

Vorlesungsmodul Multimedia 1

- VorlMod Multimedia1 -

Matthias Ansorg

31. März 2004 bis 26. März 2005

Zusammenfassung

Studentische Mitschrift zur Vorlesung Multimedia 1 bei Prof. Dr. Peter Kneisel (Sommersemester 2004) im Studiengang Informatik an der Fachhochschule Gießen-Friedberg.

- **Bezugsquelle:** Die vorliegende studentische Mitschrift steht im Internet zum Download bereit. Quelle: Persönliche Homepage Matthias Ansorg :: InformatikDiplom <http://matthias.ansorgs.de/InformatikAusblgd/>.
 - **Lizenz:** Diese studentische Mitschrift ist public domain, darf also ohne Einschränkungen oder Quellenangabe für jeden beliebigen Zweck benutzt werden, kommerziell und nicht-kommerziell; jedoch enthält sie keinerlei Garantien für Richtigkeit oder Eignung oder sonst irgendetwas, weder explizit noch implizit. Das Risiko der Nutzung dieser studentischen Mitschrift liegt allein beim Nutzer selbst. Einschränkend sind außerdem die Urheberrechte der angegebenen Quellen zu beachten.
 - **Korrekturen und Feedback:** Fehler zur Verbesserung in zukünftigen Versionen, sonstige Verbesserungsvorschläge und Wünsche bitte dem Autor per e-mail mitteilen: Matthias Ansorg <<mailto:matthias@ansorgs.de>>.
 - **Format:** Die vorliegende studentische Mitschrift wurde mit dem Programm LyX (graphisches Frontend zu \LaTeX) unter Linux geschrieben und mit pdf \LaTeX als pdf-Datei erstellt. Grafiken wurden mit dem Programm xfig unter Linux erstellt und als pdf-Dateien exportiert.
 - **Dozent:** Prof. Dr. Peter Kneisel. In vorigen Semestern lehrte auch Herr Haas, im SS 2004 jedoch nicht.
 - **Verwendete Quellen:**
 - **Klausur:**

Inhaltsverzeichnis

1 Organisation	2
1.1 Vorlesung und Klausur	2
1.2 CMS-Projekt, global	3
1.3 CMS-Projekt, Gruppe Administration	4

2 Was ist Multimedia	5
2.1 Was, warum, wer	5
2.2 Der Medienbegriff	5
2.3 Definition Multimedia	6
2.4 Anforderungen Multimedia	6
2.5 Charakteristik kontinuierlicher Medien	6
2.6 Zusammenfassung	7
2.7 Übung	7
3 Datenkompression	7
3.1 Bedarfsanalyse	7
3.1.1 Motivation	7
3.1.2 Speicherbedarf	7
3.1.3 Einteilung	8
3.1.4 Zusammenfassung Einleitung	8
3.2 Quellen- und Entropie-Kodierung	8
3.3 Grundlegende Verfahren	8
3.4 Angewandte Verfahren	9
3.5 Übersicht	9
4 Speichermedien	9
4.1 Optische Speichermedien	10
4.1.1 CD-DA	10
4.1.2 CD-ROM	10
4.1.3 CD-ROM/XA	11
4.1.4 CD-I	11
4.1.5 digital video interactive (DVI)	11
4.1.6 CD-R	11
4.1.7 CD-RW	11
4.1.8 Logische Formate	11
4.2 Elektronische Speichermedien	11
5 Transfersysteme	11
6 Anwendungen	12
7 Praktische Anwendungen	12

1 Organisation

1.1 Vorlesung und Klausur

Vorlesungstermin Die Vorlesung findet nur mit 2 SWS Mittwochs im 3. Block statt. Der 2. Block Donnerstags dient in der ersten Semesterhälfte zur selbständigen Durchführung des CMS-Projektes. Herr Kneisel wird dabei nicht anwesend sein, und die einzelnen Projektgruppen können sich auch einen anderen Termin suchen. Der 2. Block Donnerstags (oder aber der 3. Block Mittwochs) dient in der zweiten Semesterhälfte zur Präsentation der Ergebnisse des CMS-Projektes.

