

Das Gesamtkunstwerk Oper aus Datensicht

Aspekte des Umgangs mit einer heterogenen Datenlage im BMBF-Projekt „Freischütz Digital“

Daniel Röwenstrunk · Thomas Prätzlich · Thomas Betzwieser · Meinard Müller · Gerd Szwillus · Joachim Veit

Received: date / Accepted: date

Zusammenfassung Das vom BMBF geförderte Projekt *Freischütz Digital* setzt ein genuin digitales Editions-konzept für musikalische Werke in einem multi-medialen Archiv u. a. mit Notentexten, Textbüchern und Aufnahmen in Form von Ton- und Videodokumenten um. Dies ermöglicht eine dichte Verknüpfung und Annotierung der Inhalte. Durch die Veröffentlichung der Ergebnisse unter einer *Open-Access*-Lizenz in einem Grid-basierten System mit *Persistent Identifiern* entsteht eine stabile Referenzierbarkeit und langfristige Verfügbarkeit für nachnutzende Forschungsprojekte. Die Potentiale dieses Konzepts werden dadurch evident, dass detaillierte Codierungen der musikalischen Texte zur adhoc-Darstellung beliebiger, auch varianter Ausschnitte der Partituren genutzt werden können. Ebenso können das Libretto mit seiner Genese gleichberechtigt integriert, Annotationen der Datenobjekte (Text, Bild und Ton) erstellt und – aufgrund von Forschungsergebnissen zur zeitlichen und spektralen Segmentierung akustischer Datenströme – Notentexte und Aufnahmen mittels automatisch erstellter Verlinkung synchron angezeigt bzw. abgespielt werden.

Schlüsselwörter Digitale Musikedition · Audio · Segmentierung · Genetische Edition · MEI

Benjamin W. Bohl · Daniel Röwenstrunk · Joachim Veit
Musikwissenschaftliches Seminar Detmold/Paderborn
Gartenstr. 20, 32756 Detmold
Tel.: +49 5231 975-876
E-Mail: roewenstrunk@edirom.de

Meinard Müller · Thomas Prätzlich
International Audio Laboratories, Erlangen

Thomas Betzwieser · Solveig Schreiter · Janette Seuffert
Institut für Musikwissenschaft, Goethe-Universität Frankfurt

Gerd Szwillus
Institut für Informatik, Universität Paderborn

1 Einführung

In kaum einer Gattung der Musik ist in den vergangenen Jahrzehnten die Notwendigkeit der Veränderung gängiger Editions-methoden so deutlich geworden wie im Bereich der Oper. Die Vielschichtigkeit dieses Kulturphänomens lässt sich mit simplen, auf den Komponisten des Werks zentrierten klassischen Editionen nicht abbilden. So verwundert es kaum, dass neue Konzepte, in denen die autorunabhängige Überlieferung sowie Produktions- und Rezeptionskontexte eine große Rolle spielen, verstärkt die Möglichkeiten digitaler Editionsformen einbeziehen.



Abb. 1 Graphische, logische und akustische Domäne der Oper *Der Freischütz*.

Das BMBF-Projekt *Freischütz Digital*¹, das sich der paradigmatischen Konzeption und Umsetzung ei-

¹ <http://www.freischuetz-digital.de>

nes genuin digitalen Editions-konzepts am Beispiel der Erfolgsoper Carl Maria von Webers widmet, weitet unter den neuen Bedingungen die Perspektive, indem erstmals die graphische, logische und akustisch-performative Domäne [2] musikalischer Werke in eine historisch-kritische Edition einbezogen werden. Damit sind nicht nur durch die Tonaufnahmen inhaltlich neue Bereiche in die Edition einzubinden, sondern gleichzeitig heterogene Datenkorpora und -typen, die zudem in sehr unterschiedlicher Tiefe erschlossen sind, zu bearbeiten und auf unterschiedlichsten Ebenen miteinander zu verknüpfen.

Neben der Bereitstellung einer möglichst breiten Datenbasis unter einer *Open-Access*-Lizenz und der Darstellung der Potentiale dieses genuin digitalen Editions-konzepts legt das Projekt eine genetische Edition des Librettos im digitalen Medium und Grundlagenforschungen im Bereich der zeitlichen und spektralen Audiosegmentierung vor, deren Ergebnisse in die Edition einfließen. Die Konzeption und Implementierung einer interaktiven Benutzerinteraktion und verschiedene Varianzanalysen zur Demonstration der Nutzbarkeit bilden weitere, in diesem Artikel nicht näher beschriebene Ziele des Projekts.

