

Eric Karstens

Fernsehen digital

Eric Karstens

Fernsehen digital

Eine Einführung



VS VERLAG FÜR SOZIALWISSENSCHAFTEN

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

1. Auflage Juni 2006

Alle Rechte vorbehalten

© VS Verlag für Sozialwissenschaften | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2006

Lektorat: Barbara Emig-Roller

Der VS Verlag für Sozialwissenschaften ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media.
www.vs-verlag.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg

Satz: Anke Vogel, Ober-Olm

Druck und buchbinderische Verarbeitung: Krips b.v., Meppel

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Printed in the Netherlands

ISBN-10 3-531-14864-8

ISBN-13 978-3-531-14864-9

Inhalt

Abbildungen und Tabellen	9
Vorbemerkung	11
1 Technische Grundlagen	13
1.1 Datenkompression und Datenreduktion	13
1.1.1 JPEG	15
1.1.2 MPEG	16
1.1.3 Codecs und Containerformate	20
1.2 Datenspeicherung	22
1.2.1 Kassettensysteme	23
1.2.2 Festplattensysteme	25
1.2.3 Optische Speichermedien	28
1.2.4 Flash-Speicher	29
1.3 Datenübertragung	30
1.3.1 Basisverfahren der Distribution	31
1.3.2 Vermittlungstechniken	34
1.3.3 Digitale Fernsehausstrahlung	35
1.3.4 Alternative Fernsehdistribution	39
1.3.5 Funktechniken	42
1.4 Bildauflösung und Fernsehnormen	43
1.4.1 PAL und NTSC	43
1.4.2 HDTV	45
1.4.3 Metadaten	48
1.4.4 Verwendung von Metadaten	50
1.5 Digital Rights Management	53
1.5.1 Klassisches Rechtemanagement	53
1.5.2 Digitale Verfügbarkeit	55
1.5.3 Hardwarebasiertes DRM	56
1.5.4 Kopierschutz für HDTV	57
1.5.5 Softwarebasiertes DRM	58
1.5.6 Risiken von DRM	60
1.5.7 Jugendschutz	62

2	Distribution und Empfangswege	63
2.1	Frequenzen	63
2.2	Satellit	67
2.3	Kabelfernsehen	71
2.3.1	Kabelnetz-Infrastruktur	75
2.3.2	Bedingungen für die Kabeleinspeisung von TV-Programmen	78
2.3.3	Pay-TV im Kabel	79
2.3.4	Grundverschlüsselung	80
2.4	Digitalfernsehen über Antenne (DVB-T)	83
2.5	Mobilfunk	86
2.6	Internet	90
3	Endgeräte und Medienkonsum	93
3.1	Endgerätekonvergenz und -durchsetzung	93
3.2	Set-Top-Boxen	98
3.3	Komponenten digitaler Empfangsgeräte	100
3.3.1	Verschlüsselung und Adressierung	102
3.3.2	Hardware und Betriebssystem	106
3.4	Bildschirme	109
3.4.1	Bildschirmtechnologien	110
3.4.2	Deinterlacing und Skalierung	113
3.5	Personal Video Recorder	115
3.5.1	PVRs und Electronic Program Guides	117
3.5.2	PVRs und Video-on-Demand	120
3.6	Interaktivität	122
4	Zuschauerforschung	127
4.1	Herausforderungen durch digitale Distribution	128
4.2	Publikumsfragmentierung und Mediaplanung	130
4.3	Interaktives Fernsehen	134
5	Wertschöpfungsketten und Geschäftsmodelle	137
5.1	Fernseh-Senderfamilien	137
5.1.1	Privatsender auf dem Werbemarkt	137
5.1.2	Lineares und nonlineares Fernsehen	141
5.1.3	Programmpsychologie und Programmstrategien der Fernsehsender	143

5.1.4	Kompensationsstrategien und Diversifikation	147
5.1.5	Programmvermögen und Produktionsrisiken	149
5.1.6	Geschäftserweiterung, Distributionserlöse und Pay-TV	151
5.1.7	Pay-TV und Digitalisierung im Ausland	158
5.2	Werbung im digitalen Fernsehen.....	160
5.2.1	Sonderwerbeformen.....	161
5.2.2	Interaktive Werbung	165
5.3	Öffentlich-rechtliche Sender.....	167
5.4	Kleinere Fernsehsender	172
5.5	Unterhaltungskonzerne und US-Majors	177
5.6	Produktionsfirmen	179
5.6.1	Digitale Produktion.....	180
5.7	Netzbetreiber.....	182
5.7.1	Kabelnetzbetreiber.....	183
5.7.2	Telekommunikationsunternehmen	188
5.7.3	Mobilfunk	190
5.8	Hersteller von Unterhaltungselektronik	192
5.9	Electronic Program Guides und andere Dienste.....	195
6	Herausforderungen und Perspektiven	199
6.1	Medienpolitik.....	199
6.1.1	Finanzierung und Funktion der Öffentlich-Rechtlichen	199
6.1.2	Medienaufsicht	202
6.1.3	Wirtschaftsförderung und Standortpolitik.....	204
6.2	Endgeräte	206
6.3	Geschäftsmodelle und -strategien.....	209
7	Literatur	211
8	Glossar	213
	Register	227