Notenbildung Die Präsentation der Ergebnisse des CMS-Projektes in Form eines Verkaufsgespräches bildet zusammen mit der Klausur die Endnote.

Klausur

- Die Klausur wird ohne Hilfsmittel geschrieben. Des zusätzlichen CMS-Projektes wegen ist sie einfach gehalten: nur der Stoff der Kapitel 1-3 der Folien, einfache Fragen, Fragen hpts. zu den in den Folien und der Vorlesung besonders betonten Stellen. Das sind die Folien mit Ausrufezeichen. Wer gut lernt kann die Klausur allein mit Hilfe der Folien bestehen, ohne die Veranstaltung besucht zu haben. Die Folien stehen im Internet zur Verfügung.
- In der Klausur können prinzipiell alle Folien abgefragt werden, außer denen die explizit ausgenommen wurden.
- Bei Fragen werden in der Klausur meist keine vollständigen Antworten erwartet, sondern es sollen nur einige von allen Punkten genannt werden.
- Stoff aus den Folien, der für die Klausur entfällt
 - Kapitel 4 »Transfersysteme« (wurde auch in der Vorlesung nicht behandelt)
 - Kapitel 1.5
 - Kapitel 1.6.6
 - Kapitel 2.2.1: Die Tabelle braucht man nicht vollständig auswendig lernen, man sollte aber das Funktionsprinzip jedes Verfahrens kennen.
 - 3.1.3
 - zu CD-ROM/XA und CD/I und anderem Spezialstoff: man braucht nur die Zusammenfassungen zu lernen.
 - Kap. 5 Anwendungen. Es wurde in den vorigen Semestern von Herrn Haas gelehrt, wird in diesem Semester aber überhaupt nicht gelehrt.
 - Kap. 6 Praktische Anwendungen. War bisher Gegenstand von Multimedia 2. Jetzt hier, weil es die Veranstaltung Multimedia 2 nicht mehr geben wird. Wird in dieser Veranstaltung wenig oder nicht behandelt, aber durch das Projekt in diesem Semester mit abgedeckt.
- Stoff aus den Folien, der besonders klausurrelevant ist
 - Folien mit Ausrufezeichen sind besonders klausurrelevant
 - Folie 1.2.9 ist ein gutes Beispiel für Stoff, aus dem Verständnisfragen in der Klausur gebildet werden können.
 - Der wichtigste Stoff ist Kap. 1.3 (Definitionen). Diese sollte man genau lernen.
 - Zu Folie 2.1.2: die Zahlen sollte man größenordnungsmäßig selbst errechnen können
 - Folie 3.2.1: inkl. Zahlen auswendig lernen
 - Folie 3.10.1: Ausrufezeichen einfügen.
 - Folie 3.10.6: Ausrufezeichen einfügen. Diese Folie wird aber nicht vollständig abgefragt.

1.2 CMS-Projekt, global

Aufgabe Herr Kneisel sieht vor, dass dieses Projekt den Hauptteil des Aufwands für diese Veranstaltung ausmacht. Ein CMS verwenden, Content hineinfüllen und ein Design dazu entwickeln. Als CMS wird das OpenSource-Projekt TYPO3 verwendet. Prof. Quibeldey-Cirkel wird dieses CMS auch für den Relaunch der MNI-Webseite <http://www.fh-giessen.de/fachbereich/mni/>

verwenden. Das CMS-Projekt soll einen Teil mit einer Datenbankabfrage enthalten. Abzuliefern des Ergebnis: lauffähige Webseite auf einem Server, Präsentationen, aber kein Projektbericht.

Das Ergebnis des Projektes Lesienk muss am Ende des Semesters auf dem Server installiert sein. Prof. Kneisel rechnet mit dem vollständigen Projektergebnis am Ende des Semesters.

Jede Gruppe muss 45 Minuten Vortrag halten, in dem sie ihr Ergebnis präsentiert. Dabei soll auch auf die Arbeitsweise eingegangen werden, mit der das Ergebnis erreicht wurde.

Gruppenaufteilung Das Projekt wird in mehreren Gruppen bearbeitet. Die Teilergebnisse sollen am Ende des Semesters integriert werden.

