

# Entwicklung eines Music Information Retrieval-Tools zur Melodic Similarity-Analyse deutschsprachiger Volkslieder

Manuel Burghardt<sup>1</sup> und Lukas Lamm<sup>2</sup>

**Abstract:** Wir präsentieren einen Beitrag zum Einsatz computergestützter Methoden für die quantitative Untersuchung einer großen Sammlung symbolisch repräsentierter Melodien deutschsprachiger Volkslieder. Im Zuge dessen wurde ein *Music Information Retrieval*-Tool (MIR) konzipiert, mit dem gezielt nach Liedblättern anhand bestimmter Metainformationen (z.B. *Jahr*, *Sangesort*, etc.), bestimmter Wörter in den Liedtexten oder bestimmter Sequenzen innerhalb der monophonen Melodien gesucht werden kann. Darüber hinaus kann mit dem MIR-Tool untersucht werden, ob es bspw. wiederkehrende Muster oder melodische Universalien in deutschsprachigen Volksliedern gibt. Insgesamt stehen drei Repräsentationsebenen für Suchanfragen zur Verfügung: Die Suche nach konkreten Melodiefragmenten (Tonhöhe / Tondauer), die Suche nach Intervallfolgen und die Suche nach abstrakten Melodiekonturen im Parsons-Code. Eine zentrale Herausforderung für die Umsetzung eines solchen MIR-Tools mit mehreren Repräsentationsebenen ist die Wahl einer geeigneten *melodic similarity*-Komponente. Wir beschreiben die Implementierung verschiedener *edit distance*-basierter Ansätze und präsentieren die Ergebnisse einer Evaluationsstudie für die unterschiedlichen Implementierungen. Alle Algorithmen und *Converter* wurden als generische Toolbox umgesetzt und stehen unter der MIT *open source*-Lizenz für die Nachnutzung zur freien Verfügung.

**Keywords:** Music Information Retrieval, Melodic Similarity, Edit Distance, Ngrams

## 1 Einleitung

Die weitreichenden Effekte der Digitalisierung haben längst auch die Wissenschaft erreicht. Insbesondere in den geistes- und kulturwissenschaftlichen Disziplinen, die bislang keine ausgeprägte Tradition in der Anwendung quantitativ-empirischer Methoden haben, ergeben sich durch die unmittelbare Verfügbarkeit großer Mengen maschinenlesbarer Forschungsdaten plötzlich ganz neue Möglichkeiten der computergestützten Analyse, die häufig unter dem Begriff der *Digital Humanities* [TNV13] zusammengefasst werden. In diesem Beitrag, der im Schnittfeld von Medieninformatik, Musikwissenschaft und Digital Humanities einzuordnen ist, beschreiben wir den Einsatz computergestützter Methoden zur quantitativen Untersuchung einer großen Sammlung deutschsprachiger Volkslieder, welche im nächsten Kapitel näher vorgestellt werden soll.

---

<sup>1</sup> Lehrstuhl für Medieninformatik, Universität Regensburg, manuel.burghardt@ur.de

<sup>2</sup> Lehrstuhl für Medieninformatik, Universität Regensburg, info@lukaslamm.com

## 2 Kontext: Die Regensburger Liedblattsammlung

Dieses Kapitel skizziert die Beschaffenheit der in Regensburg bestehenden Liedblattsammlung, die mithilfe computergestützter Methoden analysiert werden soll. Weiterhin werden aktuell laufende Ansätze zur digitalen Erschließung und Transkription der Liedblätter beschrieben.

### 2.1 Charakterisierung der Liedblätter

Die Universitätsbibliothek Regensburg verwaltet seit einigen Jahren umfangreiche Quellen zur Volksmusikforschung im Rahmen des Projekts „Regensburger Volksmusik-Portal“<sup>3</sup>. Die Geschichte dieser Quellen reicht zurück bis in das Jahr 1914, als das *Deutsche Volksliedarchiv* (DVA) in Freiburg im Breisgau als Zentralstelle für die systematische Sammlung deutscher Volkslieder gegründet wurde [Kr13]. Die Liedblattsammlung umfasst etwa 140.000 Blätter mündlich oder handschriftlich tradierter Volkslieder aus dem gesamten deutschsprachigen Raum und ist, was Abdeckung und Umfang angeht, in dieser Form einzigartig. Heute liegen die Liedblätter im Magazin der Universitätsbibliothek Regensburg als lose Einzelblätter vor (vgl. Abb. 1). Die Blätter enthalten einerseits handschriftliche, monophone Melodien und andererseits Liedtexte, welche zumeist mit einer Schreibmaschine verfasst wurden. Zu den Liedblättern existieren darüber hinaus Metadaten wie *Titel*, *Text-Incipit*, *Sangesort* und *Jahr*, die ursprünglich in einem umfangreichen Zettelkastensystem vorlagen, jedoch im Rahmen bestehender Vorarbeiten manuell in eine elektronische Datenbank (*Augias*) übertragen wurden.

