

Einsatzmöglichkeiten von XML bei Akkordanalysen im Jazz

Prof. Dr. Klaus Huckert, Hochschule für Technik und Wirtschaft, Projektgruppe
Praxisorientierte Informatik, Goebenstr. 40, 66117 Saarbrücken

1. Einleitung

Im Laufe der musikalischen Geschichte hat sich eine Vielzahl von Notationsmöglichkeiten für Musikwerke entwickelt. In einem früheren Aufsatz der Autoren wurden unterschiedliche Notationsformate beschrieben, Vor-/Nachteile und diverse Einsatzgebiete beschrieben. Bei den Untersuchungen kristallisierte sich XML als hervorragendes Notationsformat für Musikstücke heraus. XML wurde in den neunziger Jahren als sogenannte Metaauszeichnungssprache in der Informatik entwickelt. Diese Sprache hat heute u.a. besondere Bedeutung als Datenaustauschformat im Bereich Electronic Business. Wir beschreiben die Verwendung von XML für das Gebiet der Musik. Es deutet sich in diesem Genre an, dass eine Variante –MusicXML – weltweit von Herstellern und Benutzern als ein Standard akzeptiert wird. Die Problematik, dass Musikwerke, die mit einem Notationsprogramm erfasst wurden, nur von diesem gelesen und verarbeitet werden kann, könnte damit gelöst werden. Noten können via Datenaustausch mit XML beispielsweise von Capella nach Sibelius oder Finale transportiert werden. Weitere Anwendungen sind die Konvertierung von XML nach MIDI, von XML nach PDF, von ABC nach XML etc.

Wir zeigen in diesem Aufsatz wie XML beispielsweise Akkordanalysen im Jazz wirkungsvoll unterstützen kann. Jazz gilt als die Musik, bei der die Kreativität von Musikern durch die Improvisation besonders gefordert ist. Improvisationsansätze basieren auf unterschiedlichen Vorgehensweisen: beispielsweise dem melodieorientierten Ansatz des Vor-Bebop-Jazz ("Embellishment" im New Orleans Jazz), dem Erlernen von Mustern oder sogenannten Klischees, das Konzept des Free Jazz und das klassische Konzept (z.B. in der Ausbildung von Kirchenorganisten, auf Bach und andere zurückgehend). Natürlich existieren weitere Konzepte und Mischformen.

Für das Konzept des Improvisieren nach Mustern geben wir eine XML-basierte Lösung an. Voraussetzung für das Spielen nach Mustern ist die Erkennung von Musterfolgen. Mustererkennung ist ein bekanntes Gebiet in der Informatik. XML kann durch seine besondere Struktur diese Muster gut darstellen. Mit Hilfe der XML-Sprachen XPATH und XQUERY werden in XML-Dokumenten (hier notierter Musik) Musterfolgen gesucht und erkannt.

Im Jazz der 40-60er Jahre im 20. Jahrhundert orientierten sich viele Musiker an sogenannten Standards, die beispielsweise in den Real Book-Songbüchern festgehalten sind. Anhand von Beispielen aus diesen Songbüchern sind Harmonieanalysen auf der Basis XML durchgeführt.

Hinweis: Für das Verständnis dieses Aufsatzes ist es förderlich, daß die Ausarbeitung von Edgar Huckert/Klaus Huckert zu Notationsformaten in der Musik dem Leser bekannt ist.

1. Zur Anwendbarkeit von XML im Jazz

Jazz gilt als die Musik, bei der die Kreativität von Musikern durch die Improvisation besonders gefordert ist. Im Jazz der 40-60er Jahre im 20. Jahrhundert orientierten sich viele Musiker an sogenannten Standards, die beispielsweise in den Real Book-Songbüchern festgehalten sind. Klassische Beispiele sind Werke wie “All of me”, “Days of wine and roses”, “Moonlight in Vermont” oder “There will never be another you”. Erfahrene Jazzmusiker kennen diese Standards und improvisieren beispielsweise über die Akkordfolgen, die diese Stücke beinhalten. U.a. können dazu Muster oder sogenannte Klischees verwendet werden.

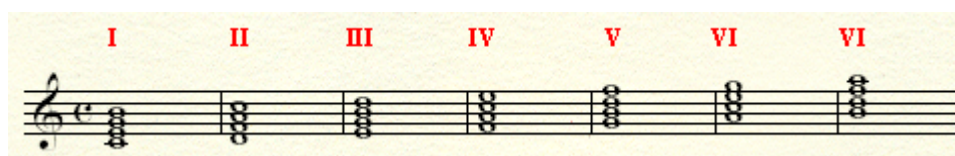
Um den Begriff Muster in der Jazzmusik zu erläutern, sei ein Beispiel betrachtet.

Beispiel:

Betrachtet man beispielsweise die C-Dur-Tonleiter, so besitzt diese 7 Töne (C,D,E,F,G,A,B (deutsch H)). Ordnet man diesen sieben Tönen Stufen zu, so ergibt sich folgendes Bild:

Stufe	I	II	III	IV	V	VI	VII
Ton	C	D	E	F	G	A	B

Nimmt man jeden Ton einer Stufe (Grundton) und schichtet drei Noten in einem Terzabstand übereinander, so kommt man zu sogenannten Stufenakkorden. Beispielsweise sieht dies für die C-Dur-Tonleiter so aus.



