

Eine App zur Analyse von Außenstimmensätzen

Digitale Werkzeuge für Musiktheorie in Forschung und Lehre

Moritz Heffter

Die Außenstimmen-App (<https://apps.satzlehre-online.de/as/>) erstellt automatisch Annotationen zu Außenstimmensätzen. Die App entstand zu Unterrichtszwecken. Über die Annotationen erhalten die Lernenden Feedback zu ihren eigenen Sätzen. Der Artikel beschreibt die Funktionen und verschiedenen Einsatzbereiche der App und thematisiert allgemein Fragen zu Einsatz und Funktionalität von digitalen Analysewerkzeugen für die musiktheoretische Lehre und Forschung.

The Aussenstimmen-App (<https://apps.satzlehre-online.de/as/>) automatically produces annotations to the movement of two (outer) voices. The app was developed for educational purposes. Its annotations can provide students with feedback on their own compositions. This article describes the app's functions and its range of applications and on a general level thematizes questions about the use and functionality of digital analysis tools for teaching and research in the field of music theory.

Die Außenstimmen-App¹

Digitale Werkzeuge zur Unterstützung von Forschung und Lehre werden viel diskutiert und mittlerweile auch in musikbezogenem Unterricht immer häufiger eingesetzt.² Die wenigsten der eingesetzten Werkzeuge wurden dabei allerdings speziell für Forschungs- und Lehrkontexte entwickelt. Oft werden bestimmte Funktionen von bestehender Software für Aufgaben genutzt, für die sie ursprünglich nicht konzipiert waren. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn es um Funktionen geht, die in verschiedenen Arbeitsfeldern gebraucht werden, wie zum Beispiel Sequencer, und die von der Musikproduktion bis zum Gehörbildungsunterricht in unterschiedlicher Form gute Dienste leisten.³

1 Die App ist verfügbar unter <https://apps.satzlehre-online.de/as/> [Update 2022] Mittlerweile existiert ein MuseScore Plugin, das im GitHub Repositorium gepflegt wird. Dort steht auch der Sourcecode der API zur Verfügung (<https://github.com/mxordn/aussenstimmen-analyse>).

2 Die AG Musiktheorie und Neue Medien der GMTH hat immer wieder Ansätze und Methoden zur digital gestützten Lehre in Musiktheorie und Gehörbildung zusammengetragen (<https://www.gmth.de/arbeitsgemeinschaften/neuemedien.aspx>). 2022 ist außerdem das Buch *Die Kunst der Lehre* erschienen. Die Herausgeberinnen Maria Anna Waloschek und Constanze Gruhle haben für das Netzwerk der Musikhochschulen einige Beispiele und Grundlagenartikel zusammengetragen.

3 Beim Erscheinen des Artikels hat sich dieses Bild gewandelt. Mittlerweile gibt es mehr Apps, die originär für das Training und das Üben im musikalischen Ausbildungskontext konzipiert wurden. Viele dieser Apps sind allerdings kostenpflichtig, und die wenigsten richten sich primär an den Bedürfnissen der Hochschullehre aus.

Im Bereich der Musiktheorie sind allerdings meist spezielle Werkzeuge erforderlich, die in anderen Kontexten nur bedingt zum Einsatz kommen. Und wenn doch analytische Werkzeuge in einer Software integriert sind, so sind sie meist nur innerhalb der Anwendung verfügbar und lassen sich kaum separat nutzen oder als Module bzw. über eine Schnittstelle in andere Anwendungen einbinden.⁴ Ein Ansatz, der mit der Außenstimmen-App verfolgt wurde, zielt genau darauf ab, bestimmte, für die musiktheoretische Beschäftigung sinnvolle Funktionen zu definieren und als Software-Module möglichst einfach in einer Anwendung zugänglich zu machen.

Der vorliegende Artikel geht deshalb drei übergeordneten Themenbereichen nach: Der erste Teil erklärt kurz den Entstehungshintergrund der App; der zweite Teil widmet sich den Funktionen der Außenstimmen-App; im dritten Teil werden auf dieser Basis allgemeinere Fragen zu musiktheoretischen Tools formuliert und Thesen hinsichtlich digitaler Werkzeuge im Bereich Musiktheorie aufgestellt.