Abbildungen und Tabellen

<i>Abbildung 1:</i>	Aufteilung des Internet-Datenverkehrs 2004	33
<i>Abbildung 2:</i>	Mögliche DSL-Bandbreiten in Privathaushalten in Kbit/s.....	40
<i>Abbildung 3:</i>	Größenrelationen SDTV/HDTV	46
<i>Abbildung 4:</i>	Modulationsverfahren AM, FM und PM.....	64
<i>Abbildung 5:</i>	Struktur des deutschen Kabelfernsehnetzes 2004	73
<i>Abbildung 6:</i>	Mobilfunkteilnehmer in Prozent der Gesamtbevölkerung	95
<i>Abbildung 7:</i>	Aufbau digitaler Empfangsgeräte.....	101
<i>Abbildung 8:</i>	Netto-Werbeerlöse im Fernsehen in Mrd. €.....	139
<i>Abbildung 9:</i>	Entwicklung der Ausstattung der Haushalte mit DVD-Playern in %.....	141
<i>Abbildung 10:</i>	Prototypische Diversifikation in der US-Unterhaltungsindustrie	149
<i>Abbildung 11:</i>	Umsatz- und Gewinnanteile (EBIT) der M6-Gruppe 2004...	153
<i>Abbildung 12:</i>	Anteil der Sonderwerbeformen am Werbevolumen in %	162
<i>Abbildung 13:</i>	Gesamteinnahmen im dualen Fernsehsystem 2004 in Mio. €.....	168
<i>Abbildung 14:</i>	Marktanteilsentwicklung von ARD und ZDF in % (E 14-49)	170
<i>Abbildung 15:</i>	Haushalte mit deutschsprachigen Digitalkabel-Paketen in Mio.....	175
<i>Tabelle 1:</i>	Digitale MAZ-Kassetten-Formate (Auswahl).....	24
<i>Tabelle 2:</i>	Frequenzbereiche (Auswahl) in MHz	65
<i>Tabelle 3:</i>	Rückkanalfähiger Ausbau der Kabelnetze Ende 2005.....	78
<i>Tabelle 4:</i>	Marktanteile der großen Privatsender	138
<i>Tabelle 5:</i>	Digital verbreitete bundesweite öffentlich-rechtliche Programme.....	169
<i>Tabelle 6:</i>	Sender im Pay-TV-Bouquet der Kabel Deutschland GmbH 2006	186

Vorbemerkung

Digitales Fernsehen wird in Deutschland immerhin schon seit Mitte der neunziger Jahre ausgestrahlt: 1995 startete mit *Astra 1E* der erste für den digitalen Direktempfang ausgerüstete TV-Satellit ins All, und 1996 brachte die damalige *Kirch-Gruppe* das später mit *Premiere* verschmolzene Pay-TV-Angebot *DF1* auf den Markt. Danach folgte eine lange Phase weitgehender Stagnation; erst seit 2004 macht sich wieder eine neue Dynamik bemerkbar.

Die Schwierigkeiten haben damit zu tun, dass es sich bei dem Umstieg vom analogen auf das digitale Fernsehen um einen sehr tiefgreifenden und umfassenden Paradigmenwechsel handelt. Anders als etwa bei der Einführung des Farbfernsehens ist es beileibe nicht damit getan, lediglich die Technik aufzurüsten und sich ansonsten darauf zu verlassen, dass alles andere unverändert bleibt. Im Gegenteil wandeln sich in der digitalen Welt auch die Dimensionen der Fernsehnutzung und der mit dem Medium verbundenen Geschäftsmodelle.

