

5. Ton und Klang

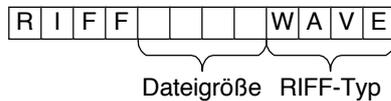
- 5.1 Ton: Physikalische und physiologische Aspekte
- 5.2 Kompression von Audio-Signalen: MPEG-Audio
- 5.3 Audio-Datenformate: Übersicht 
- 5.4 Klangerzeugung und MIDI

RIFF (Resource Interchange File Format)

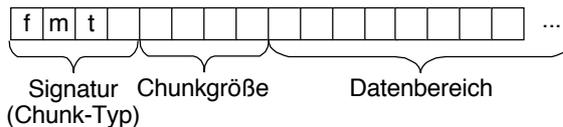
- **IFF:** 1985 von der Firma Electronic Arts eingeführt
 - Sehr einfaches Einheitsformat für verschiedene Arten von Multimedia-Daten, stark verbreitet auf AMIGA-Rechnern
 - Prinzip („Tagged File Format“):
 - » Header gibt Dateityp an
 - » Eigentliche Daten in einer Folge von ebenfalls (über Header) typisierten *chunks*
- **RIFF:**
 - Bestandteil der „Multimedia Programming Interface and Data Specifications“ von Microsoft und IBM, 1991
 - Basiert auf der Idee von IFF
 - Existiert prinzipiell in zwei Varianten:
 - » RIFF für Intel-Architektur („little Endian“)
 - » RIFX für Motorola-Architektur („big Endian“)(RIFX heutzutage auch auf Motorola-Prozessoren ungebräuchlich)

Grundstruktur von RIFF-Dateien

RIFF-Header (in Bytes):



Chunk-Header (in Bytes):



- Verbreitete RIFF-Datentypen (als eigenständige Dateiformate bekannt):
 - WAVE (oder .wav): Audio, unkomprimiert
 - AVI: Video (Audio/Video Interlaced), unkomprimiert
 - RMI: MIDI-Daten (sh. später)
 - BND: „Bündel“ von RIFF-Dateien

Wave-Format

- Spezialfall des RIFF-Formats (RIFF-Typ „WAVE“)
- Zwei Arten von Chunks:
 - FMT-Chunk (Signatur „fmt“)
 - » Format-Typ (z.B. MS PCM, IBM ADPCM)
 - » Anzahl Kanäle
 - » Sampling-Rate (Hz)
 - » Datenrate (Bytes/s)
 - » Größe von Datenblöcken
 - » Formatspezifische Information (Z.B. bei MS PCM 2 Byte Sample-Größe (bits/Sample))
 - DATA-Chunk (Signatur „data“), meist nur ein solcher Chunk vorhanden
 - » Bei mehreren Kanälen „interleaving“, d.h. alle Kanäle für einen Zeitpunkt in Folge

QuickTime

- Bibliothek von systemnahen Programmen für MacOS und Windows für die Bearbeitung von zeitbasierten Medien („movies“)
 - Entwickelt von Apple ca. 1991-heute
- Sehr allgemeines Konzept für Medienstrukturen
 - „Atom“: Allgemeiner Container für Mediendaten
 - Mehrere Tracks je Präsentation
 - Pro Track:
 - » Medienstruktur (Referenzen zu Medien verschiedenen Typs)
 - » „Edit List“ für Zeitsynchronisation
- QuickTime wurde als Basis für die MPEG-4 Dateistruktur gewählt.
- Viele verschiedene Dateitypen von QuickTime unterstützt
 - Wichtiges spezifisches QuickTime-Format: „Movie“ (MOV)

5. Ton und Klang

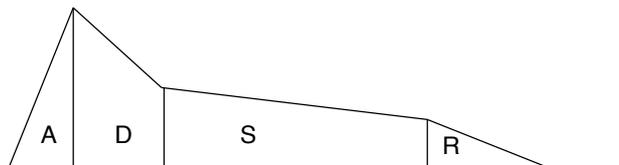
- 5.1 Ton: Physikalische und physiologische Aspekte
- 5.2 Kompression von Audio-Signalen: MPEG-Audio
- 5.3 Audio-Datenformate: Übersicht
- 5.4 Klangerzeugung, insbesondere MIDI 

Klangerzeugung

- Klänge für Musik oder Sprache können künstlich produziert werden
 - Tonhöhe, Lautstärke, Klangfarbe einstellbar
- Klangerzeuger:
 - Einfache Klangerzeuger in Soundkarten enthalten (Frequenzmodulation einfacher Wellenformen)
 - Hochwertige Klangerzeuger z.B. in elektronischen Musikinstrumenten („Synthesizer“, MIDI-Keyboards)
 - „Wavetable“-Verfahren
 - » Basiert auf Aufnahmen realer Töne
 - Akustische Modellierung
 - » Versucht reale Klangerzeuger mathematisch nachzubilden