1. Teil: Warum gibt es die Außenstimmen-App?

Die Außenstimmen-App entstand aus einem konkreten Lehrkontext heraus: Die Herausforderung bestand darin, in einem zeitlich äußerst knapp bemessenen Lehrauftrag und im Vorlesungsformat ca. 40 Studierende in Harmonielehre einzuführen. Innerhalb des Deputats war es unter diesen Bedingungen kaum möglich, ein individuelles Feedback zu satztechnischen Aufgaben zu geben. Trotzdem sollten satztechnische Übungen in der Vorlesung vorkommen, um die Grundlagen zu Klauseln, Kadenzen und dem konsonanten *contrapunctus simplex* praktisch zu üben und zu vertiefen. Ein Teil dieser Übungen war über Tutorien abgedeckt, die als feste Termine in der Woche angeboten wurden. Durch die Außenstimmen-App entstand darüber hinaus ein zeitlich und räumlich unabhängiges Übungsangebot, das individuell und auch anonym benutzbar ist.

2. Teil: Was kann die Außenstimmen-App? – Annotationen

Die Funktionsweise der App besteht aus zwei Analysefunktionen, welche eine eingegebene Partitur automatisch mit Annotationen versehen.⁵

Die Idee hinter den Annotationen ist, dass die App diese zwar automatisiert erstellt, aber all dies möglichst offen und ohne (Be-)Wertung geschieht. Die Annotationen müs-

4 Im Bereich der Audioanalyse wäre Sonic Visualiser evtl. ein solches Werkzeug, das explizit aus der Forschung kommt und populär geworden ist. Für Satztechnik/Satzlehre gibt es einige Bibliotheken, die frei genutzt und eingebunden werden können, allerdings ohne den Vorteil einer bereits fertigen Anwendung.

5 Die Analyse verwendet dabei kein statistisches oder Machine-Learning-Verfahren, sondern greift auf feste Definitionen für die Phänomene zurück, die im Quellcode jederzeit angepasst, verändert bzw. erweitert werden können. Die ›harte‹ Codierung der Phänomene hat Vor- und Nachteile, die später noch kurz zur Sprache kommen sollen. Für die Zwecke der Analyse von Kadenzen und eine basale Analyse des Außenstimmensatzes schien diese Variante sinnvoll und durchaus lehrreich.

sen im Einzelnen immer von den Nutzer*innen interpretiert und gedeutet werden. Es sind deshalb auch möglichst neutrale bzw. klar definierte Annotationen auszuwählen.

Beispiel 1 zeigt eine solche annotierte Partitur. Visualisiert werden dabei die Bewegungsarten der Außenstimmen. Grüne Noten markieren eine Gegenbewegung, blaue eine Parallelbewegung und gelbe eine Seitenbewegung.

Annotationen werden bei dissonanten Intervallen im Außenstimmensatz gesetzt. An diesen Stellen wird schlicht ›Dissonanz‹ vermerkt,⁶ außerdem werden Quint- und Oktavparallelen beschriftet. Die Noten an diesen Stellen werden rot markiert. Die Nutzenden erhalten explizit keine Hinweise auf Fehler, sondern lediglich Informationen über entstandene Intervalle, was gerade für Anfängerinnen und Anfänger eine nicht zu unterschätzende Hilfestellung ist.