Inzwischen hat sich die Entwicklung stark beschleunigt. Fast täglich werden neue Geräte, Anwendungen und Initiativen vorgestellt; Anbieter und Nutzer suchen nach dem erfolgversprechendsten Umgang mit den neuen Möglichkeiten. In dieser Situation möchte der vorliegende Band Orientierung vermitteln, indem er die für das Digitalfernsehen bedeutsamen Grundlagen von Technologie, Infrastruktur, Inhalte- und Marktentwicklung in ihren Funktionsprinzipien erläutert. Es geht hier also nicht in erster Linie um die technischen Feinheiten oder die vollständige Analyse aller wirtschaftlichen Ansatzpunkte, sondern um die praktische Bedeutung aller dieser Faktoren für das Medienmanagement.

Bestimmungsgemäß befasst sich dieses Buch mit den spezifisch digitalen Aspekten des Fernsehens. Als allgemeine Einführung in die TV-Branche und die Arbeitsweise der Fernsehunternehmen sei daher das *Praxishandbuch Fernsehen* empfohlen, das ebenfalls im VS-Verlag erschienen ist.

Besonderer Dank geht an Achim Schöneich für Unterstützung bei der Recherche und redaktionelle Mitarbeit vor allem an den Kapiteln 4 und 5, an Christian Bunge für wertvolle Hinweise und Korrekturen, sowie an Jakob Krebs für inspirierende Fragestellungen und Diskussionen.

Eric Karstens

1 Technische Grundlagen

1.1 Datenkompression und Datenreduktion

Die digitale Speicherung und Übertragung von Fernsehinhalten – und nicht nur von diesen – ist gegenüber der analogen Welt wirtschaftlich ungleich konkurrenzfähiger. Das liegt vor allem daran, dass erst der digitale Bereich eine automatische und systematische Verringerung der Datenmenge bei gleichzeitig relativ geringem Verlust an inhaltlichen Informationen möglich gemacht hat. Denn der analoge Informationsgehalt lässt sich nur um den Preis größerer Undeutlichkeit einsparen: Nimmt man z.B. Leonardo da Vincis berühmten „Homo quadratus“, so stellt dieser eine analoge Datenreduktion – man könnte auch sagen: Abstraktion – von einem wirklichen Menschen dar. Die Zeichnung lässt viele Details einfach weg, angefangen von der Farbe echter Haut über die einzelnen Haare, Fingerabdrücke, die Zeichnung der Iris usw. Dennoch ist es ein analoges, d.h. ähnliches Abbild. Die nächste Datenreduktionsstufe lässt sich auf der Rückseite italienischer Ein-Euro-Münzen bewundern. Dort ist Leonardos Mann verkleinert und schematisch wiedergegeben. Es stimmen im Grunde nur noch die Proportionen und die äußerliche Form mit der Vorlage überein; einen Wiedererkennungseffekt gibt es vor allem deshalb, weil das Original so berühmt ist. Auf der Münze selbst würden wir sonst nur eine etwas rätselhafte männliche Figur mit je vier Armen und vier Beinen erkennen. Noch mehr kann man den Datenumfang kaum verringern – die nächste Stufe wäre ein Strichmännchen, das ein Betrachter höchstens noch als einen Verweis auf die Gattung Mensch erkennen würde, aber nicht mehr als Darstellung menschlicher Proportionen.

Abhängig also von dem verwendeten Medium (ein Blatt Papier, eine Münze), dessen Größe (30x30cm, 23mm Durchmesser) und den eingesetzten Mitteln (Tinte und Feder, Prägestempel und Metall) wird die Informationsdichte immer weiter reduziert. Mit jeder Verkleinerung gehen weitere Details unwiederbringlich verloren. Den Euro mit einer Lupe zu betrachten, bringt uns dem Original der Darstellung nicht näher. Wir haben es hier demnach mit einer *Datenreduktion* zu tun.

Alternativ besteht aber auch die Möglichkeit, ein verkleinertes Abbild des Originals herzustellen, bei dem nur wenige Eigenschaften der Vorlage verloren gehen, z.B. eine Fotografie. Wenn man dazu einen hochwertigen Film verwendet, lassen sich die 900cm² von Leonardos Federzeichnung ohne weiteres auf einen Quadratzentimeter bannen. Betrachtet man den entwickelten Film dann

durch ein Vergrößerungsglas oder projiziert das Bild auf eine Leinwand, stellt sich heraus, dass keine grafischen Details auf der Strecke geblieben sind – lediglich die Haptik des vom Künstler verwendeten Papiers kann man anhand der Reproduktion nicht mehr nachempfinden. In diesem Fall handelt es sich also um eine *Datenkompression*: Mit Hilfe eines technischen Mittels (Fotokamera) werden vorhandene Informationen auf einem kleineren Medium (transparenter Film) nahezu vollständig und maßstabsgerecht gespeichert. Auslassungen oder Abstraktionen werden vermieden. Die Kompression findet erst dort ihre Grenze, wo die Auflösung des Speichermediums nicht mehr ausreicht, um alle Details darzustellen, also z.B. wenn die lichtempfindliche Emulsion des Films sehr körnig ist oder man versucht, das akkurate Abbild nicht auf einem Quadratzentimeter Film zu speichern, sondern auf einem Quadratmillimeter.