Wavetable-Verfahren und ADSR-Modell

- Aufnahmephase beim Wavetable-Verfahren:
 - Einige ms Ton der Quelle digitalisiert
- Einsatz in verschiedenen Situationen:
 - Bei längerer Dauer: Sample aus Wave-Table wird wiederholt
- Modulation nach dem ADSR-Modell
 - Attack (A), Decay (D), Sustain (S), Release (R)
 - Höhe und Breite der vier Parameter variabel



Akustische Modellierung

- Modellierung eines Klangerzeugers (physikalisch-akustisch)
 - Vereinfachtes physikalisches Modell der Klangerzeugung
 - Auflösung zu Wellenform: endlich viele gekoppelte nichtlineare Differentialgleichungen
 - (Alternativ: Direkte Modellierung realer Instrumente durch Differentialgleichungen und Lösung partieller Differentialgleichungen)
- Modellierung eines Raums (architektonisch-akustisch)
 - Modifikation von Audiodaten gemäß Akustik eines speziellen Raums
 - Bestimmung der Raumakustik vor Ort mit Impulsschall verschiedener Frequenzen
 - Faltung des Audiosignals mit Akustik
 - Sinnvoll auch in Gebäudeplanung und -optimierung

MIDI: Geschichte und Überblick

- Synthesizer: Revolutionäres Musikinstrument in den 70er Jahren
 - Beatles (White Album), Carlos (Switched on Bach), ...
 - Technische Probleme:
Polyphonie, Kombination verschiedener Geräte, Synchronisation
- 1983: Erste Interoperabilitäts-Verföhrung
- MIDI (Musical Instrument Digital Interface) Standard
 - International MIDI Association (IMA)
 - MIDI Manufacturers Association (MMA)
- Bedeutung für Multimedia:
 - Standardisierte Sprache für
 - » Übernahme von Daten aus Endgeräten, die Musikinstrumenten entsprechen (insb. Keyboard)
 - » Ansteuerung von Peripheriegeräten (Synthesizer, Beleuchtung)
 - » Abstrahierte Darstellung von gespielter Musik

MIDI-Grundbegriffe

- Ereignis (*event*):
 - Musikalische Aktion, z.B. Musiker drückt Taste auf Keyboard mit bestimmter Anschlagsstärke (*velocity*)
 - » etwa: „NOTE ON C3 velocity 100“
- Nachricht (*message*):
 - Binäre Codierung der in einem Ereignis enthaltenen Information
 - Kann gespeichert, weitergegeben, vervielfältigt, modifiziert werden
- Befehl (*command*):
 - Anweisung an ein externes Gerät, bestimmte musikalische Aktionen auszuführen
- Klangfarbe (*timbre*):
 - Charakteristik eines bestimmten wiederzugebenden Instruments
 - „Multitimbral“
- Kanal (*channel*):
 - Identifikator für bestimmten Empfänger (traditionell 16 Kanäle)

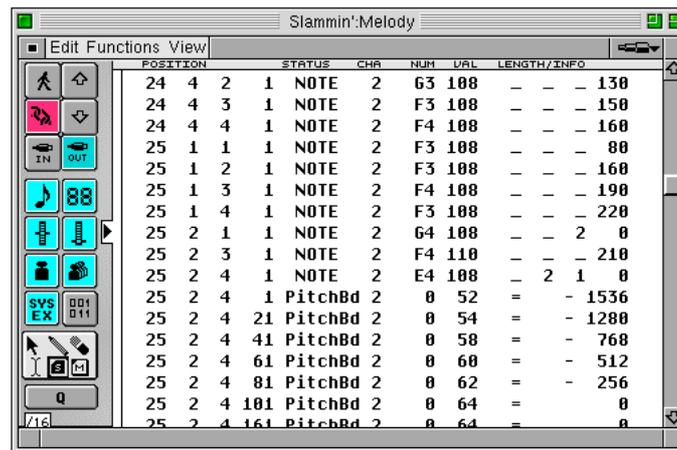
MIDI-Nachrichten

- Channel Voice Messages
 - Eigentliche Musikdaten (sh. nächste Folie)
- Channel Mode Messages
 - Steuerung des Synthesizers
 - » Ein-/Ausschalten der eigenen Tastatur (z.B. bei Keyboard/Synthesizer)
 - » Testmodus
 - » Polyphonie-Steuerung
- System Real-Time Messages
 - Synchronisationstakt
 - Synchronisierte Sequenzen
 - Überprüfung der Verfügbarkeit von Geräten
- System Exclusive Messages (SysEx)
 - Weitergabe herstellerspezifischer Information an individuelle Geräte