Den Stufen I bis VII sind Akkorde zugeordnet. Die in der letzten Graphik dargestellten Symbole heißen auch leitereigene Akkorde.

Leitereigene Akkorde C-Dur

Stufe Akkord	I Cmaj7	II Dm7	III Em7	IV Fmaj7	V G7	VI Am7	VII Bm7b5
-----------------	------------	-----------	------------	-------------	---------	-----------	--------------

Richtigerweise bezeichnet man jede Stufe mit einer Stufennummer und dem Typ des zugrundeliegenden Akkordes. Daraus ergibt sich das Stufenschema:

I maj II m7 III m7 IV maj V 7 VI m7 VII m7b5

Obige Überlegungen kann man für alle Dur-Tonarten durchführen und erhält so folgende Tabelle der sogenannten leitereigenen Akkorde.

Tonart	I maj7	II m7	III m7	IV maj7	V 7	VI m7	VII m7b5
C-Dur	Cmaj7	Dm7	Em7	Fmaj7	G7	Am7	Bm7b5
F-Dur	Fmaj7	Gm7	Am7	Bbmaj7	C7	Dm7	Em7b5
Bb-Dur	Bbmaj7	Cm7	Dm7	Ebmaj7	F7	Gm7	Am7b5
Eb-Dur	Ebmaj7	Fm7	Gm7	Abmaj7	Bb7	Cm7	Dm7b5
Ab-Dur	Abmaj7	Bbm7	Cm7	Dbmaj7	Eb7	Fm7	Gm7b5
Db-Dur	Dbmaj7	Ebm7	Fm7	Gbmaj7	Ab7	Bbm7	Cm7b5
Gb-Dur	Gbmaj7	Abm7	Bbm7	Cbmaj7	Db7	Ebm7	Fm7b5
B-Dur	Bmaj7	C#m7	D#m7	Emaj7	F#7	G#m7	A#m7b5
E-Dur	Emaj7	F#m7	G#m7	Amaj7	B7	C#m7	D#m7b5
A-Dur	Amaj7	Bm7	C#m7	Dmaj7	E7	F#m7	G#m7b5
D-Dur	Dmaj7	Em7	F#m7	Gmaj7	A7	Bm7	C#m7b5
G-Dur	Gmaj7	Am7	Bm7	Cmaj7	D7	Em7	F#m7b5

Tabelle 1: Leitereigene Akkorde in Dur

Diese Überlegungen lassen sich auf für Moll-Tonarten durchführen. Daraus ergibt sich dann folgende Tabelle:

Tonart	I^m7	II^m7b5	III^{maj}7	IV^m7	V^{alt}	VI^{maj}7	VII⁷
A-Moll	Am7	Bm7b5	Cmaj7	Dm7	E7alt	Fmaj7	G7
D-Moll	Dm7	Em7b5	Fmaj7	Gm7	A7alt	Bbmaj7	C7
G-Moll	Gm7	Am7b5	Bbmaj7	Cm7	D7alt	Ebmaj7	F7
C-Moll	Cm7	Dm7b5	Ebmaj7	Fm7	G7alt	Abmaj7	Bb7
F-Moll	Fm7	Gm7b5	Abmaj7	Bbm7	C7alt	Dbmaj7	Eb7
Bb-Moll	Bbm7	Cm7b5	Dbmaj7	Ebm7	F7alt	Gbmaj7	Ab7
Eb-Moll	Ebm7	Fm7b5	Gbmaj7	Abm7	Bb7alt	Cbmaj7	Db7
G#-Moll	G#m7	A#m7b5	Bmaj7	C#m7	D#7alt	Emaj7	F#7
C#-Moll	C#m7	D#m7b5	Emaj7	F#m7	G#7alt	Amaj7	B7
F#-Moll	F#m7	G#m7b5	Amaj7	Bm7	C#7alt	Dmaj7	E7
B-Moll	Bm7	C#m7b5	Dmaj7	Em7	F#7alt	Gmaj7	A7
E-Moll	Em7	F#m7b5	Gmaj7	Am7	B7alt	Cmaj7	D7

Tabelle 2: Leitereigene Akkorde in Moll

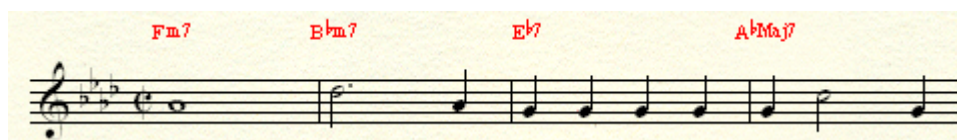
Anmerkung: Auf Stufe 5 stehen eigentlich Moll-Akkorde, diese werden durch sogenannte alterierte Akkorde substituiert.

Mit den Stufenakkorden lassen sich sogenannte Kadenzen bilden, die im Jazzbereich häufige Akkordfolgen darstellen. Beispielsweise kann hier als Beispiel eine II^m7-V7-Imaj7- (Abkürzung II-V-I oder (2-5-1))Verbindung genannt werden. Viele Jazzstandards weisen solche Verbindungen auf. Die folgende Tabelle zeigt gängige Verbindungen, die Akkordfolgen oder Muster darstellen.