Koordinator

Content-Provider

Administratoren

Designer

1.3 CMS-Projekt, Gruppe Administration

ToDo-Liste

- Installation von TYPO3 (alle)
- Zeittracking für dieses Projekt (alle)
- bei Problemen mit Zeit oder Leuten in diesem Projekt kann man Prof. Kneisel ansprechen (alle)
- Einlesen in das CMS Typo3 bis 2004-04-16 (alle). Dazu sind die folgenden beiden Dokumente verpflichtend:
 - Getting Started http://typo3.org/fileadmin/pdf_manuals/manual-doc_tut_quickstart-04-04-2003_10-24-24.pdf
 - Modern Template Building, Part 1 http://typo3.org/fileadmin/pdf_manuals/manual-doc_tut_templselect-29-12-2003_12-56-46.pdf
- Groupware-Accounts für die anderen Mitglieder in der Gruppe Administration vergeben (Matthias Ansorg)
- Rechner von Prof. Kneisel besorgen und darauf Windows 2000 Server, Apache, MySQL, PHP und TYPO3 installieren. Schließlich soll auf diesem Rechner die fertige Webseite laufen. Der Rechner steht gewöhnlich im Büro von Prof.Kneisel und ist von außen über eine statische IP-Adresse erreichbar.

TYPO3-Installation Jeder Teilnehmer an Multimedia1 ist Backend-Benutzer in der TYPO3-Installation des Projektes lesienk. Die Benutzernamen sind abgeleitet aus den Personennamen und gleich denen in phpGroupware, die wir zur Kommunikation verwenden. Eine Liste der Benutzernamen und Passwörter; die Gruppenzugehörigkeit wird dabei als A (Admins), D (Designer) oder C (ContentProvider) angegeben.

2 Was ist Multimedia

2.1 Was, warum, wer

Multimedia ist eine Möglichkeit, Informationen natürlicher und einprägsamer darzustellen. Es ist jedoch nicht die ultimative Lösung: etwas lesen und sagen erreicht 80% Behaltensquote, Multimedia dagegen nur 70%. Das deutsche TK-Netz ist das flächendeckend am weitesten entwickelte Netz der Welt. Problematisch ist, dass dieses Netz außer dem Backbonenetz noch auf Sprachkommunikation und nicht auf Breitbandkommunikation ausgerichtet ist.

Historisch bezeichnet man die Multimedia-Produkte der Unterhaltungsbranche als »braune Ware«, der ehemaligen Farbe wegen; Waschmaschinen etc. dagegen sind »weiße Ware«. Der klassische Bereich der Multimedia ist die Studioteknik. Diese Technik ist der Endanwender-Multimedia-Technik immer eine Generation voraus. Zum Beispiel sind sehr viel mehr Videoeffekte in Echtzeit möglich. Verlage sind ebenfalls seit 1998 in Multimedia involviert: sie entwickelten enge Beziehungen zu Filmgesellschaften. So kaufte etwa der Bertelsmann Verlag die Warner Brothers Filmgesellschaft auf.

2.2 Der Medienbegriff

Das Wort »Medium« bedeutet einfach »das Mittlere«, »das Mittel«. Entsprechend vielfältig sind seine Anwendungen:

Perzeptionsmedium Wie nimmt der Mensch Informationen auf? Dabei gibt es:

- auditive Medien. Die folgenden Unterkategorien werden technisch unterschiedlich repräsentiert:
 - Musik
 - Geräusch (Sound)
 - Sprache

In der Informatik meint man mit »Medium«, insbesondere bei »Multimedia«, stets »Perzeptionsmedien«. Das Fernsehen deckt alle Perzeptionsmedien ab, ist deshalb aber noch kein Multimediasystem: u.a. fehlt dazu die Interaktionsmöglichkeit.

Repräsentationsmedien Die technische Repräsentation der Perzeptionsmedien. Beim Fernsehen ist Video durch PAL repräsentiert, Text, Bilder und Grafiken durch PAL oder Teletext (<http://de.wikipedia.org/wiki/Video>)

Präsentationsmedien Die Ein-/Ausgabemedien. Dazu: ein »Dual Shock Paddle« (Folie 1.2.3) ist ein Eingabegerät der Sony PlayStation2. Warum steht es hier unter Ausgabemedien?

