

## Ein System zur Identifikation der Schreiber von historischen Musikhandschriften

Roland Göcke<sup>1</sup>, Jörg Voskamp<sup>1</sup>, Ekkehard Krüger<sup>2</sup>, Tobias Schwinger<sup>2</sup>, Ilvio Bruder<sup>3</sup>, Andreas Finger<sup>3</sup>,  
Andreas Heuer<sup>3</sup>, Temenushka Ignatova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung, Institutsteil Rostock,  
Abteilung Human-Centered Interaction & Technologies, J.-Jungius-Straße 11, Rostock

<sup>2</sup> Institut für Musikwissenschaft, Universität Rostock, St.-Georg-Str. 103, Rostock

<sup>3</sup> Lehrstuhl Datenbank- und Informationssysteme, FB Informatik, Universität Rostock, A.-Einstein-Str.21, Rostock

**Korrespondenz:** Roland Göcke, Jörg Voskamp

Tel.: 0381/4024-131 / -120 Fax: 0381/4024199

Email: roland.goecke@rostock.igd.fhg.de joerg.voskamp@rostock.igd.fhg.de

**Abstract.** Musikstücke des 17. und 18. Jahrhunderts wurden per Hand vervielfältigt und verbreitet. Für die Musikwissenschaft ist es von Interesse, die Verbreitungswege und -zeiten derartiger Musikhandschriften zu erforschen, um daraus Rückschlüsse über das Wirken von Komponisten und Kopisten zu erhalten. Dies geschieht über die Bestimmung gewisser Charakteristika der Schreiberhand sowie bestimmter Merkmale des verwendeten Papiers. Aus diesen Informationen können gegebenenfalls auch Rückschlüsse auf den Ursprung eines Werkes gezogen werden, wenn dieser Ursprung nicht bekannt ist. Wir präsentieren hier einen Überblick über das im Jahr 2003 begonnene DFG-Projekt „eNoteHistory“, das sich mit der Entwicklung von Methoden zur Bestimmung der Charakteristika einer Schreiberhand und deren Umsetzung in einem Softwaresystem beschäftigt. Ziel ist es, ein einfach zu bedienendes System zu entwickeln, das die Arbeit der Musikwissenschaftler unterstützt.

### 1. Motivation

Vom späten 17. Jahrhundert bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts wurden Kompositionen überwiegend auf handschriftlichem Wege vervielfältigt und verbreitet. Entstehungszeit und -ort von Eigenschriften der Komponisten (Autographe) und Kopistenhandschriften liefern unverzichtbare Hinweise auf die Entstehung der Werke selbst und ihre spätere Rezeption. In der Regel müssen diese Informationen, die dem Impressum eines Druckes vergleichbar sind, aus Handschriften erst mit den philologischen Methoden des Schriftvergleichs und der Wasserzeichenkunde gewonnen werden. Durch die Vorreiterrolle der Bachforschung seit den 1950er Jahren ist auf methodischer Seite ein großer Gewinn entstanden. Gleichzeitig wuchs die rein bibliographische Kenntnis über das handschriftlich erhaltene Erbe (zusammengestellt im seit dieser Zeit entstehenden *Répertoire international des sources musicales*). Eine Verknüpfung fehlt jedoch bislang. Da Autographe von Komponisten einen verschwindend kleinen Anteil der überlieferten Quellen ausmachen, kommt der Beurteilung der Nähe des Schreibers zum Komponisten große Bedeutung für die Echtheitsdiskussion zu. Nur für einen verschwindend kleinen Teil der Handschriftensammlungen liegen Inventare mit einer jeweils isolierten Klassifikation der Schreiber und Papiere vor. Eine sammlungs-unabhängige Klassifikation der Schreiber wie auch der von ihnen verwendeten Papiere als Referenz bei der Erforschung der Entstehung und Verteilung von musikalischen Werken ist daher wünschenswert. Allein an der Universitätsbibliothek Rostock befinden sich historische Musikhandschriften mit mehreren Zehntausend Seiten, deren Identifikation bisher manuell und auch nur teilweise vorgenommen werden konnte [KRU03]. Es ist unschwer zu erkennen, dass eine manuelle Identifikation von Musikhandschriften dieses und weiterer Archive nicht praktikabel ist, sondern nur über die Nutzung moderner Informationstechnologie erreicht werden kann [WAC02].

