

Perspektiven computergestützter harmonischer Analyse: Beethovens op. 14 Nr. 1 als Gegenstand gattungsübergreifender Korpusanalyse

Stephanie Klauk¹, Rainer Kleinertz², Pascal Schmolenzky³, Christof Weiß⁴, Meinard Müller⁵

Abstract: Mit der zunehmenden Digitalisierung von Notentexten und Einspielungen vermehren sich die Möglichkeiten computergestützter Darstellungen und Analysen. Derartige harmonische Analyseverfahren sollen im Beitrag einem Fassungsvergleich des Kopfsatzes von Beethovens op. 14/1 zugrunde gelegt und mit traditionellen musikwissenschaftlichen Methoden abgeglichen werden. Die daraus abgeleiteten Hypothesen erweitern einerseits den Blick auf Beethovens Bearbeitungspraxis und lassen sich andererseits vom konkreten Fallbeispiel – Klaviersonate versus Streichquartettfassung – auf die entsprechenden Gattungen im Sinne von Korpusanalysen übertragen.

Keywords: Computergestützte harmonische Analyse, Korpusanalyse, Musikverarbeitung.

1 Einleitung

Beethovens Bearbeitungen eigener Werke nehmen eine Sonderstellung in seinem Œuvre ein. Abhängig vom Veränderungsgrad können sie alternative, gar ‚verbesserte‘ Fassungen des Originals darstellen oder mehr oder weniger mechanische Bearbeitungen und Arrangements für andere Besetzungen: Abhängig von der kammermusikalischen Instrumentation unterteilt Unverricht in [Un78] Beethovens Bearbeitungen in drei Gruppen, während Lühning in [Lü92] die sinfonische Musik mit einbezieht. Die kompositorische Herausforderung einer solchen Übertragung in eine andere Gattung ist laut Beethovens eigener Aussage nicht hoch genug einzuschätzen. 1802 schrieb er an den Verlag Breitkopf & Härtel: „Ich habe eine einzige Sonate von mir in ein Quartett von Geigeninstrumenten verwandelt, worum man mich so sehr bat und ich weiß gewiß, das macht mir nicht so leicht ein anderer nach“ [Fi81, 12].

¹ Universität des Saarlandes, Institut für Musikwissenschaft, Campus Geb. C6-3, 66123 Saarbrücken, s.klauk@mx.uni-saarland.de

² Universität des Saarlandes, Institut für Musikwissenschaft, Campus Geb. C6-3, 66123 Saarbrücken, rainer.kleinertz@mx.uni-saarland.de

³ Universität des Saarlandes, Institut für Musikwissenschaft, Campus Geb. C6-3, 66123 Saarbrücken, s8plschr@stud.uni-saarland.de

⁴ Universität Würzburg, Center for AI and Data Science, Emil-Hilb-Weg 23, Hubland Nord (ZPD), 97074 Würzburg, christof.weiss@uni-wuerzburg.de

⁵ Friedrich-Alexander-Universität, International Audio Laboratories Erlangen, Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen, meinard.mueller@audiolabs-erlangen.de

Die Unterschiede, die sich bei Beethovens Bearbeitung der E-Dur-Sonate op. 14 Nr. 1 (1799) zum Streichquartett in F-Dur (1802) ergaben, waren bereits Gegenstand musikwissenschaftlicher Beiträge: Broyles diskutiert in [Br70] die These, dass op. 14 Nr. 1 ursprünglich als Streichquartett konzipiert wurde, Finscher legt in [Fi81] den Fokus auf die Rezeption der Bearbeitung als „vollgültiges Streichquartett“. Schwager sieht in [Sc73] Änderungen unabhängig von der Idiomatik der Instrumente, Lockwood argumentiert dagegen [Lo98]. Aspekte wie Dynamik, Phrasierung, Satztechnik, Kontrapunktik stehen im Mittelpunkt der Diskussionen, die Harmonik spielt selbst in der Monografie von Sturgis-Everett [St86] für den Vergleich keine Rolle, da dort die geringsten Unterschiede verortet werden.

