

# 1 Evolution der Videokompressionsstandards

Der 1988 erstmals definierte Videokompressionsstandard H.261 legte den Grundstein für die Entwicklung zahlreicher Videocodecs. **Listen Sie die, in der Vorlesung besprochenen, Videocodecs chronologisch auf.**

**Geben Sie die jeweiligen Anwendungsgebiete der Codecs, sowie die geplanten Auflösungen und Videobitraten an.**

**Recherchieren Sie außerdem die wichtigste technische Neuerung jedes Codecs und die grundlegende Funktion der Neuerung.**

**Welche Organisationen waren an der Entwicklung des Codecs beteiligt?**

## H.261

**Anwendungsgebiet:** Videokonferenzen,

**Auflösungen:** QCIF (176 x 144) und CIF (352 x 288),

**Videobitrate:** 64 Kbit/s bis 1,5 Mbit/s.

**Neuerung:** Die Hauptneuerung ist das discrete cosine transform (DCT)-Codierungsverfahren. DCT komprimiert Videodaten, indem es ähnliche Bildelemente zusammenfasst, um die Datenmenge zu reduzieren.

**Mitentwickelt:** Die Entwicklung des Codecs wurde von der ITU-T unterstützt.

## MPEG-1

**Anwendungsgebiet:** Videostreaming und Video-CDs,

**Auflösungen:** 352 x 240 und 352 x 288,

**Videobitrate:** 1,5 Mbit/s.

**Neuerung:** Die Neuerung von MPEG-1 ist die Einführung des Motion-Compensated Block-Matching-Algorithmus. Dieser Algorithmus vergleicht benachbarte Bilder, um sich auf die Bilder zu konzentrieren, die sich am meisten voneinander unterscheiden, und so die Datenmenge zu reduzieren.

**Mitentwickelt:** Der Codec wurde von der ISO und der IEC entwickelt.

## H.263

**Anwendungsgebiet:** Videokonferenzen, Videostreaming,

**Auflösungen:** QCIF (176 x 144) und CIF (352 x 288),

**Videobitrate:** 64 Kbit/s bis 1,5 Mbit/s.

**Neuerung:** Die Hauptneuerung von H.263 ist die Einführung des Advanced Motion Vector Prediction-Verfahrens. Dieses Verfahren verwendet inter- und intraframe-Vorhersagen, um die Datenmenge zu reduzieren, indem es vorhergesagte Bilder verwendet.

**Mitentwickelt:** Der Codec wurde von der ITU-T entwickelt.

## MPEG-2s

**Anwendungsgebiet:** DVDs, Blu-ray Discs,

**Auflösungen:** SD (640 x 480) und HD (1920 x 1080),

**Videobitrate:** 5 Mbit/s bis 40 Mbit/s.

**Neuerung:** Die Hauptneuerung von MPEG-2s ist die Einführung des Statistical Multiplexing-Verfahrens. Dieses Verfahren ermöglicht es, mehrere Audio- und Videoquellen zu komprimieren, zu codieren und zu multiplexen, wodurch die Datenmenge reduziert wird.

**Mitentwickelt:** Der Codec wurde von der ISO und der IEC entwickelt.

## H.264/AVC

**Anwendungsgebiet:** Videostreaming, Blu-ray Discs,

**Auflösungen:** SD (640 x 480) und HD (1920 x 1080),

**Videobitrate:** 1 Mbit/s bis 20 Mbit/s.

**Neuerung:** Die Hauptneuerung von H.264/AVC ist die Einführung des Context-Aware Adaptive Quantization-Verfahrens. Dieses Verfahren verwendet Bildkontextinformationen, um die Quantisierungsstufen für jeden Bildblock zu bestimmen, um die Datenmenge zu reduzieren.

**Mitentwickelt:** Der Codec wurde von der ISO und der IEC entwickelt.

## **MVC**

**Anwendungsgebiet:** 3D-Videostreaming, Blu-ray Discs,

**Auflösungen:** SD (640 x 480) und HD (1920 x 1080),

**Videobitrate:** 5 Mbit/s bis 20 Mbit/s.

**Neuerung:** Die Hauptneuerung von MVC ist die Einführung des Multi-View Coding-Verfahrens, das es ermöglicht, mehrere Ansichten eines Videos in einer einzigen Datei zu codieren, um die Dateigröße zu reduzieren.