Speichermedien Beim Fernsehen etwa auf Magnetbändern.

Übertragungsmedien Funkkanal, Koaxialkabel, Hohlwellenleiter. Letztere sind Rohre, in denen eine elektromagnetische Welle beständig an den Wänden reflektiert und so gesendet wird. Auf Twisted-Pair-Kabeln Cat 5 kann auch Video übertragen werden, z.B. zu einem Videobeamer. Für die Heim-Infrastruktur gibt es zur Zeit ein »Wettrennen« zwischen Kabelübertragung mit STP Cat 5 und Wireless-Übertragung.

Informationsaustauschmedium

2.3 Definition Multimedia

In Teildefinitionen gegliedert:

Kombination von Medien Man unterscheidet diskrete (z.B. Text, Bild) und kontinuierliche (z.B. Video, Audio) Medien. Es liegt nahe, ein Multimediasystem als Integration von mindestens einem diskreten und einem kontinuierlichen Medium zu definieren (qualitative Definition). Alternativ könnte man eine Kombination von zwei beliebigen Medien fordern (quantitative Definition). Heute verwendet man die qualitative Definition.

Unabhängigkeit Die Medien müssen unabhängig voneinander zu verarbeiten sein: Mindestens zwei Medien müssen vom Benutzer entkoppelt werden können. Gegenbeispiel ist ein Film mit Untertitel. Unabhängigkeit verlangt nicht, dass Medien unabhängig *sind*, sondern dass sie unabhängig *verarbeitbar* sind, d.h. entkoppelbar. Das Kriterium »rechnergestützte Integration« fordert ja, dass die Medien zueinander in Bezug gesetzt werden können.

Kommunikationsfähigkeit Austausch von Informationen über Rechengrenzen hinweg.. Eigentlich kein zwingendes Kriterium. Gegenbeispiel ist eine Offline-Lern-CD. Man kann unterscheiden zwischen Offline-Multimedia (Nichtkommunizierende Multimediasysteme) und Online-Multimedia (Kommunizierende Multimediasysteme).

2.4 Anforderungen Multimedia

2.5 Charakteristik kontinuierlicher Medien

Synchronisation meint relative zeitliche Anforderungen verschiedener Medienströme zueinander; Echtzeit meint absolute zeitliche Anforderungen.

Zeitintervall Intervall meint den Zwischenraum zwischen der vollständig abgeschlossenen Übertragung aufeinanderfolgender Informationseinheiten (d.i. Paketen). Betrachtet wird nicht die Länge der Intervalle oder ihr exakter zeitlicher Abstand, der ja auch von der jeweiligen Paketgröße abhängt, sondern in welcher Art sich gleich lange Intervalle wiederholen. Möglichkeiten:

streng periodisch: an jeder möglichen Stelle für ein Intervall, d.i. nach jedem Paket, wird ein Intervall gleicher Länge wiederholt. Alle Intervalle sind also gleich lang (konstante Zeitintervalle). Beispiel: PCM-Signalen¹.

schwach periodisch: Es gibt strukturierte Informationseinheiten, die aus mehreren Paketen bestehen, und innerhalb derer die Zeitintervalle streng periodisch sind. Man nennt die Zeitintervalle deshalb auch gruppenweise konstant. Jedes zeitkontinuierliche Signal auf einem nicht ausgelasteten Übertragungsmedium bedeutet eine schwache Periodizität der Zeitintervalle zusätzlich zu »unzusammenhängender Übertragung« (s.u.).

ISDN: ein Gespräch benötigt nur jeden 32ten Zeitschlitz. Werden innerhalb eines Zeitschlitzes (einer »Gruppe«) mehrere Pakete übertragen, so sind die Intervalle zwischen ihnen »gruppenweise konstant«.

aperiodisch: Bei kooperativen und dialogorientierten Anwendungen. Etwa bei HTTP.

