

Prof. Dr. Matthias Hemmje

Kurs 01876

Multimedialinformationssysteme II

LESEPROBE

Fakultät für
**Mathematik und
Informatik**

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung und des Nachdrucks bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung der FernUniversität reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Inhalt

Kurseinheit 1 – Musik-Retrieval, MPEG7 und MPEG 21, OAIS

1	Musik-Retrieval, Anforderungen und Systemkomponenten	1
1.1	Inhaltsbasierte Merkmale im Musik-Retrieval	2
1.1.1	Tonhöhe, Dauer von Tönen, Tonfolgen und Tempo	3
1.1.2	Rhythmus, Melodien, Harmonien und Klangfarben	4
1.2	Anfragen und Suchen auf Musik-Kollektionen.....	5
2	MPEG 7 und MPEG 21	8
2.1	MPEG im Überblick.....	9
2.2	MPEG 7	9
2.2.1	Repräsentation	10
2.2.2	Teile der Standardisierung und Beispiele für MPEG-7-Software-Werkzeuge.....	11
2.3	MPEG 21	12
3	Das Referenzmodell für Open Archival Information Systems.....	13
3.1	Das OAIS-Modell und seine Komponenten.....	14
3.2	Weitere OAIS-Empfehlungen, Projekte und Produkte.....	17
3.3	Existierende Systeme und Lösungen für die OAIS-konforme Langzeitarchivierung	18
3.4	Zusammenfassung	19
	Lösungen der Selbsttestaufgaben	21
	Literatur	22

Kurseinheit 2 – Metadaten, Persistente Identifizierer und Archivplanung

Kurseinheit 3 – Repositories, archivfähige Formate und vertrauenswürdige Archive

Kurseinheit 4 – Digitale Bibliotheken, Medienarchive und Datengrids

Kurseinheit 1

Musik-Retrieval, MPEG 7/21 und OAIS

Dieser Text beinhaltet die erste Kurseinheit des Kurses 1876 „Multimedialinformationssysteme II“. Der Kurs ergänzt und erweitert die Inhalte des Kurses 1875 „Multimedialinformationssysteme I“ in seiner ersten Kurseinheit. Darüber hinaus wird auf den Inhalten des Kurses „1875 „Multimedialinformationssysteme I“ aufgebaut in den Kurseinheiten zwei, drei und vier mit der Archivierung von Multimediadaten und der Gewährleistung von deren Langzeitverfügbarkeit, wobei neben der reinen Zugriffsunterstützung auch die volle Originalität und Funktionalität eines digitalen Objekts auch für eine zukünftige Nutzung garantiert werden muss. Der Kurs befasst sich neben der Vorstellung einschlägig relevanter Produkte, Standards und Lösungen aus der produktiven Praxis auch mit teilweise bereits im experimentellen und prototypischen Einsatz sowie gerade in der Entstehung befindlichen Technologien und Systemen. Es werden die notwendigen technischen Formate und Normen zur Berücksichtigung des technologischen Wandels innerhalb der Archivierung vorgestellt. Dazu gehören unter anderem auch die Beantwortung von Fragen wie: Welche Strategien sollten eingeschlagen werden, um multimediale Datenbestände mit vertretbarem Aufwand langfristig zugänglich und nutzbar halten zu können? Hierbei wird zwischen verschiedenen Anwendungen aus dem klassischen Bibliothekswesen, aber insbesondere auch auf die speziellen Anforderungen von Broadcast-, Produktions- und Wiederverwertungs-Szenarien eingegangen. Die im Kurs behandelten Aspekte umfassen Technologien für Digitale Bibliotheken, Aufbau und Struktur multimedialer Datenobjekte und korrespondierender Metadatenschemata. Die vorliegende erste Kurseinheit stellt dabei zunächst Methoden und Technologien zur adäquaten Repräsentation, Speicherung und Verarbeitung von Musik und Videoinhalten sowie das Referenzmodell für offene Archiv-Informationssysteme vor. Der vorliegende Kurs baut in seinen Kurstexten auf Inhalten von Seminarveranstaltungen auf, die an der FernUniversität in Hagen im SS 2007, im WS 2007/2008 sowie im SS 2008 durchgeführt wurden. Dank für wertvolle Seminarbeiträge zu den Themen Musik-Retrieval, MPEG 7/21 und OAIS, die in der vorliegenden Kurseinheit quasi als Rohtext Verwendung gefunden haben, gilt somit an dieser Stelle zunächst den Fernstudenten Arne Schulz, Marco Staub und Eugen Riske sowie den wissenschaftlichen Mitarbeitern Holger Brocks und Gunter Sterr in der Unterstützung der Vorbereitung bzw. redaktionellen Aufarbeitung des Kursmaterials.

1 Musik-Retrieval, Anforderungen und Systemkomponenten

Wie beim Suchen und Wiedergewinnen von Bildern mithilfe des Bildretrievals liegen bei *Musik-Retrieval* (engl. *Music Retrieval*) die Herausforderungen in der Qualität der für die Such- und Zugriffsunterstützung erstellten Metadaten. Dabei stellt die manuelle Erschließung und Annotation der Inhalte mit Meta-Daten und deren Speicherung in Suchkatalogen aufgrund der subjektiven Einflüsse der für die Erschließung verantwortlichen Autoren wie auch aufgrund des enormen Aufwands für die zukünftige Gestaltung und Entwicklung von Suchsystemen für Musikinhalte keine ausreichend attraktive Option mehr dar. Für moderne Musik-Retrieval-Systeme muss vielmehr, wie in allen anderen Information-Retrieval-Domänen auch, die Anforderung dahingehend formuliert werden, dass die möglichst weitgehend automatische Generierung von Information, die die Inhalte der Musik beschreiben, und das darauf aufbauende automatische Suchen direkt auf den musikalischen Inhalten selbst im Vordergrund des Interesses steht. Demzufolge unterscheiden sich die Anforderungen an derartige *Musik-Retrieval-Systeme* (engl. *Music Retrieval Systems*) auch völlig von solchen Systemen, bei denen die Suche auf manuell erstellten Meta-Daten basiert.

[1] formuliert dies so: „*Musik-Retrieval stellt ein interdisziplinäres Forschungsgebiet dar, das bereits seit Ende 1960 existiert und sich mit der zunehmenden Verbreitung des Internet und entsprechender digitaler Formate (bspw. MP3) zunehmend etablieren konnte. Die zu lösenden Kernprobleme umfassen Technologien, die dem Menschen einen effizienten Zugriff auf umfangreiche Musikkollektionen ermöglichen.*“ Ebenfalls nach [1] ergibt sich daraus eine ganze Reihe von Anforderungen und Forschungsthemen wie die *Merkmals-Extraktion* aus Musik- und zugehörigen *Audio-Signalen* (engl. *Music/Audio Feature Extraction*) und dort z. B. das Erkennen von Akkorden, die automatische Segmentierung der Audioströme (ähnlich wie beim Video-Retrieval für Bildsequenzen, siehe Kurs

1875 „Multimediaminformationssysteme I“, Kurseinheit 4), die Klassifizierung der Inhalte nach Musikarten bzw. Musikrichtungen sowie die Indexierung derselben auf der Grundlage einer solchen Klassifikation und anderer Methode. Darüber hinaus stehen im Fokus des Interesses die Entwicklung von intuitiven Benutzungsschnittstellen für die Musiksuche, die Nutzung psycho-akustischer Phänomene (ähnlich wie bei der Audiokodierung, siehe Kurs 1875 „Multimediaminformationssysteme I“, Kurseinheit 1), die Anordnung der Audiodaten nach Ähnlichkeit und die geeignete Darstellung von Suchergebnissen. Dabei besteht ein Musik-Retrieval-System hinsichtlich seiner Komponenten typischerweise aus einer oder mehreren Datenbanken zur Speicherung und Verwaltung der Musikwerke sowie den entsprechenden Meta-Daten, einem Server für die Bearbeitung der Benutzeranfragen und die Verwaltung der Datenbanken und eines geeigneten Werkzeuges zur Unterstützung der inhaltsbasierten Suche.

1.1 Inhaltsbasierte Merkmale im Musik-Retrieval

In digital gespeicherten Repräsentationen von Musikstücken können als Inhalt sowohl Noten als digitalisierte akustische Signale aber auch als gesprochener Text wie bei Lyrik auftreten. Ähnlich wie beim Bild-Retrieval lässt sich der Inhalt einer Musikdatei im *inhaltsbasierten Musik-Retrieval* (engl. *Content Based Music Retrieval, CBMR*) durch verschiedene Arten von *Merkmalen* (engl. *Features*) innerhalb eines in der Regel mehrstufigen Merkmalsextraktionsverfahrens (siehe [Abbildung 1.1.](#)) charakterisieren, die danach im Rahmen eines Suchvorgangs wieder verwendet werden können.

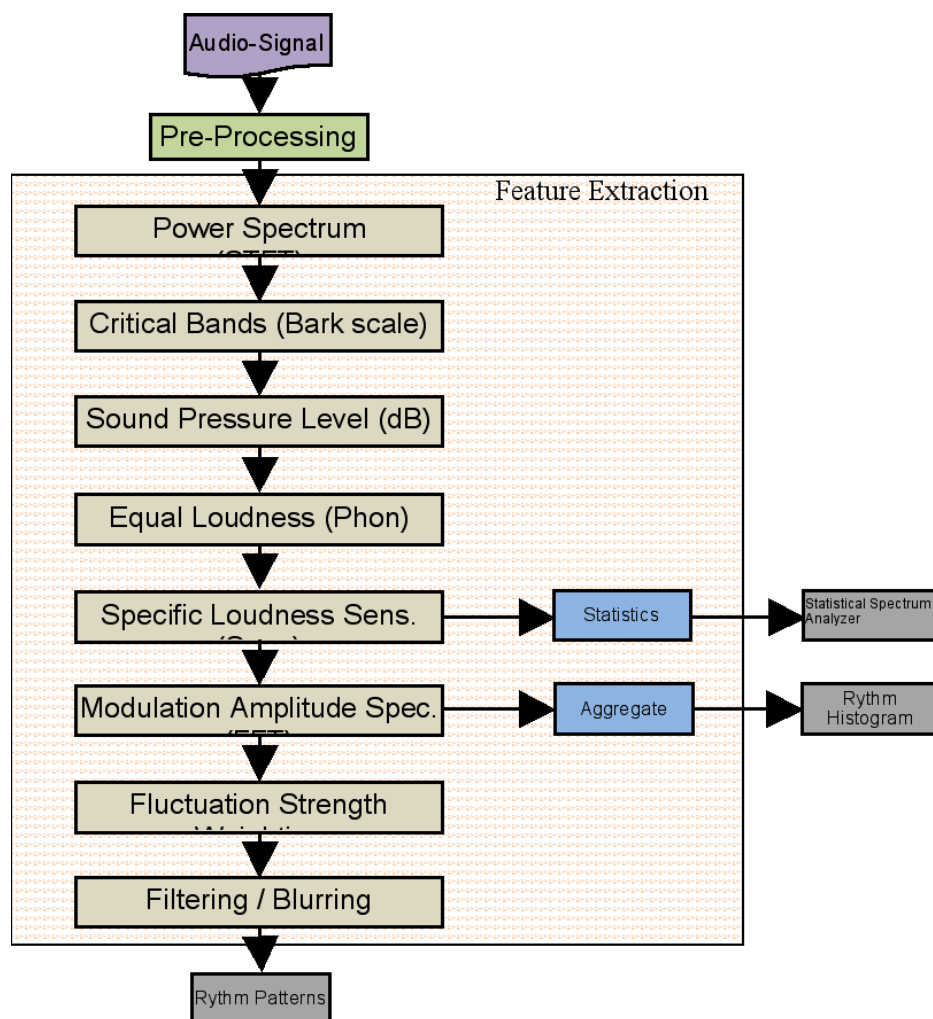


Abbildung 1.1: Stufen der Merkmals-Extraktion nach [2]

Die Bedeutung der Merkmalswerte in Bezug auf Musik-Retrieval-Systeme beschreibt [2] auf folgende Weise: „With feature extraction from audio, a computer is able to recognize the content of a piece of

music without the need of annotated labels such as artist, song title or genre. This is the essential basis for information retrieval tasks(...).” Demnach ist die Analyse von akustischen Signalen eine grundlegend erforderliche Fähigkeit, um inhaltsbezogene Beschreibungen durchführen zu können [2].

