark, M. & Luce, D. (1965), Intensities of Orchestral Instrument Scales played at prescribed dynamic Markings. In: Journal of the Audio-Engineering Society 13, S. 151-157; Fricke, J.P. (1975), Klangfarbendynamik in der Studioelektronik und bei elektronischen Musikinstrumenten. In: Bericht über die 10. Tonmeistertagung Köln 1975, Köln, S. 26-29; Miskiewicz, A. & Rakowski, A. (1994), Loudness Level versus Soundpressure Level: a Comparison of Musical Instruments. In: Journal of the Acoustical Society of America 96(6), S. 3375-3379; Reuter, C. (1996), Die auditive Diskrimination von Orchesterinstrumenten. Lang, Frankfurt; Rossing, T.D.; Moorer, F.R. & Wheeler, P.A. (2002), The Science of Sound. Addison Wesley, San Francisco
- [3] Reinecke, H.-P. (1953), Über den doppelten Sinn des Lautheitsbegriffes beim musikalischen Hören. Diss. Universität Hamburg; Weyer, R.-D. & Sirker, U. (1978), Hörrelevante spektrale Merkmale bei der dynamischen Klassifikation von Musikinstrumentenklängen. In: Fortschritte der Akustik, 6. DAGA '78, Bochum, S. 539-542; Reuter, C. (1995), Der Einschwingvorgang nichtperkussiver Musikinstrumente. Lang, Frankfurt.
- [4] Lartillot, O. & Toiviainen, P. (2007), MIR in Matlab (II): A Toolbox for Musical Feature Extraction From Audio. In: Proceedings of the 8th International Conference on Music Information Retrieval 2007
- [5] Pierce, J.R. (1999), Klang: Musik mit den Ohren der Physik. Spektrum, Berlin, S. 103

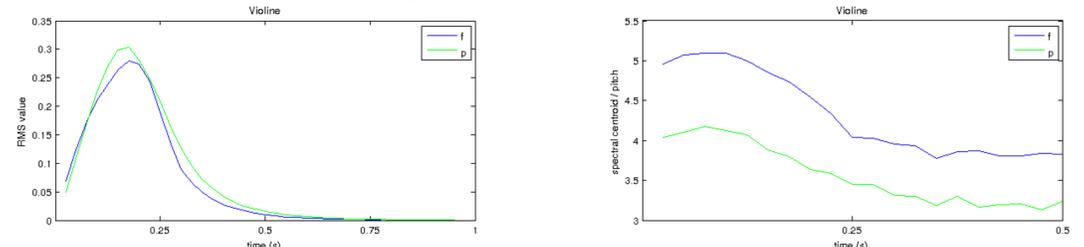
## Ergebnisse

Gegenüberstellung des gemessenen Verhältnis Spectral Centroid / Pitch (jeweils rechts) mit den Intensitäten nach Pierce [5] (links) für sechs verschiedene Instrumente:

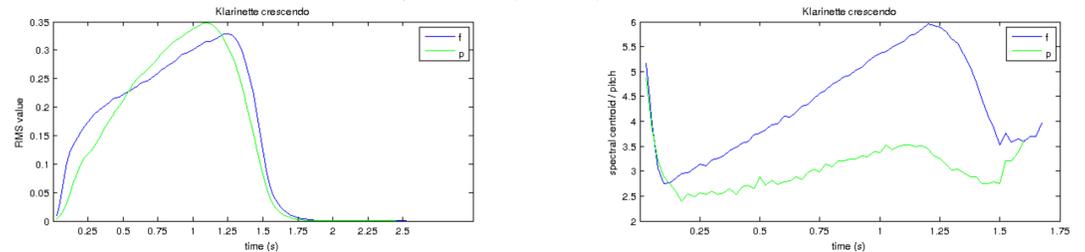


Der dynamikbedingte Anstieg des relativen Spectral Centroid bei f- gegenüber p-Klängen konnte für alle getesteten Instrumente als sehr signifikant (Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 1%) nachgewiesen werden.

Gemittelter zeitlicher Verlauf von RMS-Leistung (links) und Spectral Centroid / Pitch (rechts) bei (auf gleiche Lautheit gemasterten) Violinenklängen in p bzw. f:



Mittelwertkurve crescendierender Klarinettenöne im RMS-Energieverlauf (links) sowie als Verlauf von Spectral Centroid / Pitch (rechts) über die Zeit:



## Schlussfolgerungen

→ Spectral Peak und insbesondere (relativer) Spectral Centroid erweisen sich als geeignete Deskriptoren zur Detektion dynamikbedingter spektraler Veränderungen.

→ Insbesondere im Vergleich mit RMS-Pegelverläufen sowie im paarweisen t-Test zeigt sich, dass der dynamikbedingte Anstieg des relativen Spectral Centroid einen sehr signifikanten Unterschied zwischen p- und f-Klängen darstellt.

→ Es wird deutlich, dass auch die Spektraldynamik sich tonhöhenabhängig verhält, jedoch nicht unbedingt in gleicher Weise wie die Pegeldynamik.

→ Etwa bei Flöte und Klarinette, die bei den mittleren Tonhöhen geringere Pegelunterschiede zwischen f und p aufweisen, zeigen sich die spektralen Änderungen besonders im tiefen Bereich, während sie mit ansteigender Tonhöhe immer unausgeprägter werden.

→ Die Ergebnisse sprechen dafür, dass bei der Interpretationsforschung neben der Pegeldynamik auch die Spektraldynamik mitberücksichtigt werden sollte.