Variation Hier charakterisiert man nach der Variation der Datenmenge aufeinanderfolgender Informationseinheiten (Pakete). Möglichkeiten:

¹pulse code modulated. Eine bestimmte Art der Abtastung analoger Signale.

streng gleichbleibend

periodisch variierend MPEG-Videokodierung: es gibt Übertragungen von Vollbild (frame) und Deltas (interframe). Das Vollbild verbraucht dabei mehr Daten und führt zu einem größeren Paket.

variierend

Zusammenhang Hier charakterisiert man nach Zusammenhang aufeinanderfolgender Pakete: sind die Informationen zusammenhängend (so dass das Übertragungsmedium optimal ausgelastet wird) oder nicht zusammenhängend (so dass Bandbreite auf dem Übertragungsmedium übrig bleibt)?

Multimediasysteme haben recht harte Synchronisationsbedingungen: bei Kombination von Audio und Video darf das Audiosignal max. 2ms vor dem Videosignal und max. 500ms nach dem Videosignal kommen, damit der Mensch beide als synchronisiert wahrnehmen kann. 2ms sind die Signallaufzeit von Nervensignalen durch den ganzen Körper.

2.6 Zusammenfassung

2.7 Übung

Digitales Fernsehen sollte ursprünglich HDTV unkomprimiert übertragen. An diesem Beispiel: es sei ein Videosignal im PAL-Verfahren, das unkomprimiert digital über die Luft übertragen wird. Dieses Signal ist streng periodisch (ein Fame pro Periode), streng gleichmäßig (gleiche Datenmengen pro Frame) und zusammenhängend (keine Lücken, sofern das Übertragungsmedium nicht breitbandiger ist). Web-Fernsehen dagegen ist schwach periodisch, schwach gleichmäßig und unzusammenhängend. Zwischen diesen Extremen gibt es sämtliche Zwischenstufen.

3 Datenkompression

3.1 Bedarfsanalyse

3.1.1 Motivation

3.1.2 Speicherbedarf

Diese Rechnungen sollte man zumindest größenordnungsmäßig selbst durchführen können. Man beacht dabei, dass der Umrechnungsfaktor von Byte in Kilobyte und von Kilobyte in Megabyte nicht 1000, sondern 1024 ist.

Text Bildschirmauflösung 640 · 480 Bildpunkte, Zeichengröße 8 · 8 Bildpunkte, 1Byte pro Zeichen. Das sind pro Bildschirmseite:

$$\frac{640 \cdot 480}{8 \cdot 8} \cdot 1 = 4,8\text{kByte}$$

Vektorbild 500 Geraden bei 10 Byte pro Gerade. Das sind pro solchem Bild:

$$500 \cdot 10 = 5000\text{Byte}$$

Pixelbild

Sprache Telefon

CD-Musik

PAL Auflösung 625 · 833 Bildpunkte. 25 Bilder pro Sekunde. 3 Byte pro Bildpunkt. Pro Sekunde:

$$25 \cdot 625 \cdot 833 \cdot 3 = 37,238\text{MByte}$$

Digitales Video (CCIR 601). Es hat die gleiche Auflösung wie PAL und ebenfalls 25 Bilder pro Sekunde. Unterschied: bei den beiden Chrominanzkanälen wird nur jeder zweite Bildpunkt abgetastet, dieser Wert wird dann auch für den ausgelassenen Bildpunkt angenommen. Der Luminanzkanal benötigt also 1Byte pro Bildpunkt, die beiden Chrominanzkanäle jeweils 0,5Byte pro Bildpunkt (als Durchschnittswert gerechnet). Pro Sekunde:

$$25 \cdot 625 \cdot 833 \cdot (1 + 0,5 + 0,5) = 24,825\text{MByte}$$

HDTV

3.1.3 Einteilung

3.1.4 Zusammenfassung Einleitung

Es ist mit herkömmlichen Mitteln zu aufwendig, unkomprimierte Medien zu übertragen, insbesondere bei Video und bei Übertragungen über größere Entfernungen.

