



Verteidigung der Diplomarbeit:

Entwicklung und Implementierung von Vergleichsoperationen für symbolische Tondokumente

Michael Rentzsch



Technische Universität Chemnitz
Professur Datenverwaltungssysteme

20. Oktober 2005

Einleitung

Motivation
Aufgabenstellung
Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells
Ähnlichkeitsoperation für Motive
Graphbasiertes Distanzmaß
Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß
Ausschnitt aus Testlauf
Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- 1 **Einleitung**
 - Motivation
 - Aufgabenstellung
 - Ausgangssituation
- 2 **Entwickelte Konzepte**
 - Erweiterung des Leadsheet-Modells
 - Ähnlichkeitsoperation für Motive
 - Graphbasiertes Distanzmaß
 - Semantikorientiertes Distanzmaß
- 3 **Prototyp CoSMiC**
 - Testumgebung für Distanzmaß
 - Ausschnitt aus Testlauf
 - Testergebnisse
- 4 **Zusammenfassung und Ausblick**
 - Ergebnisse
 - Weiterführende Arbeiten
- 5 **Diskussion**
- 6 **Vorführung**

Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- Bedeutung von Musik für den Menschen
- Daraus folgt: Nutzung von Musik mit dem Computer
- Allgemeine Aufgaben:
 - Aufnahme, Abspielen, Musikerzeugung (-steuerung)
 - Notensatz
 - Speicherung großer Mengen dank Kompressionsverfahren
- Spezialfall Musik-Retrieval:
 - Großer Bestand an Tondokumenten
 - Anfragen nach Epoche, Komponist, Künstler, ...
 - Anfragen nach Takt- und Tonart, Tempo, ...
 - Anfragen nach Stil, (Tanz-) Rhythmus, ...
 - Anfragen nach ähnlich klingenden Musikstücken



- Bedeutung von Musik für den Menschen
- Daraus folgt: Nutzung von Musik mit dem Computer
- Allgemeine Aufgaben:
 - Aufnahme, Abspielen, Musikerzeugung (-steuerung)
 - Notensatz
 - Speicherung großer Mengen dank Kompressionsverfahren
- Spezialfall Musik-Retrieval:
 - Großer Bestand an Tondokumenten
 - Anfragen nach Epoche, Komponist, Künstler, ...
 - Anfragen nach Takt- und Tonart, Tempo, ...
 - Anfragen nach Stil, (Tanz-) Rhythmus, ...
 - Anfragen nach ähnlich klingenden Musikstücken



- Bedeutung von Musik für den Menschen
- Daraus folgt: Nutzung von Musik mit dem Computer
- Allgemeine Aufgaben:
 - Aufnahme, Abspielen, Musikerzeugung (-steuerung)
 - Notensatz
 - Speicherung großer Mengen dank Kompressionsverfahren
- Spezialfall Musik-Retrieval:
 - Großer Bestand an Tondokumenten
 - Anfragen nach Epoche, Komponist, Künstler, ...
 - Anfragen nach Takt- und Tonart, Tempo, ...
 - Anfragen nach Stil, (Tanz-) Rhythmus, ...
 - Anfragen nach ähnlich klingenden Musikstücken



Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung

- Im Rahmen des Projekts „Musikalische Datenbanken“
- Auf Basis des Leadsheet-Modells
- Zuordnung verschiedener Instanzen desselben Musikstücks
- Abstandsmaß für Motive
- Vergleichsoperation & Distanzmaß für Tondokumente

Projektziel

- Semantische Indexierung von Musik



- Leadsheet-Modell

- Idee des charakteristischen Motivs
- Strukturhierarchie → Leadsheet-Baum

- 1:1-Erkennung von Motiven

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- Leadsheet-Modell
 - Idee des charakteristischen Motivs
 - Strukturhierarchie → Leadsheet-Baum
- 1:1-Erkennung von Motiven



Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

- Motivation
- Aufgabenstellung
- Ausgangssituation**

Entwickelte Konzepte

- Erweiterung des
Leadsheet-Modells
- Ähnlichkeitsoperation für Motive
- Graphbasiertes Distanzmaß
- Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

- Testumgebung für Distanzmaß
- Ausschnitt aus Testlauf
- Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