Inhalt einer MIDI-Datei: MIDI-Ereignisse

- Header-Information
- Track-Information
 - *Track* = Separat abspielbare und bearbeitbare Musikspur
- Track-Information Teil 1: Metainformation
 - Track-Nummer, -Name
 - Angaben zum Instrument (z.B. aus *General Midi*-Instrumenten)
 - Zeitbasis
- Track-Information Teil 2: Melodie
 - Folge von Channel Voice Messages, jeweils mit Zeitstempel relativ zur Zeitbasis
 - Note On (Parameter Notenwert, Anschlagstärke)
 - Note Off (Parameter Notenwert, Anschlagstärke)
 - Polyphonic Key Pressure (Parameter Notenwert, Anschlagstärke) (Änderung der Anschlagstärke über die Zeit)
 - Pitch Bend Change (Parameter Verschiebung) (Tonhöhenverstellung)

MIDI Ereignisse: Beispiel



POSITION	STATUS	CHR	NUM	VAL	LENGTH/INFO
24	4 2	1 NOTE	2 G3	108	- - - 130
24	4 3	1 NOTE	2 F3	108	- - - 150
24	4 4	1 NOTE	2 F4	108	- - - 160
25	1 1	1 NOTE	2 F3	108	- - - 80
25	1 2	1 NOTE	2 F3	108	- - - 160
25	1 3	1 NOTE	2 F4	108	- - - 190
25	1 4	1 NOTE	2 F3	108	- - - 220
25	2 1	1 NOTE	2 G4	108	- - - 2
25	2 3	1 NOTE	2 F4	110	- - - 210
25	2 4	1 NOTE	2 E4	108	- 2 1 0
25	2 4	1 PitchBd	2 0	52	= - 1536
25	2 4	21 PitchBd	2 0	54	= - 1280
25	2 4	41 PitchBd	2 0	58	= - 768
25	2 4	61 PitchBd	2 0	60	= - 512
25	2 4	81 PitchBd	2 0	62	= - 256
25	2 4	101 PitchBd	2 0	64	= 0
25	2 4	161 PitchBd	2 0	64	= 0

- MIDI-Dateien sind extrem kompakt.
- MIDI-Aufzeichnungen sind genauer als normale Notenschrift!

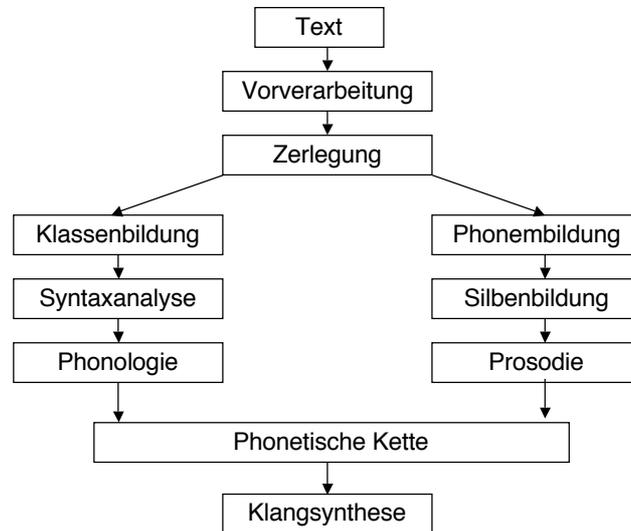
Typische Funktionen von MIDI-Sequenzern

- Aufnehmen und Wiedergeben von Tonspuren
- Verschiedene Ansichten der gleichen Information:
 - Partitur, Keyboard-Matrix
 - Zeitgenaue Liniendarstellung
 - Darstellung von Zusatzinformation (z.B. *velocity*)
- Musik-Editor:
 - Komponieren (Noten einsetzen und verschieben, Längen verändern, Transponieren, ...)
 - Instrumente variieren
 - Effekte einfügen
 - Synchronisieren von Spuren und Abmischen
 - Oft integriert mit klassischer Mischpult-Funktionalität
 - Oft integriert mit Notensatz-Funktionalität

Sprachanalyse und Sprachsynthese

- Ein- und Ausgabe in natürlicher Sprache
 - Alter Traum der Informatik
 - Grenzgebiet zu Computerlinguistik, KI
- Sprachausgabe:
 - relativ stabile Technologie
 - Bestandteil vieler Standard-Betriebssysteme
- Spracheingabe:
 - immer noch relativ wenig beherrscht
 - Trainingsfreie Systeme noch störanfällig
 - Trainingsgebundene Systeme existieren mit akzeptabler Leistung