Verbindung				Kurzsprechweise	
IIm7	V7			(2-5)	
V7	Imaj7			(5-1)	
IIm7	V7	Imaj7		(2-5-1)	
IIm7	V7	Imaj7	IVmaj7	(2-5-1-4)	
VIm7	IIm7	V7	Imaj7	(6-2-5-1)	
IIIm7	VIm7	IIm7	V7	Imaj7	(3-6-2-5-1)
Imaj7	VIm7	IIm7	V7		(1-6-2-5)

Tabelle 3: Typische Verbindungen in Jazzstandards in Dur

Beispielsweise ist in dem Stück “All the things you are“ in Takt 1 – 4 eine (6-2-5-1)-Verbindung in Ab-Dur zu finden.



Jeder Jazzmusiker muß vor der eigentlichen Improvisation eine Harmonieanalyse vornehmen, d.h. er überprüft die Akkordfolgen unter anderem auf das Vorkommen von Mustern. Bei professionellen Musikern geschieht dies beinahe in Echtzeit während des Spielens eines Standards. Nicht so versierte Musiker werden vor dem eigentlichen Spielen mit Bleistift und Papier eine Analyse machen, d.h. sie suchen beispielsweise im Stück (2-5)- oder (1-6-2-5)-Verbindungen etc. Weitere interessante Fragestellungen sind das Erkennen von sogenannten Tritonus-Substitutionen, Tongeschlechtswechsel, die Verwendung von Doppeldominanten etc. Dazu später Näheres.

Durch die Analyse können sich Musiker auf die jeweilige Verbindung (Muster) einstellen und entsprechende Klischees zur Improvisation verwenden. Dies können geprobte Tonfolgen oder aber sogenannte Skalen (Kirchentonleitern) sein, die dann einen Teil der Improvisation bilden. Weiterhin können durch solche Muster Bewegungsabläufe – wie etwa das Greifen von Akkorden auf einer Gitarre – „automatisiert“ werden. Natürlich finden in der Improvisation weitere Techniken (z.B. Chromatik, Arpeggien etc) Verwendung, die hier nicht betrachtet werden.

Harmonieanalysen können mit dem Computer automatisiert werden. Nur muß man hier sofort betonen, dass eine vollständige hundertprozentige korrekte Analyse nicht funktionieren wird, da die künstlerischen Freiheiten sehr groß sind. Weiterhin existieren Jazzstandards, die den gängigen Kadenzfolgen eine Absage erteilen. Beispielsweise ist dies im Free-Jazz der Fall.

Um vorstehende Ausführungen zu illustrieren, sei eine notierte Improvisation von den ersten vier Takten von „All the Things you are“ dargestellt. In ihr werden als einfachste Variante in den beiden ersten Takten Töne der leitereigenen Akkorde (Fm7 und Bbm7) und in den beiden anderen Takten Töne der dorischen Skala (Takt 3) und in Takt 4 Töne der mixolydischen Skala in Ab-Dur endet.

Fehlt noch!!!

2. Algorithmen zur Harmonieanalysen

Hier seien zunächst einige Algorithmen zur Erkennung typischer Muster (vgl. Tabelle 3) in der deutschen Umgangssprache beschrieben. Die Realisierung mit XML wird später untersucht.

1. Algorithmus zur Erkennung von (2-5-1)-Verbindungen in Dur

1. Suche alle Dominant-Sept-Akkorde, speichere sie in einer Menge M
2. Finde alle direkten Nachfolger der Dominant-Sept-Akkorde und ergänze in der Menge M jedem Dominant-Septakkord um seinen Nachfolger
3. Überprüfe mit Hilfe der Tabelle der leitereigenen Akkorde in Dur auf (5-1)-Verbindung.
4. Speichere alle Dominanten, die zu Nicht-(5-1)-Verbindungen gehören, in einer weiteren Menge N und entferne die Nicht-(5-1)-Verbindungen aus M. Die Menge N wird später untersucht auf das Vorkommen von Tritonus-Substitution..
5. Finde alle direkten Vorgänger der Dominant-Sept-Akkorde aus der Menge M und ergänze sie um ihren direkten Vorgänger-Akkord. Prüfe alle Elemente aus M mit Hilfe der Tabelle der leitereigenen Akkorde in Dur auf (2-5-1).
6. Ausgabe Analyse-Ergebnis

Wir beginnen den Algorithmus mit dem Test auf eine Dominante, da diese bei den leitereigenen Akkorden nur einmal vorkommt. Der halbverminderte Akkord der Stufe VII^{Im}7b5 kommt zwar auch nur einmal in einer Tonleiter vor, kann aber als Stellvertreter eines Dominant-Akkordes betrachtet werden.

Die Erkennung in Moll ist entsprechend zu implementieren. Die Erkennung aller weiteren Verbindungen lassen auf den Algorithmus 1 zurückführen.

Der Algorithmus erscheint trivial. In [Haunschild, Band 2 S. 24] erscheint aber die Problematik in einem neuen Licht. Der Dominant-Sept-Akkord der Stufe 5, der Akkord der 2.Stufe und der Akkord der 1. Stufe kann in einer Vielzahl von Varianten erscheinen.

Wir geben hier aus dem Buch von [Haunschild] mögliche Varianten an. Würde man hier alle Varianten mit Hilfe des in der Informatik sogenannten Pattern-Matching/Mustervergleichs (vgl. Glossar) testen wollen, käme man auf mehrere hundert (exakt 270) Varianten pro Tonart. Dies bedeutet für die 12 Tonarten in Dur ca. 3300 Kombinationen.