2 Datengrundlage

Die im Projekt aufzubauende und anzureichernde Datenbasis ist (in Anlehnung an Frans Wierings Modell eines multidimensionalen und multimedialen Archivs [13]) eine Sammlung unterschiedlichster Materialien, die zum Verständnis des Werkes und somit zur Edition beitragen kann. *Der Freischütz* – bestehend aus Ouvertüre und 16 Nummern mit eingeschobenen gesprochenen Dialogen – ist in mehreren Partituren überliefert und basiert auf dem von Friedrich Kind verfassten gleichnamigen Libretto. Es sind somit neben den Notentexten auch die librettistischen Quellen, darüber hinaus auch Briefe, Presstexte, Tagebucheinträge, Abbildungen oder andere Informationen z. B. zu Personen oder Institutionen von Interesse. Dabei wird dem Postulat Wierings, eine möglichst vollständige Erfassung und Aufbereitung dieser Datenobjekte zu gewährleisten, Rechnung getragen, indem zum Beispiel musikalische Inhalte nicht ausschließlich durch den Notensatz (grafische Domäne), sondern auch durch eine die Semantik erfassende Codierung (logische Domäne) und durch Aufnahmen von Aufführungen und anderen akustischen Realisationen (akustische bzw. performative Domäne) beschrieben werden.

Multimedialität. Aufgrund der Forderung nach einer umfassenden Integration unterschiedlichster Datenobjekte

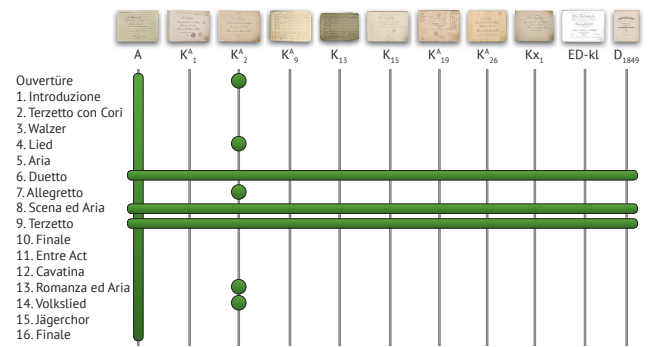


Abb. 2 Musikalische Quellen (Angabe der Siglen) und Nummern der Oper mit Markierung der erstellten MEI-Codierungen.

enote entsteht ein multimediales System, das neben textuellen Informationen auch strukturierte Daten, Metadaten, Audio, Video und Bildmaterial erfassen kann. Im Rahmen des Projekts werden sämtliche Objekte in Form von XML-Dateien abgespeichert und gegebenenfalls durch Bild-, Audio- oder Videodateien ergänzt, wobei textuelle Objekte nach den Richtlinien der *Text Encoding Initiative*² (TEI) und musikalische Objekte nach denen der *Music Encoding Initiative*³ (MEI) codiert werden. Codierungen der Partituren werden exemplarisch vollständig für das Autograph und in den anderen Quellen für die Nummern 6, 8 und 9 angelegt (vgl. Abbildung 2). Die XML-native Dokument-Datenbank *eXist*⁴ dient hierfür in Kombination mit dem Bildserver *Digilib*⁵ als Datenspeicher mit speziell für diese Datenstrukturen angelegten Indizes.

Multidimensionalität. Relationen innerhalb des Archivs sind sowohl zwischen Datenobjekten als auch innerhalb der Objekte selbst möglich. Zum Beispiel sind mehrere Textschichten, Fassungen und Varianten, Ambiguitäten oder auch mediale Repräsentationen des Objekts miteinander in Beziehung zu setzen. Hierfür ist es erforderlich, die Granularität der Auszeichnung der Objekte in XML an die Beziehungstiefe anzupassen und Objektidentitäten in Form von IDs auf den unterschiedlichen Ebenen der Codierung zu schaffen. Annotationen können als komplexe Beziehungsobjekte zwischen diesen Objektidentitäten gesehen werden und bieten – über direkte Referenzen zwischen Objekten hinaus – die Möglichkeit, Relationen zu bewerten, zu kommentieren oder zu gewichten. Durch eine eigenständige ID der Annotationen im Archiv können diese wieder als

² <http://www.tei-c.org>

³ <http://www.music-encoding.org>

⁴ <http://www.exist-db.org>

⁵ <http://digilib.sourceforge.net>

Bestandteil der Datenbasis gesehen und als Grundlage für weitere Forschung genutzt werden.