Im vorliegenden Beitrag sollen audiobasierte Analysen des Kopfsatzes beider Fassungen miteinander verglichen werden. Dabei wird sich zeigen, dass das in [WM21] vorgestellte Verfahren einer auf Skalen basierenden Audioanalyse über die grundverschiedenen Instrumente hinweg stabil bleibt und zugleich eine sinnvolle Ergänzung zu ‚manuellen‘ Annotationen von Experten und auf dem Notentext basierenden automatisierten Analysen darstellt.

2 Computergestützte harmonische Analyse

Computergestützte harmonische Analysen können anhand zweier Arten von Daten durchgeführt werden: ‚symbolisch‘ auf der Grundlage von computerlesbaren Notentexten oder audiobasiert auf der Grundlage von Musikaufnahmen. Im ersten Fall wird der Notentext in digital bearbeitbare Formate übertragen. Auf der Basis solcher symbolischer Daten wurde im Kontext des Akademieprojekts *Beethovens Werkstatt* eine automatisierte Harmonieanalyse sowohl des Kopfsatzes der Klaviersonate op. 14 Nr. 1 als auch des entsprechenden Streichquartettsatzes durchgeführt.⁶ Diese Akkord-Analysen sind online abrufbar in einem von sechs Darstellungsmodi („Harmonievergleich“) eines Fassungsvergleichs von Original und Bearbeitung des Kopfsatzes. In [CS20] werden die Darstellungsverfahren des im Projekt entwickelten Anwenderprogramms VideApp und die vier Perspektiven „Fassungssynopse“, „Bearbeitungsmaßnahmen“, „Einzelnotenvergleich“ und „Stimmenkontur“ besprochen; die weiteren Kategorien „Ereignisdichte“ und „Harmonievergleich“ sind auf der Internetseite des Projekts auswählbar und näher beschrieben [Be23].

Abbildung 1 zeigt die Takte 65 bis 68 des Fassungsvergleichs in der Perspektive „Harmonievergleich“. Die relativen harmonischen Unterschiede sollen automatisiert rot eingefärbt werden. Insbesondere in diesen Beispieltakten liegen sowohl die computergestützte Unterschieds- als auch die Harmonieerkennung falsch: Das Ergebnis

⁶ In [Ne18] sind Beethovens Streichquartette (ohne die Bearbeitung von op. 14 Nr. 1) von Musikwissenschaftlern annotiert und in symbolischer Form zur digitalen Weiterverarbeitung zur Verfügung gestellt. Es handelt sich also nicht um eine computergestützte Harmonieanalyse, sondern die Ergebnisse lassen sich lediglich automatisiert auswerten, siehe [Mo19].

Abb. 1: Screenshot der Benutzeroberfläche der Videapp [Be23], Perspektive „Harmonievergleich“, Takte 65-68

der lokalen Erfassung der Noten der ersten Zählzeit (*c*, *e*) ergibt C-Dur statt a-Moll, und nur a-Moll entspricht dem richtig erkannten b-Moll der transponierten Streichquartettfassung.