Diese beiden Methoden, Platz zu sparen, gibt es auch im digitalen Bereich. Dabei ist die Datenkompression verlustfrei, d.h. mit einem Trick wird die vollständige Information des Originals auf einem Raum gespeichert, der möglichst klein ist. Man kann sich das Prinzip, das dabei angewendet wird, gut an einem Text vorstellen: Der Buchstabe E ist in der deutschen Sprache der häufigste. Statt also jedes E einzeln zu speichern, merkt man sich, wie oft der Buchstabe in einem Text vorkommt und an welchen Stellen. Noch besser funktioniert die Kompression, wenn man den Text auf größere Einheiten durchsucht, die sich öfter wiederholen, also z.B. Silben oder ganze Wörter. Es erfolgt mithin im Grunde eine statistische Analyse des Datenbestandes; tatsächlich gespeichert wird dann nur die Anleitung zur Wiederherstellung des Originals, also eine Art Koordinatensystem davon. Mit der Hilfe eines Computers geht diese Kompression und Dekompression sehr schnell und automatisch vonstatten. Die bekannten *ZIP-Dateien* arbeiten nach diesem Muster.

Eine Datenreduktion bei dem gleichen Text würde dagegen verzichtbare Buchstaben, die für das Verständnis des Inhaltes nicht unbedingt notwendig sind, einfach ersatzlos entfernen. Das geht mit Vokalen sehr leicht: Das Wort „Datenreduktion“ erkennt man im Zusammenhang dieses Kapitels – spätestens nach kurzer Überlegung – auch dann, wenn nur „Dtnrdktn“ geschrieben steht. Wenn man nun aber einem Computer beibringen will, aus dem reduzierten Wort das ursprüngliche Wort wieder herzustellen, reicht es nicht mehr aus, ihm eine einfache Tabelle zu liefern, aus der er durch mathematische Operationen das Original ableiten kann, sondern man muss ihm mehr oder weniger komplexe Regeln und Wahrscheinlichkeiten mitgeben. Nur dann wird er mit einiger Zuverlässigkeit die im jeweiligen Zusammenhang richtigen Vokale an den korrekten Stellen einsetzen und ableiten, dass von „Datenreduktion“, aber nicht etwa von „Diätenredaktion“ die Rede ist. Da der Computer aber im Gegensatz zum Menschen eben nicht intelligent ist, kann er manchmal bei zwei möglichen, orthographisch glei-

chermaßen richtigen Begriffen nicht entscheiden, welcher gemeint ist und rettet sich dann in ein undeutliches Ergebnis, das der Leser erst noch interpretieren muss, z.B. „D tten dd ktion“. Die unsinnigen Nicht-Buchstaben, die der Computer eingesetzt hat, werden all denen, die schon einmal digitales Fernsehen gesehen haben, bekannt vorkommen: In Bildern werden sie umgangssprachlich „Kl t tchen“ oder „Pixel“ genannt, doch der treffendere Fachbegriff heißt *Artefakte* – künstliche Objekte, die von der Elektronik überall dort eingesetzt werden, wo sie keine eindeutigen Anhaltspunkte für das wirklich Gemeinte hat. Wenn das vorliegende Datenmaterial nicht ausführlich genug ist, um ein Bilddetail präzise darstellen zu können, muss die Technik bereits in einem ungenaueren Stadium die Arbeit abbrechen.

Genau so laufen auch die Kompression und Reduktion von audiovisuellen Inhalten ab. Die Kompression ist technisch relativ einfach, schnell und liefert zuverlässige Ergebnisse, während die Arbeit mit Reduktionsverfahren langsamer ist, eine hohe Komplexität der verwendeten Software bzw. Elektronik erfordert und trotzdem manchmal Fehler macht.