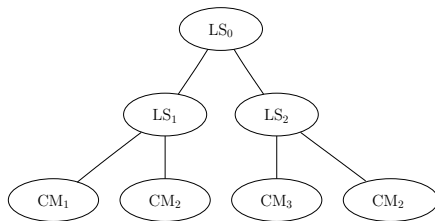
- Ergebnisse
- Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- Leadsheet-Modell
 - Idee des charakteristischen Motivs
 - Strukturhierarchie → Leadsheet-Baum
- 1:1-Erkennung von Motiven





- Leadsheet-Modell
 - Idee des charakteristischen Motivs
 - Strukturhierarchie → Leadsheet-Baum
- 1:1-Erkennung von Motiven



Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMic

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

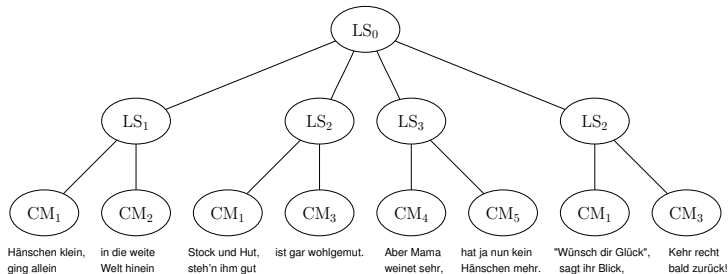
Vorführung

- Erweiterung des Leadsheet-Modells
- Ähnlichkeitsoperation für Motive
- Graphbasiertes Distanzmaß für Tondokumente
- Semantikorientiertes Distanzmaß für Tondokumente

Leadsheet-Modell zu Beginn der Arbeit



- Leadsheetstruktur in Vielwegbäumen
- Beziehung (Relation), z. B. Strophe, Refrain, . . . , fehlt
- Problem bei mehrfacher Verwendung von Leadsheets oder charakteristischen Motiven



Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

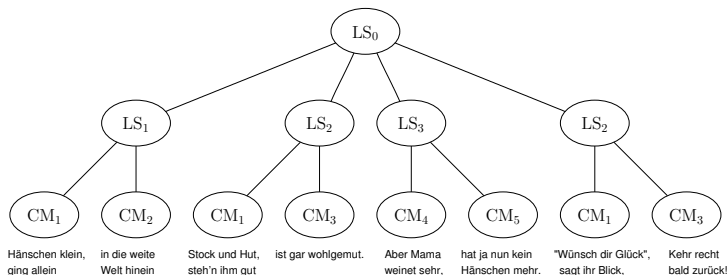
Diskussion

Vorführung

Leadsheet-Modell zu Beginn der Arbeit



- Leadsheetstruktur in Vielwegbäumen
- Beziehung (Relation), z. B. Strophe, Refrain, . . . , fehlt
- Problem bei mehrfacher Verwendung von Leadsheets oder charakteristischen Motiven



Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMic

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

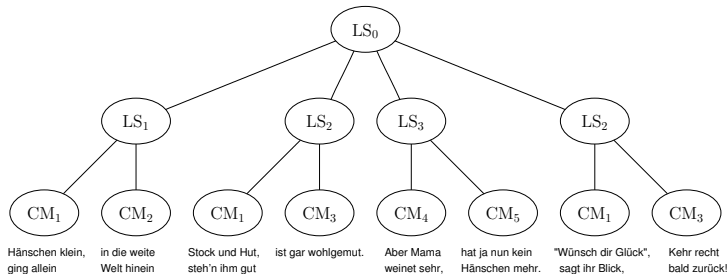
Diskussion

Vorführung

Leadsheet-Modell zu Beginn der Arbeit



- Leadsheetstruktur in Vielwegbäumen
- Beziehung (Relation), z. B. Strophe, Refrain, . . . , fehlt
- Problem bei mehrfacher Verwendung von Leadsheets oder charakteristischen Motiven



Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung

Definition: Leadsheet-Graph



- Modellierung als (Leadsheet-) Graph
- Knoten: charakteristische Motive, Leadsheets
- Kanten: doppelte Verkettung durch Besteht-aus- und Gehört-zu-Kanten
- Leadsheets bestehen aus LSs **oder** CMs
- Attributierung der Besteht-aus-Kanten:
 - o – Ordnung der Unterlemente
 - r – Relation (als Ganzzahl kodierter Bitstring $\{0, 1\}^{21}$)Mögliche Relationen: Motive, Strophe, Refrain, Vorspiel, Musikalische Form, u. a.

Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung

Beispiel-Graph



Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation
Aufgabenstellung
Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

**Erweiterung des
Leadsheet-Modells**
Ähnlichkeitsoperation für Motive
Graphbasiertes Distanzmaß
Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

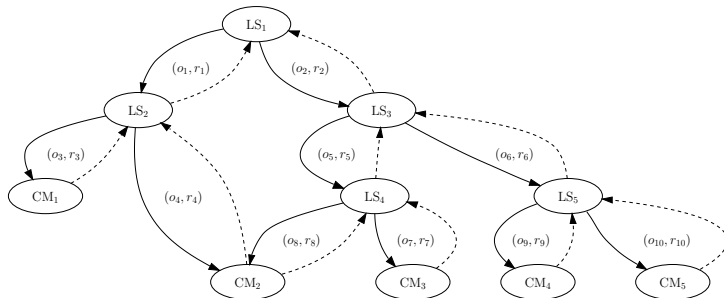
Testumgebung für Distanzmaß
Ausschnitt aus Testlauf
Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

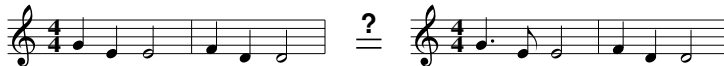
Vorführung



Ähnlichkeitsoperation für Motive



- Vergleicht Motiv (aus Leadsheet-Graph) mit gegebener Tonfolge



Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation
Aufgabenstellung
Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells
Ähnlichkeitsoperation für Motive
Graphbasiertes Distanzmaß
Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß
Ausschnitt aus Testlauf
Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse
Weiterführende Arbeiten

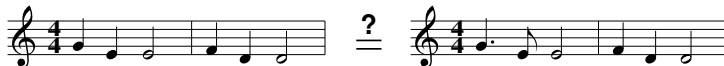
Diskussion

Vorführung

Ähnlichkeitsoperation für Motive



- Vergleicht Motiv (aus Leadsheet-Graph) mit gegebener Tonfolge



Idee:

- Vergleich der musikalischen Parameter:
Melodie, Rhythmus, Tempo und Harmonisierung
→ 4 Ähnlichkeitsmaße $E_M, E_R, E_T, E_H \in [0 \dots 1]$
- Gewichteter Einfluß auf Gesamtähnlichkeitsmaß E

Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation
Aufgabenstellung
Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells
Ähnlichkeitsoperation für Motive
Graphbasiertes Distanzmaß
Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß
Ausschnitt aus Testlauf
Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

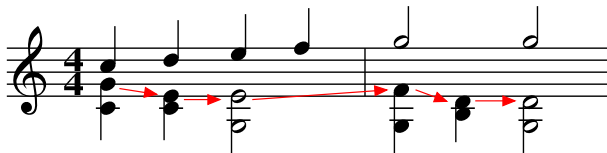
Ergebnisse
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- Wird das Motiv in einer Haupt- oder Nebenstimme gefunden
 - Hauptstimme $\Rightarrow E_V = 1$
 - Nebenstimme $\Rightarrow E_V = 0,8$



Einleitung

Motivation
Aufgabenstellung
Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells
Ähnlichkeitsoperation für Motive
Graphbasiertes Distanzmaß
Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß
Ausschnitt aus Testlauf
Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

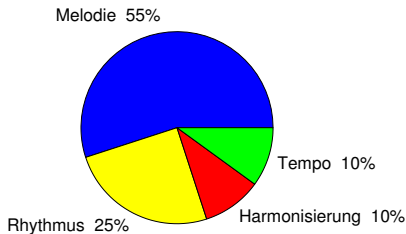
Ergebnisse
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



Gewichtung W_p



Berechnungsvorschrift für E

$$E = E_V \cdot \sum_p W_p \cdot E_p$$

$$p \in \{M, R, T, H\}$$

Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation
Aufgabenstellung
Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells
Ähnlichkeitsoperation für Motive
Graphbasiertes Distanzmaß
Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß
Ausschnitt aus Testlauf
Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

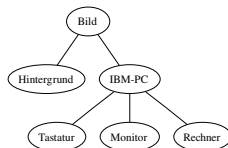
Ergebnisse
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- Bestimmt Ähnlichkeit zweier Tondokumente
- Idee aus MMR:
 - Repräsentation strukturierter Objekte als Graphen
 - Vergleich der Objekte durch Vergleich der Graphen
- Distanzmaße für Graphen
 - Größter gemeinsamer Teilgraph
 - Anzahl konsistenter Teilgraphen
 - Editierdistanz für Graphen
- Editierdistanz für Graphen *NP*-vollständig
- Berechnung für rooted, ordered Trees in *P*