Klauseln und Kadenzen werden immer vor den Fermatenzeichen untersucht, wobei die Annotation der Klauseln auf der letzten Note (*ultima*) erfolgt. Die Bezeichnungen für die Kadenz als Ganzes werden in einer separaten Liste an der Seite ausgegeben, um die Darstellung in der Partitur nicht zu überfrachten. Die Liste der im Beispiel 1 vom System gefundenen Kadenzen sieht folgendermaßen aus:

- Cadentia maior
- Cadentia maior
- Mi-Kadenz, Cadentia minima
- Cadentia minor/Clausula dissecta (acqu./desid.) bzw. Plagalschluss/Halbschluss
- Cadentia maior
- Cadentia maior

The image shows a musical score for two voices, treble and bass clef. The score is divided into two systems. The first system has three measures. The first measure has a green note in the treble and a blue note in the bass, with the annotation 'TK' below the bass line. The second measure has a green note in the treble and a blue note in the bass, with the annotation 'BK' below the bass line. The third measure has a green note in the treble and a blue note in the bass, with the annotation 'pTK' below the bass line. The second system has three measures. The first measure has a green note in the treble and a blue note in the bass, with the annotation 'TK dissecta' below the bass line. The second measure has a green note in the treble and a blue note in the bass, with the annotation 'vAK' below the bass line. The third measure has a green note in the treble and a blue note in the bass, with the annotation 'SK' below the bass line. The notes are color-coded: green for counter-motion, blue for parallel motion, and yellow for side motion. Fermatas are placed at the end of each system.

Beispiel 1: J. H. Schein, »Freu dich sehr, o meine Seele« (aus dem Cantional, 1629)

6 Dass dabei der Konsonanz- und Dissonanzbegriff weiter ausdifferenziert werden muss, ist klar. Mir ging es in einem ersten Schritt zunächst vor allem darum, eine simple Einteilung in Intervallklassen anzuzeigen. Die Interpretation der Annotationen kann im Unterricht jeweils vor dem Hintergrund des aktuellen Lernstands der Gruppe und der satztechnischen Fähigkeiten der einzelnen Lernenden erfolgen.

Kadenztypus bestimmen

Die Bezeichnungen für die Kadenzen richten sich nach unterschiedlichen Quellen und kombinieren systematische und historische Begrifflichkeiten, um eine möglichst hohe Bandbreite an Bezeichnungen und Perspektiven abzudecken. Die beiden online verfügbaren Glossare geben Auskunft darüber, welche Quellen berücksichtigt sind. Die Nutzenden haben damit gleichzeitig die Möglichkeit, unklare Begriffe nachzuschlagen. Bei Bedarf kann die Terminologie auch im Quellcode angepasst werden.

Das Beispiel der vierten Kadenz (vgl. Bsp.1) verdeutlicht diese Mehrsprachigkeit der Annotationen am besten: Neben den historischen Termini von Georg Muffat und Wolfgang Caspar Printz kommen auch die systematischen Begriffe ›Halbschluss‹ oder ›Plagalschluss‹ zur Anwendung. In solchen Fällen wird der Eintrag als Liste ausgegeben. Eine Selektion der Begriffe zur Anpassung an bestimmte Bedürfnisse – z. B. ›nur historisch‹ oder ›nur systematisch‹ – ist damit grundsätzlich auch möglich.

Klauseln bestimmen

Etwas komplexer erscheint die Annotation von Klauseln. Hier ergeben sich terminologische Schwierigkeiten, sobald es um Varianten von Klauseln geht, die historisch immer wieder anders benannt und aufgefasst werden. Zudem war es mein Ziel, auch die unzähligen Varianten von Klauseln in Bach'schen Choralgesängen erfassen zu können. Ein Ergebnis der Programmierung des Algorithmus ist, dass ein Kontext von nur zwei Stimmen eine hohe Differenzierung von Fällen zulässt. Durch die Differenzierung entsteht ein riesiger Fundus von Schlusswendungen, die in den Bach'schen Sätzen auch fast alle vorkommen. Der Algorithmus stellt aber gleichzeitig eine Art der Systematisierung oder Formalisierung dar, die mir auf Basis der Befunde sinnvoll erschien. Das Glossar zu den Klauseln ist dementsprechend umfangreich und sicher nicht immer absolut zwingend, denn es lassen sich ohne Weiteres auch andere Beschreibungen finden.⁷ Eine besondere Herausforderung der maschinellen Verarbeitung liegt jedoch darin, dass ein bestimmter Fall mit einer eindeutigen Annotation versehen werden muss. Der Umgang mit Ähnlichkeiten auf semantischer Ebene ist in computergestützten Verfahren ungleich komplexer, als er es in einer manuellen Analyse wäre. Gleichzeitig zeigt das systematische Durchdeklinieren von Möglichkeiten aber auch Konstellationen auf, die bisher möglicherweise übersehen bzw. als Sonderfälle nicht beachtet wurden. Angewandt auf die diversen Choralzeilenschlüsse in Bach'schen Sätzen zeigt sich die stilistische Eigenheit der Choralgesänge dann bereits beim Blick auf die Vielfalt der Klauseln.