Nach [3] kommen dabei für die Merkmalsextraktion grundsätzlich verschiedene Eigenschaften auch *Dimensionen* genannt in Betracht. Dazu gehören zunächst die *Tonhöhe* (engl. *Pitch*), die *Dauer* von Tönen und das *Tempo*, mit der aufeinanderfolgende Töne erklingen, die musikalische *Harmonie* zwischen mehreren gleichzeitig erklingenden Tönen, die *Klangfarbe* (*Timbre*). Diese werden in digitalen Musikdatenformaten in der Regel mithilfe des *Musical-Instrument-Digital-Interface-Standards* (*MIDI*) kodiert, der in einer zukünftigen Überarbeitung des Kurses noch etwas genauer eingeführt werden wird. Darüber hinaus zählen dazu aber auch nicht-akustische Typen von Information in textueller Form, wie z. B. redaktionelle Information und bibliographische Information. Diese Merkmals-Dimensionen werden nun im weiteren Verlauf der Kurseinheit etwas näher betrachtet.

1.1.1 Tonhöhe, Dauer von Tönen, Tonfolgen und Tempo

Nach [4] stellt die Tonhöhe der einzelnen Klänge eine zentrale inhaltliche Dimension der musikalischen Merkmalsextraktion dar. Die Tonhöhe kann dabei anhand einer *musikalischen Notenschrift*, anhand einer *MIDI-Kodierung* oder anhand *spezifischer Wellenformen aus den Audiosignalen* extrahiert werden ([Abbildung 1.2](#)).

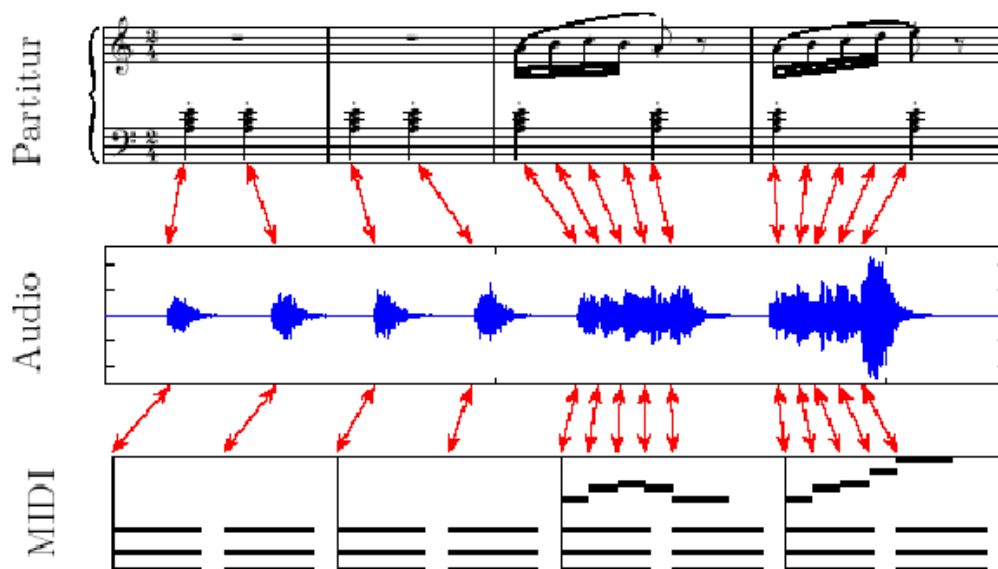


Abbildung 1.2: Musiksynchronisation unterschiedlicher Repräsentationen von Musik [5]

Prinzipiell ist die Tonhöhe bei rein akustischer Betrachtung „die Anzahl der Oszillationen (des Audiosignals) pro Sekunde“ [3].

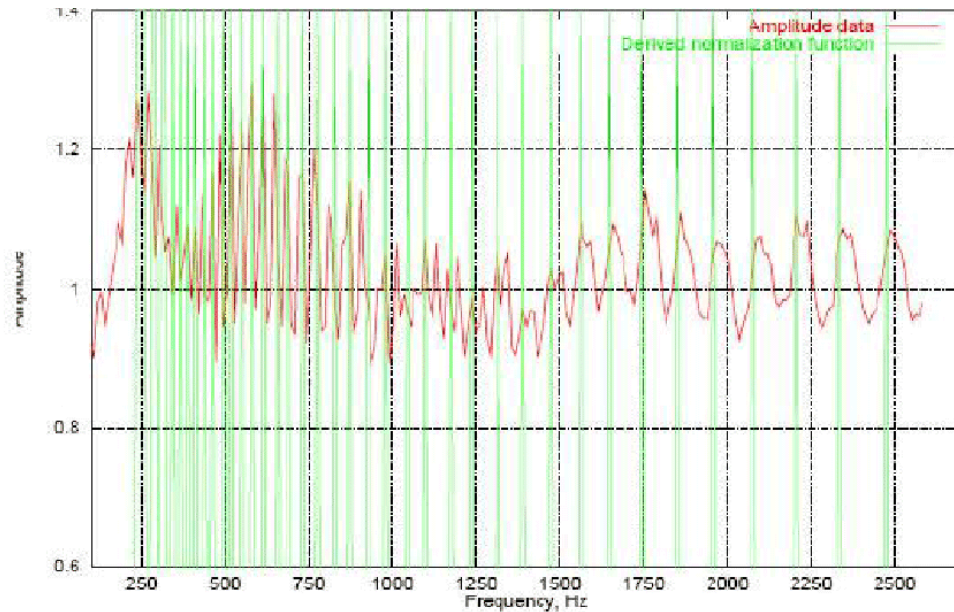


Abbildung 1.3: Amplituden normalisiert [3]

Den Vorgang, die Tonhöhe zu extrahieren nennt man *Tonhöhenverfolgung* (engl. *pitch tracking* [4]). Da es viele Musik-Instrumente gibt, die Obertöne erzeugen, die stets gleichzeitig mit den eigentlichen Tönen zu hören sind, ist das Pitch-Tracking störanfällig und die Ergebnisse des pitch trackings müssen zunächst in eine Sequenz von erkannten Tonhöhen normalisiert werden. Die Tonhöhen-Sequenz wird dabei mithilfe einer Reihe von Fourier-Transformationen extrahiert. Das Ergebnis einer solchen Normalisierung ist in [Abbildung 1.3](#) dargestellt.

1.1.2 Rhythmus, Melodien, Harmonien und Klangfarben

Die Dauer von Tönen wie auch der *Rhythmus* von Tönen (d. h. deren zeitliche Abfolge) setzen sich zusammen aus Tempo des Auftretens und Länge von einzelnen Noten und deren Betonung [4]. Spezielle Eigenschaften des Rhythmus sind durch die subjektive Wahrnehmung des Menschen geprägt, was sich im unterschiedlichen Empfinden von langsamen und schnellen Melodien zeigt. Mit der Kombination der Dimensionen Tonhöhe und Rhythmus lassen sich bereits *Melodien* erkennen. Diese Dimension ist weit weniger störanfällig als die Tonhöhe allein. Nach [3] kommen in der Regel in dieser Dimension keine Transformationen oder Verzerrungen vor. Musikstücke mit verschiedenen Instrumenten lassen sich auf diese Weise erkennen.



Abbildung 1.4: D-Moll-Akkord bestehend aus drei Noten

Wenn zwei oder mehr Töne gleichzeitig klingen, tritt eine *Harmonie* auf [4]. Dieses gemeinsame Erklingen mehrerer Töne wird *Polyphonie* genannt. Wie in [3] gezeigt, stellt ein *Akkord* ein Beispiel für eine Harmonie dar. In einem Akkord werden drei oder mehr Noten gespielt, die gleichzeitig erklingen wie [Abbildung 1.4](#) zeigt.

In diesem Fall ist es komplizierter, die einzelnen Noten herauszuarbeiten und wie in monophonen Stücken - jeweils nur ein Ton - anhand ihrer *MIDI-Codes* auszudrücken. Das Ergebnis einer Musik-synchronisation mit erkannten Akkorden ist in [Abbildung 1.5](#) dargestellt.

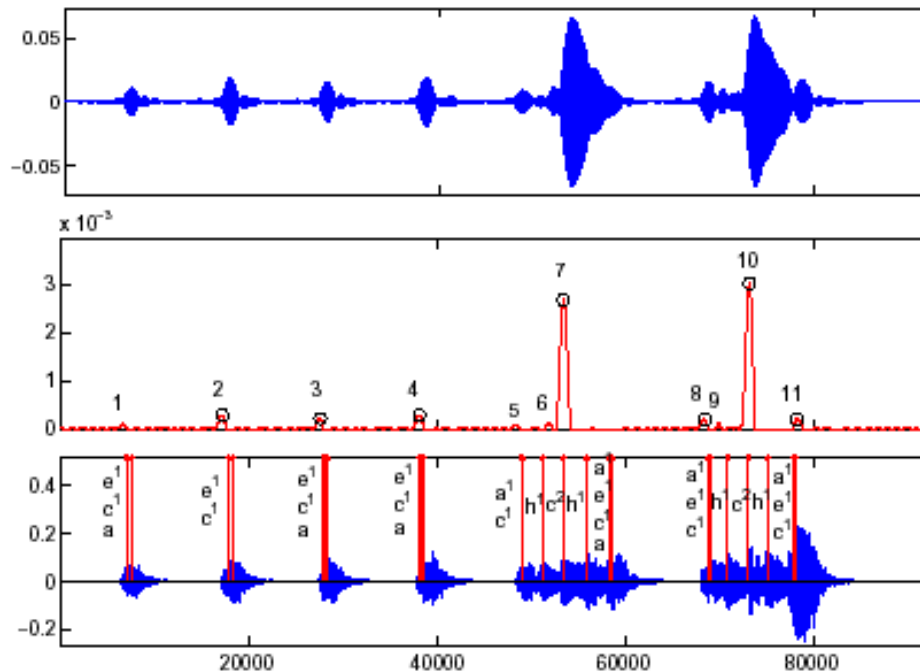


Abbildung 1.5: Musiksynchrisation [5]

Die Verwendung unterschiedlicher Musikinstrumente für die Tonerzeugung in der Musik verursacht die Ausprägung der *Klangfarbe*. Sie ist somit ebenfalls ein vom Menschen wahrgenommenes Merkmal. Gleiche Noten klingen also, wenn zum Beispiel mit einer E-Gitarre oder mit einem Piano gespielt, unterschiedlich. Da jedes Musikinstrument seine eigene Klangfarbe besitzt, kann diese Eigenschaft als Information digital repräsentiert und entsprechend gespeichert werden. Recherchen können dann auch anhand der Klangfarbe durchgeführt werden, wenn man z. B. eine Beispiel-Sequenz eines Musikinstruments als Anfrage einspielt [4].