II. Stufe	
Dm ^{7 (9/11)}	dor
Dm ^{7 (11)}	dorb9
Dm ^{7 (9/#11)}	dor#11

V. Stufe (mit reiner Quinte)	
G ^{7 (9/13)}	mixo
G ^{7 (b9/13)}	mixob9
G ^{7 (9/b13)}	mixob13
G ^{7 (9/#11/13)}	mixo#11
G ^{7 (b9/#11/13)}	mixob9/#11
G ^{7 (b9/#9/b13)}	harm alt
G ^{7 (b9/#11/13)}	HTGT
G ^{7 (#9/13)}	HTGT

V. Stufe (mit reiner Quinte und sus4)	
G ^{7/sus4 (9/13)}	mixo
G ^{7/sus4 (b9/13)}	mixob9

V. Stufe (ohne reine Quinte)	
G ^{7/alt}	alt
G ^{7/#9/b13 (b9/#11)}	alt
G ^{7/#5}	GT, alt
G ^{7/#5 (9/#11)}	GT
G ^{7/b5 (9/b13)}	GT

I. Stufe	
C ^{maj7 (9/13)}	ion
C ^{6 (9)}	ion
C ^{maj7 (9/b13)}	ionb13
C ^{maj7 (9/#11/13)}	lyd
C ^{6/9/#11}	lyd
C ^{maj7/#5}	ion#5, lyd#5

Tabelle 5: Varianten von (2-5-1)-Verbindungen in Dur

In dieser Tabelle ist auch in der 2.Spalte eine Besonderheit aufgeführt, die nur kurz gestreift wird. Es wird beispielsweise für Stufe II für den Akkord Dm^{7(9/11)} die sogenannte dorische

Skala (Abkürzung dor) für die Improvisation empfohlen. Die weiteren Einträge in Spalte 2 sollen nicht weiter erläutert werden. Es wird auf die Bücher von [Haunschild] oder [Sagmeister] verwiesen.

Wie können nun XML-Techniken und Sprachen wie XQUERY zur Akkordanalyse so eingesetzt werden? Zunächst einmal ist es wichtig, daß das Musikstück – wie es beispielsweise in den Real-Books oder anderen Büchern publiziert ist - mit einem der gängigen Notationsprogramme wie Capella, Sibelius oder Finale etc. erfaßt wird. Danach muß das Stück im MusicXML-Format in eine eigene Datei gespeichert werden. Die Analyse des XML-Textes könnte eigentlich in jeder gängige Programmiersprache wie Basic, C oder Java erfolgen. Aber XML beinhaltet eine ganze Sprachfamilie, die auch sehr gut zum Analysieren geeignet ist. Die Sprache XQUERY verfügt über leistungsstarke Mechanismen um auf dem XML-Dokument zu navigieren. Bekanntlicherweise stellt das XML-Dokument ein Baum dar, der zu analysieren ist. Jeder Dominant-Sept-Akkord (und seine möglichen Varianten) findet sich im XML-Dokument an den im folgenden beispielhaft aufgeführten Stelle:

```
<harmony default-y="40">
  <root>
    <root-step>E</root-step>
    <root-alter>-1</root-alter>
  </root>
  <kind>dominant</kind>
</harmony>
```

In obigem Beispiel ist unterhalb des **root-Tag** der Eb7-Dominant-Akkord gekennzeichnet. Der **kind-Tag** weist auf den Dominant-Charakter hin. Im XML-Dokument sind also alle Stellen zu finden, die diese Eigenschaft aufweisen.

Varianten des hier dargestellten Eb7 sind beispielsweise Eb9, Eb7(9/#11/13) oder Eb7(#9/13). Alle diese Varianten sind MusicXML als Dominanten gekennzeichnet, verfügen aber über entsprechende Zusätze in XML. Eb7(9/#11) sieht in XML so aus:

```
<harmony default-y="40">
  <root>
    <root-step>E</root-step>
    <root-alter>-1</root-alter>
  </root>
  <kind>dominant-ninth</kind>
  <degree>
    <degree-value>11</degree-value>
    <degree-alter>1</degree-alter>
    <degree-type>add</degree-type>
  </degree>
```

Mit der Anfragesprache XQUERY können diese Stellen im XML-Dokument relativ einfach angesteuert werden. Nähere Einzelheiten zu XQUERY sind dem Buch von [Lehner/Schöning] zu entnehmen.

Alle weiteren in Tabelle 3 genannten Verbindungen sind nur durch geringfügige Modifikationen des obigen Algorithmus 1 zu erkennen.

2. Algorithmus zur Erkennung von Tritonus-Substitutionen

Häufig wird im Jazz das Stilmittel der Tritonusvertauschung eingesetzt. Dabei kann es sich beispielsweise um die Ersetzung eines Dominant-Akkordes auf der V.Stufe durch einen Dominantseptakkord der Stufe bII. Da die Grundtöne der beiden Akkorde 3 Ganztöne voneinander entfernt sind, nennt man die Ersetzung auch Tritonus-Vertauschung. Betrachten wir dies an einem Beispiel.