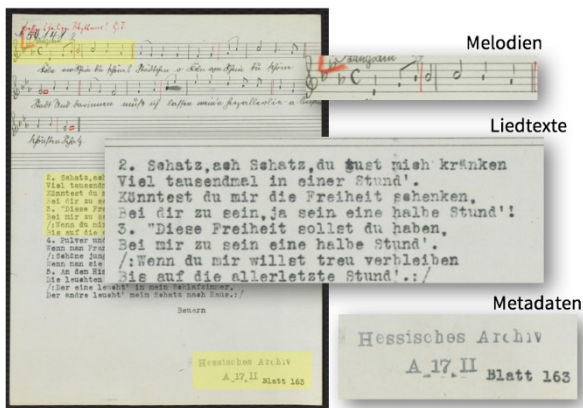


Abb. 1: Beispielhaftes Liedblatt aus der Regensburger Liedblattsammlung.

<sup>3</sup> <http://www.uni-regensburg.de/bibliothek/projekte/rvp/index.html>; Hinweis: Sämtliche in diesem Artikel erwähnte URLs wurden zuletzt am 5. Mai 2017 überprüft.

## 2.2 Digitale Erschließungsansätze

In Zusammenarbeit mit der Universitätsbibliothek werden seit 2016 fortlaufend Scans der Liedblätter erstellt und mit den bereits vorhandenen digitalen Metadaten verknüpft. In einem zweiten Schritt werden dann die Scans inhaltlich erfasst und in ein maschinenlesbares Format gebracht. Aufgrund der großen Anzahl von Liedblättern, wurden hier anfangs Möglichkeiten der automatischen Erfassung systematisch evaluiert [Bu17]. Im Falle der Liedtexte kommt man dabei mit Standard-OCR Tools (*optical character recognition*) auf durchschnittlich 80 % Erkennungsgenauigkeit, allerdings mit einer sehr hohen Streuung. Die meisten Liedblätter werden dabei mit einer hohen Genauigkeit erkannt, einige wenige Blätter, die etwa handschriftlich oder mit sehr vielen Korrekturen verfasst wurden, sind hier negative Ausreißer.

Für die automatische Erfassung der handschriftlichen Melodien ist die Erkennungsgenauigkeit von OMR-Tools (*optical music recognition*), mit durchschnittlich 36 % Erkennungsgenauigkeit beim am besten evaluierten Tool, deutlich schlechter [Bu17]. Aus diesem Grund wurde als alternative Erschließungsstrategie ein manueller Transkriptionsansatz umgesetzt, welcher aufgrund der erheblichen Datenmenge von mehreren tausend Liedblättern auf Crowdsourcing zurückgreift [BS17]. Die transkribierten Melodien werden in einem JSON-basierten (*JavaScript Object Notation*) Format gespeichert, da sowohl die Transkriptionskomponente als auch die Analysekomponente für die Liedblätter mit Webtechnologien, insbesondere *JavaScript*, umgesetzt wurden. Das so generierte *MusicJSON*-Format [BS17] kann allerdings problemlos in bestehende Formate, wie etwa *MusicXML* oder *MEI* (*Music Encoding Initiative*), transformiert werden.

## 3 Projektkontext und Ziele

Für die im vorherigen Kapitel beschriebene Datengrundlage, die seit 2016 nach und nach digital erschlossen wird, soll ein webbasierter Zugang geschaffen werden, der neben der üblichen Exploration gescannter Faksimiles der Originalliedblätter zusätzlich einen neuartigen, quantitativen Zugang zu den Daten ermöglicht und diese anhand unterschiedlicher Parameter durchsuchbar und analysierbar macht. Konkret heißt dies, dass gezielt nach Liedblättern anhand bestimmter Metainformationen (z.B. *Jahr*, *Sangesort*, etc.), bestimmter Wörter oder Phrasen in den Liedtexten, oder bestimmter Muster innerhalb der monophonen, symbolisch repräsentierten Melodien gesucht werden kann. In weiterführender Perspektive soll, in Kooperation mit der Musikwissenschaft sowie auch der Vergleichenden Kulturwissenschaft, untersucht werden, ob es melodische Universalien in deutschsprachigen Volksliedern gibt, einerseits für das gesamte Liedblattkorpus, andererseits aus einer regionalen und diachronen Perspektive. Darüber hinaus soll das Verhältnis von melodischen Mustern und Liedtexten analysiert werden: kommen also bspw. bestimmte Melodien oder einzelne Rhythmen oder Intervalle besonders häufig in Texten mit auffälligen Schlüsselwörtern vor?

Die Relevanz des skizzierten Projektvorhabens zur computergestützten Analyse einer großen Sammlung deutschsprachiger Volkslieder zeigt sich u.a. durch eine Vielzahl von bestehenden Studien im Bereich der automatischen Klassifikation [BVH16; Hi12; Sa12; VVW13] sowie der *melodic similarity*-basierten Exploration [JVV15; MF04a] von Volksliedern. Ein wesentlicher Grund für die Fokussierung auf „einfache“ Volkslieder in der quantitativen Musikwissenschaft liegt dabei sicherlich auf der Monophonie der Stücke, die wesentlich leichter durchsuch- und vergleichbar sind als polyphone Werke und damit gewissermaßen einen Spezialfall in der Musikanalyse darstellen. Darüber hinaus stehen bei der Analyse von Volksmusik häufig „Massenprobleme im Vordergrund, die ‚von Hand‘ weder subjektiv noch intuitiv bewältigt werden können“ [Je91:21]. Vielmehr sollen Erkenntnisse über Zusammenhänge zwischen Melodien auf struktureller Ebene gewonnen werden [Je91].