Im Gegensatz dazu gehören automatisierte Harmonieanalysen auf der Basis von Audio-
daten zum Gebiet der digitalen Audiosignalverarbeitung. Damit beschäftigt sich seit
2014 das zwischen Musikwissenschaft und Informatik angelegte interdisziplinäre DFG-
Projekt *Computergestützte Analyse harmonischer Strukturen*, das an der Universität des
Saarlandes und den International Audio Laboratories Erlangen durchgeführt wird. Eines
der im Projekt entwickelten Analyseverfahren der Kopfsätze von Beethovens
Klaviersonaten sowie die entsprechende Visualisierung [KI21] werden auf die
Streichquartettbearbeitung übertragen und in Abschnitt 3 diskutiert. Beim gewählten
Analyseverfahren handelt es sich um eine aus dem Audio abgeleitete Zeit–Diatonik-
Darstellung [WM21]. Dabei werden zunächst die Anteile verschiedener Frequenzen der
akustischen Wellenformen innerhalb bestimmter Zeitfenster mit Hilfe einer
Spektralanalyse berechnet. Die resultierende Zeit–Frequenz-Darstellung (*Spektrogramm*)
wird in eine Zeit–Chroma-Darstellung (*Chromagramm*) überführt, in dem die
Energieverteilung des Musiksignals über die zwölf chromatischen Tonhöhenklassen
(ohne Enharmonik und Oktavierung zu unterscheiden) und Zeit erfasst wird. Um daraus
Intervalle, Akkorde oder, wie in diesem Fall, Skalen ableiten zu können, wird das
Chromagramm für jeden Zeitpunkt mit binären Prototypen verglichen, die den Skalen
entsprechen. So korrespondiert das E-Dur der Klaviersonate op. 14 Nr. 1 mit der
„+4(Kreuz)-Diatonik“, deren Prototyp den Wert 1 für die sieben Tonhöhenklassen E,
F#, G#, A, H, C#, D# aufweist, den Wert 0 für die fünf verbleibenden Tonhöhenklassen

F, G, A#, C, D. Mit den 12 Prototypen werden Wahrscheinlichkeiten für die 12 Skalen bzw. Dur- (oder entsprechende Moll-)Tonarten ermittelt. Dies wird in der Zeit–Diatonik-Darstellung visualisiert, bei der die Wahrscheinlichkeiten über ein Graustufen-Schema angezeigt werden: Schwarz entspricht der Wahrscheinlichkeit 1, Weiß entspricht 0; je dunkler der Farbwert ist, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Tonvorrat an der jeweiligen Stelle der angegebenen Diatonik/Tonart zugeordnet werden kann. Zur besseren Vergleichbarkeit von Klaviersonate und Streichquartett wird der Tonalitätsverlauf in den Abbildungen 2 und 3 relativ zur Grundtonart betrachtet und nach der Diatonik der Grundtonart ausgerichtet. Die Grundtonart wird dabei als „0-Ebene“ definiert, der Tonvorrat der Oberquinttonart etwa als „+1-Ebene“ bezeichnet, der der Unterquinttonart als „-1-Ebene“.

3 Audioanalyse op. 14 Nr. 1: Klaviersonate versus Streichquartett

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen jeweils Visualisierungen des in Abschnitt 2 vorgestellten Verfahrens einer automatisierten harmonischen Audioanalyse der Klaviersonate op. 14 Nr. 1, 1. Satz (Einspielung von Daniel Barenboim, EMI Classics 1998; Abb. 2) sowie der Streichquartett-Fassung (Einspielung des Gewandhaus-Quartetts, Nca 2012; Abb. 3). Beethovens Transposition um einen Halbton nach oben ist durch die Darstellung der relativen Diatonik angeglichen, sodass die Visualisierungen unmittelbar miteinander vergleichbar sind.