1.1.1 JPEG

Die Abkürzung steht für die *Joint Photographic Experts Group*, eine Gruppe von Fachleuten für die Verarbeitung von Standbildern. Das JPEG-Verfahren ermöglicht die platzsparende Speicherung und Übertragung von Fotos, aber auch von Videoaufnahmen. Dabei werden zunächst die weniger wichtigen Details des Bildes unterdrückt. Auf einem typischen Urlaubs-Schnappschuss am Strand ist z.B. sehr viel blauer Himmel zu sehen. Dabei zeigt die Original-Aufnahme eine Menge von verschiedenen Blautönen, die das menschliche Auge unter Umständen gar nicht unterscheiden kann. Also werden die Farbwerte des Himmels vereinheitlicht; von den 2.000 Nuancen des Originals bleiben vielleicht nur zwanzig erhalten. Ist diese Vereinheitlichung erst einmal erfolgt, braucht man im nächsten Schritt nicht mehr Tausende einzelner Bildpunkte mit jeweils unterschiedlichen Eigenschaften zu speichern, sondern nur noch die Information, wie oft und an welchen Stellen ein identischer Bildpunkt wiederholt werden muss. Von der ursprünglichen, eigentlich überflüssigen Komplexität der Aufnahme bleiben also nur die für die Wahrnehmung wichtigen Elemente zurück, also die Unterschiede zwischen Strand, Meer und Himmel, und die Menschen, die auf dem Foto zu sehen sind.

Wie viele Details das nach dieser Methode datenreduzierte Bild enthält, d.h. wie scharf es wirkt und wie wirklichkeitsnah seine Farben oder Graustufen erscheinen, ist vom jeweils gewählten Reduktionsfaktor abhängig. Gr  enordnun-

gen von bis zu 5:1 (also eine Reduktion auf 20 Prozent des ursprünglichen Umfangs) sind in der Regel nicht sichtbar, und selbst Faktoren von 25:1 (4 Prozent der Ausgangsgröße) können noch gute Resultate liefern. Das hängt natürlich immer von dem Verwendungszweck des Bildes und seinem Inhalt ab: Das briefmarkengroße Foto auf einer Internet-Seite verträgt eine stärkere Datenreduktion als eines, das ganzseitig in einer Illustrierten abgedruckt werden soll, und das Abbild einer vollbesetzten Zuschauertribüne bei einem Fußballspiel mit Tausenden Gesichtern, Transparenten und Fahnen lässt sich in seinem Informationsgehalt sehr viel weniger stark verringern als das oben erwähnte Strandfoto, auf dem nur wenige Einzel-Elemente erscheinen.

Bei Fernseh- bzw. Videoaufnahmen wird das gleiche Prinzip verwendet. Reguläres Fernsehen besteht aus 25 Einzelbildern pro Sekunde, und jedes dieser Bilder (in der Fachsprache *Frames* genannt) durchläuft vor seiner Speicherung auf einem digitalen Datenträger, z.B. einer professionellen Videokassette, blitzschnell einen JPEG-Datenreduktionsprozess. Dabei haben die verschiedenen Hersteller für ihre unterschiedlichen Geräte und Speichersysteme (vgl. Kap. 1.2) allerdings keine gemeinsame Norm vereinbart, so dass Überspielungen zwischen nicht bauartgleichen Systemen nur über Umwege möglich sind und zu sichtbaren Qualitätsverlusten führen. Weit verbreitete professionelle Videokassetten-Standards wie *Digital Betacam* oder *DVCPRO* verwenden eine JPEG-Datenreduktion. Damit gelingt es z.B., die maximal bei der Produktion von herkömmlichem Fernsehen anfallende Datenmenge von 270 Mbit/s auf 83 Mbit/s (im Falle von DigiBeta) bzw. 25 Mbit/s (bei DVCPRO) zu verringern.

1.1.2 MPEG

Doch auch so bleiben immer noch gewaltige Datenmengen übrig: Ein 90minütiger Spielfilm auf DigiBeta belegt einen Speicherplatz von fast 55 Gigabyte. Zum Vergleich: Handelsübliche PCs verfügen heute über Festplatten mit rund 200 GB Volumen, und auf eine herkömmliche DVD passen lediglich 4,7 GB – also weniger als ein Zehntel des originalen Datenumfanges eines eher kurzen Films. Erschwerend kommt die Entwicklung des hochauflösenden Fernsehens *HDTV* (*High Definition Television*) hinzu, das Bilder mit rund fünfmal so vielen Bildpunkten liefert wie unser gewohntes Fernsehen und damit auch entsprechend umfangreichere Datenmengen erzeugt. Ohne eine weitere Datenreduktion wäre es mithin nahezu unmöglich, Filme auf DVDs zu brennen, Videos im Internet zu übertragen oder überhaupt eine wirtschaftlich sinnvolle Ausstrahlung von digitalem Fernsehen über Antenne, Kabel oder Satellit zu gewährleisten.

