

Containerformate am Beispiel MP4

Medientechnologie IL

Andreas Unterweger

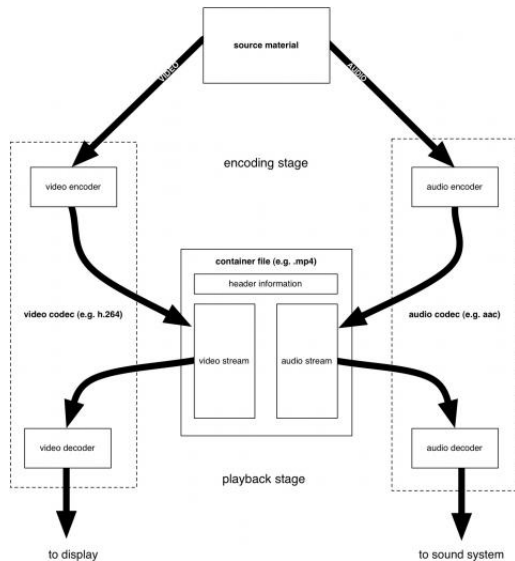
Vertiefung Medieninformatik und Bildverarbeitung
Studiengang ITS
FH Salzburg

Sommersemester 2026

Überblick Containerformate I

- Container: Speicherung zusammengehöriger Audio-, Video- und anderer Ströme in einer gemeinsamen Struktur (z.B. Datei)
- Aufgaben
 - Strukturierte Speicherung
 - Synchronisation (der einzelnen Ströme)
 - Ermöglichung bzw. Vereinfachung von Random Access
 - Meta- und/oder Benutzerdatenspeicherung (optional)
- Containerformate spezifizieren Containeraufbau
- Formatspezifische Beschränkungen (Auswahl)
 - Unterstützte Audio-, Video- und andere Formate
 - Unterstützung von B-Frames (allgemein: Diskrepanz zwischen Kodier- und Darstellungsreihenfolge)
 - Unterstützung mehrerer Videostreams (z.B. für stereoskopisches 3-D)
 - Einzelbildgrößen-, Frameraten- und andere Beschränkungen
 - Unterstützung von Meta- und Benutzerdatenspeicherung

Überblick Containerformate II



Quelle: <http://serato.com/video-sl/support/1931/video-files-101>

- Kodierung (englisch *Encoding*): Daten in bestimmtes Format bringen
- Dekodierung (englisch *Decoding*): Rohdaten aus kodierten Daten zurückgewinnen
- Transkodierung (englisch *Transcoding*): Daten von einem Format in ein anderes bringen (Dekodierung plus Kodierung)
- Multiplexing (kurz Muxing): Kodierte Daten (z.B. Audio und Video) in Container (mit bestimmtem Format) zusammenfassen
- Demultiplexing (kurz Demuxing): Kodierte Daten (z.B. Audio und Video) aus zusammengefassten rückgewinnen
- Transmuxing: Zusammengefasste Daten in anderes zusammengefasstes Format bringen (Demuxing plus Muxing)

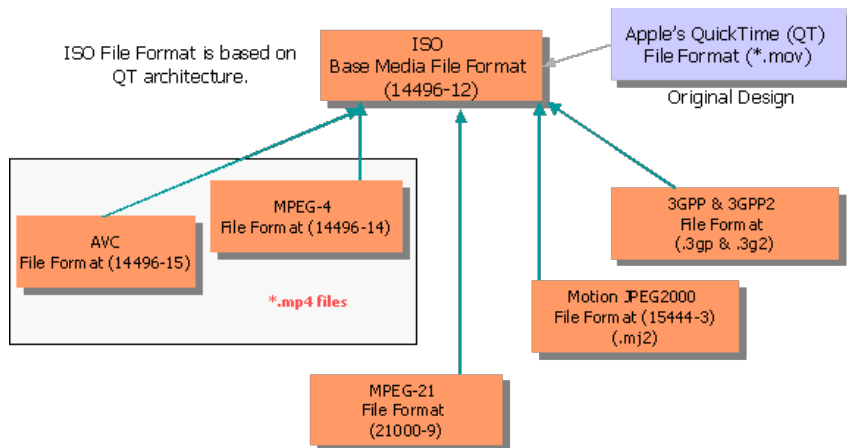
Aktuelle Containerformate (Auswahl für Audio und Video)