Der Umgang der App mit ihr unbekannten Schlusswendungen ist ebenfalls ausdifferenziert. Beispiel 2 zeigt eine Bassstimme zur gleichen Melodie wie in Beispiel 1, nur

7 Das Glossar ist unter <https://apps.satzlehre-online.de/as/documentationKlauseln> abrufbar.

kommen hier noch einige zusätzliche Annotationen vor. Darunter ist die zugehörige Kadenzliste abgebildet. Für die zweite Kadenz wird ›Dissonante Penultima‹ vermerkt, auch die Angabe ›Dissonanter Schlussklang‹ ist möglich und wird dann bevorzugt, wenn beide Positionen, Penultima und Ultima, dissonant sind. Die vierte Kadenz wird durch die App als nicht analysierbar annotiert. Eine entsprechende Information wird auch dann ausgegeben, wenn eine Bassnote fehlt.

- Cadentia maior
- Dissonante Penultima
- Mi-Kadenz, Cadentia minima
- Kein Schlussintervall vorhanden oder nicht analysierbar
- Cadentia maior
- Cadentia maior

[illegible]

Beispiel 2: Satz zu »Freu dich sehr, o meine Seele« mit Annotationen; Version mit Fehlern, bearbeitet vom Verfasser

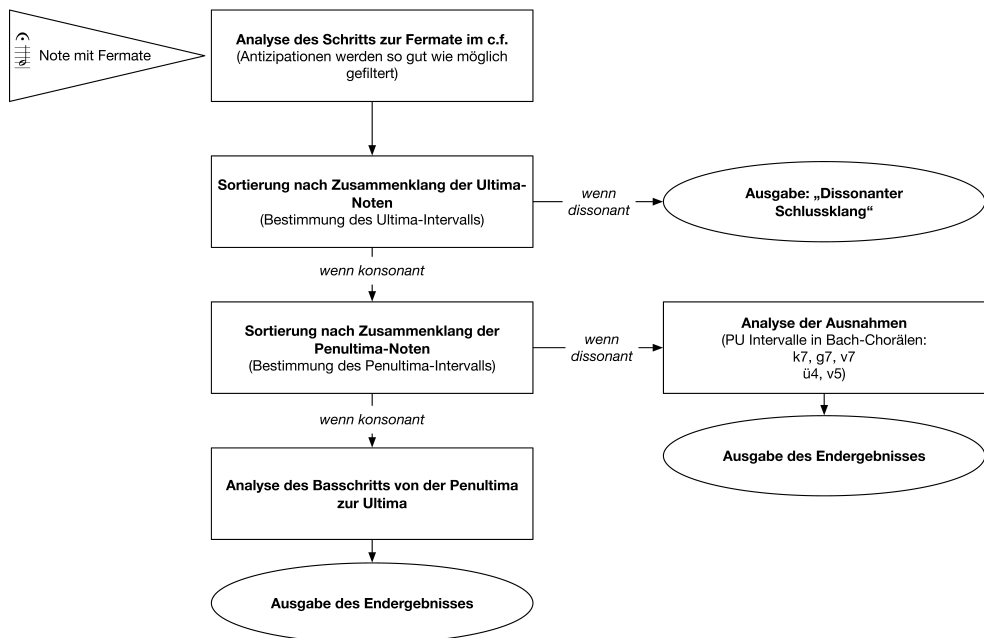


Abbildung 1: Arbeitsweise zur Annotation der Klauseln

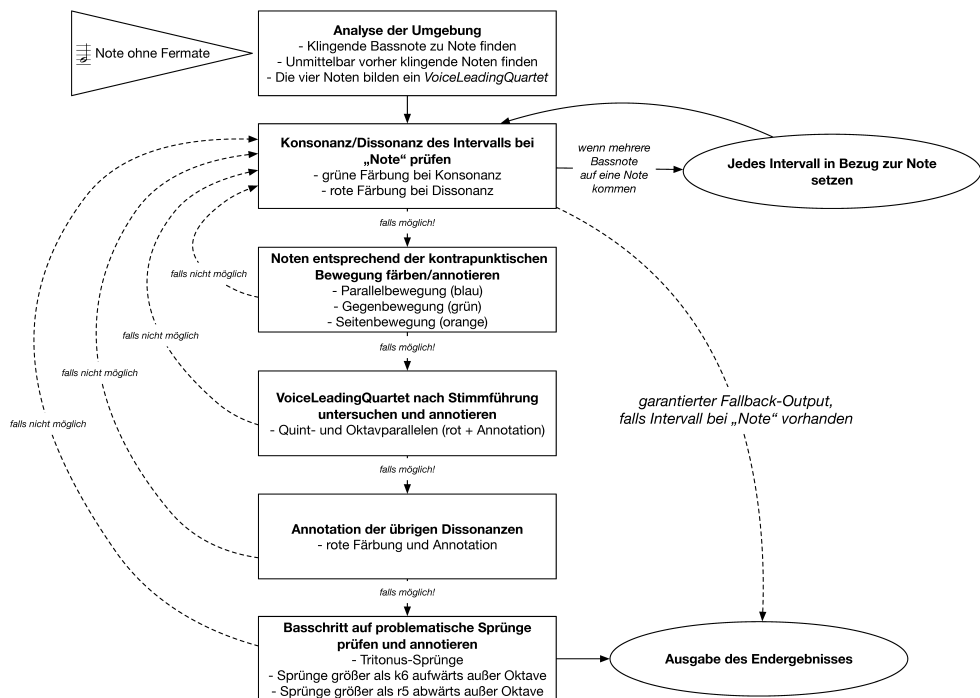


Abbildung 2: Arbeitsweise zur Annotation der kontrapunktischen Verhältnisse und Fortschreitungen

Zu den Annotationen