Die Lösung dafür erarbeitete ein weiterer Zusammenschluss von Fachleuten, die *Motion Picture Experts Group*, abgekürzt *MPEG*. Das Verfahren macht sich den Umstand zu Nutze, dass sich bei 25 Fernseh-Einzelbildern pro Sekunde der Bildinhalt von Frame zu Frame nur sehr geringfügig verändert. Musterbeispiel dafür ist eine Nachrichtensendung: Eine typische Meldung dauert z.B. etwa 20 Sekunden und wird von einem Sprecher vorgelesen, in dessen Hintergrund eine Grafik erscheint, oft eine Landkarte oder ein Foto. Die einzigen Bildelemente, die sich während dieser Zeit – also innerhalb von 500 Frames – verändern, sind die Mund- und leichten Kopfbewegungen des Sprechers. Im Prinzip reicht es also aus, das allererste Bild vollständig zu speichern oder zu übertragen, von allen weiteren Bildern aber jeweils nur den recht kleinen Teil, der sich gegenüber dem Ausgangs-Bild tatsächlich verändert hat. Im Fall des Nachrichtensprechers sind das höchstens fünf Prozent. Dieses Verfahren funktioniert aber auch bei Actionfilmen oder anderen Sequenzen, in denen sich schnell sehr viel verändert, denn auch bei einer Auto-Verfolgungsjagd oder einem Formel-1-Rennen bewegen sich zwar von Bild zu Bild die Autos selbst weiter, der Hintergrund sowie Farbe und Form der Fahrzeuge bleiben jedoch weitgehend gleich. Das MPEG-Verfahren muss also „nur“ sicherstellen, dass die Bewegung der Objekte richtig wiedergegeben wird.

Das vollständig gespeicherte Referenzbild heißt *I-Frame* (*Intra Coded Frame*), d.h. ein in sich mit JPEG datenreduziertes Bild. Die Einzelbilder, die sich davon ableiten, werden *P-Frames* (*Predictive Coded Frames*), d.h. Voraussagen über die inhaltliche Veränderung gegenüber dem I-Frame genannt. P-Frames beziehen sich immer auf ein zeitlich vorhergehendes Referenzbild. Weitere Reduktionen sind mit *B-Frames* (*Bidirectional Coded Frames*) möglich, die sich sowohl auf den vorhergehenden als auch den nächsten folgenden I-Frame beziehen. Aber natürlich steigt mit wachsender Entfernung des P-Frames von seinem Ausgangsbild die Abweichung von diesem; die Vorhersage, wie ein Bild auszusehen hat, wird damit immer schwieriger und unzuverlässiger. Deshalb kann man die Qualität eines MPEG-Videos durch den Abstand zwischen den I-Frames bestimmen, die *Group of Pictures* (*GOP*). Professionelle Formate, die alle Möglichkeiten der nachträglichen Bearbeitung des Bildmaterials erhalten wollen, arbeiten daher mit einer GOP von 1, d.h. sie enthalten ausschließlich I-Frames, damit trotz Datenreduktion keine inhaltlichen Informationen verloren gehen können. Bei einer DVD ist die GOP dagegen im Durchschnitt 14, d.h. pro Sekunde werden weniger als zwei Bilder vollständig gespeichert, während sich alle anderen Frames lediglich von Referenzbildern ableiten (*Long GOP*). Das reicht für die bekannt hochwertige Bildqualität bei der DVD-Wiedergabe von bis zu 130 Minuten Filmmaterial.

Das Arbeiten mit einer Group of Pictures bringt es in jedem Fall mit sich, dass mindestens die zu einer GOP gehörenden Frames vom Abspielgerät zwischengespeichert werden müssen, da MPEG ja keine Einzelbilder wiederherstellen kann, ohne sich an den jeweiligen I-Frames zu orientieren. Das stellt einerseits hohe Anforderungen an die Geschwindigkeit und Kapazität der Speicherbausteine (*Random Access Memory, RAM*) der eingesetzten Hardware; andererseits sorgt es für eine Zeitverzögerung zwischen dem Auslesen der Datei und der Darstellung ihrer Inhalte auf einem Bildschirm. Wo also das analoge Fernsehbild praktisch unverzüglich von der Antenne oder Kassette auf den Apparat gelangt, vergehen hier systembedingt mindestens Sekundenbruchteile, unter Umständen aber auch mehrere Sekunden. Dadurch kann gegebenenfalls auch das gewohnte *Zapping* zu einer eher unerfreulichen Erfahrung geraten, weil sich das TV-Gerät erst wieder auf einen neuen Datenstrom einstellen muss (dabei ist MPEG freilich nicht der einzige Faktor; vgl. auch Kap. 3).