1.2 Anfragen und Suchen auf Musik-Kollektionen

Für das Musik-Retrieval gibt es genau wie z. B. auch beim Bild-Retrieval verschiedene Möglichkeiten, wie eine Anfrage durchgeführt werden kann. Dazu gehört zunächst die direkte Eingabe von Musik-Merkmalen als Grundlage für eine *merkmals-basierte Suche* (engl. *feature based search*) über einer Musikkollektion. Tonhöhen und Tempi lassen sich in einer solchen Suchanfrage z. B. als Kombination von Suchkriterien in einer Anfrage an Datenbank mithilfe einer geeigneten Anfragesprache eingeben. Ein Beispiel für eine solche Anfrage aus [3] lautet „%F-4\$bB@3/8#’8C.6.3\$,B’C&/,(...)“

Darüber hinaus kann eine Suchanfrage aber auch mittels einer *Beispielssuche* durchgeführt werden (engl. *query by example*). Bei einer Suche nach dem query-by-example-Prinzip wird dem System eine Sequenz eines Musikstückes vorgespielt und das System sucht nach den passenden Objekten in der Datenbank. Ein Praxisbeispiel stellt die Musikdatenbank „Shazam“ dar. In dieser Datenbank sind derzeit ca. 4 Millionen Musikstücke gespeichert. Der Benutzer kann dem System z. B. bequem per Telefon eine z. B. Musik-Sequenz oder z. B. einen Rhythmus als Anfrage vorspielen (siehe [Abbildung 1.6](#) und [Abbildung 1.7](#)) und das System liefert die Ergebnisse, die zu dieser Anfrage passen, zurück.

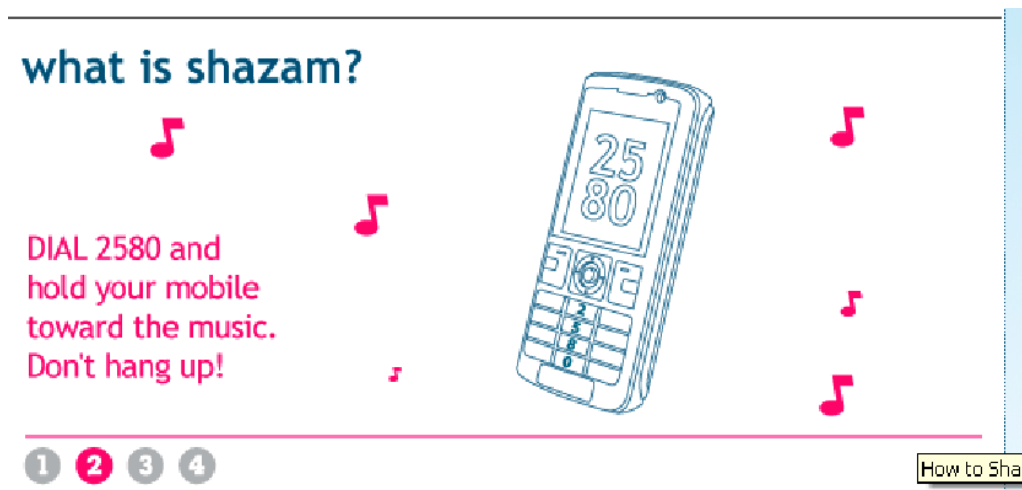


Abbildung 1.6: Shazam query-by-example-Modus mit Handy

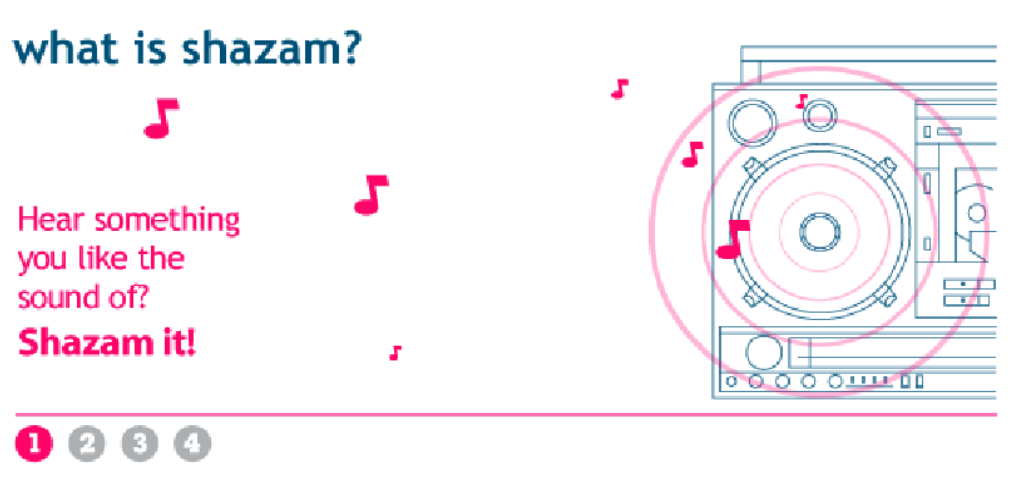


Abbildung 1.7: Shazam query-by-example-Modus mit HD

Shazam liefert dann als Ergebnisse für das eingespielte Lied, falls vorhanden bzw. gefunden, den Künstlernamen und den Liednamen. Um dies zu erreichen, werden spezifische Eigenschaften jedes Musikstückes gespeichert, die als „*fingerprints*“ oder „*landmarks*“ auf der Grundlage von verschiedenen Merkmalen wie z. B. der Häufigkeitsverteilungen der verwendeten Tonhöhen analysiert und dann als Such- bzw. Beschreibungsmuster in Form von Histogrammen hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens der Merkmale zusammengesetzt werden (siehe [Abbildung 1.8](#) und [Abbildung 1.9](#)). Zusammen mit dem „Ort des Auftretens innerhalb des Stückes“ (in der Regel eine Sekundenangabe hinsichtlich der Laufzeit des Musikstückes) und der Identifikationsnummer des Musikstückes wird der fingerprint dann abgelegt. Beim Retrieval erfolgt ein Abgleich des Histogramms des Beispielstückes und der Histogramme der gespeicherten Musikstückes. Diese Suche findet z. B. bei DiscJockeys Anwendung, da sie durch Einspielen von Drum-Sequenzen ähnliche Musiktitel zurückgeliefert bekommen.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Anfragen durch Pfeifen oder Vorsummen (engl. *query-by-humming*) zu formulieren. Im Vergleich zu *query-by-example* muss das Retrieval-System beim *query-by-humming*-Ansatz fähig sein, Fehler des Benutzers auszugleichen. So können z. B. durch falsches Singen oder Hintergrundgeräusche Signale aufgezeichnet werden, die mit der gesuchten Musik eigentlich nichts zu tun haben. Wie bei [4] beschrieben, bestehen die Herausforderungen beim *query-by-humming*-Ansatz im Wesentlichen in der Erkennung einzelner Töne und deren Sequenzen sowie im Fehler-Erkennen und -Korrigieren.

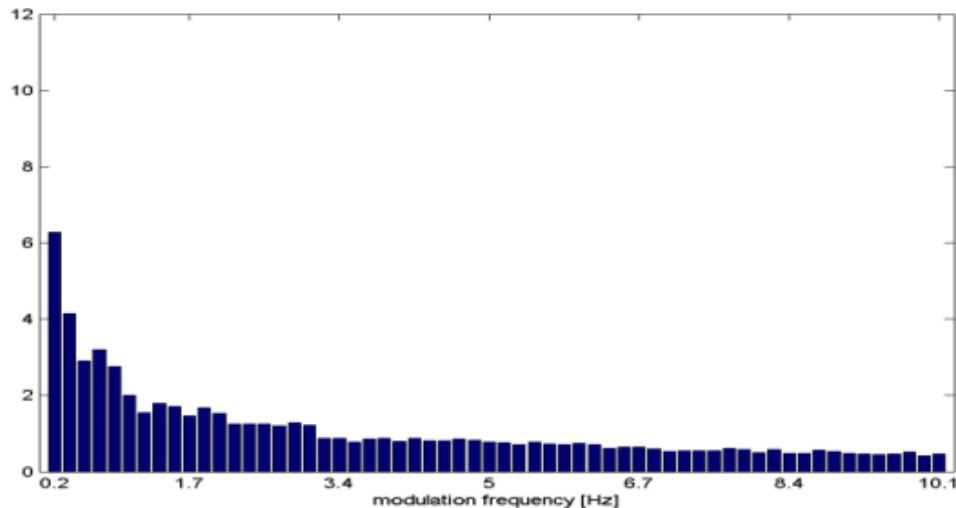


Abbildung 1.8: Tonhöhen-Histogramm für klassische Musik [2]

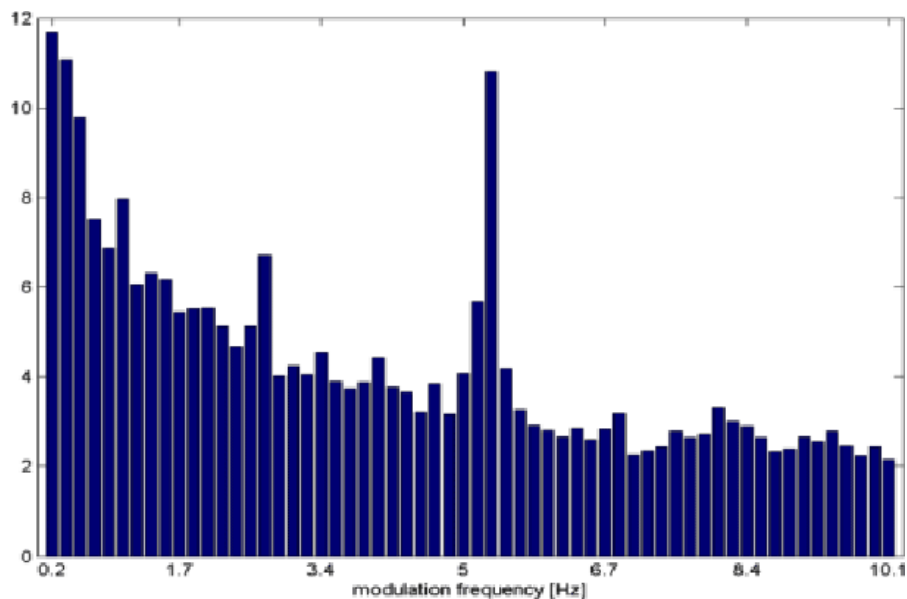


Abbildung 1.9: Tonhöhen-Histogramm für Rock Musik [2]

Den Suchprozess nach einem Musikwerk in einer Multimediadatenbank kann man in mehrere Schritte aufteilen. Zunächst sind eine oder mehrere Komponenten der Musikinformation, wie bereits erläutert, direkt oder auch in Form von Vorsummen, als Musikfragment einzugeben. Danach erfolgt die Umwandlung der eingegebenen Beispiel-Daten in eine passende Darstellung und die Erstellung eines zugehörigen Anfrage-Objektes. Das Anfrage-Objekt wird dann auf geeignete Art und Weise mit der Information aus Musikdatenbanken verglichen. In diesem Schritt finden *Vergleichsalgorithmen* (engl. *matching*) ihre Anwendung. Die Rückgabe der dabei gefundenen Ergebnisse erfolgt in der Regel in einer Liste mit den ähnlichen Musikwerken [3]. Bei der Art und Weise, in der die Systeme Ergebnisse zurückliefern, gibt es ebenfalls Unterschiede. In einigen Musik-Retrieval-Systemen wird eine

Ergebnisliste zurückgeliefert, in der die Benutzer einen Titel auswählen können und direkt an die Datenbank schicken können, damit der Titel abgespielt wird.

In anderen Systemen, gibt es die Zusammenstellung einer Spielliste als Ergebnisliste.