Aus Perspektive der Informatik ergibt sich somit als wesentliches Ziel die Erstellung eines Informationssystems, welches die Suche nach Melodiesequenzen in einer großen Sammlung von Liedblättern ermöglicht. Um – jenseits von *exact match*-Suchen – auch weiterreichende Zusammenhänge und Verwandtschaftsbeziehungen zwischen Melodien auf struktureller Ebene identifizieren zu können, muss eine entsprechende *matching*-Funktion zur graduellen Erfassung melodischer Ähnlichkeit umgesetzt werden. Wir beschreiben im Folgenden die Implementierung und Evaluierung einer solchen *melodic similarity*-Komponente, die über einen frei wählbaren Schwellwert die Suche nach ähnlichen Melodiesequenzen und –mustern in deutschsprachigen Liedblättern erlaubt.

## 4 Ebenen des Melodievergleichs

Eine wesentliche Voraussetzung für den Abgleich melodischer Ähnlichkeit zwischen unterschiedlichen Liedblättern ist zunächst deren formale Repräsentationsebene. Dabei können als Standardfall konkrete Melodiesequenzen, basierend auf der genauen Tonhöhe und -länge, miteinander verglichen werden. In Wahrnehmungsexperimenten zur melodischen Ähnlichkeit von Stücken stellt [Do78] schon früh fest, dass eine nicht ganz exakte Nachahmung einer Melodie von Probanden häufig nicht vom Original zu unterscheiden ist, wenn den beiden Variationen die gleiche Melodiekontur zugrunde liegt. Eine Melodiekontur klammert den Parameter *Tonlänge* aus und abstrahiert Melodien als eine reine Sequenz von Intervallen oder Tonhöhen [TWV05]. In einer weiteren Abstraktion wird im sog. Parsons-Code [Pa75] zusätzlich die genaue Tonhöhe einzelner Noten ausgeklammert und stattdessen nur nach Notenfolgen anhand deren Ansteigen ( $u = up$ ), Abfallen ( $d = down$ ) oder Gleichbleiben ( $r = repeat$ ) gesucht.

Um ein möglichst flexibles Analysewerkzeug zu erhalten, welches die Analyse von Melodien anhand unterschiedlich abstrakter Repräsentationsebenen erlaubt, wurden in unserem System sowohl die exakte Melodiesuche als auch eine Intervallsuche und eine Par-

sons-Code-Suche umgesetzt (vgl. Abb. 2). Somit gibt es bereits bei der Eingabe von Suchanfragen grundlegende Möglichkeiten der Abstraktion<sup>4</sup>. Darüber hinaus kann für jede Suchanfrage der gewünschte Grad der Ähnlichkeit definiert werden. Dabei bedeutet ein Maximalwert von 100%, dass die formulierte Suchanfrage exakt so im Zieldokument vorkommen muss, damit es in die Ergebnismenge aufgenommen wird. Die Umsetzung der zugrundeliegenden *melodic similarity*-Komponente wird im nächsten Kapitel beschrieben.

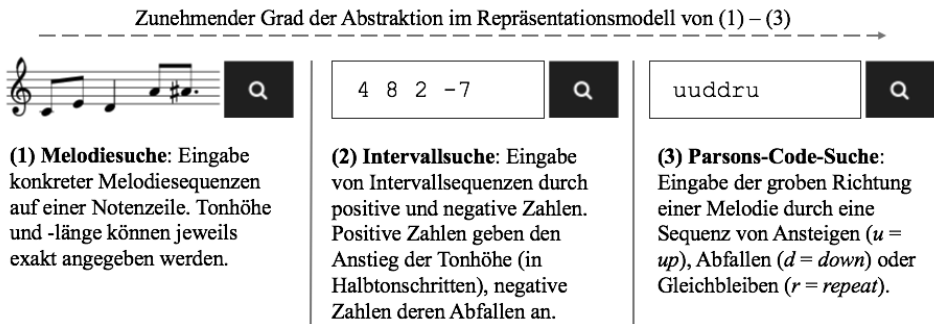


Abb. 2: Überblick zu allen umgesetzten Repräsentationsebenen, auf denen die Suche im MIR-System unterstützt wird.

## 5 Melodic Similarity

Für die computergestützte Identifikation von typischen Themen, Melodiemustern oder gar Melodiefamilien hat sich in der Literatur der Begriff der *melodic similarity*, also der Ähnlichkeit zwischen Melodien, eingebürgert [vgl. Be04; CM05; GAM02; Ho01; MS03; MF04b; Ty07].