Das Ziel der App ist es, eine automatisch annotierte Partitur zu erzeugen, die dann von den Nutzenden ausgewertet, d.h. weiter interpretiert werden muss. Der Vorteil für den didaktischen Gebrauch besteht darin, dass die App nicht ein ›Richtig‹ oder ›Falsch‹ markiert, sondern durch die Annotationen zur Auseinandersetzung mit den Bezeichnungen motiviert. Vor diesem Hintergrund stellten sich bei der Visualisierung verschiedene Designfragen, die vor allem die Art der Annotationen betreffen und darüber hinaus auch die Verwendung der Außenstimmen-App in diversen Kontexten in Forschung und Lehre in den Blick nehmen.

Konventionen, historische und systematische Terminologie

Die erste Frage bei der Annotation ist die nach der analytischen Perspektive. Hier stehen zunächst die Klauseln im Fokus. Mit einer rein historischen Terminologie, die nicht systematisch alle möglichen Fälle abdeckt, gestaltet sich der Formalisierungsprozess, der für das Programm zur Erkennung der Klauseln benötigt wird, relativ aufwändig und ist nicht ohne Kompromisse bzw. differenzierende Elemente zu machen. Immer wieder gilt es abzuwägen, welche Details wie kodiert werden sollen, oder ob sie bei der Formalisierung überhaupt berücksichtigt werden sollen. Außerdem entsteht sehr schnell die Frage, welche historische Terminologie zu Grunde gelegt werden soll.