Offenheit. Die Verfügbarkeit der Daten wird über eine Publikation sämtlicher Projektergebnisse innerhalb des *TextGrid-Repository*⁶ unter einer *Open-Access-Lizenz* der Creative Commons Organisation⁷ sichergestellt. Neben der durch die Grid-Technologie zu erwartenden hohen Verfügbarkeit bietet das System *Persistent Identifier* für sämtliche Objekte und damit eine stabile Referenzierbarkeit jedes veröffentlichten Zustands der Datenobjekte. Über definierte Schnittstellen können diese Daten in anderen Kontexten nachgenutzt werden, ebenso wie das Projekt selbst zum Beispiel die Daten der digitalen Texteditionen der Carl-Maria-von-Weber-Gesamtausgabe (WeGA) nutzt.⁸

3 Digitale Musikedition

Ein wesentliches Ziel des Projekts ist die Konzeption und Umsetzung eines genuin digitalen Editions-konzepts für musikalische Werke; dies bezieht neben den Methoden zur Erarbeitung der Edition auch die Analysemethoden und Darstellungsformen derselben mit ein. Zu der verbesserten Verfügbarkeit der Materialien durch die Aufnahme sämtlicher musikalischer Quellen in die Publikation (vgl. Bohl et al. in [4] inbes. S. 271–272), die in Form des Autographs, einiger Kopistenabschriften mit zum Teil autographen Eintragungen und weniger Drucke in die Edition einfließen, wird die Datenbasis im Wesentlichen durch die Aufnahme der akustischen Domäne und die Erfassung des musikalischen Textes in Form einer semantischen Codierung erweitert. Zusammen mit umfangreichen strukturierten und prosaischen Metadaten und den bereits in früheren digitalen Editionen eingeführten (karto-)graphischen Angaben zu Taktpositionen auf den Abbildungen der Notenschriften (vgl. [4], S. 273) ergibt sich so ein den Forderungen Wierings nach einer umfassenden multimedialen Erfassung der Datenobjekte (siehe Abschnitt 2) entsprechendes Gesamtbild der musikalischen Quellen.

Die verschiedenen Domänen der musikalischen Objekte (logisch, graphisch und akustisch) werden in unterschiedlicher Tiefe erschlossen. Verbleiben die Informationen zu Struktur und Inhalt in der graphischen und akustischen Domäne auf der Ebene eines Taktes als strukturierender Einheit, werden in der logischen Codierung sämtliche in den Notenschriften enthaltenen musikalischen Zeichen erfasst. Über Referenzen

zwischen den eine Taktposition markierenden Rechtecken auf den Faksimiles, den Abschnitten einer Tonaufnahme, die auf Basis einer automatischen zeitlichen Segmentierung (vgl. Abschnitt 5) eine akustische Repräsentation eines Taktes darstellen, und den Taktstrukturen in der Codierung des musikalischen Inhalts werden diese drei Domänen in Relation gebracht. Eine feinere Auflösung der Entsprechungen in Form von Positionen einzelner Zeichen auf dem Faksimile oder kürzerer Abschnitte im Audio, zum Beispiel auf Basis einer Zählzeit, ist denkbar und wünschenswert, aber zur Zeit aufgrund fehlender oder nicht präziser Automatismen nicht ohne manuelle Korrektur zu realisieren.

Codebsp. 1 Codierung der Quelle (beispielhaft).

```

1 <measure n="1" xmlns="
  ↪http://www.music-encoding.org/ns/mei">
3 <staff n="10">
  <layer n="1">
5     ...
      <note xml:id="A_1_e3" stem.dir="up"
7     ↪sameas="core.xml#core_1_e3_1"/>
  </layer>
9 </staff>
</measure>

```

Codebsp. 2 Codierung der *Core*-Datei (beispielhaft).

```

<measure n="1" xmlns="
2 ↪http://www.music-encoding.org/ns/mei">
  ...
4 <staff n="10">
  <layer n="1">
6     ...
      <app>
8         <rdg source="#A">
          <note xml:id="core_1_e3_1"
10 ↪pname="d" oct="3" dur="8"/>
          </rdg>
12         <rdg source="#B">
          <note xml:id="core_1_e3_2"
14 ↪pname="e" oct="3" dur="8"/>
          </rdg>
16         </app>
          ...
18         </layer>
        </staff>
20 </measure>

```

Zwischen den Notentexten werden Beziehungen auf verschiedenen Ebenen der Codierung erstellt und beschrieben; dies erstreckt sich 1. über Notendokumente in ihrer Gesamtheit, wie z. B. innerhalb eines Stemmas zur Darstellung der Filiation der Texte, 2. einzelne Nummern oder Dialoge, wenn diese im Rahmen einzelner Aufführungen an die spezifischen politischen oder personellen Gegebenheiten eines Opernhauses angepasst wurden, 3. größere zum Teil nicht zusammenhängende Abschnitte des Notentextes, um z. B. die Schreibgewohnheiten bezüglich der Bogensetzung des