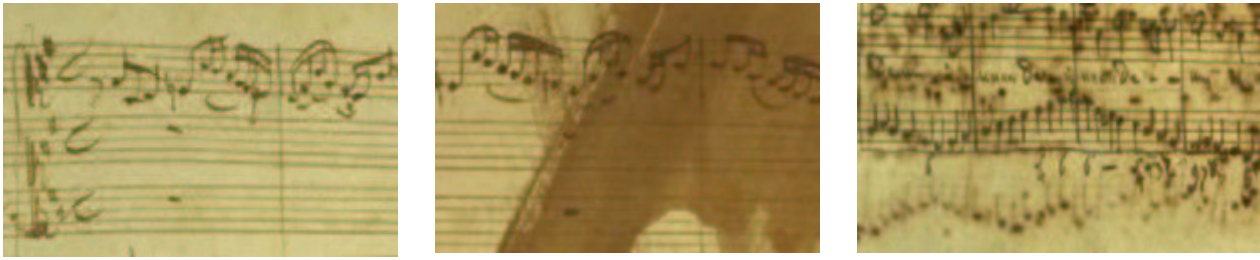


Bild 1: Links: Eine saubere Musikhandschrift. Mitte: Ein Notenblatt mit Fleck, der sich in Farbe und Intensität kaum von den Notenlinien und den Notationssymbolen unterscheidet. Rechts: Eine Musikhandschrift, bei der die Zeichen auf der Rückseite des Blattes durchscheinen.

## 2. Datenbestand

Im Projekt „eNoteHistory“ werden Musikhandschriften aus der Sammlung der Herzogin Luise-Friederike von Mecklenburg-Schwerin genutzt, die sich an der Universitätsbibliothek Rostock befindet und mehrere Tausend handschriftliche Werke enthält. Für die erste Phase wurden repräsentative Musikhandschriften ausgewählt und im so genannten Pool 0 digitalisiert. Er enthält ca. 1000 Digitalisate, die von 100 Musikhandschriften stammen. Sie unterscheiden sich deutlich voneinander und eine große Vielfalt von Typen sind vertreten, um sowohl für das zu entwickelnde System einer hierarchischen Beschreibung als auch für die BV geeignete Proben bereitzustellen.

## 3. Systemüberblick und erste Ergebnisse

### 3.1. Nutzungsszenarien

Der erste Arbeitsschritt bestand in einer Spezifikation der Nutzungsszenarien und der sich daraus ergebenden Anforderungen an das System. Die Suche nach Schreibern soll durch zwei Zugänge ermöglicht werden:

- ein weitgehend automatisierter Vergleich von Digitalisaten durch die Bildanalyse,
- ein Vergleich von manuell erstellten Metadatensätzen, die Informationen über die individuelle Kombination von Elementen der Notenschrift enthalten.

Für letzteres Szenario wurde mit der Entwicklung einer normierten Beschreibungssprache begonnen, die als ein hierarchisches System von idealtypischen Formen von Elementen der Notenschrift angelegt ist. Das angestrebte System soll von abstrakten einfachen zu komplizierten Ausprägungen eines Musikzeichens (Note, Schlüssel, Pause usw.) führen, um individuellen und regionalen Schreibstilen hinreichend gerecht werden zu können. Zum einfacheren Verständnis für den Anwender werden Elemente auf den einzelnen Hierarchiestufen durch Piktogramme dargestellt.

### 3.2. Die Rolle der Bildverarbeitung

Die Bildverarbeitung (BV) beschäftigt sich in diesem Projekt mit der Erforschung neuer Methoden, mit denen die Charakteristika einer Schreiberhand automatisch erfasst werden können. Das Gebiet der *Optical Music Recognition (OMR)* beschäftigt sich mit der Entwicklung von Methoden zur automatischen Erkennung von Musiknotationen auf Papier und weist damit starke Ähnlichkeiten zur optischen Texterkennung (*Optical Character Recognition (OCR)*) auf. Jedoch sind bisherige OMR-Systeme nur unzureichend für die Erkennung von Musikhandschriften geeignet [BLO92]. Neben den persönlichen Merkmalen einer Schreiberhand zählen auch vergilbtes Papier, Tintenfraß, Flecken, von der Rückseite durchscheinende Musikzeichen und ungerade Notenlinien zu den Schwierigkeiten (Bild 1). Die Analyse der digitalisierten Werke soll über einen mehrstufigen Algorithmus erfolgen, der sich aus

1. einer Bildvorverarbeitung (Trennung von Vorder- und Hintergrund),
2. einer Primitiverkennung (z.B. Notenhals, Notenkopf),
3. einer Objekterkennung durch Zusammensetzen der Primitive und
4. einer Beschreibung der Charakteristika dieser Objekte anhand von Messungen ausgewählter Größen (z.B. Neigung der Notenhälse, Form der Notenköpfe)

zusammensetzt. Die Charakterisierungen (*Features*) für einzelne Zeichen werden für das jeweilige Digitalisat zusammengefasst, woraus sich ein BV-Metadatensatz ergibt, der später für vergleichende Untersuchungen von digitalisierten Musikhandschriften zur Verfügung steht.