### 5.1 Edit distance als grundlegendes Ähnlichkeitsmaß für notierte Musik

Im Rahmen einer systematischen Evaluationsstudie stellen [MF04a] fest, dass es im Bereich der *melodic similarity* eine Vielzahl unterschiedlicher Ähnlichkeitsmaße gibt, die von der Editierdistanz und N-Grammen über Korrelations- und Differenzkoeffizienten bis hin zu *Hidden Markov*-Modellen reichen. Als Teilergebnis der Evaluationsstudie zu 39 unterschiedlichen Maßen stellte sich heraus, dass *edit distance*-basierte Maße im Vergleich mit Ähnlichkeitsbewertungen von menschlichen Musikexperten am besten abschneiden. Aufgrund dieser positiven Ergebnisse und der Beschaffenheit unseres Liedblattkorpus, welches in Form symbolisch repräsentierter Melodien vorliegt, kommt für die

<sup>4</sup> Hinweis: Da die Lieder im Projektkorpus je nach Präferenz des Aufschreibers in willkürlichen Tonarten notiert wurden, werden alle Lieder zur besseren Vergleichbarkeit einheitlich nach C-Dur transponiert.

Umsetzung der *melodic similarity*-Komponente ebenfalls ein *edit distance*-Maß zum Einsatz. Dabei wird für die Repräsentationsebenen Intervallfolgen und Parsons-Code ein standardmäßiger *edit distance*-Ansatz verwendet [vgl. WF74]. Für die Repräsentationsebene der exakten Melodien, also der Berücksichtigung der genauen Tonhöhe und -länge, hat sich hingegen der Algorithmus von [MS90] etabliert (vgl. auch GAM04; GAR07). Der Mongeau-Sankoff-Algorithmus [MS90] verwendet neben den üblichen *edit distance*-Operationen „Einfügen“, „Löschen“ und „Ersetzen“ zusätzlich die Operationen „Fragmentierung“ (*fragmentation*) und „Konsolidierung“ (*consolidation*). Dabei wird bei der Fragmentierung eine Note aus der Quellsequenz durch mehrere Noten in der Zielsequenz ersetzt (bspw. eine ganze Note durch vier Viertelnoten). Konsolidierung beschreibt den umgekehrten Prozess der Ersetzung mehrerer Noten durch eine einzige Note. Die einzelnen Operationen werden darüber hinaus unterschiedlich gewichtet: Die Gewichtung für die Ersetzung einer Note ergibt sich beispielsweise aus der Summe der Intervalldifferenz und der Differenz der Tondauer unter Berücksichtigung von Konsonanz und Dissonanz [MS90].

## 5.2 Optimierung durch N-Gramm-Matching

Da das MIR-Tool auch die Suche nach Melodiefragmenten, die sehr viel kürzer sind als die vollständigen Musikstücke, unterstützen soll, ist ein reiner *edit distance*-Ansatz nicht sinnvoll. Beim Abgleich einer kurzen Melodiesequenz mit den jeweils vollständigen Melodien der einzelnen Liedblätter würden so sehr hohe Distanzwerte entstehen, da fehlende Noten der kurzen Sequenz mit der Einfügen-Operation aufgefüllt würden. Wir begegnen diesem Problem, indem wir die zu durchsuchenden Musikstücke in N-Gramme entsprechend eines Vielfachen der Länge der Suchanfrage aufteilen. Diese N-Gramme werden dann anstelle des gesamten Lieds mit der jeweiligen Suchanfrage abgeglichen. Wenn also  $x$  der Länge der Suchanfrage entspricht, werden einerseits N-Gramme der Länge  $x$  gebildet, um exakte Treffer in den Musikstücken aufzufinden. Zusätzlich sollen N-Gramme mit der Länge  $1.5x$  (abgerundet bei Dezimalwerten) und  $2x$  untersucht werden, um den Effekt der Operationen „Fragmentierung“ und „Konsolidierung“ entsprechend berücksichtigen zu können. Abb. 3 zeigt ein Beispiel für die Aufteilung einer Melodie in N-Gramme bei einer Suchanfrage der Länge 3. Dadurch ergibt sich eine Liste mit N-Grammen der Längen 3, 4 und 6, wobei für jedes N-Gramm die Ähnlichkeitsberechnung mit der Suchanfrage erfolgt. Für das spätere Ranking der Suchergebnisse nach deren *melodic similarity scores*, werden jeweils diejenigen N-Gramme mit den besten Bewertungen herangezogen. Zu Testzwecken implementieren wir einerseits die Originalvariante des Mongeau-Sankoff-Algorithmus (*ms*) [MS90] sowie auch eine erweiterte Variante (*gar*) von [GAR07].

Sämtliche in diesem Kapitel erwähnten Algorithmen wurden als generische Toolbox umgesetzt und stehen unter der MIT *open source*-Lizenz für die Nachnutzung zur freien Verfügung<sup>5</sup>. Wie in Kapitel 2.2 beschrieben, ist das Austauschformat im Rahmen des Regens-

<sup>5</sup> <https://github.com/freakimkaefig/musicjson-toolbox>

burger Liedblattprojekts *MusicJSON*. Dementsprechend ist der Standard-Input für alle implementierten Algorithmen das *MusicJSON*-Format. Für die flexible Nutzung der Toolbox für Musikdaten in anderen Formaten wurden weiterhin diverse *Converter*<sup>6</sup> erstellt, etwa für *MusicXML* und die *ABC*-Notation.