⁶ <http://textgrid.de>

⁷ <https://creativecommons.org>

⁸ <http://weber-gesamtausgabe.de>

Komponisten zu beleuchten, oder auch 4. einzelne Noten oder Dynamikangaben, wenn hier Unterschiede in den Quellen zu verzeichnen sind. Dabei bleiben quellenimmanente Beziehungen, die z. B. Korrekturspuren im Notentext oder Unsicherheiten bei der Interpretation der Bogensetzung beschreiben, innerhalb der Quellencodierungen verzeichnet. Abweichungen der Notentexte untereinander werden in einer zusätzlichen Datei abgelegt, der sogenannten *Core*-Datei (*CO*mparison-*RE*sults- oder auch *Kern*-Datei).⁹ In der *Core*-Datei wird der Notentext der Oper mit allen seinen überlieferten Varianten und Lesarten mittels *Parallel Segmentation*¹⁰ erfasst (vgl. Codebeispiel 2, Zeilen 7–16), wobei hier lediglich die wichtigen Parameter wie Notenhöhe und -dauer, Bögen und Artikulation in normalisierter Form berücksichtigt werden. Unsicherheiten z. B. in der Bogensetzung und alle weiteren Parameter der Notentexte verbleiben innerhalb der einzelnen Quellendateien, die sich auf die entsprechende Variante in der *Core*-Datei beziehen (vgl. Codebeispiel 1, Zeilen 7–8). Auf diese Weise entsteht neben den diplomatisch übertragenen Quellencodierungen eine Codierung des Werktextes in all seinen Ausprägungen, die sämtliche Quellen bis auf die Ebene einzelner Zeichen in Beziehung setzt.

Auf Basis dieser Auszeichnungen können die Notentexte wieder in Notensatz dargestellt und durch Parametrisierung des Renderings an verschiedene Situationen angepasst werden. So lassen sich einzelne Quellen in Gänze oder variante Stellen ausschnitthaft in Annotationen, die gewichtete Beziehungen zu jedem Element der Codierung beinhalten können, anzeigen und ggf. einzelne Aspekte hervorheben. Das Ziel herkömmlicher Editionen, einen sowohl für Wissenschaft als auch die Praxis gültigen edierten Notentext zu erstellen, kann durch diese Möglichkeiten dahingehend erweitert werden, dass nun mehrere gültige edierte Texte dargestellt und für den Nutzer adäquat eingerichtet werden können (vgl. [4], S. 272). Es ist offensichtlich, dass für Analysen und Anwendungen, etwa bei musikalischer Suche, die Strukturen der *Core*-Datei in z. B. einem Datenbank-Index eine spezielle Berücksichtigung finden müssen.

4 Genetische Textedition

Aufbauend auf mehreren authentischen und autorisierten Quellen zum Libretto des *Freischütz* erstellt das Projekt eine genetische Edition der textuellen Grundlage der Oper. Hierbei steht nicht die Erarbeitung eines

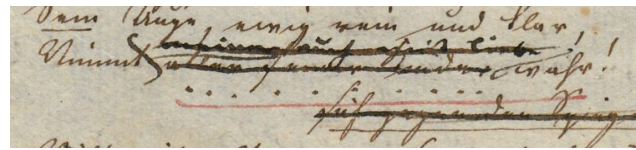


Abb. 3 Korrektur Webers im Handexemplar des Librettos.

edierten Texts im Vordergrund, sondern vielmehr die Aufbereitung der einzelnen Zeugen und deren Entstehungs- und Überarbeitungsgeschichte. Unter den Abschriften des Friedrich Kindschen Librettos liegt ein von Weber in Auftrag gegebenes Exemplar – sein Handexemplar – vor, das mit zahlreichen Eintragungen Webers einen einzigartigen Einblick in den Schaffensprozess des Komponisten von der Entstehung der Abschrift bis zur Uraufführung der Oper gibt.

Codebsp. 3 Mehrfache Korrektur Webers (vereinfacht)

```

1 <1 xmlns="http://www.tei-c.org/ns/1.0">
2   Nimmt <subst hand="#cmvweber">
3     <del seq="1" rend="strikethrough">
4       <restore seq="4" rend="punctuated">
5         aller seiner Kinder</restore>
6     </del>
7     <del seq="3" rend="strikethrough">
8       <add seq="2" place="above">
9         meiner auch mit Liebe</add>
10    </del></subst> wahr!
</1>

```

In vier Schritten – im Codebeispiel 3 über die Angaben des Sequenzschrittes in den *seq*-Attributen zu erkennen – überarbeitete Weber die letzte Zeile der zweiten Strophe der Cavatine „Nimmt aller seiner Kinder wahr!“. Er strich zunächst den Abschnitt „aller seiner Kinder“ (Zeilen 3–6) und fügte über der Zeile „meiner auch mit Liebe“ ein (Zeilen 7–10). Zu einem späteren Zeitpunkt strich er die Hinzufügung und stellte die ursprüngliche Form wieder her, indem er den Text mit Punkten entsprechend markierte (vgl. Abbildung 3 und [12], S. 321–322). Diese sehr detaillierte Auszeichnung der Handschrift nach den Richtlinien der TEI und die Verknüpfung des Textes mit den Faksimiles des Dokuments ermöglicht die Darstellung des Librettos in Transkription in den unterschiedlichen Schreibschichten und zeigt in Kombination mit Tagebucheinträgen Webers, die im Rahmen der Digitalen Edition der WeGA erfasst sind und in die Edition integriert werden, deutlich die einzelnen Stufen der Überarbeitung auf. Um einzelne Schichten der Überarbeitungen für die Darstellung und die über einen Index aufgebaute Suche verfügbar zu machen, wird die alle Schichten umfassende Codierung in der Datenbank vorprozessiert und in dabei entstehenden einzelnen Dateien zwischengespeichert.