Welche Ergebnisse dabei für die Präsentation in Betracht kommen, hängt dabei von den Eigenschaften der verwendeten Matching-Algorithmen ab. In [3] wird als Vergleichsmethode zunächst die Klasse der *zeichenkettenbasierten Methoden*, die sich insbesondere für monophonische Musik gut eignen, genannt. Die Musik ist bei diesen Verfahren durch Zeichenketten, die in der Regel zur Tonhöhensequenz korrelieren, repräsentiert. Die Berechnung von Distanzen erfolgt durch die Berechnung von *Zeichenkettendistanzen* (engl. *String Distances*). Es wird in der Regel nach der größten gemeinsamen Teilsequenz gesucht oder nach der Stelle, an der eine Zeichensequenz in einer anderen vorhanden ist. Darüber hinaus gibt es die *mengenbasierten Methoden*. Hier wird Musik als Menge von Ereignissen bzw. Merkmalen mit bestimmten Eigenschaften (Tempo, Rhythmus, Tonhöhe) verstanden. Abschließend sind die *probabilistischen Verfahren* zu nennen, bei denen Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten von musikalischen Ereignissen in Musikstücken als Grundlage für das matching verwendet werden.

Diese unterschiedlichen Klassen von Matching-Methoden und deren Indexstrukturen sind also für die Effektivität und die Effizienz der Suche verantwortlich. Am häufigsten werden *R-Bäume* und *invertierte Listen* für die Erstellung von besonders effizienten Indexstrukturen verwendet [3].

Selbsttestaufgabe 1.1 Wo liegen Schwierigkeiten und Grenzen des Musik-Retrieval?

Selbsttestaufgabe 1.2 Finden Sie ein weiteres konkretes Anwendungsbeispiel für Musik-Retrieval neben Shazam.

2 MPEG 7 und MPEG 21

Die Form der multimedialen Informationen, wie sie heute über das Internet bereit gestellt werden kann, hat sich durch die Verbreitung von Audio-, Bild-, Musik- und Videodaten (wie bereits in dieser Kurseinheit und im Kurs 1875 „Multimedialinformationssysteme I“ vorgestellt) stark erweitert. Diese neuen über das Internet bereitgestellten multimedialen Informationsquellen bringen das ebenfalls bereits im Überblick vorgestellte Problem der Durchsuchbarkeit der Inhalte in den verschiedenen Medientypen mit sich. Die Zielvorstellung zur Lösung dieser Problematik ist es also, aus existierenden Multimediadateien bestimmte Metainformationen automatisiert, oder manuell herauszuziehen, um diese anschließend in einer möglichst standardisierten Form zusammenzutragen und zu bewahren, damit im nächsten Schritt Anfragen und korrespondierende Suchen nach diesen Informationen durchgeführt werden können, die als Ergebnis zum einen die relevanten Metainformationen und zum anderen natürlich auch die relevanten multimedialen Objekte selbst zurück liefern können. Die Standardisierung der Information zur Beschreibung von multimedialen Inhalten ist hierbei die entscheidende Kernaufgabe, um möglichst viele Systeme und Anwendung auf interoperable Art und Weise in die Lage zu versetzen, Beschreibungen von multimedialen Inhalten zu Suchzwecken gemeinsam zu nutzen. In diesem Aufgabenbereich setzt der nun im Folgenden vorgestellte Standard MPEG-7 an. Der hier später ebenfalls vorgestellte Standard MPEG-21 geht dann noch einen Schritt weiter und ermöglicht es, ein *multimediales Rahmenwerk* nicht nur zur Beschreibung von multimedialen Inhalten, sondern auch von multimedialen Wertschöpfungsketten zu erstellen. Innerhalb eines *Elementes* von MPEG-7 und -21 (engl. *item*) werden diverse multimediale und nicht-multimediale Komponenten in eine Beziehung zueinander gesetzt und zudem um beschreibende Metadaten erweitert. Weitere Aspekte sind die Betrachtung von Informationen zum *Lebenszyklus* (engl. *life*) eines Items, wie etwa die Beschreibung von Herstellern, Anbietern, Endnutzern etc. und rechtliche Aspekte (Eigentum, Nutzungsrechte, Lizenzen etc.). Im Gegensatz zu den bereits vorgestellten medienorientierten MPEG-1-, -2- und -4-Standards beschreiben die Standards MPEG-7 und MPEG-21 also nicht die Kodierung von Mediensignalen selbst, sondern die Darstellung von zugehörigen Metainformationen rund um diese Mediendaten auf der Basis von ebenfalls standardisierten Austauschformaten auf Grundlage der XML-Sprachfamilie für Dokumentformate (siehe Kurs 1873 „Daten- und Dokumentenmanagement im Internet“, XML).

2.1 MPEG im Überblick

Die *Moving Picture Experts Group*, kurz MPEG, ist eine 1988 gegründete Arbeitsgruppe der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) und der Internationalen Organisation für Normung (ISO). Die MPEG entwickelt Codec-Standards für den Bereich digitales Audio, Bild und Video. Am bekanntesten sind die hier entstandenen Normen MPEG-1, auf denen Video CD's und MP3 basieren, sowie MPEG-2 als Basis für Digitales Fernsehen (z. B. DVB sowie Video-DVD Formaten) und MPEG-4 als Standard für Web-Multimedia-Anwendungen. Neben diesen reinen Codec-Normen wurden von der MPEG auch der im weiteren Verlauf der Kurseinheit vorgestellte Standard MPEG-7 zur Beschreibung multimedialer Inhalte selbst sowie MPEG-21 als Beschreibung des Umgangs mit multimedialen Inhalten wie z. B. im Bereich der Herstellungs- und Verbreitungsabläufe erstellt. Eine Übersicht der veröffentlichten Standards nach [6] ist in [Tabelle 2.1](#) aufgeführt.

Standard	Jahr	Typ	Umsetzung
MPEG-1	1993	Kodierung audiovisueller Inhalte	Video-CD, MP3
MPEG-2	1996	Kodierung audiovisueller Inhalte	DVD, DVB
MPEG-4	1999	Kodierung audiovisueller Inhalte	Quicktime 6
MPEG-7	2001	Beschreibung Multimedialer Inhalte	MPEG Example
MPEG-21	2002	Multimedia Framework	DIDL-Lite

Tabelle 2.1: MPEG-Standards

Die fehlenden MPEG-Nummern sind teilweise nicht veröffentlichte Standardentwürfe, teilweise existieren sie schlicht und einfach nicht. Gründe dafür werden von der MPEG selbst wie folgt genannt: „MPEG-3 existed once upon a time, but its goal, enabling HDTV, could be accomplished using the tools of MPEG-2, and hence the work item was abandoned. So after 1,2 and 4, there was much speculation about the next number. Should it be 5 (the next) or 8 (creating an obvious binary pattern)? MPEG, however, decided not to follow either logical expansion of the sequence, but chose the number of 7 instead. So MPEG-5 and MPEG-6 are, just like MPEG-3, not defined.“ Jeder der MPEG-Standards besteht aus mehreren Teilen, die insbesondere auch Tests beinhalten, mit deren Hilfe festgestellt werden kann, ob eine Software sich MPEG-konform nennen darf sowie eine mindestens Referenzimplementierung selbst, mit der die Machbarkeit des Standards nachgewiesen wird.

2.2 MPEG 7

Aus einem Medienobjekt können bestimmte beschreibende Daten entweder extrahiert oder durch manuelles Annotieren erzeugt werden. MPEG-7 stellt einen Standard für die Repräsentation dieser Meta-Daten zur Verfügung. Diese Metadaten können so zum Beispiel durch Suchmaschinen indiziert und von Anwendungen gefunden, adressiert oder mit anderen Objekten verglichen werden.

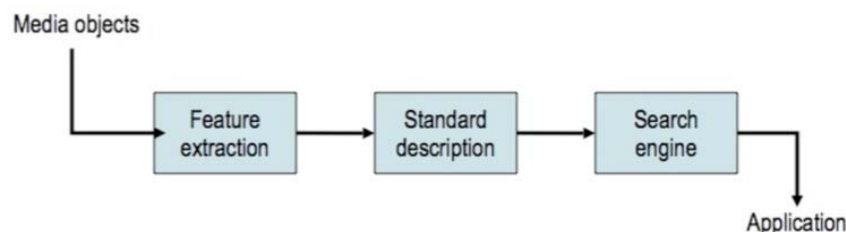


Abbildung 2.1: Kontext von MPEG-7 [7]

Die Erzeugung von inhaltsbeschreibenden Metadaten erfordert in der Regel semi-automatische Extraktionsmethoden, die einerseits alles, was automatisiert aus einem Medienobjekt herausgezogen werden kann (wie z. B. die Bildgröße und Auflösung, aber auch Farbinformationen über Video-segmente etc.) erfassen und andererseits den Nutzern die Chance geben, weitere Daten manuell zu erschließen (wie die Namen der auf einem Bild dargestellten Personen) und der Beschreibung der automatisch extrahierten Merkmale hinzuzufügen.

2.2.1 Repräsentation

Aus Multimedia-Objekten können bestimmte Metadaten gewonnen werden. Dies kann wie bereits erwähnt automatisiert und/oder manuell erfolgen. Solche Metadaten können dann, gesetzt den Fall, dass diese in einem standardisierten Format vorliegen, als Datenbasis für eine Multimedia-Datenbank dienen, in welcher Mediendaten verwaltet und entsprechend abgefragt und gefunden werden können. Um eben eine standardisierte Darstellung dieser Metadaten geht es in MPEG-7. Diese Daten werden als XML-Datei repräsentiert. Ein Beispiel für eine solche XML-Datei lautet wie folgt:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Mpeg7 xmlns="urn:mpeg:mpeg7:schema:2001"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <Description xsi:type="ContentEntityType">
    <MultimediaContent xsi:type="ImageType">
      <Image>
        <MediaInformation>
          <MediaProfile master="true">
            <MediaFormat>
              <Content href="image" />
              <FileFormat href="urn:mpeg:MPEG7FileFormatCS:1">
                <Name>JPEG</Name>
              </FileFormat>
              <VisualCoding>
                <Format href="urn:mpeg:MPEG7FileFormatCS:1"
colorDomain="color">
                  <Name>JPEG</Name>
                </Format>
                <Pixel bitsPer="24" />
                <Frame width="194" height="309" />
              </VisualCoding>
            </MediaFormat>
            <MediaInstance>
              <InstanceIdentifier />
              <MediaLocator>
                <MediaUri>file:/D:/studium/mpeg721/kunstpfeifer.jpg</MediaUri>
              </MediaLocator>
            </MediaInstance>
          </MediaProfile>
        </MediaInformation>
        <CreationInformation>
          <Creation>
            <Title>Creation information</Title>
            <Creator>
              <Role href="creatorCS">
                <Name>Creator</Name>
              </Role>
              <Agent xsi:type="PersonType">
                <Name>
                  <GivenName>von Bülow</GivenName>
                  <FamilyName>Vico</FamilyName>
                </Name>
              </Agent>
            </Creator>
          </Creation>
        </CreationInformation>
        <VisualDescriptor xsi:type="ColorLayoutType">
          <YDCCoeff>20</YDCCoeff>
          <CbDCCoeff>33</CbDCCoeff>
          <CrDCCoeff>30</CrDCCoeff>
          <YACCoeff63>10 24 7 13 11 17 11 17 10 15 17 22 17 18 15 14 14 18
16 16 16 15 15 14 15 16
```