Die Länge des sich kontinuierlich verschiebenden Zeitfensters beträgt 12 Sekunden, siehe [WM21]. Zunächst fällt auf, dass die x-Achse der Streichquartett-Einspielung (SQ) 376 Sek. (6:16 Min.), die der Sonaten-Einspielung (KS) 408 Sek. (6:48 Min.) umfasst. Dies besagt, dass sich Barenboim eines langsameren Grundtempos bedient als das Gewandhaus-Quartett, und das, obwohl Beethoven die Satzüberschrift „Allegro“ der Klaviersonate in das langsamere „Allegro moderato“ des Streichquartetts abgeändert hat. Die formale Grobstruktur beider Visualisierungen ist jedoch identisch und kann mit der Sonatenhauptsatzform in Verbindung gebracht werden: Deutlich erkennbar ist das sich wiederholende ‚Muster‘ der Exposition (KS: 0-108, 108-216 Sek.; SQ: 0-102, 102-203 Sek.) mit dem jeweiligen Beginn in der Grundtonart („0-Ebene“) sowie der Wechsel zur Oberquinttonart („+1-Ebene“) mit eingeschobenen Abschnitten in der „+2-Ebene“. Dies entspricht den Expositionen der vorangehenden frühen Klaviersonaten Beethovens [K121]. Die Durchführung sticht durch ihren Beginn in der „-4-Ebene hervor (KS: 216-272 Sek.; SQ: 203-254 Sek.), während für die Reprise mit abschließender Coda der überwiegende Verbleib in der Grundtonart charakteristisch ist (KS 272-408 Sekunden; SQ: 254-376 Sek.).

Kleinere Abweichungen in Form von unterschiedlich hellen Grauwerten lassen sich selbst bei der Wiederholung der Exposition innerhalb derselben Einspielung beobachten.

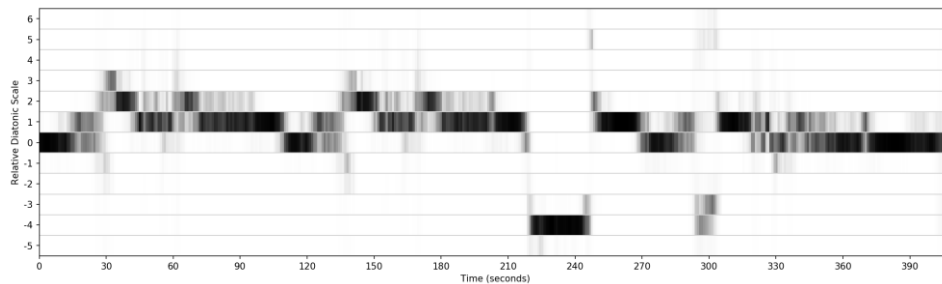


Abb. 2: Zeit-Diatonik-Darstellung einer Einspielung von Daniel Barenboim (EMI Classics 1998) von Beethovens Klaviersonate op. 14 Nr. 1, 1. Satz (relative 0-Diatonik entspricht E-Dur)

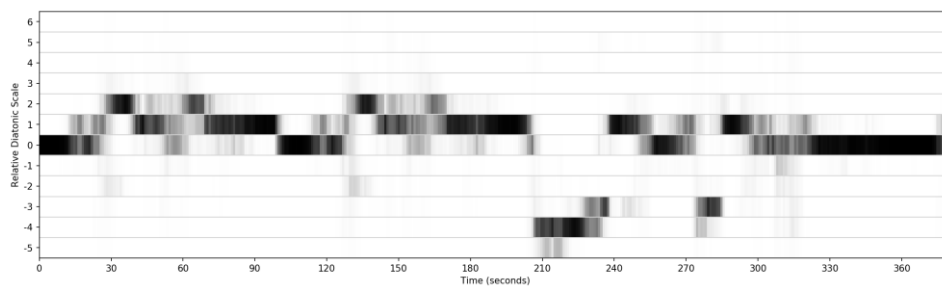


Abb. 3: Zeit-Diatonik-Darstellung einer Einspielung des Gewandhaus-Quartetts (Nca 2012) von Beethovens Bearbeitung der Klaviersonate op. 14 Nr. 1, 1. Satz, zum Streichquartett (relative 0-Diatonik entspricht F-Dur)