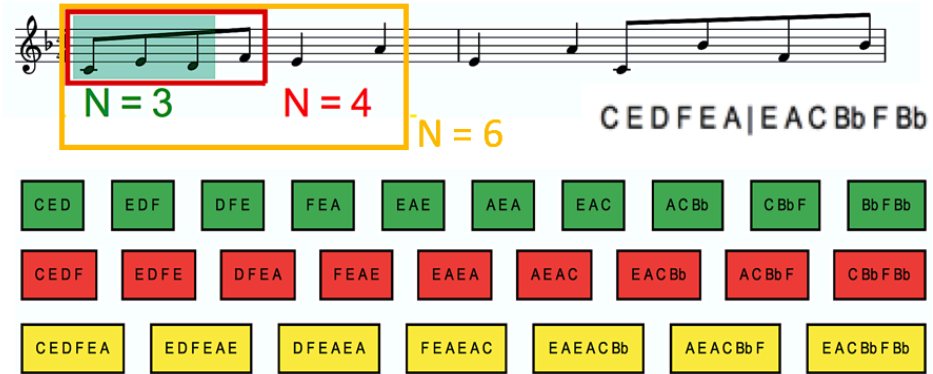


Abb. 3: Aufteilung einer beispielhaften Tonfolge in drei unterschiedlich lange N-Gramme.

## 6 Evaluationsstudie

Dieses Kapitel beschreibt die Ergebnisse einer Evaluationsstudie zur Validierung der umgesetzten *melodic similarity*-Maße. Die Evaluation erfolgt dabei einerseits statistisch, mittels Rangkorrelationsanalyse. Andererseits werden ausgewählte Liedblattpaare in einer qualitativen Fallstudie zusätzlich von Hand analysiert und mit den automatisch generierten *melodic similarity*-Ergebnissen verglichen.

### 6.1 Rangkorrelationsanalyse

Als Vorbild für die statistische Evaluation der *melodic similarity*-Maße dient der Evaluationstrack *MIREX* (*Music Information Retrieval Evaluation eXchange*)<sup>7</sup>, welcher regelmäßig im Rahmen der einschlägigen *ISMIR*-Konferenz<sup>8</sup> durchgeführt wird. Da die *ground truth*-Daten des Evaluationstracks außerhalb von *MIREX* nicht verfügbar sind, wurde ein alternatives Evaluationsdesign gewählt: Aufgrund der einfachen Verfügbarkeit und der strukturellen Verwandtschaft zum Regensburger Liedblattkorpus, wurde eine Teilsammlung (106 Liedblätter) des Deutschen Volksliedarchivs in Freiburg aus der *Essen Folksong*

<sup>6</sup> <https://github.com/freakimkaefig/musicjson2abc/>

<sup>7</sup> [http://www.music-ir.org/mirex/wiki/MIREX\\_HOME](http://www.music-ir.org/mirex/wiki/MIREX_HOME)

<sup>8</sup> <http://www.ismir.net/>

*Collection* herangezogen, welche auch Teil der MIREX-Testdaten ist<sup>9</sup> und über die Online-Datenbank *KernScores*<sup>10</sup> frei zur Verfügung steht. Im Rahmen der Evaluation wurden die beiden Varianten für die Melodiesuche (*ms*, *gar*) sowie auch die Algorithmen für Intervallsuche (*interval*) und Parsons-Code (*parsons*) auf das Korpus der 106 Liedblätter angewandt, wobei jedes Liedblatt mit jedem anderen verglichen wurde (N=11.236). Als Vergleichsgröße wurde der im Rahmen der MIREX 2015 positiv evaluierte Algorithmus *ShapeTime* [Ur15], der fertig implementiert zur Verfügung steht, ebenfalls auf dieses Testkorpus angewandt. Die Ergebnisse des *melodic similarity*-Vergleichs wurden jeweils in einer sortierten Liste dokumentiert und mithilfe eines statistischen Maßes für den Vergleich von Rangfolgen miteinander verglichen. Da in der hier durchgeführten Evaluation große Rangunterschiede als gravierende Fehler angesehen werden und die exakte Rangfolge aufgrund des großen Werts für N weniger bedeutend ist als kleinere Unterschiede in der Rangfolge, verwenden wir den Rangkorrelationskoeffizienten *Spearman's*  $\rho$  [vgl. Me07]. Zusätzlich werden durch den Einsatz eines *Bootstrapping*-Verfahrens 95 % Konfidenzintervalle bestimmt. Dabei werden durch wiederholte Stichprobenziehung (hier: 10.000 Wiederholungen) entsprechend der Größe der ursprünglichen Stichprobe (mit Zurücklegen) zusätzliche Stichproben erzeugt [EG83]. Für den Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman wird die Rangfolge der Suchergebnislisten verglichen, welche sich im Fall von schlechten Bewertungen aufgrund der geringen Abstände zwischen den einzelnen *melodic similarity*-Werten von Maß zu Maß stark unterscheiden kann. Da das Ranking der schlecht bewerteten Ergebnisse für die Bestimmung der melodischen Ähnlichkeit unerheblich ist, können diese in der Evaluation vernachlässigt werden. Wir betrachten vor diesem Hintergrund für jedes der insgesamt 106 Liedblätter jeweils nur die 10 besten Resultate pro Anfrage (N = 1060). Tab. 1 zeigt die Korrelationskoeffizienten, sowie die *Bootstrap*-Konfidenzintervalle.