• • •

Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse

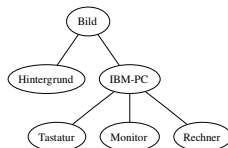
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- Bestimmt Ähnlichkeit zweier Tondokumente
- Idee aus MMR:
 - Repräsentation strukturierter Objekte als Graphen
 - Vergleich der Objekte durch Vergleich der Graphen
- Distanzmaße für Graphen
 - Größter gemeinsamer Teilgraph
 - Anzahl konsistenter Teilgraphen
 - Editierdistanz für Graphen
- Editierdistanz für Graphen *NP*-vollständig
- Berechnung für rooted, ordered Trees in *P*



• • •

Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse

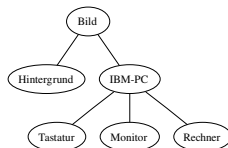
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- Bestimmt Ähnlichkeit zweier Tondokumente
- Idee aus MMR:
 - Repräsentation strukturierter Objekte als Graphen
 - Vergleich der Objekte durch Vergleich der Graphen
- Distanzmaße für Graphen
 - Größter gemeinsamer Teilgraph
 - Anzahl konsistenter Teilgraphen
 - Editierdistanz für Graphen
- Editierdistanz für Graphen NP -vollständig
- Berechnung für rooted, ordered Trees in P



• • •

Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- Finden der charakteristischen Motive
- Suchen der Leadsheets, LS_0 repräsentiert Stück
- Ähnlichkeit e_j in Knoten
- Berechnung der Distanz, unterschiedliche Kosten für Operationen



Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation
Aufgabenstellung
Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells
Ähnlichkeitsoperation für Motive
Graphbasiertes Distanzmaß
Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMic

Testumgebung für Distanzmaß
Ausschnitt aus Testlauf
Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse
Weiterführende Arbeiten

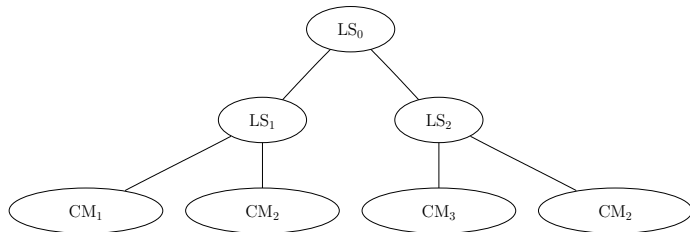
Diskussion

Vorführung

Tondokumente als Graphen: Schablonen



- Finden der charakteristischen Motive
- Suchen der Leadsheets, LS_0 repräsentiert Stück
- Ähnlichkeit e_j in Knoten
- Berechnung der Distanz, unterschiedliche Kosten für Operationen



Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

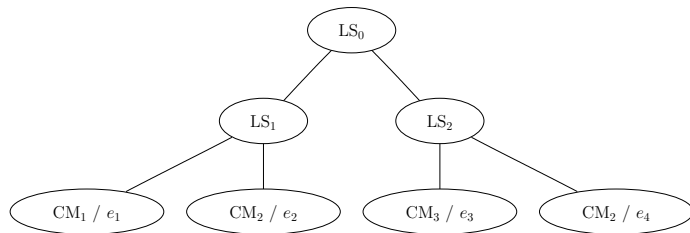
Diskussion

Vorführung

Tondokumente als Graphen: Schablonen



- Finden der charakteristischen Motive
- Suchen der Leadsheets, LS_0 repräsentiert Stück
- Ähnlichkeit e_i in Knoten
- Berechnung der Distanz, unterschiedliche Kosten für Operationen



Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse

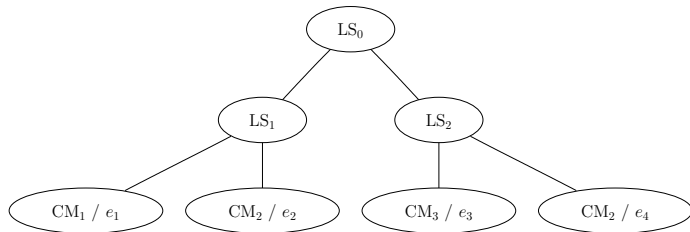
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- Finden der charakteristischen Motive
- Suchen der Leadsheets, LS_0 repräsentiert Stück
- Ähnlichkeit e_i in Knoten
- Berechnung der Distanz, unterschiedliche Kosten für Operationen



Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- „Hoher“ Berechnungsaufwand: $O(n^4)$
- Keine Beachtung der Relation
- Keine Beachtung der Zeit, die von den Motiven abgedeckt wird
- Wiederholungen nicht extra berücksichtigt
- Daraus folgt: Anderes Distanzmaß benötigt

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- „Hoher“ Berechnungsaufwand: $O(n^4)$
- Keine Beachtung der Relation
- Keine Beachtung der Zeit, die von den Motiven abgedeckt wird
- Wiederholungen nicht extra berücksichtigt
- Daraus folgt: Anderes Distanzmaß benötigt

Einleitung

Motivation
Aufgabenstellung
Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells
Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß
Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß
Ausschnitt aus Testlauf
Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- Beseitigung der Nachteile des graphbasierten Ansatzes
- Spezielle Beachtung der Wiederholung von Motiven bzw. Leadsheets
- Schritte beim Vergleich von Tondokumenten:
 - 1 Finden der Motive und Leadsheets (flexibel)
 - 2 Aufbau von Schablonen als Datenstruktur
 - 3 Bilden der Schnittmenge der Schablonen
 - 4 Vergleich der Elemente in der Schnittmenge auf 4 Ebenen: 4 Distanzattribute



● Zeitliche Ebene

- Bestimmt zeitliche Anteile der Schnittmenge an den Tondokumenten
- Arithmetisches Mittel: D_{Time}

● Strukturelle Ebene

- Vergleicht Unterstrukturen der Schnittmenge
- Bewertet Änderungen je nach Art und Funktion unterschiedlich
- Durchschnittliche Änderung: D_{Struct}



● Semantische Ebene

- Bewertet, was in der Schnittmenge gefunden wurde
- Verschiedene Funktionen gewichtet nach zeitlichem Anteil
- Mittelwert: D_{Semant}

● Motivebene

- Bewertet Ähnlichkeiten e_j , mit der die Motive gefunden wurden
- Mittelwert aller e_j : D_{Motive}

- **Distanzwert** $D(T_1, T_2) = (D_{\text{Time}}, D_{\text{Struct}}, D_{\text{Semant}}, D_{\text{Motive}})$



- Vorteil: ein Distanzwert $D \in \mathbb{R}$

- Einfluss und wahrscheinliche Priorität:

Ebene	Priorität	Einfluss
Zeitliche Ebene	2	Antiproportional
Strukturelle Ebene	3	Proportional
Semantische Ebene	4	Antiproportional
Motivebene	1	Antiproportional

- Nachteil: Aussage der Ebenen (Semantik) geht verloren
- Daraus folgt: Betrachtung des Distanzwertes als 4-Tupel



Comparing Symbolic Musical Instances

Prototyp zum Testen der Konzepte dieser Arbeit

- Zwei Programme:
 - `compareInstances` – berechnet $D(T_1, T_2)$
 - `generateRelationNo` – erstellt Bitstring für Relation
- Programmiersprache C++
- Bibliothek Libjdmidi: Parsen von MIDI-Dateien
- 4.622 LoC
- 2.603 Kommentarzeilen
- Umfangreiche API-Dokumentation mit Doxygen

Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung

- Leadsheet-Graph von „Alle meine Entchen“ und „Hänschen klein“
- Drei Versionen von „Alle meine Entchen“ (Original, Motivvariationen, Strukturvariationen)
- Drei Versionen von „Hänschen klein“ (Original, Motivvariationen, Strukturvariationen)
- Medley aus Motiven der beiden Volkslieder
- Jedes Musikstück mit Original von „Alle meine Entchen“ und „Hänschen klein“ verglichen
- Erwartetes Ergebnis: Zuordenbarkeit der verschiedenen Instanzen auf Grund des Distanzwertes



Vergleich von „Hänschen klein“ original und „Hänschen klein“ mit Motivvariationen

```
CoSMiC
Datei Bearbeiten Ansicht Terminal Reiter Hilfe

Haenschen klein: id: 6, pos: 0, rel: 0 from: 0 to: 15
=> avg equ: 0.876384
4 children

* Calculate distance

*****
*           CoSMiC           *
*   D I S T A N C E (result)   *
*****

* Time Level:      1
* Structural Level: 0
* Semantic Level:  5
* Motive Level:    0.913638
*****

CoSMiC - Michael Rentzsch, http://cosmic.repc.de

[mren@leia CoSMiC]$
```