3.2 Quellen- und Entropie-Kodierung

Problem aller Kodierungsverfahren ist, dass man nicht voraussagen kann wie gut man kodieren kann. Das ist vollständig abhängig von der Art der zu komprimierenden Information. Die Quellenkodierung betrachtet die Art der zu kodierenden Informationen (»Quelle«) in Abhängigkeit zu der Art, wie ein Mensch sie wahrnimmt. Dadurch erreicht man bei akzeptabler Qualität wesentlich bessere Kompressionsraten. In der Praxis kombiniert man Quellenkodierung und danach zusätzlich eine Entropie-Kodierung (sog. Hybrid-Verfahren).

Der Frequenzbereich der menschlichen Sprache ist die Norm für den Frequenzbereich den man hört. Das ist tw. abhängig von der körperlichen Statur (kleine Menschen sprechen höher). Das erste psychoakustische Modell des MP3 war mit deutschen Probanden gemacht, daher für Deutsche geeignet und für Angloamerikaner weniger.

Es ist möglich aber extrem aufwendig, bei einem zeitabhängig dargestellten Signal Frequenzen zu eliminieren. Deshalb transformiert man das Signal zuerst aus dem Zeitbereich in den Frequenzbereich.

3.3 Grundlegende Verfahren

Laufängerkodierung Sehr gut geeignet für Grafiken: hier gibt es große, einfarbige Bereiche. Also Zeilenteile, die eine Unterfolge identischen Inhalts bilden und deshalb laufängerkodiert werden können. Durch Bytestuffing oder Bitstuffing kann man erreichen, dass das Markierungsbyte im sonstigen Inhalt nicht vorkommt. Der Algorithmus bei Laufängerkodierung ist sehr einfach zu implementieren, weshalb diese Kodierung oft verwendet wird. Sie eignet sich im Multimediabereich jedoch nur bedingt, weil es hier meist um kontinuierliche Medien gilt.

Nullunterdrückung

Huffmann-Kompression Die Häufigkeit der Bitmuster muss zuerst bekannt sein. Das kann a priori sein, etwa bei Texten einer spezifischen Sprache, wo die Häufigkeiten statistisch allgemein ermittelt wurden. Ansonsten muss man die Häufigkeiten zuerst selbst ermitteln.

Prädiktion / Relative Kodierung Dieses Verfahren kann nicht nur zur Videokodierung eingesetzt werden, sondern auch zur Kodierung einzelner Bilder: Flächen liefern kleine Unterschiede, Kanten liefern große Unterschiede bei relativer Kodierung. Nachteilig ist bei Prädiktion, dass sich Fehler fortpflanzen: zwar ist Prädiktion / relative Kodierung in sich selbst ein verlustfreies Verfahren, in der Praxis wird es jedoch auf bereits quantisierte Daten angewandt. Quantisierung (linearer) Daten bedeutet: eine Menge (»quantum«) linearer Werte zu einer Klasse zusammenzufassen, sie in Zukunft also weiter zu unterscheiden und so zu komprimieren. Auch die Analog-Digital-Wandlung ist bereits mit einer (ersten) Quantisierung verbunden: wertkontinuierliche Werte werden einer von 256 (bei 8bit Abtastung) bzw. 65536 (bei 16bit Abtastung) Klassen zugeordnet. Bei geringerer Quantisierung (8bit statt 16bit) entsteht ein hochfrequentes Rauschen, das sog. Quantisierungsrauschen.

Durch die Rundungen bei der Zuordnung zu Quantisierungsstufen und Angabe der Differenzen in Quantisierungsstufen statt genauen Deltawerten können sich Fehler fortpflanzen. Das wird bei MPEG-Kodierung durch Trennung in Frames und Interframes (Unterschiede) vermieden: Vollbilder werden wiederholt übertragen (beachte: MPEG ist nicht mit Prädiktion komprimiert).

Bei CD-DA wird logarithmisch quantisiert: hohe Amplituden werden deshalb mit geringerer Genauigkeit quantisiert (die Quantisierungsstufen sind größer), denn der Mensch hört bei geringeren Amplituden genauere Unterschiede. Prädiktion wird zur Audiokomprimierung (etwa Deltamodulation) verwendet. Ein der Prädiktion verwandtes Verfahren ist die Vektorquantisierung. Sie wird zur Videokomprimierung verwendet, siehe unter »Vektorquantisierung«.