```

16 15 15 15 16 17 15 16 15 15 15 15 16 15 16 16 16 15 15 15 14 16 16 16 17
16 15 16 15 17 15 15 15
15 15 16 17</YACCoeff63>
    <CbACCoeff63>15 13 19 17 19 14 17 14 18 15 15 12 15 15 16 16 16
14 16 15 15 16 16 16 16
15 16 16 16 16 15 15 16 15 15 15 16 16 15 16 15 16 16 16 16 16 16 16
15 16 16 16 15 15 16 16
16 16 16 16 15</CbACCoeff63>
    <CrACCoeff63>16 19 11 14 12 17 14 17 13 16 16 19 17 17 16 15 15
17 16 16 16 16 15 15 15
16 15 15 16 15 16 16 16 16 16 16 15 16 15 16 15 16 15 15 15 15 16 15
16 15 16 16 16 16 15
15 15 15 15 16</CrACCoeff63>
    </VisualDescriptor>
    <VisualDescriptor xsi:type="ScalableColorType"
numOfBitplanesDiscarded="0"
numOfCoeff="256">
    <Coeff>-212 70 26 54 17 25 32 31 -6 -1 0 19 8 12 17 21 0 0 -3 13
-13 -10 -9 3 -4 0 -1 -1
-3 6 10 -2 0 0 0 2 -1 -9 1 1 -7 1 -12 -5 -10 -3 2 1 -1 2 1 2 3 3 -1 -3 -3
-5 -6 -13 -4 -8 -5 1 1
3 3 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 0 0 0 0 0 0 -1 -7 1 2 0 2 -2 4 3 7 -1 0 0 0 4 0 3
1 6 2 3 2 1 3 3 1 0 -1
-2 0 0 0 0 0 -1 -2 1 -4 0 -8 -1 -3 0 1 1 -1 0 -1 1 1 3 0 0 0 0 -1 1 0 3 0 -
1 0 -2 0 0 2 2 0 0 0 0
-2 0 2 0 0 0 0 0 -1 -2 3 0 0 0 -2 0 -2 -7 7 0 -1 0 2 -3 0 -12 7 0 -3 0 0 -3
0 -7 7 0 -1 0 -3 0 -3 0
3 0 -1 0 -2 0 -3 0 1 0 -1 1 -1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 -1 -1 0 1 -1 0 -3 0 -
1 0 -1 1 -2 0 -1 4 -1 0
-1 0 -1 3 2 7 0 -2 2 -3 3 1 3 3 4</Coeff>
    </VisualDescriptor>
    <VisualDescriptor xsi:type="EdgeHistogramType">
    <BinCounts>5 3 6 6 4 5 2 6 4 7 3 4 6 6 5 3 3 5 5 7 6 4 4 6 3 4 2
6 5 6 4 3 6 5 6 6 2 5 6
5 5 4 4 7 3 3 1 7 6 6 2 2 7 3 7 6 2 5 6 5 5 3 5 2 6 4 3 6 5 5 5 4 4 4 5 7 1
4 5 5</BinCounts>
    </VisualDescriptor>
    <VisualDescriptor xsi:type="DominantColorType">
    <SpatialCoherency>0</SpatialCoherency>
    </VisualDescriptor>
    </Image>
  </MultimediaContent>
</Description>
</Mpeg7>

```

Während im ersten Teil der Datei noch Namen und Begriffe auftauchen, die manuell eingegeben wurden, ist der untere Teil automatisiert entstanden (hier wurde durch die Verwendung der Software „CaliphEmir“ v0.9.232).

Diese Metadaten können zu dem Mediaobjekt, zu dem sie gehören, auf verschiedene Arten zugehörig sein. Zunächst können sie bei Streaming Media im Datenstrom mitgeführt werden. Sie können aber auch nebeneinander in der gleichen Multimediadatenbank als getrennte Objekte vorliegen oder auch völlig verteilt und z. B. nur durch das Internet mithilfe geeigneter Adressierungsmechanismen und Zeiger aufeinander verweisend in völlig getrennter Art und Weise vorliegen. Bei letzterem muss es dann allerdings ein entsprechend geeigneter Verknüpfungsmechanismus zur Repräsentation eines Verweises zwischen Objekt und Beschreibung existieren.

2.2.2 Teile der Standardisierung und Beispiele für MPEG-7-Software-Werkzeuge

Der MPEG-7-Standard besteht aus den acht Teilen *Systems*, *Data Definition Language (DDL)*, *Visual Description*, *Audio Description*, *Multimedia Description Schemes (MDS)*, *Reference Software*, *Conformance Testing*, *Extraction and Use of Descriptions*, die im Folgenden kurz erläutert werden sollen. Der System-Teil von MPEG-7 definiert die binäre Kodierung und Auslieferung von MPEG-7

Dateien. Teile eines Multimedia-Objektes können in diesem Teil zunächst lose mithilfe eines Deskriptors (engl. *descriptor*) beschrieben werden. Diese Teilbeschreibungen werden dann durch *Schemata* (engl. *schemes*) innerhalb eines Descriptor Schemas in Relation zueinander gesetzt. Die Data Description Language im zweiten Teil des Standards beschreibt, wie Deskriptoren und Deskriptoren-Schemata erzeugt werden können und gibt die Syntax für deren Repräsentation vor. Im dritten und vierten Teil des Standards wird die Beschreibung von reinen Video- bzw. Audioobjekten standardisiert. Der fünfte Teil standardisiert die semantische Beschreibung weiterer Meta-Daten. Die Teile 6 und 7 kümmern sich um die Implementierung des Standards. Im sechsten Teil wird zunächst eine Referenzsoftware, die die anderen Teile realisiert, bereitgestellt, während im siebten Teil Testverfahren zur Zertifizierung, dass eine Implementierung auch standardkonform ist, bereitgestellt werden. Der achte Teil des Standards beinhaltet eine Anleitung für den Umgang mit inhaltsbasierten Deskriptoren. Die bereits erwähnte Software CaliphEmir stellt z. B. eine solche Implementierung zur Verfügung. Es handelt sich dabei um eine Software, die automatisiert Metadaten wie Farbinformationen aus Bildern herauszieht und zugleich eine graphische Benutzungsschnittstelle anbietet, in der weitere Daten eingetragen werden können. Resultat ist dann eine MPEG-7-Datei (Dateiendung lautet *.mp7.xml). Zudem erlaubt es die Software auch, nach bestimmten Daten innerhalb solcher MPEG-7-Dateien zu suchen. Weitere Anwendungen, die MPEG-7 implementieren sind z. B. das IBM VideoAnnEx Annotation Tool (<http://www.research.ibm.com/VideoAnnEx/>) sowie z. B. der von der TU-Berlin bereitgestellte MPEG-7-Audio-Analyzer (<http://mpeg7ltd.nue.tu-berlin.de/>)

2.3 MPEG 21

Zu der Bezeichnung „21“ gibt es keine nähere Erklärung und somit bleibt es der geeigneten Leserschaft an dieser Stelle selbst überlassen über die Nummerierung der verschiedenen Standards nachzusinnen. Nachdem mit MPEG-7 nun Metadaten für Inhaltsbeschreibungen von Multimedia-Objekte repräsentiert werden können, kann durch MPEG-21 die Produktion und Verteilung von Multimedia-Objekten repräsentiert werden. Dies umfasst Umschreibungen in Stadien wie Produktion und Vermarktung sowie das Reagieren auf bestimmte Benutzeranforderungen. So soll den Benutzern z. B. in Abhängigkeit zu seinem Endgerät (Kriterien: Auflösung, Bandbreite etc.) ein angefordertes Objekt nach Klärung der Rechte im entsprechenden Format als *Adaption* dargeboten werden und dies evtl. mit weiterer Zusatzinformation angereichert werden. So kann z. B. ein Prozess repräsentiert werden, in dem ein Film angefragt wird und als weitergehende Zusatzinformation z. B. ein Bild des Filmplakates und die Audiodateien mit der zugehörigen Filmmusik im Angebot sind.

Um dies systematisch zu unterstützen bietet MPEG-21 über die Beschreibung eines einzelnen Objektes hinaus die Möglichkeit, den *Lifecycle* eines Mediaobjektes zu beschreiben (siehe [Abbildung 2.1](#)). Kernstück der MPEG-21-Standardisierung ist dabei das Konzept eines digitalen Gegenstandes (engl. *digital item*). Ein Digital-Item repräsentiert quasi ein Container-Objekt, welches eine Repräsentation einer zusammengehörigen Menge von Mediaobjekten und ihrer Relationen untereinander beinhaltet. Zum MPEG-21-Standard gehört darüber hinaus eine Definition von Rechten und Berechtigungen (siehe [Abbildung 2.2](#)).

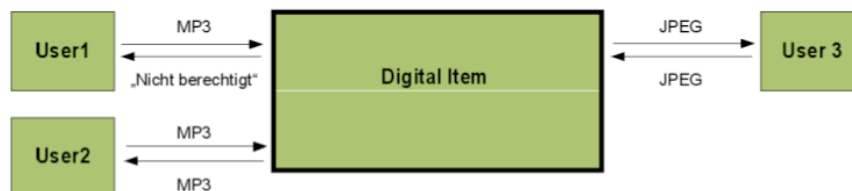


Abbildung 2.2: Kontextbeispiel MPEG-21-Zugriffsberechtigungen

MPEG-21 besteht aus 12 Teilen, von denen aber noch einige in der Bearbeitung bzw. in der Überarbeitung sind. Die zwölf Teile des Standards sind: *Vision, Technologies and Strategy*, *Digital Item Declaration (DID)*, *Digital Item Identification (DII)*, *Intellectual Property Management and Protection (IPMP)*, *Rights Expression Language (REL)*, *Rights Data Dictionary (RDD)*, *Digital Item*

Adaption (DIA), Reference Software, File Format for Storage and Retrieval, Digital Item Processing (DIP), Persistent Association Tools und das Resource Delivery Test bed.

Auf eine detaillierte Darstellung aller Teile des Standards kann an dieser Stelle verzichtet werden. Es sei jedoch erwähnt, dass sich der MPEG-21-Standard logisch mit den MPEG-4- und MPEG-7-Standards überschneidet. Der vierte Teil von MPEG-21-Property Management and protection kommt aus dem MPEG-4 Standard, wo dieser bereits vorher standardisiert wurde. Ebenso ist eine Beziehung zu MPEG-7 zu erkennen, da Objekte in MPEG-21 zu Teilen in MPEG-7 beschrieben sind. Tatsächlich finden sich in einem MPEG-21-File eventuell direkte MPEG-7-Beschreibungen. Die MPEG-21-Spezifikationen überschneiden sich folglich teilweise mit den MPEG-7-Spezifikationen, sodass ein MPEG-21-Objekt auch aus MPEG-7-Teilen bestehen kann. Somit ergibt sich wiederum zwingend, dass auch MPEG-21-Repräsentationen von Meta-information als Dokumente mithilfe von XML repräsentiert werden.

Neben den Multimediadaten-Komprimierungsverfahren MPEG-1, MPEG-2 und MPEG-4 hat die MPEG also mit MPEG-7 und MPEG-21 weitere Standards entwickelt, die jedoch nicht zur Komprimierung sondern zur Beschreibung von Objekten und Interaktionen mit diesen Objekten beschreibt. Während MPEG-7 als Standard zur Beschreibung von automatisiert zu erzeugenden und manuell ergänzbaren Metadaten für Mediaobjekte und MPEG-21 zur Beschreibung der Relationen dieser Objekte untereinander sowie der Interaktion dieser Objekte und Produktion und Nutzungsprozessen dient. Beide Standards (insbesondere MPEG-21) sind noch relativ jung und entsprechende Anwendungen für den privaten Nutzer existieren entweder noch gar nicht oder sind nicht weit verbreitet. Aufgrund der Entwicklungen im Multimediabereich wird aber aller Voraussicht nach der Bedarf nach dieser Art von Standardisierung steigen.

Selbsttestaufgabe 2.1 Vergleichen Sie MPEG-7 mit dem MXF-Standard und nennen Sie Unterschiede.

Selbsttestaufgabe 2.2 Welches Anwendungsszenario ist für MPEG 21 denkbar?

3 Das Referenzmodell für Open Archival Information Systems