**Mitentwickelt:** Der Codec wurde von der ISO und der IEC entwickelt.

## **H.265 / HEVC**

**Anwendungsgebiet:** Videostreaming, Blu-ray Discs,

**Auflösungen:** SD (640 x 480) und HD (1920 x 1080),

**Videobitrate:** 1 Mbit/s bis 20 Mbit/s.

**Neuerung:** Die Hauptneuerung von H.265 / HEVC ist die Einführung des Adaptive Transform-Verfahrens. Dieses Verfahren verwendet eine adaptive Block-Transformation, um die Datenmenge zu reduzieren, indem es ähnliche Bildelemente zusammenfasst.

**Mitentwickelt:** Der Codec wurde von der ISO und der IEC entwickelt.

## **VP9**

**Anwendungsgebiet:** Videostreaming,

**Auflösungen:** SD (640 x 480) und HD (1920 x 1080),

**Videobitrate:** 0,5 Mbit/s bis 15 Mbit/s.

**Neuerung:** Die Hauptneuerung von VP9 ist die Einführung des Sub-Pixel Motion Estimation-Verfahrens. Dieses Verfahren verwendet eine Unterpixel-Bewegungsschätzung, um die Bewegung zwischen zwei Bildern zu schätzen, um die Datenmenge zu reduzieren.

**Mitentwickelt:** Der Codec wurde von Google entwickelt.

## **AV1**

**Anwendungsgebiet:** Videostreaming,

**Auflösungen:** SD (640 x 480) und HD (1920 x 1080),

**Videobitrate:** 0,5 Mbit/s bis 20 Mbit/s.

**Neuerung:** Die Hauptneuerung von AV1 ist die Einführung des Adaptive Motion Vector Precision-Verfahrens. Dieses Verfahren verwendet eine adaptive Bewegungsvektorpräzision, um die Bewegung zwischen zwei Bildern zu schätzen, um die Datenmenge zu reduzieren.

**Mitentwickelt:** Der Codec wurde von der Allianz für Offene Medien entwickelt.

## 2 Technische Verbesserungen von H.261 bis HEVC

**Welche Frametypen wurden im Videokompressionsstandard H.261 verwendet.**

In H.261 wurden I-Frames (Intra Frames), P-Frames (Predicted Frames) und B-Frames (Bi-directional Frames) verwendet. I-Frames sind vollständige Bilder, die keine Referenz auf vorherige oder nachfolgende Frames haben. P-Frames basieren auf einem I-Frame und verwenden Referenzdaten, um nur die Informationen zu codieren, die sich zwischen den Frames geändert haben. B-Frames verwenden Referenzdaten von zwei vorherigen und zwei nachfolgenden Frames, um nur die Informationen zu codieren, die sich zwischen allen Frames geändert haben.

**Welchen Vorteil bieten die zusätzlichen Frametypen in H.263 und MPEG-1? Erläutern Sie dies mit einem Beispiel.**

H.263 verwendet I-Frames, P-Frames und PB-Frames (Predictive B Frames). PB-Frames sind ähnlich wie B-Frames, aber sie haben eine einzelne Referenzzeile, die auf dem vorherigen Frame basiert. Diese Art von Frame kann eine bessere Kompression als B-Frames bieten, aber sie können auch zu einer schlechteren Bildqualität führen.

Ab MPEG-2 werden unterschiedliche Profile und Levels zur Verfügung gestellt. **Wozu dienen diese Profile und worin unterscheiden sich diese? Geben Sie je ein Beispielprofil für MPEG-2, MPEG-4 und H.264/AVC an.**

den verwendet, um verschiedene Arten von Videostreams zu unterscheiden, die auf verschiedene Geräte oder Anwendungen abgestimmt sind. MPEG-2, MPEG-4 und H.264/AVC haben jeweils unterschiedliche Profile und Levels. Ein Beispielprofil für MPEG-2 ist Main Profile. Es wird für Video-On-Demand-Anwendungen verwendet und unterstützt eine Auflösung von 720 x 576 Pixeln bei einer Bildrate von 30 Bildern pro Sekunde. Ein Beispielprofil für MPEG-4 ist Advanced Simple Profile (ASP). Es wird für Video-On-Demand-Anwendungen verwendet und unterstützt eine Auflösung von 720 x 576 Pixeln bei einer Bildrate von 30 Bildern pro Sekunde. Ein Beispielprofil für H.264/AVC ist High Profile. Es wird für Video-On-Demand-Anwendungen verwendet und unterstützt eine Auflösung von 1080 x 1920 Pixeln bei einer Bildrate von 30 Bildern pro Sekunde.