Methode	$r_s^a$	$p$	$N$	BC <sub>a</sub> 95% CI <sup>b</sup>	
				LL	UL
<i>ms</i>	0.459	< .001**	1060	0.397	0.517
<i>gar</i>	0.533	< .001**	1060	0.476	0.585
<i>interval</i>	0.598	< .001**	1060	0.548	0.645
<i>parsons</i>	0.425	< .001**	1060	0.362	0.484

Tab. 1: Spearman-Korrelation bei den besten 10 Resultaten pro Anfrage (N=1060). *ms*: Berechnung nach [MS90]; *gar*: Berechnung nach [GAR07]; *interval*: Berechnung basierend auf Intervallen; *parsons*: Berechnung basierend auf Parsons-Code-Zeichenketten; \*\*p < .01 (zweiseitig);

<sup>a</sup> Rangkorrelation nach Spearman mit *2015-ShapeTime* [Ur15]; <sup>b</sup> *Bootstrap*-Ergebnisse beruhen auf 10.000 *Bootstrap*-Stichproben.

<sup>9</sup> [http://www.music-ir.org/mirex/wiki/2016:Symbolic\\_Melodic\\_Similarity](http://www.music-ir.org/mirex/wiki/2016:Symbolic_Melodic_Similarity)

<sup>10</sup> <http://kern.ccarh.org/browse?l=essen>



Die Korrelationskoeffizienten aller vier implementierten *melodic similarity*-Varianten weisen nach der Einteilung von [Co92] eine mittlere bis starke (0.5 = Schwellwert für starken Effekt) Effekttärke auf, welche mit  $**p < .001$  auch statistisch signifikant ist. Die Ergebnisse dieser quantitativen Evaluation zeigen, dass die umgesetzten *melodic similarity*-Maße (vgl. Kap. 5) im Vergleich mit einem aktuellen, positiv evaluierten MIREX-Algorithmus auf einem Testkorpus aus dem Bereich monophoner Volksliedmelodien gute Resultate liefern.

## 6.2 Qualitative Fallstudien

Ergänzend wurde ein webbasiertes Tool<sup>11</sup> umgesetzt, welches die *melodic similarity* zwischen zwei Liedblättern im *MusicJSON*-Format berechnet und die Melodien gleichzeitig als virtuelle Liedblätter darstellt. Auf diese Weise können stichprobenartig einzelne Liedblätter qualitativ miteinander verglichen werden und die Plausibilität der jeweils berechneten *melodic similarity* an den konkret zugrundeliegenden Melodien überprüft werden. Abb. 4 zeigt vier beispielhafte Liedblattpaare, mit variierenden Ähnlichkeitsgraden. Die Paare zeigen eine abnehmende melodische Ähnlichkeit: 4419/4420 > 4487/4499 > 4489/4503 > 4433/4503.

The image displays four pairs of musical staves, each pair representing a comparison between two different song staves. The staves are written in red ink on a white background. Below each pair of staves, there are two colored dots: a black dot and a red dot, representing the similarity scores for the two staves in the pair. The pairs are arranged in two columns and two rows. The first pair (top left) has a black dot for 4419 and a red dot for 4420. The second pair (top right) has a black dot for 4487 and a red dot for 4499. The third pair (bottom left) has a black dot for 4489 and a red dot for 4503. The fourth pair (bottom right) has a black dot for 4433 and a red dot for 4503. The musical notation includes treble clefs, key signatures (one sharp), and various note values and rests.

Abb. 4: Vier beispielhafte Liedblattpaare aus der *Essen Folksong Collection*. Die Referenzierung der einzelnen Blätter erfolgt über die bestehenden Liedblatt-IDs.

Ein Blick auf die entsprechenden *melodic similarity scores* (vgl. Tab. 2) für die vier umgesetzten Maße zeigt, dass sich die deutlich sichtbare, abnehmende Ähnlichkeit der hier

<sup>11</sup> Demo unter: <http://musicjson-similarity-demo.lukaslamm.com/>

aufgeführten Liedblattpaare auch in den berechneten Werten widerspiegelt. Diese qualitativen Fallstudien können als weiteres Indiz für die Qualität der umgesetzten *melodic similarity*-Komponente interpretiert werden.

Liedblattpaar	<i>ms</i>	<i>gar</i>	<i>interval</i>	<i>parsons</i>
4419/4420	.959	.919	.938	.969
4487/4499	.648	.422	.730	.811
4489/4503	.281	.006	.270	.432
4433/4503	.063	.000	.241	.379

Tab. 2: *Melodic similarity scores* für unterschiedliche Maße und Liedblattpaare.