Derzeit werden verschiedene Methoden für die ersten beiden Stufen erprobt. Die Aufgabe der Bildvorverarbeitung ist es, den Weg für die folgenden Schritte des Algorithmus zu bereiten. Zunächst wird das Bild mit einem Gauss-Filter geglättet, um das Bildrauschen zu verringern. Da sich die Werte für Vordergrund und Hintergrund in den RGB-Farbkanälen stark überlappen, wird eine Histogrammnormalisierung durchgeführt, um die Trennung von Vordergrund und Hintergrund zu erleichtern. Wenn nötig, werden die Bilder um bis zu  $10^\circ$  gedreht, so dass sich die Notenlinien möglichst in horizontaler Lage befinden. Durch die Rotation lassen sich leichte Fehler beseitigen, die bei der Digitalisierung entstanden sein können. Vordergrund und Hintergrund werden mit Hilfe eines lokalen Schwellwertverfahrens separiert. Anstatt einen Schwellwert global für das ganze Bild anzuwenden, wird das Bild in  $30 \times 30$  Pixel große Bereiche zerlegt und für jeden Bereich ein individuell angepasster Schwellwert bestimmt. Dadurch wird eine bessere Trennung erreicht. Im weiteren Verlauf wird mit den separierten Vordergrundbildern gearbeitet. Abschließend werden die morphologischen Operationen Erosion und Dilation angewandt, um kleine, falsch segmentierte Bildbereiche zu löschen.

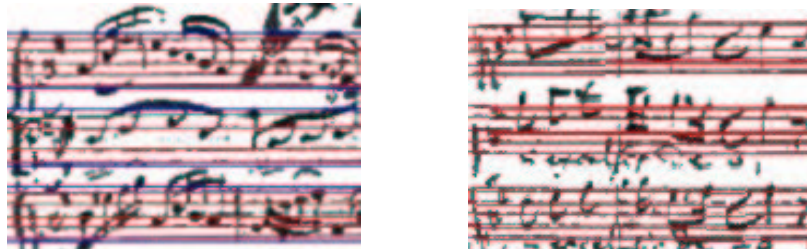


Bild 2: Beispiele für erkannte Notensysteme und Notenlinien

Die zweite Stufe des Algorithmus beschäftigt sich zunächst mit der Erkennung der Notensystemen mit den einzelnen Linien (Bild 2), da diese Systeme als Referenz für nachfolgend erkannte Notationssymbole dienen. Zunächst werden die Systeme mittels Kantendetektion und horizontaler Projektion als Ganzes erkannt, ohne die genaue Lage einzelner Linien zu bestimmen. Erst im nächsten Schritt wird für jedes Notensystem individuell die Lage der Notenlinien festgestellt. Dies geschieht mit Hilfe eines Notenlinientemplates, das Stück für Stück über das Notensystem geschoben wird, um die genaue Position der Notenlinien zu ermitteln. In dem glatte Übergänge gefordert werden, lassen sich Fehler vermeiden und durchgehende Notenlinien sind das Ergebnis. Mit den Notensystemen als Referenzsystem können nun andere Primitive entdeckt werden. Dabei unterscheiden wir senkrechte Linien als Kandidaten für Taktstriche und Notenhäse, kleine runde Objekte als Kandidaten für Notenköpfe, Mehrlinienstrukturen als Kandidaten für komplexe Symbole wie z.B. Notenschlüssel und schließlich restliche Strukturen wie z.B. textuelle Informationen. Anschließend müssen diese primitiven Objekte zu komplexeren Objekten zusammengefasst werden, z.B. welche Notenköpfe und Notenhäse formen eine Note?

### 3.3. Der Dokumenten-Server

Das Teilprojekt Dokumenten-Server beschäftigt sich mit dem Aufbau eines digitalen Handschriftenarchivs. Ein solches Archiv soll mittels einer Dokumenten-Server-Architektur für die Speicherung und das Retrieval der Notenhandschriften realisiert werden. Zu den konkreten Aufgaben zählen:

- Speicherung der Notenblätter,
- Speicherung der Piktogrammhierarchien,
- Speicherung der Metadaten,
- Retrieval der Daten und
- Entwicklung der Anfrageszenarien, Zugriffsstrukturen und Nutzerschnittstellen.