Für unterschiedliche Bildinhalte (Nachrichten, Autorennen) und verschiedene Verwendungszwecke von Videos (Postproduktion, Fernsehen, Internet) ist es erforderlich, die Stärke der Datenreduktion jeweils anzupassen, also unterschiedlich große GOPs zu verwenden. Bei einigen Anwendungen wie z.B. der DVD wird die Datenrate an den Bildinhalt *dynamisch* angepasst. Szenen mit vielen Bewegungen oder zahlreichen Details werden weniger stark reduziert, während Sequenzen mit geringerem optischen Informationsgehalt besonders stark an Datenvolumen einsparen. Für die Distribution von Videomaterial – sei es auf DVDs oder im digitalen Fernsehen – lassen sich auf diese Weise extrem starke Kapazitätseinsparungen erreichen, die mit geringen oder zumindest akzeptablen sichtbaren Qualitätsverlusten einhergehen. Wo z.B. das professionelle *IMX*-Format noch 50 Mbit/s benötigt, kommt eine DVD mit rund 10 Mbit/s aus, und für die Ausstrahlung eines Fernsehkanals reichen unter Umständen ganze 2 Mbit/s an Bandbreite.

Datenreduktionsverfahren stellen hohe Ansprüche an die dabei verwendeten Geräte. Für eine JPEG-Codierung genügt es, wenn die Technologie, welche die Reduktion vornimmt, mit intelligent programmierten Mitteln arbeitet; die bloße Darstellung des Bildinhaltes erfordert dagegen keine nennenswerte Rechenleistung mehr. Ganz anders bei MPEG: Auf der Seite des *Encoders* wird mit großem technischem Aufwand der Bildinhalt auf Farben, Formen und Bewegungen analysiert, um ihn dann möglichst platzsparend und zugleich qualitätswahrend in einen Datenstrom zu verwandeln. Aber dieser Vorgang muss auf der Empfängerseite vollständig rückwärts durchlaufen werden. Ein *Decoder* errechnet aus den spärlichen Informationen der I-, P- und B-Frames den ursprünglichen Bildinhalt und stellt ihn auf einem Bildschirm dar. Sobald ein I-Frame beschädigt wird oder

verloren geht, bricht das ganze System in sich zusammen und es kommt zu Bildstörungen – zumindest so lange, bis der nächste korrekte I-Frame gefunden ist.

Das erklärt auch, warum sich MPEG-codierte Videos mit einer GOP von mehr als 2 in der Regel nicht optimal für den Schnitt oder die Nachbearbeitung eignen. Wenn ein Schnitt zwischen zwei I-Frames angesetzt wird, geht der Bezug zum Referenzbild verloren und damit auch der größte Teil des Inhaltes des ersten Bildes nach dem Schnitt. Das Gleiche gilt auch für Farbkorrekturen, Spezialeffekte und andere Bearbeitungsschritte, die ein in allen Hinsichten technisch vollständiges Ausgangsmaterial erfordern. Das Schnittsystem müsste also das ursprüngliche Video so umrechnen, dass es wieder ausschließlich aus I-Frames besteht, es dann bearbeiten und schließlich wieder in eine Datei mit größerer GOP verwandeln. Das wäre sehr aufwändig und brächte fast zwangsläufig weitere Qualitätsverluste mit sich. Bestimmte Bildeigenschaften können auch gar nicht mehr rekonstruiert werden, wenn sie nicht von Anfang an in voller Qualität mitgespeichert worden sind.

MPEG-2 ist das zur Zeit noch am weitesten verbreitete Verfahren; es wird auf DVDs genauso verwendet wie für das digitale Fernsehen über Antenne, Satellit oder Kabel. Der Standard wird von sehr vielen Geräten beherrscht und konzentriert sich auf die vergleichsweise simple Speicherung der Unterschiede zwischen den einzelnen JPEG-Frames. Ursprünglich für den Einsatz im Internet oder auf mobilen Endgeräten wurde der Standard *MPEG-4* entwickelt, der gegenüber *MPEG-2* die Datenrate bei sehr guter Bildqualität noch einmal mindestens halbiert. Die wesentlich stärkere Datenreduktion erreicht *MPEG-4* durch komplexe mathematische Analysen des Bildmaterials, mit deren Hilfe zwischen bewegten und unbewegten Objekten und verschiedenen Bildebenen unterschieden wird. Statt immer nur die Unterschiede gegenüber dem I-Frame zu speichern, kann dadurch z.B. für eine längere GOP ein einziges Mal die Bewegungsrichtung eines Gegenstandes abgelegt werden, die dann auf mehrere Frames Anwendung findet. Dank dieses Verfahrens ist es möglich, die gewaltigen Datenmengen von HDTV zu bewältigen, ohne dabei die Speicher- und Übertragungskapazitäten zu sprengen. Aufgrund seiner hohen Entwicklungsstufe benötigt *MPEG-4* besonders leistungsfähige Elektronik; deshalb beginnt es sich auf dem Markt für Konsumenten-Endgeräte erst langsam durchzusetzen.