Sprachsynthese: Grobablauf

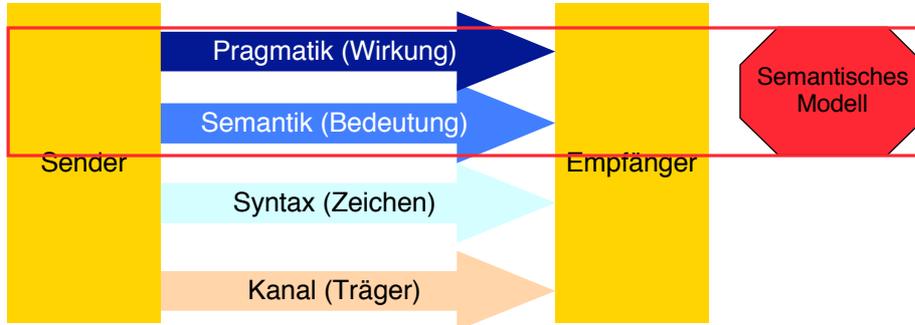


Epilog zu Kapitel 4 und 5

- E.1 Digitale Repräsentation multimedialer Daten
- E.2 Weitere Themen: Medientechnik, Multimedia-Programmierung

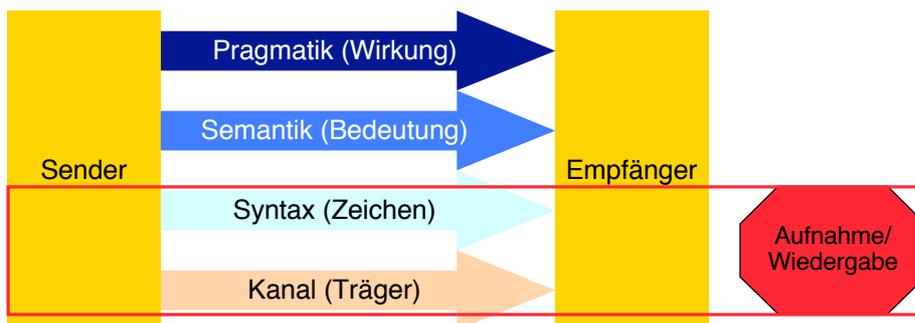


Modellbezogene digitale Repräsentation



- Beispiele:
 - Audio: MIDI, Sprachsynthese
 - Bild: Vektorgrafik
 - Film: Animation
- Kleine Dateien, hohe Präzision, „artifizieller“ Eindruck

Realitätsbezogene digitale Repräsentation



- Beispiele:
 - Audio: WAV, MPEG-Audio
 - Bild: BMP, JPEG
 - Film: MPEG
- Grosse Dateien oder Kompressionsverluste, „natürlicher“ Eindruck, künstliche Artefakte durch Kompression

Epilog zu Kapitel 4 und 5

E.1 Digitale Repräsentation multimedialer Daten

E.2 Weitere Themen: Medientechnik, Multimedia-Programmierung 

Medienspezifische Hardware

- Zur Ein- und Ausgabe von digitalen Medien wird spezielle Hardware benötigt (heute oft Standardausstattung moderner Computer):
 - Grafikkarte
 - Soundkarte
 - Eingabegeräte, z.B. Kameras, Scanner, Motion-Tracker
 - Ausgabegeräte, z.B. Monitore, Projektoren, Sound-Systeme
- Themen für „Medientechnik“!
 - Lehrveranstaltung im Wintersemester 2003/2004
- Ausblick: weitere Medientypen
 - z.B. Tastsinn, Gleichgewichtssinn, Koordination verschiedener Sinne
 - insbesondere Integration von Computerschnittstellen in den Alltag

Medientechnik

- Weitere Randthemen für „Medientechnik“:
 - Konventionelle (analoge) Fototechnik
 - Konventionelle (analoge) Filmtechnik
 - Konventionelle (analoge) Audio-(Studio-)Technik
- Kernthemen für „Medientechnik“:
 - Digitale Fototechnik
 - Digitale Filmtechnik
 - Digitale Audiotechnik

Multimedia-Programmierung

- Medienobjekte müssen programmiert werden:
 - Animationen enthalten grosse Programmanteile
 - Interaktion mit multimedialen Oberflächen ist wesentlich
 - » u.U. sogar Echtzeit-Interaktion
 - Medieneffekte werden zur Illustration in anderen grossen Programmsystemen eingesetzt
- Multimedia-Programmierschnittstellen
 - auf verschiedenen Ebenen
 - standardisiert oder proprietär
- Spezielle Programmierkonzepte
 - Skriptsprachen
 - Fließender Übergang Dokument – Programm
 - » Programm mit Dokumentbezügen (z.B. Audio-Dateien)
 - » Dokument mit Programmeinschüben (z.B. Skript-Programme)
- Themen für „Medientechnik“!