In der heutigen Zeit sind sehr große Mengen an digitaler Information in unterschiedlichen Formen vorhanden. Teile dieser Information stellen das Wissen einzelner Menschen, Institutionen oder Systeme dar. Unter der Verwendung dieses Wissens können Entscheidungen getroffen, neue Information innerhalb von Wissenssystemen abgeleitet werden usw. Man spricht verallgemeinernd in diesen Anwendungszusammenhängen mittlerweile von Wissensproduktions- und -nutzungsprozessen, Wissenssammlungen und Wissens-Lebenszyklen. Das bereits vorhandene Wissen sollte dabei auch zukünftig möglichst langfristig weiterhin zur Verfügung stehen und darüber hinaus auch zugänglich und nutzbar sein. Deshalb ist das Wissen für alle Gesellschaften von hoher Bedeutung.

Mit dieser Thematik befasst sich daher seit einiger Zeit u. a. die Langzeitarchivierung. Explizites Wissen liegt dabei in unterschiedlichen Formen vor. In Schriftform findet es sich in Büchern, Zeitungen, Publikationen wieder. In akustischer Form findet es sich in Musik, Hörbüchern, Radiosendungen usw. In visueller Form findet es sich darüber hinaus in Bildern Filmen, Reportagen, Dokumentationen sowie in Zeichnungen, Skizzen, Diagrammen usw. Diese Liste ließe sich beliebig fortsetzen. Dementsprechend sind die Herausforderungen in der Langzeitarchivierung mindestens so breit gestreut wie die Felder Multimedia und multimediale Informationssysteme selbst. Viele dieser Informationsobjekte liegen bereits in digitaler Form vor oder werden sukzessive nach und nach digitalisiert (wie z. B. große Bestände von Nationalbibliotheken, siehe [8]). Die digitale Langzeitarchivierung beschäftigt sich u. a. mit der Frage, wie solche digitalen Inhalte sicher für längere Zeit gespeichert, effektiv wiedergefunden, zugegriffen und effizient genutzt werden können.

Betrachtet man nun die Medien oder die Formate, die zum Speichern dieser Information verwendet werden, so stellt man schnell fest, dass hierbei unterschiedliche Vorgehensweisen gewählt werden. Für einige genügt es, die digitalen Inhalte auf Speichermedien im Originalformat abzulegen, Textdateien

ins PDF-oder XML-Format zu konvertieren oder eine Datenbank für verschiedene Datentypen anzulegen.

Solange die einzelnen Institutionen oder Personen nicht automatisiert auf das Wissen anderer Systeme zugreifen und dieses integrieren oder weiterverarbeiten möchten, stellt eine solche Art der Archivierung zunächst keine Probleme dar.

Es lassen sich jedoch sehr leicht auch weitergehende Szenarien finden, in denen die Informationen einer einheitlicheren Form für externe Zugriffe zur Verfügung stehen sollten. Dies wird beispielsweise bei einigen Online-Katalogen von Bibliotheken gemacht. Im Gebiet der Raumfahrt fielen darüber hinaus bereits in den 1960er Jahren große Datenmengen in digitaler Form an. Daraus entstand eine Notwendigkeit, diese Information einheitlich langfristig und sicher zu archivieren.

Das *Consultative Committee for Space Data Systems* ([CCSD, www.ccsd.org](http://www.ccsd.org)) entwickelte daher ab 1997 einen Entwurf für einen Standard für eine einheitliche konzeptuelle Architektur für Archiv-Informationssysteme innerhalb eines Referenzmodells namens *Open Archival Information System* (OAIS). Erst im Jahre 1999 wurde das bis dahin entwickelte konzeptuelle OAIS-Systemmodell in Rahmen eines Red Books veröffentlicht. Im Jahre 1999 wurde dieses Red Book dann auch erstmals bei der International Organization for Standardization (ISO, [9]) zur Standardisierung vorgelegt. Dieser Entwurf wurde bei der ISO im Jahr 2001 als internationaler Standard ISO 14721 anerkannt. Nach einigen Überarbeitungen wurde im Januar 2003 die aktuellste Version ISO 14721:2003 verabschiedet. Mit diesem Standard wird versucht, ein einheitliches Verständnis von einer Architektur zu schaffen [10]. Im weiteren Verlauf dieser Kurseinheit wird das dem Standard zugrunde liegende konzeptuelle OAIS-Modell eines Archiv-Informationssystems vorgestellt.

Weiterhin werden seitdem viele Dokumente in Organisationen mithilfe von OAIS-konformen Systemen digital archiviert und gesammelt. Durch eine standardisierte Zugriffsmethode können unterschiedliche Dokumente, beliebige digitale Daten (Video-, Audio-, Bildmaterial etc.) einheitlich öffentlich für freien Zugriff zur Verfügung gestellt werden. Für die Zugriffe auf die unter Verwendung einheitlicher Architektur veröffentlichten Daten entwickelte die *Open Archives Initiative* (OAI) dafür das Protocol for Metadata Harvesting (*OAI-PMH*). Dieses liegt in der Version 2.0 aus dem Jahr 2002 vor. OAIS sollte jedoch nicht mit OAI-PMH verwechselt werden. Der Zweck von OAI-PMH besteht darin, Dokumente für unterschiedliche Benutzergruppen einheitlich zu veröffentlichen. Der größte Einsatz von OAI-PMH findet an den Universitäten in der Publikation wissenschaftlicher Dokumente statt. Weitere Beschreibung zu OAI-PMH finden sich bei [11].

3.1 Das OAIS-Modell und seine Komponenten

OAIS definiert also ein konzeptuelles Rahmenmodell für ein System zur Archivierung elektronischer Dokumente. Diese definiert zunächst die grundlegenden Begrifflichkeiten sowie die Hauptaufgaben eines solchen Systems und die Richtlinien für dessen Einsatz und Handhabung. Dadurch soll ein einheitliches Grundverständnis von der Thematik für den globalen Informations- und Erfahrungsaustausch geschaffen werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Definition eines allgemeinen, konzeptuellen, theoretischen bzw. semantischen Modells für die Funktionalität eines Archivs. So besteht die Architektur des OAIS-Modells aus drei zugehörigen Modellen, dem *OAIS-Prozessmodell*, dem *OAIS-Informationsmodell* und dem *OAIS-Datenmodell*.

Innerhalb von OAIS wird die Langzeitarchivierung zunächst unter den Aspekten des Informations- und Prozessmodells betrachtet. Das Informationsmodell wird in Anlehnung an [12] wie folgt beschrieben: Bei dem Informationsmodell werden die eigentlichen Inhaltsdaten von denen der beschreibenden Information, den *Meta-Daten* getrennt, um diese anschließend separat abspeichern zu können. Unter den Daten versteht man hierbei z. B. Texte, Programmcode, Videomaterial etc. Der semantische Inhalt unter den Daten wird in OAIS durch eine zusätzliche Architekturkomponente die *Knowledge Base* erzielt. Diese wird benötigt um die Daten verstehen zu können. Um anschließend in der Lage zu sein, in einem Archiv die Daten vollständig interpretieren zu können, definiert OAIS eine dritte Komponente, die *Representation Information*.

Als Beispiel für diese Aufteilung kann ein Quelltext eines Programms genommen werden. Die Daten sind in diesem Fall der vorliegende Quelltext. Die Knowledge Base beinhaltet das Wissen über die verwendete Programmiersprache und die Repräsentationsinformation und umfasst weiterführendes Wissen zu dieser Programmiersprache, welches z. B. in der Form eines Lehrbuchs oder Skriptes oder einer sonstigen Beschreibung zu Syntax und Format der Programmiersprache vorliegen könnte. Somit besteht das Informationsmodell des OAIS-Referenzmodells aus folgenden Komponenten und Beziehungen:

- digitale Objekte und physikalische Objekte sind die *Datenobjekte* (engl. *Data Objects*). Zur Auswertung und Verarbeitung dieser Daten wird die Repräsentationsinformation benötigt.
- Die *Wissensbasis* (engl. *Knowledge Base*), die Datenobjekte und die Repräsentationsinformation bilden zusammen die *Informationsobjekte* (engl. *Information Objects*).
- So genannte *paketierte Informationseinheiten* (engl. *information packages*) sind Einheiten, in die sich die Information splitten lässt und die zur Übertragung verwendet werden. Information Packages lassen sich hierbei in den *Inhalt* (engl. *Content Information*) und die Archivierungsbeschreibungsinformation (engl. *Preservation Description Information*) aufteilen.
- Die Content Information beinhaltet hierbei die Daten und die Repräsentationsinformation.
- Preservation Description Information beinhaltet diejenige Information, die zur Archivierung und Integration der Content Information benötigt wird. Dazu zählen u. a. die Ursprungsquelle der Information, die Beziehung der Information zu anderen Informationsobjekten innerhalb des Archivs und die Information, die zur Sicherung der Bewahrung der Integrität der Information notwendig ist.
- Descriptive Information beinhaltet die Meta-Daten (hier bisher nur Inhalts-Beschreibungsdaten) zu den Information Packages. Diese Metadaten werden zur Suche der Information Packages und deren Interpretation benötigt. Dazu gehören die Angaben zum Erzeuger, zu unternommenen Maßnahmen zur Gewährleistung der Verfügbarkeit, zum Zeitpunkt des Entstehens, zur eindeutigen Identifikation des Dokumentes und welche Anforderungen erfüllt sein müssen, um das Dokument anzeigen zu können.

Diese Bestandteile des OAIS-Informationsmodells werden in der [Abbildung 3.1](#) zur besseren Verdeutlichung grafisch dargestellt.

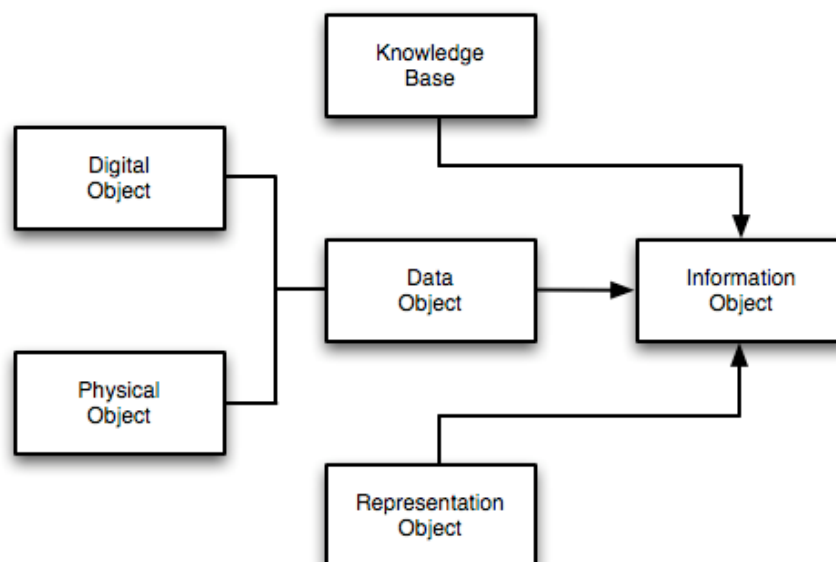


Abbildung 3.1: Informationsmodell von OAIS-Referenz-Modell [12]

Zur Integrität des Archivs in ein globales Umfeld wird in OAIS eine dreischichtige Komponentenstruktur gewählt.

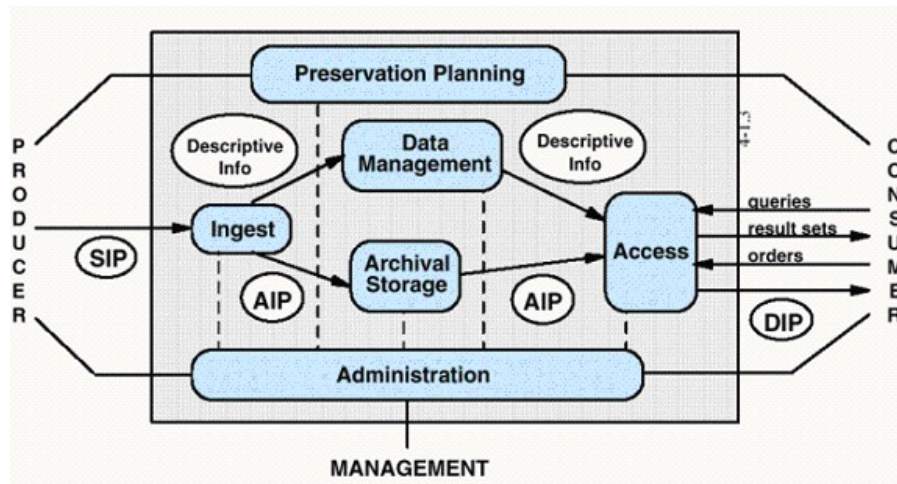


Abbildung 3.2: die Komponenten im OAIS-Referenz-Modell

Zu dieser gehören die *Erzeuger* (engl. *producer*). Diese erstellen die Inhalte und speichern diese im Archiv. Darüber hinaus gehören dazu die *Verbraucher* (engl. *consumer*). Diese greifen auf das Archiv zu, um die Inhalte auszulesen und erneut zu verwenden. Abschließend gehört die *Verwaltung* (engl. *management*) dazu. Dies ist die Organisation, die bestimmt, welche Information im Archiv gesammelt werden soll und welche nicht. Der Informationsfluss zwischen diesen Komponenten findet unter der Verwendung von Information Packages statt. Dabei beliefert der Erzeuger das Archiv.