Zusammenhänge zwischen den Libretti werden ähnlich wie innerhalb der musikalischen Quellen in Form ei-

⁹ vgl. <http://freischuetz-digital.de/datamodel.html>

¹⁰ vgl. <http://www.tei-c.org/release/doc/tei-p5-doc/en/html/TC.html#TCAPPS>

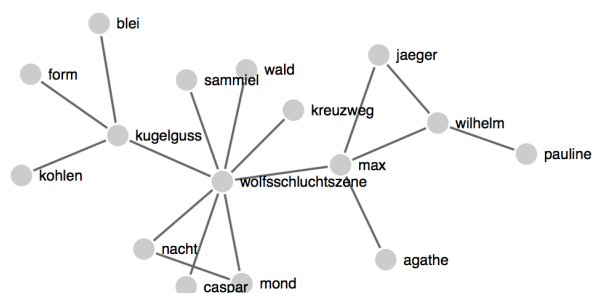


Abb. 4 Begriffsbeziehungen rund um die *Wolfsschlucht* im Libretto und den Referenztexten.

ner *Core*-Datei erfasst. Mit Hilfe eines von Raffaele Vigiante (Washington) speziell für diese Arbeit entwickelten Werkzeugs, dem *CoreBuilder*,¹¹ können Bezüge zwischen Versen oder sogar einzelnen Wörtern hergestellt werden; die *Core*-Datei erfasst dabei lediglich die substantiellen Abweichungen zwischen den Quellen (nicht etwa die Interpunktion oder Orthographie) in Form von Referenzen, da grundsätzlich von einer Entsprechung der Libretto-Texte ausgegangen werden kann. Für die Nutzung der *Core*-Datei in der Präsentationssoftware des Projekts, *Edirom Online*,¹² werden diese Abweichungen interpretiert und in Anlehnung an die *Core*-Datei der Musik in eine normalisierte Version des Librettos mit allen Fassungen überführt.

Zusätzlich zur textgenetischen Edition des Librettos, das in ähnlicher Weise wie in der Veröffentlichung *Prima la musica e poi le parole* des OPERA-Projekts neben der Musikedition gleichberechtigter Bestandteil der Präsentation ist (vgl. [3], S. 267), steht das Beziehungsgeflecht, in dem das Werk in zweierlei Richtungen – im Hinblick auf die rückwärts verweisende Stoffgeschichte und nach vorne mit dem Blick auf die Rezeption – situiert ist, im Mittelpunkt. So lassen sich motivische und stoffgeschichtliche Bezüge zu früheren Werken wie z. B. dem *Gespenssterbuch* (1811) von August Apel und Friedrich Laun herstellen und aufzeigen. Diese intertextuellen Referenzen werden in Form von *Topic Maps*¹³ erfasst, kontextualisiert, bewertet und beschrieben, die wiederum sowohl Grundlage für verschiedene Darstellungsformen dieser Beziehungen sind (siehe z. B. Abbildung 4) als auch für eine Erweiterung der Suchfunktionalität in der Form genutzt werden, dass z. B. auch lose Begriffszusammenhänge zu möglichen weiteren Ergebnissen einer Suchanfrage führen können. So werden Anfragen zu *Jäger* über die Verknüpfung der *Topic Map* solche Dokumente finden, die *Jägerbursch*,

¹¹ <https://github.com/Freischuetz-Digital/coreBuilder>

¹² <https://github.com/Freischuetz-Digital/Edirom-Online>

¹³ <http://www.topicmaps.org>

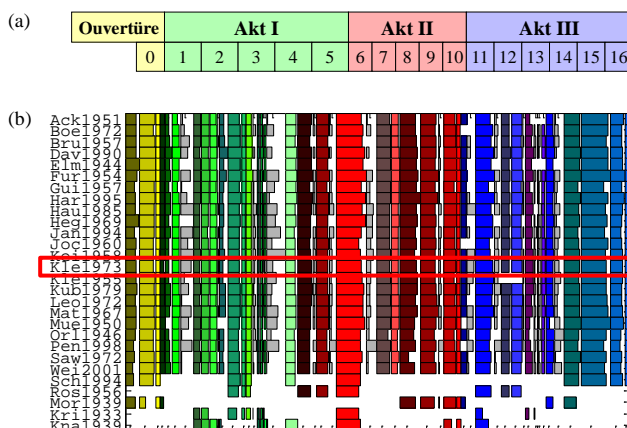


Abb. 5 (a) Aufteilung der Oper in Akte und Nummern. (b) Segmentierung von Audioaufnahmen anhand einer Referenzsegmentierung (Kle1973).