Für den Aufbau des Musikhandschriften-Archivs werden objektrelationale Datenbanktechniken (insbesondere das objektrelationale Datenbank-Managementsystem IBM DB2 UDB) und Extender-Techniken (XML- und Text-Extender) eingesetzt. Für die Dokumenten-Server-Architektur bzw. für die digitale Bibliotheksanwendung wird

angestrebt, das Archiv in ein Content-Management-System, wie den IBM Content Manager, zu integrieren. Neben den Metadaten und Objektdaten werden auch Funktionen der Bildanalyse in die Datenbank integriert. Informationen aus dem Musikhandschriften-Archiv erhält man durch Metadaten-Anfragen, Schreiberidentifikationsmethoden und Navigation (Browsen). Bei der Schreiber-identifikation können anhand der BV-Funktionalität automatisch oder anhand einer visuellen Bestimmung mittels vorgegebener Merkmale aus der Datenbank Schreiber bestimmt werden.

Nach einer genauen Untersuchung des Datenmaterials und deren Zusammenhänge ergibt sich folgendes Datenschema: Die übergeordnete Dokumenteinheit ist das musikalische Werk bzw. die Signatur mit bestimmten Metadaten, wie Titel, Komponist. Einem Werk werden die zugehörigen, gescannten Notenseiten zugeordnet. Diese Notenseiten haben physische Eigenschaften, wie Papiersorte oder Wasserzeichen, und Handschriftcharakteristiken (BV-Metdadatensatz bestehend aus Features). Wie bereits erwähnt, ergibt sich die Schreibercharakteristik aus zusammengefassten Merkmalen aller von ihm geschriebenen Notenseiten. Die Features bestehen zum Teil aus numerischen Werten, zum Teil aus Textbeschreibungen und zum Teil aus Referenzen auf Klassifikationen bzw. Piktogrammhierarchien. Das Datenbankschema besteht aus einem Metadatenteil mit bibliographischen Daten sowie Werks- und Quellenbeschreibungen, aus einem Objektteil mit sämtlichen Bilddokumenten (digitalisierte Notenseiten, Piktogramme) und aus einem Feature-Teil, in dem die Charakteristiken der Notenseiten und Schreiber definiert sind.

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick

Die Partner in diesem Projekt entwickeln gemeinsam Methoden, um die Arbeit von Musikwissenschaftlern zur Identifikation der Schreiber von handgeschriebenen Musikstücken zu erleichtern. Die von den Musikwissenschaftlern theoretisch entwickelten Vorgehensweisen werden in einem Datenbanksystem umgesetzt, das zu einem späteren Zeitpunkt auch über das Internet erreichbar sein wird, so dass Recherchen an anderen Archiven mit den in Rostock vorhandenen Werken verglichen werden können. Neben der Unterstützung der manuellen Analyse mit Hilfe von hierarchischen Typenbeschreibungen für die einzelnen Notationssymbole, spielt die weitgehend automatisierte Charakterisierung einer Schreiberhand anhand eines digitalisierten Werkes eine große Rolle. Mit Hilfe von Bildverarbeitungstechniken werden einzelne Zeichen identifiziert, klassifiziert und abschließend charakterisiert.

Das hierarchische System zur Beschreibung von Elementen der Notenschrift wird weiter verfeinert werden. Die anhand der Rostocker Bestände als relevant bewerteten Kriterien für eine Bestimmung von Kopisten werden unter Zuhilfenahme exemplarischer Quellen aus anderen Sammlungen auf ihre Tauglichkeit für eine Beschreibung regional und historisch differierender Schreiberhände geprüft. Daneben wird ein Kodierungssystem für Schreiber entwickelt, das vom Ort der Überlieferung der Quellen unabhängig ist. Gemeinsam entwerfen die Projektpartner Benutzerschnittstellen für die spätere Nutzung des Softwaresystems durch andere Musikwissenschaftler über das Internet.

#### Literatur

- [BLO92] Blostein,D.; Baird,H.S.:  
A Critical Survey of Music Image Analysis.  
in *Structured Document Image Analysis*, H.S. Baird, H. Banke, K. Yamamoto (Hrsg.), Springer-Verlag, Berlin, 1992, S.405-434.
- [KRU03] Krüger,E.:  
Die Musikaliensammlungen des Erbprinzen Friedrich Ludwig von Württemberg-Stuttgart und der Herzogin Luise-Friederike von Mecklenburg-Schwerin in der Universitätsbibliothek Rostock.  
Dissertation, Universität Rostock, Rostock, 2003 (eingereicht).
- [WAC02] Waczkat,A.; Krüger,E.; Schwinger,T.:  
eNoteHistory - Identifizierung von Schreiberhänden in historischen Notenhandschriften mit Werkzeugen der modernen Informationstechnologie.  
in *Musik, Wissenschaft und ihre Vermittlung. Bericht über die Internationale Musikwissenschaftliche Tagung der Hochschule für Musik und Theater Hannover 2001*, A. Edler, S. Meine (Hrsg.), Publikationen der Hochschule für Musik und Theater Hannover, Bd. 12, Augsburg 2002, S.359-362.