Als einfaches Beispiel dafür seien die Varianten der Tenor- oder Altklausel in verschiedenen Kontexten angeführt. Da es genau um diese Varianten und damit auch um Harmonisierungsoptionen geht, muss es das Ziel sein, möglichst alle Optionen identifizieren und annotieren zu können. Das Ergebnis zeigt, dass der größte Teil der theoretischen Optionen auch tatsächlich in den historischen Sätzen der Bach'schen Choralgesänge benutzt wird. Die Terminologie erfährt durch diesen Prozess Erweiterungen, mit denen durchaus produktiv gearbeitet werden kann.

In der Formalisierung steckt somit meines Erachtens auch ein Erkenntnisgewinn. Es lassen sich mit relativ wenigen Informationen über den Außenstimmensatz zahlreiche Aussagen treffen, die einen Corpus, einen Stil oder einen musikalischen Zusammenhang beschreiben. Die Entfaltung, die das Klauselsystem in der musikalischen Realität erfährt, stellt sich durch die Formalisierung sehr eindrücklich dar. Dass die Terminologie dabei strapaziert wird, spiegelt sich im umfangreichen Glossar zu den Klauseln. Ein gutes, zur weiteren Differenzierung beitragendes Hilfsmittel besteht darin, die Skalenstufen hinzuzuziehen, welche die Intervallkonstellationen zusätzlich kontextualisieren. Einige Klauseln und Kadenzen erhalten dadurch zusätzlich bestimmte Orte im tonalen Raum der Skala und können so genauer erfasst werden.

Visualisierung von Kontrapunkt in Partituren

Eine zweite Anwendung der App besteht in der Visualisierung der kontrapunktischen Fortschreitungen zwischen den Außenstimmen. Auch hier wird allein durch die Färbung ein Stilwandel von konsonanten hin zu zunehmend dissonanten Sätzen im 18. Jahrhundert sichtbar (vgl. dazu den Satz von Johann Hermann Schein in Beispiel 1 mit dem Bach-Satz aus Beispiel 3). Die Visualisierung von Durchgängen kann zum Beispiel mit Blick auf didaktische Zwecke hilfreich sein. Ein weiteres Ziel für die App könnte darin liegen, hier einfache Satzmodelle oder typische Fortschreitungen von Stimmen zu beschreiben.

The image displays two systems of a musical score for a Bach chorale. The top system contains measures 1 through 4, and the bottom system contains measures 5 through 8. The key signature is G major (one sharp) and the time signature is 4/4. The vocal line is labeled 'TK' (Tenor) and the bass line is labeled 'BK' (Bass). Notes are color-coded: green for consonant and red for dissonant. In the top system, measure 4 has a label 'abspringende SK' above the vocal line. In the bottom system, measures 5, 6, and 7 have 'Dissonanz' labels above the vocal line. The vocal line ends with a fermata in measure 8.

Beispiel 3: Annotation des Bach-Chorals »Lob sei Gott dem Vater ton« BWV 36, 8

3. Teil: Design von digitalen Werkzeugen für die Musiktheorie

Zum Abschluss noch einige allgemeinere Gedanken zu digitalen musiktheoretischen Werkzeugen. Ein wichtiges Anliegen und Designvorgabe ist es, dass solche Werkzeuge eine Funktionalität bereithalten, die in unterschiedlichen Kontexten genutzt werden kann.

Bezogen auf das Beispiel der Außenstimmen-App hieße das, dass die automatischen Annotationen im Kontext der Lehre ein Feedback für Studierende bieten. Die Voraussetzung dafür ist, dass die Kategorien, nach denen analysiert wird, bekannt sind und angewendet werden können. Für Forschungszwecke hingegen bietet sich mit der Möglichkeit einer automatisierten und zuverlässigen Annotation von großen Mengen an Partituren ebenfalls ein interessantes Hilfsmittel, ebenso wie mit der Einbindung dieser Funktionen in einen größer angelegten Analyseprozess. In beiden Kontexten lässt sich feststellen, dass binäre Bewertungen im Sinne von ›richtig oder falsch‹ oder ›gefunden

oder nicht gefunden« oft nicht hinreichend Informationen transportieren und damit den Interpretationsspielraum einschränken.