Bursch oder aber auch *Schütze* beinhalten; wobei diese Ergebnisse mit einer gewichteten Relevanz in das Suchergebnis aufgenommen werden.

5 Audio-Segmentierung

Neben den Notentextdaten existiert eine Vielzahl von Einspielungen in Form von Audio- oder Filmaufnahmen. Die verschiedenen Aufnahmen können sich stark in der musikalischen Ausgestaltung des Tempos, der Dynamik oder der Stimmung der Instrumente unterscheiden. Weiterhin können auch erhebliche strukturelle Abweichungen auftreten. Zum Beispiel wurde in der Ära der Schellackplatten aus Kostengründen das Konzept der „Kurzoper“ eingeführt, welches eine Oper gekürzt unter „Beibehaltung der Struktur und der dramaturgisch wichtigen Passagen“ [1] wiedergeben sollte. Insbesondere wurden hierbei Wiederholungen und ähnlich klingende Passagen gestrichen. In manchen Aufnahmen können aber auch ganze Nummern oder Dialoge fehlen.

Eine zentrale Aufgabenstellung besteht darin, eine gegebene Gesamtaufnahme der Oper in geeignete Abschnitte zu segmentieren – entsprechend der Aufteilung von „Tracks“ bei CD-Aufnahmen. Im Fall des *Freischütz* ist eine solche Track-Segmentierung meist eine Verfeinerung der 16 musikalischen Nummern, siehe Abbildung 5(a). Andererseits liegen manche Dialoge als separate Tracks vor. Aufgrund der Variabilitäten ist also eine Track-Aufteilung nicht kanonisch. In diesem Projekt wurde ein referenz-basiertes Verfahren zur automatisierten Segmentierung entwickelt [10,9]. Hierbei kann ein Benutzer eine Referenzsegmentierung einer Aufnahme vorgeben, die dann automatisch auf andere Aufnahmen übertragen wird. Das Resultat einer sol-

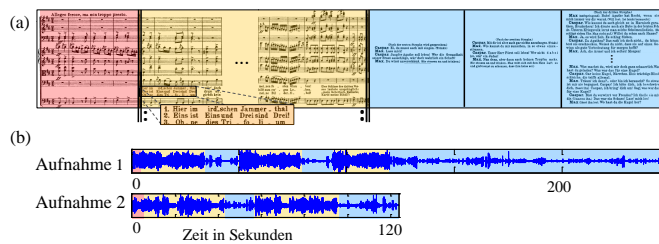


Abb. 6 Ergebnisse einer Strukturanalyse des Lieds „Hier im ird’schen Jammerthal“ (Nr. 4). (a) Notentext. (b) Zwei unterschiedliche Audioaufnahmen. In Aufnahme 2 werden der zweite Dialog und die dritte Strophe ausgelassen. Weiterhin erscheint der letzte Dialog in drastisch gekürzter Form.

chen Segmentierung ist in Abbildung 5(b) dargestellt. In diesem Beispiel wurde als Referenz eine vorgeschlagene Segmentierung einer Aufnahme von Carlos Kleiber aus dem Jahr 1973 (Kle1973) gewählt. Die anderen 27 Aufnahmen wurden dann entsprechend segmentiert. Hierbei stellen Kurzversionen, bei denen viele Segmente nur teilweise oder gar nicht vorliegen, eine besondere Herausforderung dar.

Die so generierte Track-Segmentierung soll in einem weiteren Schritt verfeinert werden. Dies führt zu der Aufgabenstellung der *automatisierten Strukturanalyse*, bei der es um die Zerlegung eines Audiodatenstroms in inhaltlich sinnvolle Abschnitte und elementare Einheiten geht [8]. Hierbei spielen zum einen unterschiedliche musikalische Dimensionen wie Zeit, Rhythmus, Dynamik, Harmonie und Klangfarbe und zum anderen auch unterschiedliche Segmentierungsprinzipien wie Wiederholung, Homogenität und Novelty eine Rolle. In Abbildung 6 ist das Ergebnis einer solchen Strukturanalyse angedeutet. Das diesem Beispiel zugrundeliegende Lied „Hier im ird’schen Jammerthal“ (Nr. 4) gliedert sich in eine Einleitung (rot), der drei sich wiederholende Strophen (gelb) folgen. Die Strophen wiederum sind durch von den Sängern gesprochene Dialoge (blau) unterbrochen. Während diese Struktur direkt dem Notentext entnommen werden kann, stellt die automatisierte Strukturierung von Audioaufnahmen eine anspruchsvolle Aufgabe dar. Neben den oben erwähnten musikalischen und akustischen Variabilitäten können sich unterschiedliche Interpretationen desselben Musikstücks auch strukturell unterscheiden. Ein Beispiel hierfür ist in Abbildung 6 dargestellt. Zur Bewältigung der Strukturierung werden unter anderem Methoden zur Wiederholungsfindung [8, 7] und zur Unterscheidung von reiner Instrumentalmusik, Gesang, und Sprache benötigt [6, 11]. Im Allgemeinen steht man bei der automatisierten Strukturierung von Musikaufnahmen noch vor vielen ungelösten Problemen.