Beispiel:

Betrachten wir eine (2-5-1)-Verbindung in C-Dur. Diese lautet gemäß Tabelle 2 dann:

Dm7 G7 Cmaj7

Ersetzt man das G7 durch Db7 so lautet die Folge **Dm7 Db7 Cmaj7**. Das Db7 (exakter: Db7#11) wird hier als Tritonusvertauschung bezeichnet.

In Algorithmus 1 wurde eine Menge N ermittelt, die Dominanten enthält, die nicht zu den klassischen (2-5-1)-Verbindungen gehören. Diese Menge N ist die Kandidatenmenge, die auf die Tritonusvertauschung getestet wird. Bei der Tritonusvertauschung der Dominante ist der Grundton des rechts stehende Akkord (also die Tonika) genau einen Halbton höher als der Grundton des Akkordes, der als Dominante bezeichnet wird.

1. Vergleiche in der aus Algorithmus 1 stammende Menge N jeden Dominant-Akkord der Stufe V mit dem Akkord der Stufe I. Ist der Grundtonabstand eine halbe Note, so ist eine Tritonussubstitution gefunden. Entferne alle (5-1) Verbindungen aus der Menge N, die zu Tritonus-Substituten gehören.

Die Realisierung dieses Algorithmus gestaltet sich auf dem XML-Dokument einfach. Im XML-Dokument sind die paarweise aufeinanderfolgende Akkorde aufzusuchen, die nicht klassische (5-1)-Verbindungen darstellen (siehe Algorithmus 1) und deren Grundtonabstand eine halbe Note ausmacht.

Beispiel: Girl From Ipanema

The image displays two staves of musical notation for the song 'Girl From Ipanema'. The first staff, starting at measure 9, features a treble clef and a key signature of two sharps (F# and C#). It contains a melodic line with eighth and quarter notes. Above the staff, the chords 'D Maj7' and 'E 7' are labeled in red. The second staff, starting at measure 13, also has a treble clef and the same key signature. It continues the melodic line. Above this staff, the chords 'E m7', 'Eb7', and 'D Maj7' are labeled in red. The background of the notation is a light yellow color.

Hier bildet die Folge Em7 Eb7 Dmaj7 in der 2. Zeile eine (2-5-1)-Verbindung in Dur, wobei eine Tritonus-Substitution von der Dominante A7 nach Eb7 stattfindet.

Es sei angemerkt, daß die Tritonus-Substitution in weiteren Varianten auftreten kann. Die Dominante mit einem Moll Akkord tritonustauscht werden, oder aber kann in einer (2-5-1)-Verbindung die 2. Stufe tritonustauscht mit Moll oder Dur tritonustauscht werden. Nähere Einzelheiten eiten sind dem Buch von [Haunschild, S. 61] zu entnehmen.

- 2. Algorithmus zur Erkennung eines Tongeschlechtswechsels**
- 3. Algorithmus zur Erkennung von Sekundär-Dominanten**
- 4. Algorithmus zur Erkennung von Akkord-Synonymen (siehe Sagmeister S. 184)**

2.1 Weitere Algorithmen zur musikalischen Analyse

Die folgenden Algorithmen sind nicht auf Jazzwerke beschränkt, sondern in allen Stilistiken anwendbar. Als erstes ein einfacher Algorithmus zum Zählen der unterschiedlichen Töne in einem Musikstück angegeben werden. Dabei soll ein beispielsweise ein tiefes C gleichwertig einem mittleren C bzw. einem hohen C sein etc. Die Lösung für dies Problem sieht so aus:

1. Sortiere das Musikstück nach unterschiedlichen Tönen, d.h. alle gleichen Töne sind nacheinander angeordnet.
2. Alle gleichen Töne bilden eine Gruppe, zähle diese.

Der obige Algorithmus repräsentiert ein sogenanntes einstufiges Gruppenwechselproblem bzw. die Lösung davon. In der Informatik ist dieses Thema seit langem bekannt, beispielsweise bei der Erstellung von Mengenstatistiken für Artikel in einem Berichtszeitraum (Quartal, Jahr). In EXCEL könnte man dies u.a. als Pivottabelle realisieren.

Töne sind in XML durch folgenden Eintrag charakterisiert (hier der Ton Ab der Tonstufe 4).

```
<note>
  <pitch>
    <step>A</step>
    <alter>-1</alter>
    <octave>4</octave>
  </pitch>
```

Obiger Algorithmus liefert für das Beispiel „All the Things you are“ folgendes Ergebnis.

Ergebnisse				
Meldungen				
	Ton	Alteration	Anzahl	Häufigkeit
1	A		3	3.3 %
2	B		8	8.9 %
3	C		11	12.2 %
4	D		9	10 %
5	E		2	2.2 %
6	F		10	11.1 %
7	G		17	18.9 %
8	A	-1	10	11.1 %
9	B	-1	1	1.1 %
10	D	-1	9	10 %
11	E	-1	10	11.1 %

Der Ton A kommt dreimal vor, der Ton Ab (dargestellt als A mit der Alteration -1) zehnmal.