Unterabtastung

Vektorquantisierung Eine verlustbehaftete Quellenkodierung, weil nicht nur identische, sondern auch ähnliche Muster durch einen Verweis auf ein Muster der Mustertabelle ersetzt werden. Diese Zusammenfassung vieler ähnlicher Muster zu Klassen führte zur Bezeichnung »Quantisierung« (vgl. Quantisierung linearer Werte unter »Prädiktion / relative Kodierung«).

Pattern Substitution Verlustfreie Spezialform der Vektorquantisierung: nur identische Muster werden durch einen Verweis auf ein Muster in der Mustertabelle ersetzt.

3.4 Angewandte Verfahren

Überblick Audiokompression

Überblick Videokompression

3.5 Übersicht

4 Speichermedien

Wichtig für Multimedia, weil die CD-ROM und DVD zur Verbreitung von Multimedia wesentlich beigetragen hat.

4.1 Optische Speichermedien

4.1.1 CD-DA

Die Video-Longplay-Disk war ein analoges optisches Speichermedium: sie ist wertediskret (0, 1), aber zeitkontinuierlich: die Länge der 0 bzw. 1 gibt die Tonhöhe² an. Von diesem Verfahren ist man vollständig abgekommen. Heute wird nur noch digital aufgezeichnet.

Aus historischen Gründen geht der Lesekopfe bei CD/DA (digital audio: die »Audio CD«) und CD-ROM davon aus, dass die Daten stets mit konstanter Geschwindigkeit durchlaufen. Das verlangt bei sprungartiger Änderung des Bahnradius ein schnelles Beschleunigen und Abbremsen, was mit kleinen Elektromotoren nicht machbar ist. Dieses Verfahren verlangsamt also die Zugriffsgeschwindigkeit.

Man verwendet üblicherweise eine etwas höhere Abtastrate als vom Shannonschen Abtasttheorem angegeben, um die analoge Übertragung sicher zu machen: die digitalen Signale werden auf Analogsignale aufmoduliert, die verwendeten Bänder müssen nun nachher mit einem Bandpassfilter wieder ausgeschnitten werden. Die Bandpassfilter schneiden aber mit unscharfen Kanten, weshalb man den oben genannten Sicherheitsabstand braucht.

Der große Qualitätsfortschritt von CD gegenüber LP ist die wesentlich vergrößerte Dynamik.

Bei CDs werden Einsen sowohl über steigende als auch über fallende Flanken kodiert. Weil außerdem der Laser einen zu großen Fokus hat, sind 101-Folgen als 1001 darzustellen. Deshalb werden 14 Bit pro Byte benötigt. (8-to-14 Modulation, EFM). Weiterhin folgen dem Ende jedes Byte 3 Synchronisationsbits, um die Synchronisation bei langen Null-Folgen zu ermöglichen.

Zusätzlich zu dieser physikalisch bedingten Redundanz gibt es Redundanz für Fehlerkorrektur:

Aufgrund der Hamming-Distanz »8« sind 7 Bitfehler zu erkennen und $\frac{d-1}{2} = [3, 5] = 3$ Bitfehler zu korrigieren. Bei nicht korrigierbaren Bitfehlern lesen gute CD-Player wieder, andere nicht (was dann zu einem Knacken führt).

Bei CD-DAs können konzentrische Kratzer von 7,7mm und Löcher von 2mm erkannt werden; im Schnitt wird jeder 10^{-8} Fehler nicht erkannt.

Es gibt Lead-In und Lead-Out für jeden einzelnen Track einer CD-DA.

Problematisch bei CD-DAs ist die geringe interne Strukturierung (Blöcke, Tracks, Index Points); das macht CD-DAs ungeeignet für Multimediasysteme, denn dabei ist wahlfreier Zugriff gefordert.