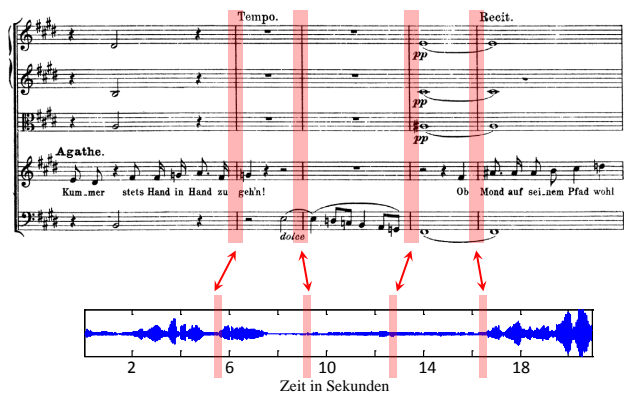


Abb. 7 Übertragung von Taktgrenzen von einem Notentext auf eine entsprechende Audioaufnahme.

6 Zusammenhänge der heterogenen Daten

Friedrich Kind fand in verschiedenen Vorlagen Ideen und Anregungen für das Libretto *Der Freischütz*, das im Wesentlichen auf dem *Gespensterbuch* von Apel und Laun basiert (vgl. Abschnitt 4), darüber hinaus aber zahlreiche, nachweisbare Bezüge zu anderen Werken enthält. Diese auf Bildern, Metaphern oder politischen und zeitgenössischen Themen basierenden Referenzen stellen die am wenigsten spezifischen Verknüpfungen von Datenobjekten im Projekt dar und werden in Form einzelner themenbezogener Relationen in *Topic Maps* abgelegt. Ein sehr viel engerer Zusammenhang kann zwischen dem Textbuch und der Komposition der Oper hergestellt werden, wobei hier aufgrund von rein instrumentalen Passagen und Wiederholungen der Verse in den Singstimmen n:1-Beziehungen zwischen den Textabschnitten der Partitur und des Librettos bestehen, die in Form einer Konkordanz-Datei abgelegt sind. Die Aufnahmen der klanglichen Realisierungen der Oper stehen in sehr enger Relation zu den Notentexten. In diesem Projekt kommen die in [5] entwickelten Verfahren der automatisierten Musiksynchronisation zum Einsatz; auf diesen Ergebnissen lassen sich direkte Bezüge zu den Takten der logischen Codierung der Notentexte in der musikalischen *Core*-Datei herstellen (vgl. Abbildung 7), wodurch ein synchrones „Abspielen“ von Partitur und Audio möglich wird.

Gleichzeitiges Betrachten und Hören der verschiedenen im Projekt verfügbaren Materialien ist wesentlich für das Verständnis der digitalen Edition und zentrales Element der Präsentationssoftware. Die einzelnen Objektarten (Libretti und Partituren) untereinander werden über die Text- und Musik-*Core*-Dateien in Beziehung gesetzt und können so parallel und synchron betrachtet werden: Libretti Vers für Vers und Partituren im Faksimile und im Rendering Takt für Takt. Werden zwei unterschiedliche Datentypen parallel geöffnet,

können bei Audio und Partitur ebenfalls die Informationen der Musik-Core-Datei genutzt werden, um den Notentext synchron zur Aufnahme zu blättern. Dadurch ist ein Mitlesen der Partitur zu einer Audioaufnahme oder andersherum eine Klangvorstellung zum geschriebenen Notentext – die sogenannte *Notational Audiation* – möglich. Werden Partitur und Libretto parallel betrachtet, ist ein diskretes Anwählen der inhaltlichen Übereinstimmungen über die Konkordanz möglich. Anmerkungen und die Beziehungen der *Topic Maps* werden in eigenständigen Visualisierungen und Navigations-elementen berücksichtigt. Ein direktes Navigieren zu Referenzstellen in anderen Datenobjekten, die über verschiedene Beziehungsebenen erreichbar sind, wird für jede Ansicht realisiert werden. So kann z. B. aus dem *Gespensterbuch* über die *Topic Map* in die Text-Core-Datei und über die Text-Musik-Konkordanz in die Musik-Core-Datei gelangt werden. Von der Musik-Core-Datei wiederum kann über die Taktreferenz eine Audioaufnahme an der Stelle abgespielt werden, die einen inhaltlichen Bezug zum *Gespensterbuch* aufweist; dafür ist keine Erfassung der Gesangstexte in den Aufnahmen notwendig.