Algorithmus zur Erkennung von typischen Notenfolgen

3. Realisierung der Algorithmen zur Harmonieanalyse

Grundsätzlich bestand die Möglichkeit, mit einer Vielzahl von Softwareprodukten die Analysen durchzuführen. Mit zwei Produkten wurde zunächst experimentiert. Zum einem mit dem Produkt XMLSPY, das XQUERY leistungsstark implementiert hat. Zum anderen mit dem Datenbanksystem SQL Server 2005, das über eine XML/XQUERY-Unterstützung verfügt. XQUERY wird nicht in seinem kompletten Funktionsumfang unterstützt. Trotzdem entschieden wir uns für den SQL Server 2005, da langjährige Erfahrungen mit dem Produkt vorlagen. XMLSPY hätte für die Implementierer einen hohen Aufwand an Einarbeitungszeit bedeutet. Auch die Anforderung alle Notenstücke, die XML codiert sind, mit XQUERY in einer Datenbank abzufragen, gelingt nur für die Datenbank DB2 von IBM. ALTOVA, der Hersteller von XMLSPY, bietet zur Zeit nur für dieses Produkt die XQUERY-Unterstützung an. Leider stand die Datenbanksoftware DB2 den Entwicklern nicht zur Verfügung.

Wichtig ist hier auch die Verwaltung von größeren Datenmengen mittels einer Datenbanktechnologie. Das Standard Real Book umfasst ca. 300 Titel. Daneben existieren weitere Varianten z.B. The Colorado Cookbook, Jazzfake Book, Jazz LTD oder The New Real Books, Latin Real Book etc. Weit über 2000 Jazzstandards sind zu nennen. Die Verwaltung in einem Dateisystem mit 2000 Dateien ist unübersichtlich und komplex. Die Technologie der relationalen Datenbanken ist hier vorzuziehen, da diese ausgereift und fehlertolerant ist.

Zur Realisierung der Algorithmen wurde die Datenbanksprache Transact SQL von Microsoft mit der Variante SQLXML verwendet. SQLXML beinhaltet Teile der XQUERY-Notation.

Der SQL Server 2005 erlaubt die Verwendung eines Datentyps XML, der benutzt wird, um Musikstücke zu speichern. Alle Beispiele (dies sind ca. 50 Titel aus dem Repertoire der Jazzband EASY LISTENING, (www.easy-listening-jazz.de) wurden zunächst mit Notationsprogramm FINALE PRINT MUSIC erfaßt und dann die XML-Version in einer SQL Datenbank XML_Daten gespeichert. Der Tabellenaufbau der Datenbank XML_Daten sieht so aus so aus:

Nummer-Musikstück Beschreibungstext XML-Daten

Die XML-Daten können dann mit fünf Methoden bearbeitet werden. Diese lauten:

- Query()
- Value()
- Exist()
- Nodes()
- Modify()

Die Query()-Methode kann Teile aus einem XML-Dokument extrahieren. In Klammern stehen XPATH-Ausdrücke.

Die Value()-Methode extrahiert aus XML-Dokumenten Werte und übergibt sie kann an sogenannte SQL-Variable. Auf diese Weise kann man SELECT-Abfragen angeben, die XML-Daten mit Daten in Nicht-XML-Spalten kombinieren oder vergleichen.

Mit EXIST() kann überprüft werden, ob ein XQUERY-Ausdruck Werte liefert oder nicht. Beispielsweise ist testbar, ob ein Takt einen Akkord enthält oder nicht.

NODES()

MODIFY erlaubt das nachträgliche Löschen, Ändern oder Neuanlegen von Knoten (Dokumenteinträgen) im XML-Dokument. Damit können ohne nochmal das Notationsprogramm zu starten, bestimmte Einträge in einem Musikstück modifiziert werden, beispielsweise Turnarounds hinzugefügt werden, die in der ursprünglichen Notenversion fehlen.

3.1 Codebeispiele der Harmonieanalysealgorithmen

Ermitteln von (2-5-1)-Verbindungen in Dur

```
set ANSI_NULLS ON
set QUOTED_IDENTIFIER ON
go

ALTER procedure [dbo].[M_Verbindung_251] @nr int

as

/* Ausgabe aller Akkorde in einem Musikstück und
/* Kennzeichnung der dominanten Akkorde sowie der 2-5-1-Verbindungen.*/
/*****/

/* Initialisieren der Tabelle mit den Akkordinformationen */
truncate table Musik_Akkordinfo

/* Lesen der Akkordinformationen im gesamten Musikstück und Übertragen
dieser Informationen */
/* in die Tabelle MUSIK_AKKORDINFO */
insert into Musik_Akkordinfo
SELECT nref.value('root[1]', 'char(8)'),
       nref.value('kind[1]',
                  'char(24)'), nref.value('degree[1]', 'char(16)'), ' ', ' '
FROM   xml_daten CROSS APPLY daten.nodes('/*measure/harmony') AS R(nref)
where nr = @nr

/* Akkordinformationen lesbarer machen */
update Musik_Akkordinfo set Degree = ' ' where Degree is null
update Musik_Akkordinfo set dominant = 'J' where Akkord_Typ = 'dominant'

/* 5-2-1-Verbindungen in der Tabelle MUSIK_AKKORDINFO ermitteln.
*/
/* Es wird die Tabelle AKKORD mit der Information der leitereigenen Akkorde
in Dur benutzt.*/
/*****/

/* Variablen und Cursor für MUSIK_AKKORDINFO deklarieren */
declare @Akkord1 int, @Akkord2 int, @Akkord3 int, @ende int,
        @Akk_Grund1 char(8), @Akk_Grund2 char(8), @Akk_Grund3 char(8),
        @Akk_Typ1 char(16), @Akk_Typ2 char(16), @Akk_Typ3 char(16),
        @Stufe1 char(8), @Stufe2 char(8)
declare c_Akkord cursor scroll for
select Akkord_Nr, Akkord_Grundton, Akkord_Typ
from Musik_Akkordinfo

set @ende = 0

/* Cursor öffnen */
open c_Akkord

fetch next from c_Akkord into @Akkord1, @Akk_Grund1, @Akk_Typ1

/* Schleife über die Datensätze des Cursors. Es wird für drei aufeinander
folgende */
```

```

/* Datensätze geprüft, ob eine 2-5-1-Verbindung vorliegt.
*/
while (@ende = 0)
begin
    fetch next from c_Akkord into @Akkord2,@Akk_Grund2,@Akk_Typ2
    fetch next from c_Akkord into @Akkord3,@Akk_Grund3,@Akk_Typ3
    if (@@fetch_status = 0)
    begin
        if (@Akk_Typ2='dominant')
        begin
            select @Stufe1=Stufe1, @Stufe2=Stufe2
            from Akkord
            where Stufe5 = @Akk_Grund2
            if (@Akk_Grund1 = @Stufe2)
            if (@Akk_Grund3 = @Stufe1)
            update Musik_Akkordinfo
            set     Verbindung='2-5-1'
            where  Akkord_Nr=@Akkord2
        end
        fetch prior from c_Akkord into @Akkord1,@Akk_Grund1,@Akk_Typ1
    end
    else set @ende = 1
end

/* Cursor schließen und Ressourcen freigeben. */
deallocate c_Akkord

/* 2-5-1-Verbindungen und weitere Informationen ausgeben */
select * from Musik_Akkordinfo