Distanzattribute entsprechen Erwartungen (→ Arbeit)

Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation
Aufgabenstellung
Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells
Ähnlichkeitsoperation für Motive
Graphbasiertes Distanzmaß
Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung

Vergleich mit „Alle meine Entchen“



Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation
Aufgabenstellung
Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells
Ähnlichkeitsoperation für Motive
Graphbasiertes Distanzmaß
Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß
Ausschnitt aus Testlauf
Testergebnisse

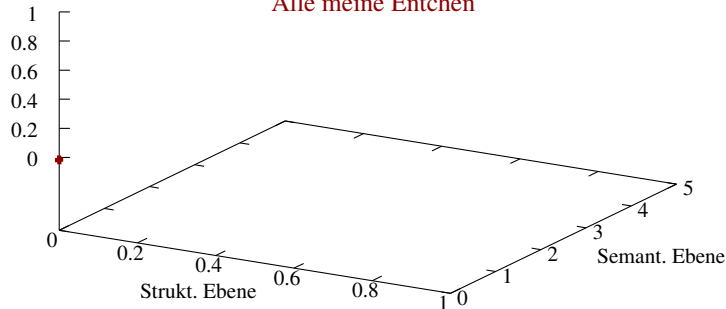
Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung

Motivebene



Hinweis: Zeitliche Ebene fehlt in der Darstellung

Vergleich mit „Hänschen klein“



Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation
Aufgabenstellung
Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells
Ähnlichkeitsoperation für Motive
Graphbasiertes Distanzmaß
Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß
Ausschnitt aus Testlauf
Testergebnisse

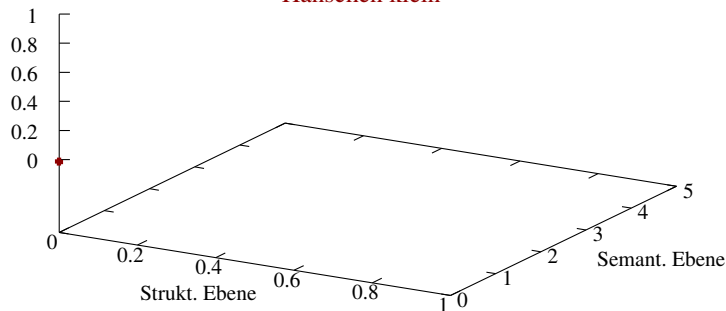
Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung

Motivebene



Hinweis: Zeitliche Ebene fehlt in der Darstellung



Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung

- Ergebnisse
- Möglichkeiten zur Verbesserung
- Vorschläge für weiterführende Arbeiten



- Konzepte:
 - Ähnlichkeitsoperation für Motive
 - Distanzmaß für Tondokumente
- Prototyp CoSMiC zum Testen der Ansätze
- Flexible Motiverkennung
- Zuordnung von Instanzen desselben Musikstücks

Einleitung

Motivation
Aufgabenstellung
Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells
Ähnlichkeitsoperation für Motive
Graphbasiertes Distanzmaß
Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß
Ausschnitt aus Testlauf
Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- Speicherung der Daten des Leadsheet-Graphen in Datenbank
- Werkzeug zur komfortablen Eingabe der Daten
- Automatische Erkennung der charakteristischen Motive in Originaldokumenten
- Testen der Ansätze mit größerer Datenmenge
- Konfiguration der Gewichtungparameter (evtl. mit Hilfe eines künstlichen neuronalen Netzes)
- Indexierung von Tondokumenten

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMic

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



Diplomarbeit, Prototyp und Präsentation zur Verteidigung
verfügbar unter

<http://cosmic.repc.de>

Einleitung

Motivation
Aufgabenstellung
Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells
Ähnlichkeitsoperation für Motive
Graphbasiertes Distanzmaß
Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß
Ausschnitt aus Testlauf
Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- 3 Tondokumente:
 - „Hänschen klein“ mit Motivvariationen,
 - „Alle meine Entchen“ und
 - Medley aus „Hänschen klein“ und „Alle meine Entchen“
- Vergleich mit original „Hänschen klein“

Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- 3 Tondokumente:
 - „Hänschen klein“ mit Motivvariationen,
 - „Alle meine Entchen“ und
 - Medley aus „Hänschen klein“ und „Alle meine Entchen“
- Vergleich mit original „Hänschen klein“

$\text{♩} = 140$

The image displays four staves of musical notation. The first staff is in 4/4 time with a tempo marking of quarter note = 140. It contains the original melody of 'Hänschen klein'. The second staff shows a variation of the melody with a different rhythmic pattern. The third staff shows a medley of the two melodies. The fourth staff shows a single note followed by a double bar line.

Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMic

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- 3 Tondokumente:
 - „Hänschen klein“ mit Motivvariationen,
 - „Alle meine Entchen“ und
 - Medley aus „Hänschen klein“ und „Alle meine Entchen“
- Vergleich mit original „Hänschen klein“



Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMic

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- 3 Tondokumente:
 - „Hänschen klein“ mit Motivvariationen,
 - „Alle meine Entchen“ und
 - **Medley aus „Hänschen klein“ und „Alle meine Entchen“**
- Vergleich mit original „Hänschen klein“

$\text{♩} = 130$

The image displays four staves of musical notation for the song 'Hänschen klein'. The tempo is marked as $\text{♩} = 130$. The first staff shows the main melody. The second and third staves show variations of the melody. The fourth staff shows the end of the piece with a double bar line.

Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMic

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



- 3 Tondokumente:
 - „Hänschen klein“ mit Motivvariationen,
 - „Alle meine Entchen“ und
 - Medley aus „Hänschen klein“ und „Alle meine Entchen“
- Vergleich mit original „Hänschen klein“

Erwartete Ergebnisse:

- Sehr ähnlich
- Keine Übereinstimmung
- (Etwas) ähnlich

Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation
Aufgabenstellung
Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells
Ähnlichkeitsoperation für Motive
Graphbasiertes Distanzmaß
Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß
Ausschnitt aus Testlauf
Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



Vergleichsoperationen für symbolische Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation

Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des

Leadsheet-Modells

Ähnlichkeitsoperation für Motive

Graphbasiertes Distanzmaß

Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß

Ausschnitt aus Testlauf

Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse

Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung



Einleitung

Motivation
Aufgabenstellung
Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells
Ähnlichkeitsoperation für Motive
Graphbasiertes Distanzmaß
Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß
Ausschnitt aus Testlauf
Testergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung

Vergleich mit „Hänschen klein“

Datei	D_{Time}	D_{Struct}	D_{Semant}	D_{Motive}
exp_hk_motive	1	0	5	0,914
exp_ame_exakt	0	0	0	0
exp_ame_hk	0,675	0	4	0,955

Ergebnisse: Grafische Darstellung



Vergleichsoperationen
für symbolische
Tondokumente

M. Rentzsch

Einleitung

Motivation
Aufgabenstellung
Ausgangssituation

Entwickelte Konzepte

Erweiterung des
Leadsheet-Modells
Ähnlichkeitsoperation für Motive
Graphbasiertes Distanzmaß
Semantikorientiertes Distanzmaß

Prototyp CoSMiC

Testumgebung für Distanzmaß
Ausschnitt aus Testlauf
Testergebnisse

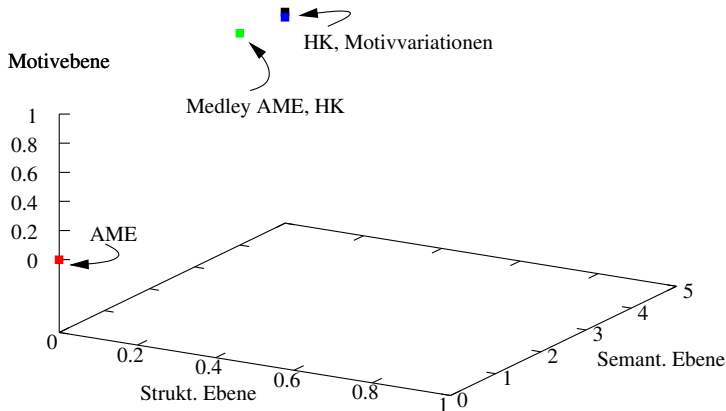
Zusammenfassung und
Ausblick

Ergebnisse
Weiterführende Arbeiten

Diskussion

Vorführung

Motivebene



Hinweis: Zeitliche Ebene fehlt in der Darstellung