4.1.2 CD-ROM

2-4 Jahre nach Einführung der CD-DA (das war 1982) wurden CD-ROMs zum Ablegen digitaler Daten eingeführt. Die Anforderungen an CD-ROMs:

- CD-ROMs sollen abwärtskompatibel zu CD-DA sein: sie sollen Tracks enthalten können, die in CD-DA-Playern abgespielt werden können. Mittlerweile dürfen CD-ROMs nicht nur Mixed Mode CDs sein (wobei die Audiodaten hinter den Datentracks angeordnet werden) sondern auch Multisession-CDs sein (wobei Daten- und Audiotracks bunt gemischt werden dürfen).
- die CD-ROM soll den wahlfreien Zugriff auf Daten ermöglichen.
- Die CD-ROM soll eine gegenüber der CD-DA verbesserte Fehlerkorrektur besitzen. Eine Wahrscheinlichkeit für nicht erkannte Bitfehler von 10^{-8} ist für Audiodaten ausreichend (nicht korrigierte Fehler führen zu einem Knacken), nicht aber für Daten (nicht korrigierte Fehler sind Datenverluste).

Die SV-CD ist eine CD-ROM mit Mode2-Blöcken, genutzt für die eigene Erweiterung ohne die vorgegebene Fehlerkorrektur-Redundanz. Somit hat die SV-CD 720MB.

²Eigentlich gemeint: Elongation?

4.1.3 CD-ROM/XA

»CD extended architecture«. Die Forms entsprechen den Modes der CD-ROM: es werden unterschiedlich gute Fehlerkorrekturen zur Verfügung gestellt, d.h. auch unterschiedliche Kapazitäten für Nutzdaten.

PCM-Daten sind unkomprimiert. Auf der CD-XA sind die Daten dagegen mit ADPCM komprimiert gespeichert: es werden nur die Differenzen zwischen Abtastwerten gespeichert; diese benötigen ja üblicherweise keine vollen 16bit, werden deshalb in 4bit abgelegt. Der Kompressionsfaktor ist so 4:1, und bis zu diesem Faktor arbeitet das Verfahren nahezu ohne Qualitätsverlust. Lediglich die Dynamik leidet, denn mit 4bit können sich zwei Abtastwerte um maximal 16 Dynamikstufen unterscheiden. Das sind jedoch keine äquidistanten sondern dynamische Stufen, die darüberhinaus stets der aktuellen Dynamik angepasst werden, so dass dieser Nachteil gemildert wird. Auch wird das bei der ebenfalls möglichen 8bit Abtastung merkliche Quantisierungsrauschen gemildert, wenn die Größe der Quantisierungsstufen der aktuellen Dynamik des Stückes nachgeführt wird. Durch diese Kniffe sind theoretisch 19 Stunden Musik auf einer CD möglich, was eine Kombination mit anderen Medien möglich macht.

4.1.4 CD-I

Diese Entwicklung ging genau in Richtung Multimedia: integrierte, rechnergestützte Behandlung mehrerer Medien. Das Betriebssystem musste ein Echtzeit-Betriebssystem sein (hier: OS/9). Ein ähnliches System ergibt sich heute aus üblichen Windows-Computern, die in Form von Hifi-Komponenten verkauft werden.

4.1.5 digital video interactive (DVI)

Nicht zu verwechseln mit den Video-Formaten DVI und DIVX.

4.1.6 CD-R

Multisession-CD-Rs werden in der Literatur mit dem Fachbegriff »Hybrid CD-R« bezeichnet.

4.1.7 CD-RW

Die CD-RW ist kompatibel mit aktuellen CD-DA und CD-ROM-Lesegeräten!

4.1.8 Logische Formate

Die Erweiterung von ISO9660 hauptsächlich für Unix Dateisysteme heißt »Rock Ridge Extension« nicht »Rockbridge«. Vgl. die Manpage zu mkisofs.

4.2 Elektronische Speichermedien

Flash-Speicher in den verschiedensten Varianten.

5 Transfersysteme

Das meiste Investitionsvolumen in der Multimediatechnik wurde für Transfersysteme verwendet.

6 Anwendungen

7 Praktische Anwendungen

Literatur

[1] Steinmüller. Nach diesem Buch richten sich die Folien von Prof. Kneisel.