Containerformat	Dateiendung
Advanced Systems Format (ASF)	asf
Audio Video Interleave (AVI)	avi
Blu-ray Disc Audio-Visual MPEG-2 Transport Stream	m2ts
DivX Media Format	divx
Flash Video (FLV)	flv
Matroska	mkv
MPEG Video File	mpg
MP4	mp4
Ogg	ogg
QuickTime File Format	mov

- Informationen zur Audio- und Videoformatunterstützung: http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_container_formats

Überblick MP4

- MP4: MPEG-4 Part 14 (ISO 14496-14)
- Ursprünglich von QuickTime File Format abgeleitet



Quelle: <http://www.tansee.com/what-is-mp4-video.html>

- Kleinste Einheit: Box (früher Atom genannt)
- MP4-Datei ist Sequenz von Boxes
- Boxes können weitere Boxes enthalten

→ Hierarchischer Aufbau

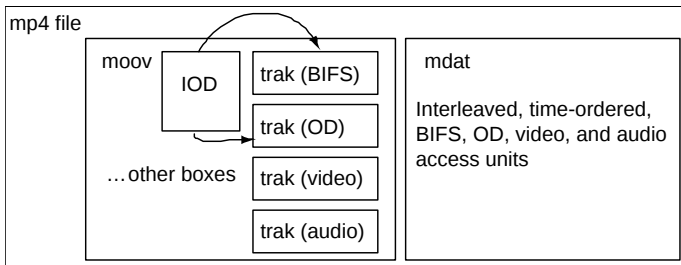
- Aufbau einer Box:
 - Optionaler Versionsheader
 - Typ (ID aus 4 Zeichen oder UUID (Universally Unique Identifier))
 - Länge (32 oder 64 Bit)
 - Inhalt (möglicherweise weitere Boxes)
- Obligatorische und optionale Boxes (Auswahl):
 - *ftyp*: Dateitypinformationen (ermöglicht Rückschluss auf Inhalt)
 - *moov*: Metadatencontainer
 - *mdat*: Container für Daten (Payload)
 - *free*: Unbenutzt

- *moov*-Boxstruktur:

- Initial Object Descriptor (*iods*): Datenstrom- und Dekodierinformation
- *mvhd*: Metainformationen wie Dauer und Erstellungszeitpunkt
- *trak*: Container für Metainformationen zu einer Spur (z.B. Video)

- *trak*-Boxstruktur:

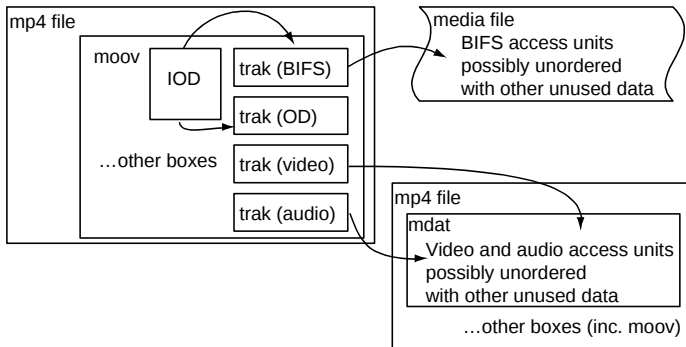
- *tkhd*: Metainformationen wie Dauer und Erstellungszeitpunkt
- *mdia*: Container für spurspezifische Informationen



Quelle: ISO/IEC: Information technology – Coding of audio-visual objects – Part 14: MP4 file format, ISO/IEC 14496-14, 2003.