Dies kann auf leichte Unterschiede in der Dynamik oder Spieltechnik zurückgeführt werden. Eine der wenigen markanteren Abweichungen wird am Anfang der Durchführung deutlich: Während für die Klaviersonate zwischen Sek. 220-246 mit der überwiegenden Schwarzfärbung eine sehr hohe, durchgehende Wahrscheinlichkeit für die „-4-Ebene“ (C-Dur/a-Moll) angezeigt wird, ist die Parallelstelle der Streichquartett-Einspielung (Sek. 206-232) differenzierter. Die „-4-Ebene“ (Des-Dur/b-Moll) wird mit höchster Wahrscheinlichkeit lediglich zwischen Sek. 219-228 angegeben, davor und danach wird eine ähnliche Wahrscheinlichkeit auch für die „-5-“ und die „-3-Ebene“ abgebildet. Hat Beethoven in diesem Abschnitt einschneidende harmonische Veränderungen für die Streichquartettfassung vorgenommen, die aus dem Notentext hervorgehen? Tatsächlich weist die Streichquartettfassung einige kleinere harmonische Abweichungen gegenüber der Klaviersonate auf. So antizipiert in T. 75 in der zweiten Takthälfte die Viola bereits den Grundton des folgenden Des-dur-Akkords in T. 76, der hier als dissonierende Quarte erklingt, und in T. 81 wechselt im Streichquartett die Harmonik von Des-dur zum verminderten Dominantseptnonakkord (Dv) von C-dur mit

tiefalterierter Quinte *des*, während die Klavierfassung hier jeweils eine konstante Sechzehntel-Begleitung aufweist. Der Grund für die Abweichungen bei der Audio-Analyse scheint aber vor allem in den gebrochenen Dreiklängen im Cello mit anschließender Pause (T. 66-71) und des Cellos und der Viola in T. 76-79 sowie den repetierenden Sechzehnteln in den Mittelstimmen zu liegen. Während die Harmonien in der Klavierfassung hier konstant in arpeggierten Sechzehnteln erklingen, werden in den Streichern die einzelnen, über zwei bis drei Oktaven verteilten Töne unterschiedlich deutlich wahrgenommen und durch die Wiederholungen eine größere Anzahl an für die jeweilige Skala relevanten Tönen erfasst. So sind *ges* und *es* in T. 67-68 zentral und für Grauwerte in der „-5-Ebene“ verantwortlich, der Ton *as* in T. 73-74 für die „-3-Ebene“.

4 Fazit und Ausblick

Das vorgestellte automatisierte Verfahren zur harmonischen Audioanalyse hat sich unabhängig von der Gattung bzw. von der Instrumentierung als robust erwiesen. Wenige markante Abweichungen in den entsprechenden Visualisierungen der Klaviersonate und der Streichquartett-Fassung sind offenbar nicht instrumentenspezifisch, sodass das Verfahren zur gattungsübergreifenden Korpusanalyse geeignet ist. Während Musikwissenschaftler (teilweise auch automatisierte harmonische Analysen, die auf symbolischen Daten basieren) zu dem Schluss kommen, dass Beethoven die Harmonik im Kopfsatz der beiden Fassungen von op. 14 Nr. 1 nicht grundlegend verändert hat, erkennt das Verfahren der harmonischen Audioanalyse durchaus einige Unterschiede. Dies korrespondiert mit der auditiven Wahrnehmung: Ohne sich auf konkrete Harmonien beziehen zu können, wirkt die Durchführung des Streichquartetts auf das Ohr deutlich strukturierter. Die Audioanalyse bietet eine Perspektive musikalischer Analyse, die sich nicht aus dem Notentext, aber dennoch aus statistischen Werten und objektiver Messung ergibt. In zukünftigen Arbeiten sollen symbolische und audiobasierte Harmonieanalysen bereits im automatisierten Verarbeitungsschritt kombiniert werden, um eine Optimierung und Stabilisierung der computergestützten Harmonieanalyse insgesamt zu erzielen.

Danksagung. Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die finanzielle Unterstützung (MU 2686/7-2, KL 864/4-2). Die International Audio Laboratories Erlangen sind eine gemeinsame Einrichtung der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) und des Fraunhofer Instituts für Integrierte Schaltungen IIS.