**Wie werden Motion Vektoren im Videokompressionsstandard H.261 berechnet?**

Motion Vektoren werden im Videokompressionsstandard H.261 durch Vergleichen von Referenzframes mit dem aktuellen Frame berechnet. Zunächst wird eine Reihe von Referenzpunkten im Referenzframe identifiziert, die mit einem ähnlichen Muster im aktuellen Frame übereinstimmen. Dann wird der Unterschied zwischen den Referenzpunkten im Referenzframe und denen im aktuellen Frame gemessen, um einen Motion Vector zu berechnen. Der Motion Vector wird dann verwendet, um die Daten des Referenzframes zu codieren, statt den Daten des aktuellen Frames.

**Welche Genauigkeit erfüllen Motion Vektoren bei MPEG-1?**

Bei MPEG-1 erfüllen Motion Vektoren eine Genauigkeit von  $1/4$  Pixel. Dies bedeutet, dass der Motion Vector den Unterschied zwischen zwei Referenzpunkten mit einer Genauigkeit von  $1/4$  Pixel angeben kann. Diese Genauigkeit ist ausreichend, um eine gute Kompression bei MPEG-1 zu erzielen.

**Welche Verbesserung gibt es bei H.264/AVC und welcher Nachteil ist damit verbunden?**

Bei H.264/AVC werden Motion Vektoren mit einer Genauigkeit von 1/8 Pixel berechnet. Dies ermöglicht eine noch höhere Kompression als bei MPEG-1, aber es kann auch zu einer geringeren Bildqualität führen. Daher ist es wichtig, dass alle verwendeten Codecs die richtige Genauigkeit aufweisen, um ein optimales Ergebnis zu erzielen.

**Auf welche Frames beziehen sich Motion Vektoren in H.264/AVC? Erläutern Sie, wie Makroblöcke im Videokompressionsstandard H.261 definiert waren.**

In H.264/AVC beziehen sich Motion Vektoren auf den aktuellen Frame und den Referenzframe. Der Referenzframe kann ein I-Frame oder ein P-Frame sein. Makroblöcke waren in H.261 16 x 16 Pixel große Blöcke, die als Grundlage für die Kompression verwendet wurden. Jeder Makroblock bestand aus 64 Pixels und jeder Pixel hatte eine Größe von 4 x 4 Pixel. Jeder Makroblock wurde in einzelne Teilblöcke aufgeteilt, die als Sub-Makroblöcke bezeichnet wurden. Diese Sub-Makroblöcke wurden dann codiert, um die Kompression zu erreichen.

**Wie werden Makroblöcke in HEVC abgebildet?** Besonders interessant dabei ist folgendes Video über H.265/HEVC: <http://vimeo.com/vcodex/hevcwalkthrough>

In HEVC (High Efficiency Video Coding) werden Makroblöcke als 4 x 4 Pixel große Blöcke abgebildet. Diese Blöcke werden dann in Quadtree-Strukturen aufgeteilt, um die Kompression zu erhöhen. Quadtree-Strukturen sind hierarchische Strukturen, in denen jedes Quadrat in einzelne Quadrate aufgeteilt werden kann. Jedes Quadrat enthält dann eine bestimmte Anzahl an Pixels, die dann codiert werden, um die Kompression zu erreichen. Die Quadtree-Struktur ermöglicht es, dass nur die Pixel codiert werden, die sich auch wirklich geändert haben. Dies erhöht die Kompression, ohne dass die Bildqualität leidet.

### 3 Hands-on: Moderne Videocodecs

Nachdem in den vorhergehenden Beispielen die Grundlagen diverser Videocodecs recherchiert wurden, werden in diesem hands-on Beispiel mehrere moderne Videocodecs ausgetestet.

Damit Ihnen Encoder für moderne Videocodecs zur Verfügung stehen, kompilieren Sie FFmpeg mit den Flags `--libvpx`, `--libx264`, `--libx265` und `--libavo`.

Eine detaillierte Anleitung dazu finden Sie auf der FFmpeg Homepage (<https://trac.ffmpeg.org/wiki/CompilationGuide/Ubuntu#FFmpeg>).

Nutzen Sie ggf. eine virtuelle Maschine (z.B. VirtualBox mit Ubuntu) oder Docker, sollte kein Linux oder MacOS zur Verfügung stehen.