Der Verbraucher fordert beim Archiv benötigte Information an. Eine direkte Kommunikation zwischen Verbraucher und Erzeuger findet nicht statt. Bei den Information Packages werden die im Folgenden vorgestellten drei Typen unterschieden. Das *Submission Information Package (SIP)* wird von den Erzeugern zur Übermittlung der Information an das Archiv eingesetzt. Hierbei ist das Format der Pakete festgelegt. Das *Archive Information Package (AIP)* wird im Archiv zur Speicherung der Information eingesetzt. Im *Dissemination Information Package (DIP)* erhält der Verbraucher die angeforderte Information in Paketen. Das Format für diese Pakete ist ebenfalls vorgegeben. Innerhalb des Archivs findet eine Transformation zwischen diesen drei Pakettypen statt. Die dafür benötigten Prozesse sind im OAIS-Prozessmodell beschrieben.

Die Konvertierung der Pakete aus einem Typ in einen anderen Typ ist eine umfangreiche Aufgabe und wird in mehreren Einzelschritten durchgeführt. Die dazu notwendigen Prozesse laufen in einem OAIS ab und sind für die Erzeugung der Dissemination Information Packages aus den Submission Information Packages zuständig. Diese werden in [Abbildung 3.2](#) dargestellt und nun etwas näher erläutert.

Die *allgemeinen Dienste* (engl. *Common Services*) umfassen die betriebsystemspezifischen Dienste, die Kommunikation von mehreren Prozessoren untereinander, die Netzwerkdienste, den Dienstnamenservice, das Management des temporären Speichers, die Dienste zur Fehlerbehandlung und die Dienste zur Gewährleistung von Sicherheit.

Der *Übernahme-Prozess* (engl. *Ingest Process*) nimmt die SIPs vom Erzeuger entgegen. Zu seinen Aufgaben gehört die Speicherung dieser Information im System und die Aufbereitung dieser Daten für weitere Verarbeitung in das interne Format. Man kann sich vorstellen, dass die Konvertierung der Daten aus unterschiedlichen Formaten in ein einheitliches Format sich oft als schwierig und komplex erweisen kann. Um den Aufwand zu reduzieren, werden in der Regel mit den Erzeugern bestimmte Formate für die gelieferten Daten vereinbart. Dies minimiert enorm die Anzahl der möglichen Formate und Schemata, die unterstützt werden müssen. Diese Vereinbarungen werden in der Regel ebenfalls vom Ingest verwaltet und die eingehenden Daten werden auf deren Einhaltung geprüft. Weiterhin werden die Daten vom Ingest Process auf Vollständigkeit und Korrektheit validiert. Um einen authentifizierten Zugang zum System zu gewährleisten, muss sich ein Erzeuger gegenüber dem System authentifizieren, wodurch ein Kontrollmechanismus für den Zugriff geschaffen wird. Die

Durchführung der Authentifizierung ist eine weitere Aufgabe vom Ingest Process. Der geprüfte SIP wird in AIP anschließend umgewandelt und die zugehörige Descriptive Information wird aus dem SIP generiert. Die generierte Descriptive Information wird dann im Data Management abgelegt.

Der *Archivspeicher-Prozess* (engl. *Archival Storage*) ist für die Verwaltung, Speicherung und Zurverfügungstellung der Daten im Originalzustand zuständig. Dem Archival Storage stehen unterschiedliche Speichermedien für die Speicherung dieser Daten zur Verfügung. Diese Daten werden für längere Zeiträume archiviert und müssen somit effizient verwaltet werden. Dies erfordert eine langfristige und gut konzeptionierte Speicherverwaltung. Das Archival storage muss außerdem noch die Unversehrtheit der Daten über den gesamten Zeitpunkt garantieren. Für diesen Zweck wird eine zyklische Auffrischung des Speichermediums durchgeführt, da die Lebensdauer vom Speichermedium abhängt. Der Archival storage ist für die Belieferung des Access mit den angeforderten Daten zuständig.

Der *Datenverwaltungs-Prozess* (engl. *Data Management*) pflegt die Descriptive Information, die vom Ingest Process aus den SIP erzeugt wurden. Zur Speicherung der Daten wird (im Gegensatz zu Archival storage) immer eine Datenbank eingesetzt. Die Verwaltung dieser Datenbank ist die Aufgabe des Data Managements. Weiterhin müssen die gelieferten Daten für die Speicherung aufbereitet werden. Die Abfragen der Informationen können nur über das Data Management erfolgen, da nur dieser einen Zugriff auf die Descriptive Information zu den gesamten Daten hat.

Die *Administration* ist für die Funktionalität des Archivs zuständig. Hierfür handelt es mit den Erzeugern Kriterien aus, die eingehalten sein müssen. Diese Kriterien werden ebenfalls von ihm geprüft. Weiterhin überwacht dieser Prozess ständig die Arbeitsvorgänge im System. Die grundlegenden Bestandteile des Archivs sind die Hardware und die Software. Diese müssen gewartet, erneuert und ständig überwacht werden. Diese Aufgabe übernimmt ebenfalls der Administrationsprozess. Um schnelle Antwortzeiten und gute Speicherverwendung zu erreichen, wird eine Optimierung des gesamten Systems regelmäßig durchgeführt.

Die Aufgabe des *Archivierungsplanungsprozesses* (engl. *Preservation Planning*) besteht in der langfristig orientierten Archivierung der Daten, damit zukünftig ein Zugriff auf diese Daten immer noch möglich ist. Somit sind die Aufgaben dieses Prozesses aus dem Gebiet der Langzeitarchivierung. Hierfür müssen die aktuellen Veränderungen und Trends der Hardware und Software auf dem Markt verfolgt werden, um rechtzeitig notwendige Handlungsmaßnahmen herzuleiten und diese umzusetzen. Eine davon kann z. B. die *Migration* der Daten sein. Daraus kann resultieren, dass eine Migration der Daten auf ein neues System erfolgen muss (Verwendung von Servern eines anderen Herstellers) oder das System neue Formate unterstützen sollte (die Daten sollen z. B. in standardisierten XML-Formaten lieferbar sein).

Der *Zugriff* (engl. *Access*) ist derjenige Prozess, der das Bindeglied zwischen dem System und den Verbrauchern ist. Er stellt die Schnittstelle zu den Benutzern dar, nimmt die Suchanfragen entgegen und bereitet die erhaltenen Ergebnisse vom Archival Storage entsprechend der Schnittstellenbeschreibung auf. Weiterhin überwacht dieser Prozess die korrekte Auslieferung erzeugter Information an die Verbraucher.

Dies sind die sechs Prozesse, die den Informationsfluss innerhalb eines Archivs darstellen. Diese Prozesse sind im Referenzmodell formal definiert, da diese sich aus der Erfahrung heraus als notwendig kristallisiert haben. Zur Umsetzung dieser Prozesse werden in OAIS keine konkreten Vorschläge oder Richtlinien definiert, da es sich bei OAIS um ein Referenzmodell und keine Referenzimplementierung handelt.

3.2 Weitere OAIS-Empfehlungen, Projekte und Produkte

In [10] werden weitere Eigenschaften und mögliche Anforderungen an ein OAIS aufgeführt. Zu den daraus resultierenden Anforderungen werden mögliche Umsetzungsalternativen angeführt. So wird die

Interoperabilität von Archiven aus der Sicht eines Benutzers oder eines Erzeugers betrachtet. Ein Benutzer ist z. B. an einer archivübergreifenden Recherche und an einheitlichen Schnittstellen interessiert. So ist es beispielsweise möglich, über eine Bibliothek den Datenbestand von an die Bibliothek angeschlossenen Verbundbibliotheken zu recherchieren. Ein Erzeuger ist darüber hinaus an einer einheitlichen Schnittstelle und an der gleichzeitigen Publikation von Daten in mehreren Archiven interessiert. Aus diesen Anforderungen resultieren die vier Vorschläge zur Organisation der Archive:

- Bei einem unabhängigen Archiv wird der Datenbestand lokal verwaltet. Die Benutzer können nur auf die Daten innerhalb dieses Archivs zugreifen. Die Schnittstellen für die Publikation und für den Bezug der Daten gelten nur für dieses Archiv.
- Bei kooperierenden Archiven werden die Daten zwischen diesen ausgetauscht. Dafür muss ein Archiv die Spezifikation für DIP des anderen Archivs kennen. Ein Benutzer kann somit bei der Datenrecherche in einem Archiv Daten eines anderen Archivs auffinden. Ein Erzeuger kann somit bei einer einmaligen Publikation der Daten diese in mehreren Archiven zugreifbar machen.
- Bei den Verbundarchiven kann ein Benutzer gleichzeitig in mehreren Archiven suchen. Es findet ein Datenaustausch zwischen der Suchplattform und den einzelnen Archiven statt. Ein Erzeuger muss seine Daten ebenfalls nur in einem Archiv publizieren.
- Mehrere Archive können sich ein Datensystem zur Datenverwaltung teilen. In diesem Fall wäre die Datenbasis die gemeinsame Komponente.

Einige dieser Betrachtungen sind in den verteilten Datenbanksystemen zu finden. Weiterhin wird in OAIS auf die Notwendigkeit der Datenmigration eingegangen. Diese kann aufgrund der technologischen Weiterentwicklung der Hard- oder Software notwendig sein. Werden die Daten auf andere Systeme migriert, so müssen die AIPs aktualisiert werden. Die Aktualisierung und Konvertierung von AIPs in eine neue Datenstruktur kann durch neue fachliche Anforderungen verursacht werden. Ob es sich jetzt um die Migration der eigentlichen Daten, um die Migration der Metadaten, um die Anpassung der AIPs oder die Aktualisierung der Hard- oder Software handelt, muss die Integrität der Daten und des gesamten Archivs erhalten bleiben.

Es sind derzeit unterschiedliche OAIS-konforme Produkte und Lösungen im Entstehen oder bereits auf dem Markt verfügbar. Diese erstrecken sich von kommerziellen Lösungen bis zu open-source-Projekten. Weiterhin existieren Projekte, die eine Einführung eines Open Archival Informations Systems unterstützen. Zu diesen Produkten und Projekten zählen u. a. Kopal, DigiTool, DIAS, Fedora, EPrints, My-CoRe, DSpace und andere. Im Folgenden wird auf einige dieser Produkte und Projekte etwas näher eingegangen.

3.3 Existierende Systeme und Lösungen für die OAIS-konforme Langzeitarchivierung