Literatur

- [Be23] Beethovens Werkstatt, VideAppArrangements, <https://videapp-arr.beethovens-werkstatt.de>, Stand: 02.05.2023.
- [Br70] Broyles, M. E.: Beethoven's Sonata Op. 14, Nr. 1. Originally for Strings?. Journal of the American Musicological Society 23/3, S. 405-419, 1970.

- [CS20] Cox, S.; Sänger, R.: Digitale Fassungsvergleiche am Beispiel von Beethovens Eigenbearbeitungen. In (Acquavella-Rauch, S.; Munzmay, A.; Veit, J. Hrsg.): Brückenschläge zwischen Musikwissenschaft und Informatik. Theoretische und praktische Aspekte der Kooperation. Musikwissenschaftliches Seminar der Universität Paderborn und der Hochschule für Musik Detmold, Detmold, S. 97-104, 2020.
- [Fi81] Finscher, L.: „Das macht mir nicht so leicht ein anderer nach“. Beethovens Streichquartettbearbeitung der Klaviersonate op. 14 Nr. 1. In (Stahelin, M. Hrsg.): Divertimento für Hermann J. Abs. Beethoven-Haus, Bonn, S. 11-23, 1981.
- [KI21] Klauk, S. et.al.: ‘Seitensatz’ versus ‘Mittelsatz’: Expositionen in Beethovens frühem Klaviersonaten zwischen zeitgenössischer Theorie und computergestützter Analyse. In (Hohmaier, S. Hrsg.): Jahrbuch des Staatlichen Instituts für Musikforschung Preußischer Kulturbesitz 2017. Schott Music, Mainz, S. 271-300, 2021.
- [Lo98] Lockwood, L.: Beethoven as Colourist: Another Look at his String Quartet Arrangement of the Piano Sonata, Op. 14 No. 1. In (Brandenburg, S. Hrsg.): Haydn, Mozart, and Beethoven. Studies in the Music of the Classical Period. Essays in Honour of Alan Tyson. Clarendon Press, Oxford, S. 175-180, 1998.
- [Lu92] Luhning, H.: Beethoven als Bearbeiter eigener Werke. In (Fischer, J. Hrsg.): Munchener Beethoven-Studien. Katzsbichler, München u.a., S. 117-127, 1992.
- [Mo19] Moss, F. C. et.al.: Statistical Characteristics of Tonal Harmony: A Corpus Study of Beethoven’s String Quartets. PLoS ONE 14/6, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217242>
- [Ne18] Neuwirth, M. et.al.: The Annotated Beethoven Corpus (ABC): A Dataset of Harmonic Analyses of All Beethoven String Quartets. Frontiers in Digital Humanities. Sec. Digital Musicology 5, 2018. <https://doi.org/10.3389/fgdh.2018.00016>
- [Sc73] Schwager, M.: A Fresh Look at Beethoven’s Arrangements. Music & Letters 54, S. 142-160, 1973.
- [St86] Sturgis-Everett, B. A.: The First Movements of Beethoven’s „Piano Sonata in E major, op. 14, no. 1“ and his „String Quartet in F major, op. 14, no. 1“. A Critical Comparison. University of Cincinnati, Cincinnati, 1986.
- [Un78] Unverricht, H.: Original und Bearbeitung. Ein Beitrag zu Beethovens eigenen Bearbeitungen seiner Kammermusikwerke. In (Klein, R. Hrsg.): Beethoven-Kolloquium 1977: Dokumentation und Aufführungspraxis. Bärenreiter, Kassel u.a., S. 190-196, 1978.
- [WM21] Weiss, C.; Müller, M.: Computergestützte Visualisierung von Tonalitatsverlaufen in Musikaufnahmen. Möglichkeiten für die Korpusanalyse. In (Klauk, S. Hrsg.): Instrumentalmusik neben Haydn und Mozart. Analyse, Aufführungspraxis und Edition. Königshausen & Neumann, Würzburg, S. 107-130, 2021.