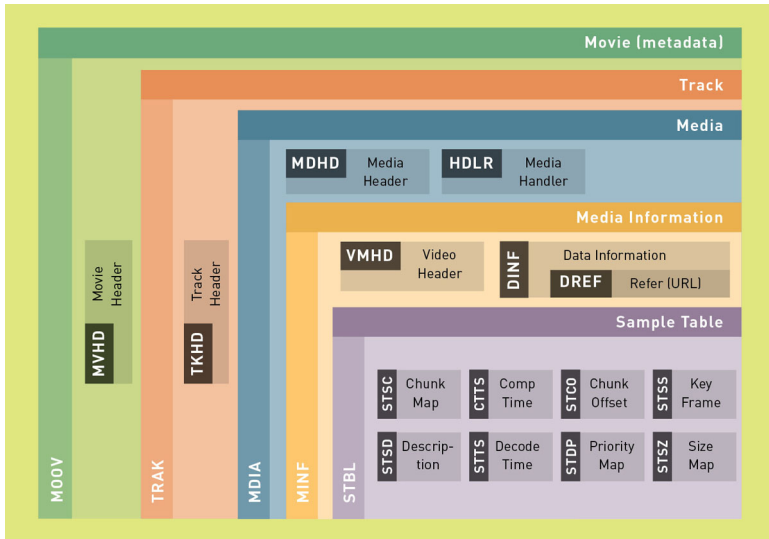
Dateiaufbau III

- Eigentliche Daten (z.B. Videoframes) können in anderen Dateien (auch auf anderen Rechnern) liegen (Anwendungsfall Bearbeitung)
- Daten müssen nicht geordnet sein
- Daten müssen nicht verschachtelt (englisch *interleaved*) sein



Quelle: ISO/IEC: Information technology – Coding of audio-visual objects – Part 14: MP4 file format, ISO/IEC 14496-14, 2003.

Typische *moov*-Boxstruktur



Quelle: Brown, M.: „White Paper: Media Container File Formats“.

http://www.maximumpc.com/article/features/white_paper_media_container_file_formats (8.9.2013), 2009.

Dateitypidentifikation durch *ftyp*-Box

- *ftyp*-Box erlaubt Rückschluss auf Dateiinhalt
- Identifikation durch so genannte Brands (inkl. optionale Angabe kompatibler Brands)
- Brandregistrierung bei MP4 Registration Authority:
<https://mp4ra.org/#/brands>
- Häufig verwendete Brands (Auswahl):

Brand (Code)	Dateiformat
<i>avc1</i>	H.264 nach MPEG-4 Part 10
<i>isom</i>	MPEG-4-Part-12-kompatibel
<i>M4A</i>	iTunes Audio nach MPEG-4
<i>mjp2</i>	Motion JPEG 2000
<i>mp42</i>	MP4 (Version 2)
<i>qt</i>	QuickTime

- *mvhd*-Box
 - Enthält timescale- und duration-Syntaxelement
 - timescale definiert Zeiteinheit (z.B. timescale = 25 → 40 ms)
 - duration spezifiziert Dauer in Zeiteinheiten
- *tkhd*-Box
 - Enthält duration-Syntaxelement
 - duration spezifiziert Dauer in *mvhd*-timescale-Zeiteinheiten
- *mdhd*-Box
 - Enthält timescale- und duration-Syntaxelement
 - timescale definiert Zeiteinheit (wie in *mvhd*-Box)
 - duration spezifiziert Dauer in Zeiteinheiten
- *stbl*-Box erlaubt Zuordnungen zwischen Daten und Zeitangaben
 - Mehrere Unter-Boxes mit verschiedenen Informationen
 - Kleinste Dateneinheit: Sample (z.B. ein Frame)

Zeitangaben II

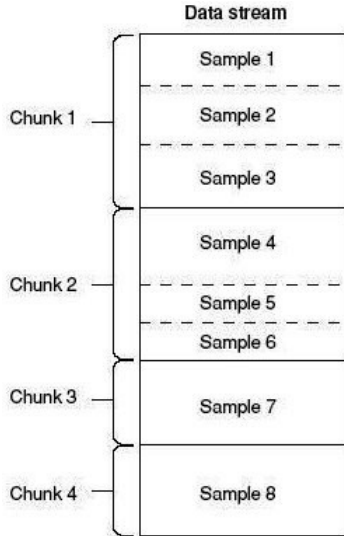
- Unterscheidung zwischen *Decoding Time* (DT) und *Composition Time* (CT) – Dekodier- vs. Darstellungszeitpunkt
- Zuordnung Samplenummer zu DT in *stts*-Box
- Zuordnung Samplenummer zu CT in *ctts*-Box (*CT* to sample)
- Speicherung der Werte als Differenz (Delta) zum jeweiligen Vorgänger
- Alle Angaben in *timescale*-Einheiten

GOP	/--	---	---	---	---	---	--\	/--	---	---	---	---	---	--\
	I1	P4	B2	B3	P7	B5	B6	I8	P11	B9	B10	P14	B12	B13
DT	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
CT	10	40	20	30	70	50	60	80	110	90	100	140	120	130
Decode delta	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Composition offset	10	30	0	0	30	0	0	10	30	0	0	30	0	0

Quelle: ISO/IEC: Information technology – Coding of audio-visual objects – Part 12: ISO base media file format, ISO/IEC 14496-12, 2005.