## 7 Umsetzung des Informationssystems

Dieses Kapitel gibt einen kurzen Einblick in das final umgesetzte MIR-Tool<sup>12</sup>, welches künftig für die Analyse der in Kap. 2 beschriebenen Liedblattdaten genutzt werden soll. Das MIR-Tool erlaubt die Suche nach Melodiesequenzen auf den drei Repräsentationsebenen Melodie, Intervalle und Parsons-Code, welche darüber hinaus mit Schlüsselwörtern aus den Liedtexten sowie weiteren Metainformationen kombiniert werden können. Weiterhin kann bei jeder Suchanfrage der Schwellwert der *melodic similarity*-Funktion flexibel angepasst werden. So können dann bspw. alle Lieder gefunden werden, die eine bestimmte Melodiesequenz mindestens zu 80% enthalten. Die Ergebnisse dieser Suchen werden direkt im Webbrowser dargestellt und können einerseits als Faksimiles betrachtet, andererseits als virtuelle Transkriptionen angezeigt werden, in denen die gesuchten Melodiefragmente jeweils farbig hervorgehoben sind (vgl. Abb. 5). Zusätzlich können die gefundenen Liedblätter direkt im Webbrowser als MIDI abgespielt werden.

## 8 Fazit

Dieser Artikel beschreibt die Entwicklung eines MIR-Tools für die *melodic similarity*-Analyse von deutschsprachigen Volksliedern. Das Tool unterscheidet sich von bestehenden MIR-Anwendungen wie *Digital Archive of Finnish Folk Song Tunes*<sup>13</sup>, *Dutch Song Database*<sup>14</sup>, *HymnQuest*<sup>15</sup>, *Humdrum*<sup>16</sup>, *Melody Catcher*<sup>17</sup>, *Musipedia*<sup>18</sup>, *PeachNote*<sup>19</sup>,

<sup>12</sup> Live-Demo: <http://masterarbeit.lukaslamm.com/>; Demovideo: <https://vimeo.com/187879605>

<sup>13</sup> [http://esavelmat.jyu.fi/index\\_en.html](http://esavelmat.jyu.fi/index_en.html)

<sup>14</sup> <http://www.liederenbank.nl/searchmusic/piano.php?&lan=en#x>

<sup>15</sup> <http://hymnquest.com/>

<sup>16</sup> <http://www.musiccog.ohio-state.edu/Humdrum/>

<sup>17</sup> <http://melodycatcher.com/>

<sup>18</sup> <http://www.musipedia.org/>

<sup>19</sup> <http://www.peachnote.com/>

*Probado*<sup>20</sup> oder *RISM*<sup>21</sup> durch die Möglichkeit Suchanfragen auf unterschiedlich abstrakten Repräsentationsebenen formulieren zu können. Ein weiteres Abgrenzungsmerkmal zum schon länger bestehenden *Themefinder*<sup>22</sup> [vgl. Ko98] stellt darüber hinaus die positiv evaluierte *melodic similarity*-Komponente dar, die zudem über einen regelbaren Schwellwert je nach Informationsbedürfnis flexibel angepasst werden kann.

Alle Algorithmen und *Converter*, die dem im vorherigen Kapitel beschriebenen MIR-Tool zugrunde liegen, wurden als generische Toolbox umgesetzt und stehen unter der MIT *open source*-Lizenz über *GitHub* sowie über die Paketverwaltung *NPM* der *JavaScript*-Laufzeitumgebung *Node.js* für die Nachnutzung in anderen MIR-Projekten zur freien Verfügung. Einzige Einschränkung des Anwendungskontexts ist, dass das MIR-Tool mit Fokus auf monophone Melodien konzipiert wurde und nicht ohne Weiteres auf mehrstimmige Melodiedaten übertragen werden kann.

Abb. 5: Ausschnitt aus der Ergebnisdarstellung im umgesetzten MIR-Tool.

## Literaturverzeichnis

- [Be04] Berenzweig, A., Logan, B., Ellis, D. P. W. & Whitman, B. (2004). A Large-Scale Evaluation of Acoustic and Subjective Music-Similarity Measures. In *Computer Music Journal*, 28, 63–76.
- [BS17] Burghardt, M. & Spanner, S. (2017). Allegro: User-centered Design of a Tool for the Crowdsourced Transcription of Handwritten Music Scores. In *Proceedings of the Digital Access to Textual Cultural Heritage Conference (DATECH)*, S. 15-20.