Bei *Kopal* handelt es sich um ein System, das dem ISO-14721-Standard entspricht. Dieses System wurde auf der Basis von *DIAS-Core* (IBM) entwickelt. *DIAS* wurde von der Universitätsbibliothek Göttingen und der Deutschen Nationalbibliothek um zusätzliche Funktionalitäten erweitert. Diese Erweiterungen ermöglichen es, die Meta- und Archivdaten zu erfassen und für eine Suche einzusetzen. In Konformität zum OAIS-Referenzmodell wurde eine Access-Komponente definiert, die die Benutzer mit Daten versorgen sollte. Für diese Anforderung wurde in *Kopal* das Access-Tool implementiert, das einen strukturierten Zugriff auf den Datenbestand ermöglicht.

Zur Einarbeitung der Daten in *Kopal* kommen die Ingest-Tools zum Einsatz (sind ebenfalls durch das OAIS als notwendig spezifiziert). Diese Tools unterstützen die Zusammenstellung und Aufbereitung der Daten, aus denen die AIP generiert wird. So enthält das Format für SIP die folgenden Metadaten: NBN, originalNBN, refPlatformNBN, supplierName, starterFileName, dateOfCreation, ingestUserID, sourceType, setupFileName, sourceDescription. Die Spezifikation des SIP ist in *kopalDIASSIPInterfaceSpecification.pdf* beschrieben. Analog existiert zu DIP eine Spezifikation. Die Beschreibung des Projektes, die eingesetzten Standards, die angesprochenen Spezifikationen und weitere Informationen finden sich unter [13].

Die Bayerische Staatsbibliothek entwickelte mit dem Leibniz-Rechenzentrum das System *BABS*, welches zur Verwaltung und Archivierung von Digitalen Dokumenten jeglicher Art eingesetzt werden kann. Die eingesetzten Datenbanken, Management-Systeme und Archivsysteme, die bei *BABS* zum Einsatz kommen, werden unter [14] vorgestellt.

Ein Teil des Gesamtsystems stellt dabei das Werkzeug *DigiTool* dar, welches von der Firma ExLibris entwickelt wird. *DigiTool* wird überwiegend an europäischen und amerikanischen Universitäten zur Verwaltung, Suche und Publikation von digitalen Inhalten eingesetzt. Weitere Beschreibungen zu ExLibris und *DigiTool* sind auf deren Homepage [15] verfügbar.

Bei *Fedora* (The Flexible Extensible Digital Object and Repository Architecture) handelt es sich um ein open-source Projekt der Cornell University, Department of Information Science und der Library der University of Virginia. *Fedora* stellt dabei eine Bibliothek für digitale Inhalte dar. Der Zugriff auf ein *Fedora*-System kann unter Verwendung unterschiedlicher Technologien erfolgen (Webservices, Webplattform). Die Meta-Beschreibung der Daten erfolgt in XML unter Verwendung von Digital Object Relationships. Diese ermöglichen u. a. die Daten zu verwalten, zu gruppieren und Verweise zwischen diesen einzurichten. Dadurch wird der Aufbau von semantischen Beziehungen zwischen den Daten möglich, worauf unterschiedliche erweiterte Zugriffsmethoden aufgebaut werden können. Weitere detaillierte Beschreibungen sind unter [16] zu finden.

Bei mehreren OAIS-Implementierungen (wie bei der Kopal-Version der Koninklijke Nationalbibliothek der Niederlande namens *E-Depot*) bildet *DIAS-Core* (Digital Information Archiving System) den Kern des Gesamtsystems. *DIAS* verwaltet die gespeicherten Daten und stellt eine Umgebung für unterschiedliche Preservation-Strategien zur Verfügung. Die Mandantenfähigkeit, präzise Import- und Exportschnittstellen ermöglichen die Nutzung von *DIAS* in unterschiedlichen Umgebungen. Das System lässt sich in verschiedene Workflows und Institutionen integrieren. Durch den Einsatz von vielfach bewährten Standardsoftwarekomponenten (wie dem *IBM DB2 Content Manager*, *IBM WebSphere Application Server* und dem *IBM Tivoli Storage Manager*) sind langfristige Stabilität, Performanz und Skalierbarkeit gewährleistet. Metadaten werden im *Library Server der DB2 Content Manager* und die Objekte werden in den Resource Managern der *DB2 Content Manager* gespeichert. *IBM DB2 Content Manager* verfügt über eine Schnittstelle zum *IBM Tivoli Storage Manager*, der die Speicherung der Daten auf unterschiedlichen Medien unterstützt. Weitere Beschreibungen zum *DIAS* befinden sich unter [17].

3.4 Zusammenfassung

Das OAIS-Referenz-Modell beschreibt eine komplexe konzeptuelle System-Architektur, die beim Entwurf und bei der Implementierung eines Archivsystems vorliegen kann. Ob alle aufgeführten Module des OAIS in einem Archivsystem in separaten Modulen realisiert werden müssen, hängt von dem Umfang des jeweiligen Archivsystems ab. Durch die abstrakte Definition des OAIS-Referenz-Modells lässt sich dieses in unterschiedlichen Branchen umsetzen. Da die möglichen notwendigen Komponenten vollständig aufgeführt sind, besteht eine geringe Gefahr, dass beim Entwurf eines eigenen Archivsystems wichtige Teilkomponenten vergessen werden könnten. Das Rad muss in dieser Hinsicht also nicht immer wieder neu erfunden werden. Dies kann man auch auf das OAIS-Referenz-Modell beziehen, an dessen Entwurf bis zum Jahr 2003 unterschiedliche Institutionen mit großen fachlichen Kompetenzen (praktischer- wie auch theoretischerseits) beteiligt waren. Der Umstand, dass es sogar eine ISO-Norm ISO-14721:2003 wurde, zeigt, dass dieses Konzept international anerkannt ist. Nicht jedes Unternehmen, welches ein Archivsystem entwickeln möchte, kann jedoch den Aufwand zur Analyse und zum Design eines solchen Modells aufbringen. Besser und günstiger ist es, von den offiziellen und publizierten Erfahrungen anderer zu profitieren und zu lernen. Natürlich kann es vorkommen, dass bei der Einführung eines OAIS in einer existierenden Institution die vorliegenden Gegebenheiten und Umstände mit dem Modell nicht kompatibel sind. Auf lange Sicht ist es ratsamer, die eigenen Prozesse anzupassen und auf einen Standard umzusteigen. Insgesamt wären aber sicherlich auch technische Spezifikationen, Referenzimplementierungen sowie Zertifizierungstestsoftware für OAIS-konforme Entwicklungen sinnvoll und nützlich, um auf diese Art und Weise die Entstehung von OAIS-konformen Produkten und Technologien zu unterstützen und zu erleichtern.

Selbsttestaufgabe 3.1 Nennen Sie Probleme der Langzeitarchivierung von digitalen Daten.

Lösungen der Selbsttestaufgaben

Selbsttestaufgabe 1.1

Da die Anzahl verfügbarer digitaler Musik ständig steigt, ist die Herausforderung des Musik-Retrieval das Abfragen von objektiven Meta-Informationen zur Erzielung relevanter Ergebnisse. Beim Musik-Retrieval gibt es eine Vielzahl von Repräsentationen (digitale Audioformate wie WAV, MP3 usw.), auf Symbolen basierende Formate (wie MIDI oder Songtexte). Dies erhöht die Komplexität der Erkennung von Informationen der Musik. Eine weitere Herausforderung ist, dass jeder Mensch Musik anders wahrnimmt (auch aufgrund kultureller Herkunft). Dies macht es schwieriger, objektive Kriterien zum Musik-Retrieval anzulegen.

Selbsttestaufgabe 1.2

Beispiele für Systeme, bei denen Musik-Retrieval eingesetzt wird, sind neben Shazam z. B. AudioID des Fraunhofer IDMT, das u. a. von der Firma MAGIX für eine Musik-Community verwendet wurde.

Selbsttestaufgabe 2.1

MPEG-7 ist ein Standard zur Beschreibung von Metadaten zu audiovisuellem Content (hauptsächlich in XML). MXF (Material eXchange Format) ist dagegen ein Containerformat, das unabhängig von Audio- oder Video-Codecs ist und weitergehende Features bietet.

Selbsttestaufgabe 2.2

Ein Anwendungsszenario für MPEG-21 ist in der Produktion von digitalen Medieninhalten zu sehen. Mittels MPEG-21 kann hier eine Beibehaltung der Metadaten über die gesamte Lebenszeit des Materials erzielt werden.

Selbsttestaufgabe 3.1

Daten, die auf digitalen Datenträgern gespeichert sind, können in relativ kurzer Zeit nicht mehr lesbar sein. Die Ursachen für diesen Informationsverlust sind die begrenzte Haltbarkeit der Trägermedien und der schnelle Medien- und Systemwandel. Bei der Umgehung dieser Schranken bereiten unter anderem proprietäre Formate und urheberrechtliche Beschränkungen Probleme. All dies sind Herausforderungen der Langzeitarchivierung digitaler Daten.

Literatur

- [1] Music Information Retrieval, Andreas Rauber – Universität Wien
<http://www.ifs.tuwien.ac.at/mir>
- [2] Audio Feature Extraction, Thomas Lidy– Universität Wien
<http://www.ifs.tuwien.ac.at/~lidy/>
- [3] Multimedia-Metadaten und ihre Anwendung, LMU
<http://www.medien.ifi.lmu.de/lehre/ws0506/hs/>
- [4] Information Retrieval: Informationen suchen und finden; Wolfgang G. Stock: [Lehrbuch]. – München; Wien: Oldenbourg, 2007
- [5] Information Retrieval Methods for Multimedia Objects; N. Fuhr, Universität Dortmund, 2004
- [6] Burnett, I., Van de Walle, R., Hill, K., Bormans, J., Pereira, F. (2003) MPEG-21: Goals and Achievements, IEEE MultiMedia, October-December 2003, pp. 60-70
- [7] Morisse, K. (2006) MPEG-7, Podcast Audio- & Videotechnik, Fachhochschule Osnabrück WS 2006/07
http://www.medialab.fh-osnabrueck.de/~kamo/intern/06ws/av/pod/19_av9_mpeg5.m4a
- [8] Koninklijke Bibliotheek -Nationale bibliotheek van Nederland.
<http://www.kb.nl>
- [9] ISO -International Organization for Standardization.
<http://www.iso.org> 22.04.2008
- [10] Consultative Committee for Space Data Systems.
<http://www.ccsd.org> 22.04.2008
- [11] Open Archives Initiative.
<http://www.openarchives.org> 14.05.2008
- [12] Uwe M. Borghoff . Peter Rödiger: Langzeitarchivierung, Methoden zur Erhaltung digitaler Dokumente. dpunkt.Verlag, 2003
- [13] Kooperativer Aufbau eines Langzeitarchivs digitaler Informationen.
<http://kopal.langzeitarchivierung.de> 05.05.2008
- [14] BABS -Bibliothekarisches Archivierungs-und Bereitstellungssystem
<http://www.babs-muenchen.de> 07.05.2008
- [15] Ex Libris -the bridge to knowledge.
<http://www.exlibrisgroup.com> 11.05.2008.
- [16] Fedora Commons.
<http://www.fedora-commons.org> 12.05.2008
- [17] IBM -Digital Information Archiving System (DIAS).
<http://www-05.ibm.com/nl/dias/index.html> 15.05.2008