```

Beispielsweise sieht die Ergebnistabelle für All the Things you are so aus.

	Akkord_Nr	Akkord_Grundton	Akkord_Typ	Degree	dominant	Verbindung
1	1	F	major-seventh			
2	2	D	dominant		J	
3	3	G	minor-seventh			
4	4	C	dominant		J	2-5-1
5	5	F	major-seventh			
6	6	D	dominant		J	
7	7	G	minor-seventh			
8	8	C	dominant		J	2-5-1
9	9	F	major-seventh			
10	10	G	minor-seventh			
11	11	A-1	diminished-seventh			
12	12	A	minor-seventh			
13	13	E	minor-seventh			
14	14	D	minor-seventh			
15	15	G	dominant		J	2-5-1
16	16	C	dominant		J	
17	17	B-1	major-seventh			
18	18	A	minor-seventh			
19	19	G	minor-seventh			
20	20	E-1	dominant	111add	J	
21	21	D	dominant	51alter	J	
22	22	G	minor-seventh			
23	23	C	dominant		J	2-5-1
24	24	F	major-sixth			

Zählen der Noten eines Musikstückes

```
set ANSI_NULLS ON
set QUOTED_IDENTIFIER ON
go

ALTER procedure [dbo].[M_Töne_zählen] @nr int
as

/* Zählen der Töne eines Musikstücks.
*/
/* Das Musikstück befindet sich als Eintrag mit der Nr. @nr in der Tabelle
XML_Daten. */
/* Es muss eine Tabelle MUSIK_TÖNE mit den Spalten Ton (char(8)) und Alt
(char(8)) */
/* angelegt sein.
*/
/*****
*****/

/* Initialisieren der Tabelle mit den Tondaten*/
delete from Musik_Töne

/* Lesen der Tondaten als Attributwerte von STEP und ALTER der PITCH-
Anweisungen im Dokument */
/* und Übertragen dieser Daten in die Tabelle Musik_Töne.
*/
insert into musik_Töne
SELECT nref.value('step[1]', 'char(8)'),nref.value('alter[1]', 'char(8)')
FROM xml_daten CROSS APPLY daten.nodes('//pitch') AS R(nref)
where nr = @nr

/* Zählen der Töne durch Gruppierung der Tabelle mit den Tondaten */
select count(*),Ton,Alt
from Musik_Töne
group by Ton,Alt
```

6. Erfahrungen und Fazit

7. Glossar

Begriff

ABC

ANSI

ASCII

Binär-Format

Capella

CRC

Cross Media Publishing

CSS

DTD

Electronic Business

Enharmonische Verwechslung

Erläuterung

Notationsformat, das mit ASCII-Darstellung arbeitet

American National Standard Institute (ANSI), arbeitet als Normungsgremium
Computer-Code für Textzeichen (Alphabet, Ziffern, Sonderzeichen) und Steuerzeichen

Dateiformat, daß meist von Herstellern entwickelt wird, um Informationen intern darzustellen, häufig nur von einem Hersteller unterstützt

deutscher Softwarehersteller im Musikbereich

Cyclic redundancy check (CRC), spezielles Verfahren um Datenüberfehler zu erkennen und u.U. zu korrigieren

im Bereich des Internet das medienübergreifende Publizieren von Inhalten auf der Grundlage von medienneutralen Daten
Cascading Style Sheet (CSS). CSS legt fest, wie ein Inheldokument dargestellt werden soll

Document Type Definition (DTD) ist ein Satz an Vorschriften, der benutzt wird, um Dokumente eines bestimmten Typs zu repräsentieren

Geschäftsabwicklung von Unternehmen, Behörden, Privatpersonen etc. mittels Internettechnologie