<sup>20</sup> <http://www.probado.de/>

<sup>21</sup> <https://opac.rism.info/>

<sup>22</sup> <http://www.themefinder.org/>

- [Bu17] Burghardt, M., Spanner, S., Schmidt, T., Fuchs, F., Buchhop, K., Nickl, M. & Wolff, C. (2017). Digitale Erschließung einer Sammlung von Volksliedern aus dem deutschsprachigen Raum. In *Book of Abstracts, DHd 2017*, S. 228-233.
- [BVH16] Boot, P., Volk, A. & de Haas, W. B. (2016). Evaluating the Role of Repeated Patterns in Folk Song Classification and Compression. In *Journal of New Music Research*, 45(3).
- [CM05] Cahill, M. & Maidin, D. (2005). Melodic similarity algorithms – Using similarity ratings for development and early evaluation. In *Proceedings of the 6th International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR)*, S. 450–453.
- [Co92] Cohen, J. (1992). A Power Primer. In *Psychological Bulletin*, 112(1), 155–159.
- [Do78] Dowling, W. J. (1978). Scale and contour: Two components of a theory of memory for melodies. In *Psychological Review*, 85(4), 341–354.
- [EG83] Efron, B. & Gong, G. (1983). A Leisurely Look at the Bootstrap, the Jackknife, and Cross-Validation. In *The American Statistician*, 37(1), 36–48.
- [GAM02] Grachten, M., Arcos, J. L. & de Mántaras, R. L. (2002). A comparison of different approaches to melodic similarity. In *Proceedings of the 2nd International Conference in Music and Artificial Intelligence (ICMAI)*.
- [GAM04] Grachten, M., Arcos, J. L. & de Mántaras, R. L. (2004). Melodic Similarity: Looking for a Good Abstraction Level. In *Proceedings of the 5th International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR)*.
- [GAR07] Gómez, C., Abad-Mota, S. & Ruckhaus, E. (2007). An Analysis of the Mongeau-Sankoff Algorithm for Music Information Retrieval. In *Proceedings of the 8th International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR)*, S. 109–110.
- [Hi12] Hillewaere, R., Manderick, B., Conklin, D. & Ehu, U.P.V. (2012). String methods for folk tune genre classification. In *Proceedings of the 13th International Society for Music Information Retrieval Conference*, S. 217–222.
- [Ho01] Hofmann-Engl, L. (2001). Towards a cognitive model of melodic similarity. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR)*, S. 143–151.
- [Je91] Jesser, B. (1991). *Interaktive Melodieanalyse*. Studien zur Volksliedforschung 12. Bern: Peter Lang.
- [JVV15] Janssen, B., Van Kranenburg, P. & Volk A. (2015). A Comparison of Symbolic Similarity Measures for Finding Occurrences of Melodic Segments. In *Proceedings of the 16th International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR)*, S. 659–665.
- [Ko98] Kornstädt, A. (1998). Themefinder: A web-based melodic search tool. In *Computing in Musicology*, 11, 231–236.
- [Kr13] Krüger, G. (2013). Das „Regensburger Volksmusik-Portal“ der Universitätsbibliothek Regensburg. Bestände – Problematiken – Perspektiven. Zwischenbericht aus einem Er-

- schließungsprojekt. In R. E. Mohrmann (Hrsg.), *Audioarchive – Tondokumente digitalisieren, erschließen und auswerten*, S. 119–131. Münster: Waxmann Verlag.
- [Me07] Melucci, M. (2007). On rank correlation in information retrieval evaluation. In *ACM SIGIR Forum*, 41(1), 18–33.
- [MS03] Miura, T. & Shioya, I. (2003). Similarity among melodies for music information retrieval. In *Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM)*, S. 61-68.
- [MS90] Mongeau, M. & Sankoff, D. (1990). Comparison of Musical Sequences. In *Computers and the Humanities*, 24, 161–175.
- [MF04a] Müllensiefen, D. & Frieler, K. (2004). Optimizing Measures Of Melodic Similarity For The Exploration Of A Large Folk Song Database. In *Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR)*, S. 274–280.
- [MF04b] Müllensiefen, D. & Frieler, K. (2004). Melodic Similarity: Approaches and Applications. In *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Music Perception & Cognition*, S. 283–289.
- [Pa75] Parsons, D. (1975). *The Directory of Tunes*. Cambridge, England: Spencer Brown and Co.
- [Sa12] Savage, P.E., Merritt, E., Rzeszutek, T. & Brown, S. (2012). CantoCore: A New Cross-Cultural Song Classification Scheme. In *Analytical approaches to World Music*, 2(1), 87–137.
- [TNV13] Terras, M., Nyhan, J. & Vanhoutte, E. (2013). *Defining Digital Humanities - A Reader*. Farnham (UK): Ashgate Publishing.
- [TWV05] Typke, R., Wiering, F. & Veltkamp, R. C. (2005). A Survey of Music Information Retrieval Systems. In *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR)*, S. 153-160.
- [Ty07] Typke, R. (2007). Music Retrieval based on Melodic Similarity. *Ph.D Thesis, Utrecht University*.
- [Ur15] Urbano, J. (2015). MelodyShape at MIREX 2015 Symbolic Melodic Similarity. In *11<sup>th</sup> Music Information Retrieval Evaluation eXchange (MIREX)*.
- [VW13] Van Kranenburg, P., Volk, A. & Wiering, F. (2013). A comparison between global and local features for computational classification of folk song melodies. In *Journal of New Music Research*, 42(1), 1–18.
- [WF74] Wagner, R. A. & Fischer, M. J. (1974). The String-to-String Correction Problem. In *Journal of the ACM*, 21(1), 168–173.