Um FFmpeg mit den vorgenannten Flags zu kompilieren, müssen Sie die folgenden Befehle in der Konsole ausführen:

```
./configure --enable-libvpx --enable-libx264 --enable-libx265 --enable-libavo
```

```
make
```

```
make install
```

**Recherchieren Sie kurz Details über die Codecs VP9 und AV1.**

VP9 ist ein open-source, royalty-free Videocodec, der von Google entwickelt wurde und auf dem WebM-Container basiert. Der Codec kann erweiterte Videoformate wie 8K, HDR und 360 Grad

unterstützen. Er bietet eine höhere Kompression als seine Vorgänger und kann mit verschiedenen Hardwareschnittstellen wie DisplayPort und HDMI verwendet werden.

AV1 ist ein open-source, royalty-free Videocodec, der von der Allianz für Offene Medien entwickelt wurde. Er ist speziell für Web-basierte Anwendungen und Streaming-Dienste optimiert und ist der erste Codec, der den neuen High-Efficiency Video Coding (HEVC) Standard unterstützt. AV1 bietet eine höhere Kompression als seine Vorgänger und kann mit verschiedenen Hardwareschnittstellen wie DisplayPort und HDMI verwendet werden.

### **Beantworten Sie folgende Fragen:**

#### **Wo werden die Codecs hauptsächlich eingesetzt?**

Die Codecs VP9 und AV1 werden hauptsächlich für Web-basierte Anwendungen und Streaming-Dienste eingesetzt. Sie werden auch für Video-on-Demand-Anwendungen, Video-Conferencing und Videospiele verwendet. Sie werden auch immer häufiger für die Wiedergabe von Ultra HD- und 4K-Videos verwendet, da sie eine höhere Kompression als die meisten anderen Codecs bieten.

#### **Wer steht hinter der Entwicklung der Codecs?**

VP9 wurde von Google entwickelt. AV1 wurde von der Allianz für Offene Medien entwickelt. Beide Codecs werden als Open-Source-Codecs angeboten und sind royalty-free.

#### **Welche Vor-/Nachteile ergeben sich durch die Verwendung der Codecs?**

Die Verwendung von VP9 und AV1 bietet eine Reihe von Vorteilen. Beide Codecs bieten eine hohe Kompressionsrate, was zu einer effizienteren Nutzung der Bandbreite führt. Sie können auch erweiterte Videoformate wie 8K, HDR und 360 Grad unterstützen. Darüber hinaus unterstützen sie auch verschiedene Hardwareschnittstellen wie DisplayPort und HDMI.

Ein Nachteil der Verwendung von VP9 und AV1 ist, dass sie mehr Prozessorleistung benötigen, um die Kompression durchzuführen. Daher kann die Verwendung dieser Codecs auf älteren Geräten zu einer geringeren Leistung führen.

#### **In welchem Format können Videos, welche mit VP9 und AV1 codiert wurden, abgespeichert werden?**

Videos, die mit VP9 und AV1 codiert wurden, können in den Formaten WebM, MP4, MKV und FLV abgespeichert werden.

**Codieren Sie die Sekunden 65-70 von Big Buck Bunny (720p) in einer Bitrate von 300 kbps mit den Codecs H.264/AVC, H.265/HEVC, VP9 und AV1 und vergleichen Sie die Ergebnisse.**

#### **H.264/AVC:**

```
ffmpeg -i BigBuckBunny_720p.avi -c:v libx264 -b:v 300k -ss 65 -to 70  
BigBuckBunny_720p_H264_300.mp4
```

#### **H.265/HEVC:**

```
ffmpeg -i BigBuckBunny_720p.avi -c:v libx265 -b:v 300k -ss 65 -to 70  
BigBuckBunny_720p_H265_300.mp4
```

**VP9:**

```
ffmpeg -i BigBuckBunny_720p.avi -c:v libvpx-vp9 -b:v 300k -ss 65 -to 70  
BigBuckBunny_720p_VP9_300.mp4
```

**AV1:**

```
ffmpeg -i BigBuckBunny_720p.avi -c:v libaom-av1 -b:v 300k -ss 65 -to 70  
BigBuckBunny_720p_AV1_300.mp4
```

Berücksichtigen Sie, dass die Codierung mit VP9 und AV1, abhängig von der verwendeten Hardware, mehrere Minuten, im Fall von AV1 über eine Stunde dauern kann.

Hinweis: Firefox spielt AV1 Videos problemlos ab, wenn diese im WebM-Dateiformat abgespeichert werden.