7 Ergebnisse und Ausblick

Im Projekt *Freischütz Digital* sind Automatismen, Werkzeuge und Visualisierungen entstanden, die den Umgang mit einer durch die verschiedenen Datentypen und deren mediale Ausprägungen sehr heterogenen Datenbasis ermöglichen. Hierbei sind Auszeichnungstiefe und Detailgrad der Informationserfassung wesentliche Herausforderungen für die computergestützte Arbeit mit diesen Daten, die an einigen Stellen immer noch eine manuelle Bearbeitung erfordern. Die so entstandenen, stark verknüpften und annotierten Daten in Form von Quellentranskriptionen und -beschreibungen, Abbildungen, Aufnahmen, deren Synchronisierung und den darauf aufbauenden Forschungsergebnisse können Ausgangspunkt für weitere digitale Editionsprojekte sein, verstehen sich dennoch als offenes, stets zu erweiterndes und zu korrigierendes multidimensionales Archiv.

Die Integration des Benutzers in den Arbeitsprozess einer Edition ist ein Ziel des Projekts, das es in der verbleibenden Laufzeit zu erarbeiten gilt. Vorgesehen ist, dem Benutzer die Möglichkeit zu geben, mit den aus dem Projekt hervorgegangenen Werkzeugen eigene Fragestellungen an die Datenbasis zu stellen und die Ergebnisse in eigenen Veröffentlichungen wiederum nachnutzbar werden zu lassen. Über das Rechtemanagement des *TextGrid*-Systems können hierfür Forschergruppen oder auch Individuen gezielt zwischen privaten und öffentlichen Daten unterscheiden. Gleichzeitig

bleiben die Ergebnisse des Projekts als solche erkennbar und vor Veränderungen Dritter geschützt. Zur Demonstration einer solchen Nachnutzbarkeit wird das Projekt die Frage nach textueller und akustischer Varianz im Rahmen von Kopistenabschriften, Aufführungsmaterialien und Aufnahmen untersuchen und in einer verknüpften, aber parallelen Publikation zugänglich machen. Dabei könnte z. B. geklärt werden, ob eine lokal erhöhte Varianz in der Notenschrift signifikant mit einer Varianz in der akustischen Realisation des musikalischen Abschnitts korreliert, was ein Indiz für eine Interpretationsoffenheit der Schreibweise sein würde.

Literatur

1. Augustin, S.: CD Booklet in *Der Freischütz - Kurzfassung*. Gebhardt Records/Tamino Records (2002). JGCD 0047, EAN 035122000474
2. Babbitt, M.: The use of computers in musicological research. *Perspectives of New Music* **3**(2), 74–83 (1965)
3. Betzwieser, T., Buschmeier, G.: Digitale Editionen im Akademienprogramm. Die Projektpraxis am Beispiel OPERA. In: *Die Tonkunst* **5**, 263–269 (2011)
4. Bohl, B., Kepper, J., Röwenstrunk, D.: Perspektiven digitaler Musikeditionen aus der Sicht des Ediroom-Projekts. In: *Die Tonkunst* **5**, 270–276 (2011)
5. Ewert, S., Müller, M., Grosche, P.: High resolution audio synchronization using chroma onset features. In: *Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*, 1869–1872. Taipei, Taiwan (2009)
6. Lehner, B., Widmer, G., Sonnleitner, R.: On the reduction of false positives in singing voice detection. In: *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 7480–7484 (2014)
7. Müller, M., Jiang, N., Grosche, P.: A robust fitness measure for capturing repetitions in music recordings with applications to audio thumbnailing. In: *IEEE Transactions on Audio, Speech & Language Processing* **21**(3), 531–543 (2013)
8. Paulus, J., Müller, M., Klapuri, A.P.: Audio-based music structure analysis. In: *Proceedings of the International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR)*, 625–636. Utrecht, The Netherlands (2010)
9. Prätzlich, T., Müller, M.: *Freischütz digital: A case study for reference-based audio segmentation of operas*. In: *Proceedings of the International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR)*, 589–594. Curitiba, Brazil (2013)
10. Prätzlich, T., Müller, M.: Frame-level audio segmentation for abridged musical works. In: *Proceedings of the 15th International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR)*. Taipei, Taiwan (2014)
11. Saunders, J.: Real-time discrimination of broadcast speech/music. In: *Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, vol. 2, 993–996. IEEE (1996)
12. Viglianti, R., Veit, J.: Mind the gap. In: *Die Tonkunst* **5**, 318–325 (2011)
13. Wiering, F.: Digital critical editions of music: A multidimensional model. In: *Modern Methods for Musicology*, 23–45 (2009)