Austausch eines Tones durch einen anders notierten Ton gleicher Tonhöhe:

Finale	z.B. fis-ges, cis-des, his-c etc.
Hamming-Code	Softwarehersteller im Musikbereich Verfahren zur Erkennung und Korrektur von Fehlern bei der Datenübertragung
Harmonieanalyse	Analyse eines Musikwerkes nach verschiedenen Kriterien
HTML	Hypertext Markup Language (HTML) ist eine Auszeichnungssprache zur Darstellung von Texten und Bildern in Web-Dokumenten.
Kompatibilität	Verträglichkeit von Hard-/Softwarekomponenten eines Herstellers zu anderen Herstellern
Ligatur	Ligatur ist eine besondere Schreibweise zur Verdeutlichung der Verbindung zweier oder auch mehrerer Noten
MIDI	Musical instrument digital interface (MIDI), spezielles Musikformat zur Datenübertragung und damit Steuerung von elektronischen Instrumenten
MusicXML	XML-Format der Firma Recordare für Musiknotation
Neumen	Mit Neumen werden die Striche und Punkte zur Notation des Gregorianischen Chorals bezeichnet
Paritätsbit	spezielles Bit zur Erkennung von Übertragungsfehlern
Parser	Software, die Texte syntaktisch analysiert und für die weitere Verarbeitung aufbereitet

PDF	Portable Document Format (PDF) stellt ein plattformübergreifendes Dateiformat für Dokumente, das von der Firma Adobe entwickelt wurde
Proprietär	herstellerbezogen, der Begriff proprietär kann sich auf Hard- und Software beziehen
Real Book Recordare	Sammlung von Jazz-Standards Softwarehersteller im Musikbereich, speziell XML-Software
Sibelius	Softwarehersteller im Musikbereich
SQL	Structured Query Language (SQL), Programmiersprache für relationale Datenbanken, die das Einfügen, Ändern, Löschen, Anzeigen und Verdichten von Informationen auf einfache Weise erlaubt
SQL SERVER 2005	Datenbank-Softwareprodukt von Microsoft
Stylesheet	Formatvorlage für ein Dokument
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol, Protokolle bei der Datenkommunikation zwischen Rechnern
Transact SQL	Programmiersprache von Microsoft im Datenbankbereich
Tritonus	Musikintervall, das drei Ganztöne umfasst
USB	Universal Serial Bus (USB), Bussystem zur Verbindung eines Rechners mit externen Geräten
UTF8	Abkürzung für 8-Bit Unicode Transformation Format, stellt die am weitesten verbreitete Codierung für Unicode-Zeichen dar
WAP	Wireless Application Protocol (WAP),

	Protokoll, das es erlaubt, Internetinhalte für Mobiltelefone darzustellen
Wohlgeformtheit	Ein XML-Dokument ist wohlgeformt wenn es sämtliche grammatikalischen Regeln für XML einhält
XERCES	Xerces ist eine Sammlung von Software zum Parsen und Generieren von XML-Daten
XML	XML ist eine Auszeichnungssprache zur Darstellung hierarchisch strukturierter Daten (Bäume) in Form von Textdaten
XML-Schema	XML-Schema ist zur Definition von XML-Dokumentstrukturen. Dies kann Auch mit einer DTD geschehen.
XMLSPY	Softwareprodukt der Firma Altova, das XML-Dokumente verarbeiten kann
XPATH	XML Path Language (XPATH) ist eine Anfragesprache, um Teile eines XML-Dokumentes zu adressieren. XPATH wird in beispielsweise in XQUERY verwendet
XQUERY	XML Query Language (XQUERY) für XML-Dokumente oder XML-Datenbanken

8. Literatur/Internetquellen

1. Burbat, Wolf: Die Harmonik des Jazz. dtv/Bärenreiter Verlag 1988
2. Castan, Gerd: Notationsformate.
Download unter www.music-notation.info
3. Haunschild, Frank: Die neue Harmonielehre, Band 1 +2, AMA-Verlag.
4. Kepper, Johannes: Codierungsformen von Musik, Referat beim Kolloquium des Ausschusses für musikwissenschaftliche Editionen der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften, Akademie der Wissenschaften Mainz, 16.-18. November 2006.
Download unter:
www.adwmainz.de/fileadmin/adwmainz/MuKo_Veranstaltungen/S2-Digitale_Medien/kepper.pdf
5. Klein, Jonathan: A Pattern-based Software Framework for computer aided Jazz Improvisation, Diploma thesis RWTH Aachen.
Download unter <http://media.informatik.rwth-aachen.de/klein.html>
6. www.recordare
7. www.capella.de
8. Lehner, Wolfgang/Schöning, Harald: XQUERY - Grundlagen und fortgeschrittene Methoden. Dpunkt-Verlag 2004
9. Pachet, Francois: Computer Analysis of Jazz Chord Sequences: Is SOLAR a Blues? In Readings in Music and Artificial Intelligence. Miranda, E. (Editor), Harwood Academic Publishers, February 2000
10. Sagmeister, Michael: Jazzgitarre. Ama Verlag 1999
11. Schnieders, Ralf: Die Problematik des kritischen Berichts bei der Edition musikalischer Werke, dargestellt am Beispiel des Klarinettenquintetts op. 34 von Carl Maria von Weber
Download unter <http://www.edirom.de/index.php?id=49>