Für das Design von Werkzeugen bedeutet dies, eine offene Schnittstelle für verschiedene Kontexte zu schaffen.⁸ Die Funktionalität soll dadurch unabhängig von bestimmten Ein- und Ausgabe-Mechanismen sein und die Datenverarbeitung so geschehen, dass es Schnittstellen gibt, an denen eine Weiterverarbeitung durch andere Werkzeuge möglich ist. Im Falle der Außenstimmen-App ist die flexible Verarbeitung angelegt, ohne dass sie bereits ausgeschöpft würde. Technisch sind die Module als Teil einer Analysebibliothek gedacht. Ein solches Szenario, in dem Module je nach Bedarf angepasst und in bestehende Strukturen integriert werden können, ist je nach Fragestellung auch für Forschungszwecke denkbar.⁹ Dazu ist es unumgänglich, dass die Algorithmen des Werkzeugs transparent, einsehbar und veränderbar sind. Die Quelldateien der Außenstimmen-App sind deshalb frei verfügbar.¹⁰

Erweiterungen in naher Zukunft

Ein erster Schritt, um die Schnittstelle zu nutzen, ist ein PlugIn für MuseScore, das auf Basis der App derzeit entwickelt wird. Außerdem soll es die Möglichkeit geben, komplexere Partituren als bereits reduzierte Außenstimmen in die App zu laden und auch die Klauselanalyse bei mehr als nur zwei Stimmen auszuführen.

Literatur

- Menke, Johannes (2015), *Kontrapunkt I: Die Musik der Renaissance* (Grundlagen der Musik 2), Laaber: Laaber.
- Printz, Wolfgang Caspar (1696), *Phrynus Mitilenaeus oder Satyrischer Componist*, Dresden/Leipzig: Mieth/Zimmermann.
- Waloschek, Maria Anna / Constanze Gruhle (Hg.) (2022), *Die Kunst der Lehre – Ein Praxishandbuch für Lehrende an Musikhochschulen*, Münster: Waxmann.

Noten

- Bach, Johann Sebastian (1985), Choralsatz zu *Lob sei Gott dem Vater* ton BWV 36, 8, digitale Version nach der Ausgabe von Alfred Dürr, Kassel: Bärenreiter.

8 Das betrifft bei Software sowohl die Verfügbarkeit hinsichtlich der Nutzungsrechte als auch die gute Dokumentation des Codes und der Schnittstellen.

9 Das music21 Toolkit, das unter Federführung von Michael Scott Cuthbert entwickelt wird, ist das beste Beispiel für eine solche wachsende Bibliothek (<https://web.mit.edu/music21/>).

10 Der Quellcode ist im Git-Repository (<https://git.mh-freiburg.de/heffter/Aussenstimmen-Analyse>) verfügbar. Vgl. dazu auch die Weblinks Heffter 2017/18 und 2022.

Muffat, Georg (1699), *Regulae Concentuum Partiturae*, Ms. = A-Wm MS 1 B 7, Neuedition, hg. von Bernhard Lang <http://www.bassus-generalis.org/muffat/muffat-regulae.html> (10.10.2019).

Schein, Johann Hermann (1629), *Cantional oder Gesangbuch Augsburgischer Konfession*, Neuedition von Adam Adrio, Kassel u. a. 1966: Bärenreiter.

Weblinks

Cuthbert, Michael / Christopher Ariza / Benjamin Hogue / Josiah Wolf Oberholtzer (2006–), music21 – a Toolkit for Computer-Aided Musicology, <https://web.mit.edu/music21/>

Heffter, Moritz (2017/18), *Außenstimmen-App*, Freiburg: <https://apps.satzlehre-online.de/as/>

Heffter, Moritz (2017/18), *Quellcode zur Außenstimmen-Analyse-App*, <https://git.mh-freiburg.de/heffter/Aussenstimmen-Analyse> und <https://github.com/mxordn/aussenstimmen-analyse>

Heffter, Moritz (2022), *Quellcode zur Außenstimmen-Analyse-App mit MuseScore PlugIn*, <https://github.com/mxordn/aussenstimmen-analyse>