

Videodaten auf Diät

Um möglichst viele Programme gleichzeitig übertragen zu können, reduzieren Kompressionsalgorithmen die Informationsmengen vor der Übertragung drastisch.

Bernd Müller



Fotolia/madeaw

Auf Knopfdruck kann man heutzutage zwischen hunderten von Fernsehprogrammen wählen. Die Datenübertragung erfordert allerdings eine drastische Komprimierung.

In den 1980er-Jahren musste man noch mit der Wurfantenne im Zimmer umherwandern, um rauschige Bilder zu sehen. Heute kommen die Bilder glasklar in HD und neuerdings sogar UHD über Kabel, Satellit oder aus dem Internet. Möglich macht das die Digitalisierung: Weil im Datenstrom nur 0 und 1 zu unterscheiden sind, kommen die Informationen auch unter widrigen Übertragungsbedingungen ungestört an. Zudem lassen sich dank effizienter Komprimierung hunderte digitale Programme gleichzeitig übermitteln. Algorithmen dampfen den Datenstrom auf einen Bruchteil seiner ursprünglichen Größe ein. Das Endgerät – der Fernseher, der Satellitenreceiver oder beim Streaming der Computer – übersetzt den komprimierten Datenstrom zurück in ein Videosignal (**Abb. 1**).

Wie notwendig Datenkompression ist, zeigt eine Rechnung: Ein Video

in Full-HD hat eine Auflösung von 1920×1080 Pixel, das sind 2 073 600 Pixel. In der niedrigsten Qualität hat jede der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau 8 Bit, zudem werden 24 Bilder pro Sekunde übertragen. Dafür wären 1 194 393 600 Bits nötig, also rund 150 Megabyte pro Sekunde. Eine DVD mit 4,75 Gigabyte böte somit nur Platz für einen Werbespot. Die Audiosignale sind dabei noch nicht eingerechnet und auch nicht, dass Filme heute mit vierfacher Full-HD-Auflösung, einer höheren Farbtiefe sowie Frameraten bis 60 Bilder pro Sekunde abgespielt werden.

Also gilt es, den Datenstrom drastisch zu reduzieren. Für Ultra-HD sind Kompressionsfaktoren von 300:1 nötig, für Virtual-Reality-Brillen sogar 500:1. Dafür gibt es mehrere Strategien: Die komplexen mathematischen Verfahren zielen darauf ab,

möglichst viele Daten zu entfernen, ohne dass der Zuschauer dies bemerkt. Man unterscheidet dabei zwischen Redundanz-, Irrelevanz- und Relevanzreduktion.

Redundant sind Bestandteile im Bild, die mehrfach vorhanden sind. Bei einem blauen Himmel befinden sich beispielsweise nebeneinander viele Pixel mit dem gleichen Farbwert. Anstatt die Farbinformation für jedes Pixel mit der vollen Farbtiefe von 24 Bit zu übertragen, fasst der Algorithmus diese Pixel zusammen und überträgt ihren Farbwert nur einmal. Bei der Differenzmethode codiert der Kompressionsalgorithmus nur die Unterschiede zwischen zwei benachbarten Pixeln. Sind die Unterschiede gering, reicht ein kürzeres Datenpaket aus, um es zu beschreiben. Alternativ wird bei der diskreten Cosinus-Transformation das Frequenzspektrum des Videosignals in einem dreidimensionalen Raum dargestellt, welchen die Zeit und die beiden Koordinaten im Bild aufspannen. Niedrige Frequenzen repräsentieren großflächige Bildstrukturen und langsame Helligkeitsübergänge, hohe Frequenzen stehen für feine Strukturen und abrupte Helligkeitssprünge. Weil grobe Strukturen häufiger sind, kann ein Algorithmus dies nutzen und hohe Frequenzen weglassen, wofür weniger Daten nötig sind.

Auch gibt es in Bildern Farb- und Grauwerte, die häufiger auftreten als andere. Das macht sich die variable Längencodierung zunutze. Häufig auftretende Werte werden mit kürzeren Datenpaketen beschrieben als seltenere Farbwerte. Dieses Prinzip hat schon Samuel Morse genutzt: In seinem Morsealphabet ist der häufigste Buchstabe – das „e“ – durch das kürzeste Signal – einen einzelnen kurzen Ton beziehungsweise ein „·“ – repräsentiert, während ein Y den Code – . . . – hat. Die Redundanzreduktion ist verlustfrei, der ursprüngliche Da-