- Daten in *mdat*-Box sind in Form von Chunks gespeichert
- Chunk: Aufeinanderfolgende Samples
- *stsc*-Box (*sample-to-chunk*): speichert
 - Erste Samplenummer jedes Chunks
 - Anzahl der Samples jedes Chunks
- *stco*-Box (*chunk offset*): speichert Byte-Offset jedes Chunks
- *stsz*-Box (*size*): Beschreibt Größen der einzelnen Samples (in Byte)
- Komplexere Zuordnungen möglich (ohne Details):
 - Mehrere Datenfragmente über *Track Fragments* (*traf*-Boxes)
 - Mehrere Spurfragmente über *Movie Fragments* (*moof*-Boxes)
 - *Timelines* über *Edit Lists* (*edts*-Box)

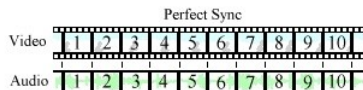
Samplezuordnung II



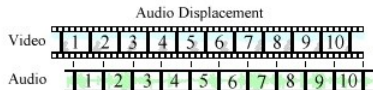
Quelle: <http://blog.csdn.net/tx3344/article/details/8506131>

- Splennummer kann CT zugeordnet werden
- Synchronisation der Splren durch CT möglich
- Umrechnung der CTs mehrerer Splren eventuell notwendig (bei unterschiedlicher *timescale* entsprechend umzurechnen)
- Synchronisationsherausforderungen:
 - Mensch ist empfindlich auf Audio-/Video-Asynchronität (filmmaterialabhängig, allgemein ca. ± 22 ms tolerierbar)
 - Unterschiedliche Sampledauer
 - Eventuell separate DT-Berücksichtigung (und -umrechnung) notwendig
 - Synchronisation durch mögliche Filter nach der Dekodierung schwierig
 - Signallaufzeiten in Hardware schwer zu berücksichtigen (separate Hardwareunterstützung notwendig)
 - Physikalische Signallaufzeit nicht beeinflussbar

Samplezuordnung IV



Audio and video are in sync



Audio is out of sync with video over entire duration of the clip so audio needs to be "time shifted to re-align with video.



Audio or video is stretched and goes more out of sync over time. One or the other needs to be stretched or shortened in time to provide alignment.

Quelle: <http://www.magix.info/us/how-to-make-very-fine-audio-adjustments-to-sync.knowledge.892859.html>

- Menschliche Asynchronitätstoleranz sehr niedrig

- *stss*-Box (*sync-sample*): Speichert Liste von Samplenummern, ab denen Dekodierung möglich ist (Prädiktionsgrenze)
- *stsh*-Box (*shadow-sync*)
 - Speichert alternative Samplenummer für einige der (oder alle) Samplenummern der dazugehörigen *stss*-Box
 - Alternative Samplenummer kann ebenfalls genutzt werden
- *sdtb*-Box (Erweiterung für H.264): speichert Abhängigkeiten jedes Samples (feingranulare Version der *stss*-Box-Daten)
 - Abhängigkeit eines Samples von anderen (ja/nein/weiß nicht)
 - Abhängigkeit anderer Samples von einem Sample (ja/nein/weiß nicht)
 - Sample redundant (ja/nein/weiß nicht)
- Weitere Möglichkeiten (ohne Details)
 - Bei mehreren Datenfragmenten über *tfra*-Boxes
 - Bei mehreren Spurfragmenten über *mfra*-Boxes

- *stsd*-Box in *stbl*-Box: Sample-Beschreibung
 - Bildauflösung in Pixel (bei Videospur)
 - Kanalanzahl (bei Audiospur)
 - Anzahl Frames pro Sample (typischerweise einer)
 - Name (ID) des verwendeten Kompressionsalgorithmus
- *udta*-Box: Container für Zusatzinformationen
 - Kann in *trak*- oder *moov*-Box beinhaltet sein
 - Entsprechende Zugehörigkeit des Inhaltes
 - *cpri*-Box: Copyright-Informationen
- *meta*-Box: Container für weitere Zusatzinformationen (in Datei, *trak*- oder *moov*-Box beinhaltet)
- Liste aller registrierten Boxes: <https://mp4ra.org/#/atoms>

Danke für die Aufmerksamkeit!

Fragen?