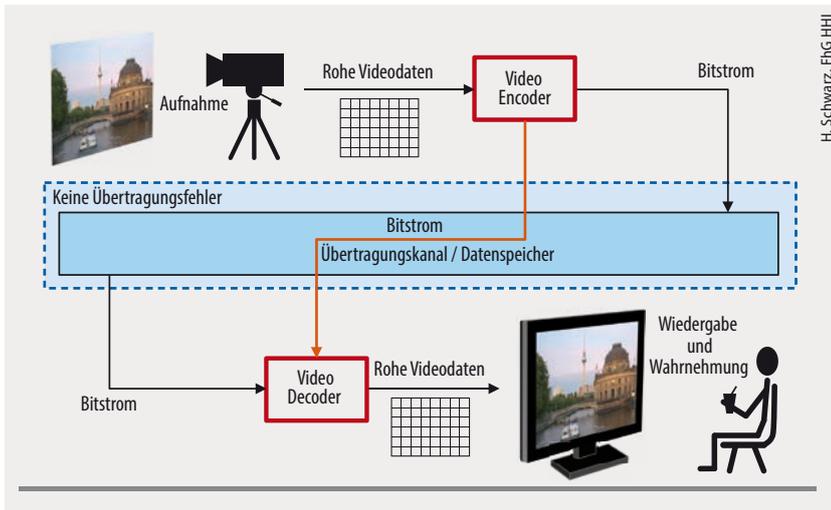


Abb. 1 So kommen Videos zum Zuschauer: Die rohen Videodaten der Aufnahme werden in Encoder komprimiert, übertragen und beim Zuschauer wiederhergestellt.

tenstrom lässt sich also aus den komprimierten Daten wieder original herstellen. Mehr als eine Halbierung der Datenrate ist aber nicht möglich.

Reicht das nicht, kommt die Irrelevanzreduktion zum Einsatz, bei der Informationen verworfen werden, die für die Wahrnehmung des Zuschauers keine Rolle spielen. Das können kleine Details oder Farbverläufe im Hintergrund sein, die unser Auge nicht wahrnimmt. Die Irrelevanzreduktion ist nicht reversibel und reicht bis zu einem Kompressionsfaktor von 10:1.

Sollen noch mehr Daten eingespart werden – das ist bei allen heutigen Übertragungskanälen notwendig – geht dies nur mit der Relevanzreduktion. Hier sind die Bildfehler infolge der Kompression mehr oder weniger sichtbar. Auch diese Reduktion ist irreversibel, die TV-, Kabel-, Satelliten- oder Streaming-Anbieter nehmen dies aber in Kauf, um möglichst viele Programme gleichzeitig übertragen zu können und eine unterbrechungsfreie Übertragung auch bei geringeren Bandbreiten zu gewährleisten – etwa bei schlechtem Wetter (Satellit) oder bei einem langsamen Internetanschluss (Streaming).

Vom Pixel zum Klötzchen

Diese Strategien bezogen sich auf die einzelnen Bilder (Frames), man spricht von Intraframe-Reduktion. Großes Potenzial bietet die Interframe-Reduktion. Wenn pro Sekunde 24 Bilder übertragen werden, ändert sich von einem Bild zum nächs-

ten nicht der komplette Bildinhalt – beispielsweise, wenn eine Person vor einer festen Kulisse spricht. Die Person bewegt sich etwas, der Hintergrund nicht. Das nutzen Algorithmen, indem sie die Informationen dieser statischen Bildanteile ganzer Bildfolgen nur einmal übertragen. Das lässt sich allerdings nicht auf ein Video in Spielfilmlänge ausdehnen, weil sich die Informationsverluste anhäufen und die Qualität der Bilder irgendwann sichtbar leiden würde. Daher wird nach einer definierten Anzahl von Frames ein vollständiges Bild zur Auffrischung gesendet.

Die Interframe-Reduktion kommt bei der Übertragung von fertig bearbeiteten Videos zu den Nutzern zum Einsatz. Für das Schneiden von Filmen eignet sie sich nicht, weil dort Zugriff auf die volle Bildqualität jedes einzelnen Frames nötig ist.

Bei der Irrelevanz- und noch mehr bei der Relevanz-Kompression entfallen Informationen, die sich beim

Abspielen nicht mehr wiederherstellen lassen, die also Bild und Ton verschlechtern. Bei schnellen Bewegungen oder hohen Kontrasten werden daher an Kanten kleine Klötzchen sichtbar, die das Objekt wie eine Korona umgeben. Solche Effekte sind auch in komprimierten Fotos zu erkennen (**Abb. 2**). Bei hoher Kompression verschwimmen in Digitalfotos Farbverläufe zu einfarbigen Klötzchen.

Ähnliche Effekte gibt es bei Audiosignalen, allerdings ist unser Gehör leichter zu täuschen als unsere Augen. Bei hoher Kompression können vor oder nach plötzlichen Lautstärkeänderungen Klangfragmente auftreten, die dort nicht hingehören. Bei sehr hoher Kompression kann der Ton wie bei einer alten Telefonleitung klingen.

Erst dank ausgefeilter Algorithmen haben wir daheim am Fernseher die volle Auswahl an Spielfilmen und Serien – bei weiterhin beeindruckender Bild- und Tonqualität.



Abb. 2 Bei einer leicht komprimierten JPEG-Datei sind im Bild noch keine Fehler zu erkennen. Selbst bei starker Komprimierung (Inlay) ist Hineinzoomen notwendig, um grobe Pixel und Artefakte an Kanten mit hohem Kontrast zu erkennen.