Das ältere *MPEG-1* erzeugt Datenraten von bis zu 1,5 Mbit/s und liefert keine besonders gute Bildqualität. Es wird jedoch außer im Internet vor allem im professionellen Bereich immer noch eingesetzt, weil es sich optimal für die Vorschau von TV-Material auf Computern oder nonlinearen Schnittsystemen eignet. Das hängt damit zusammen, dass es bei einer GOP von einem Frame immer nur mit einem der beiden Halbbilder arbeitet, aber keine Frame-übergreifenden Techniken verwendet. Auf diese Weise kann man z.B. an einem PC ohne Prob-

leme eindeutig definieren, an welcher Stelle das Ausgangsmaterial geschnitten werden soll. Dadurch kann man bei mit MPEG-1 codierten Videos auch auf weniger leistungsstarken Geräten präzise Schnittlisten (*Edit Decision Lists, EDL*) erstellen, ohne dass dazu das Original vorliegen müsste.

Übrigens ist auch das beliebte *MP3* eine Entwicklung aus dem MPEG-Umfeld: Die Abkürzung steht für *MPEG Layer 3* und ist eigentlich ein Verfahren zur Datenreduktion von Sound in MPEG-Videodateien.

1.1.3 Codecs und Containerformate

Es existiert eine große Vielzahl an Verfahren zur Datenreduktion und zum Wiederabspielen von Videomaterial, Kombinationen aus *Coder* und *Decoder*, kurz: *Codecs*. Die meisten davon setzen auf den JPEG- und MPEG-Verfahren auf, wandeln sie aber auf die unterschiedlichste Weise ab oder entwickeln sie weiter. Oft handelt es sich auch um proprietäre Lösungen bestimmter Hersteller oder Netzwerkbetreiber, die damit den Verkauf ihrer jeweiligen Geräte fördern oder sich gegen konkurrierende Unternehmen abschotten wollen. Im PC- und Internet-Bereich kommen z.B. häufig die Codecs *WMV* (*Microsoft Windows Media Video*), *RealVideo*, *DivX* oder das aus *DivX* abgeleitete Open-Source-Projekt *XviD* zum Einsatz. Als besonders leistungsfähig gilt der Standard *H.264*, auch bekannt als *MPEG-4/AVC* (*Advanced Video Codec*), der vor allem für die Datenreduktion von HDTV-Videomaterial eingesetzt wird. Eine *native* Übertragung, d.h. ein verlustfreies Überspielen ohne technische Umwege, ist dabei in der Regel jeweils nur zwischen Geräten bzw. Codecs der gleichen Produktfamilie möglich, z.B. von DigiBeta zu DigiBeta oder von DVCPRO zu DVCAM; lediglich MPEG-2 kann heute als recht universeller Standard gelten, der von einer wachsenden Anzahl von Maschinen nativ verstanden wird.

Das wirft in der Praxis eine ganze Reihe von Problemen auf. Eines davon sind Kaskadierungsverluste, die immer dann entstehen, wenn ein Bildsignal im Laufe seiner Lebensdauer mehrfach von einem Codec in einen anderen umgewandelt werden muss. Eine Reportage wird z.B. mit einer DV-Kamera gedreht, dann für den Schnitt auf DigiBeta überspielt, per Datenleitung im MPEG-2-Format mit einer GOP von einem Frame an die Sendezentrale geschickt und von dort schließlich als stark datenreduziertes MPEG-2 mit einer GOP von 20 Bildern ausgestrahlt. In solchen Fällen kommt es im Laufe der Zeit zu immer größeren Qualitätsverlusten, die sich überdies gegenseitig verstärken können. Der zweite, dritte oder vierte Encodierungsprozess kann sein Ergebnis nicht mehr mit dem Original vergleichen, sondern immer nur mit dem Produkt der vorausgehenden Arbeitsstufe. Eine systembedingte Unschärfe oder ein Bildfehler früherer

Codecs wird mithin immer weiter verschlimmert, zumal wenn von Generation zu Generation die Stärke der Datenreduktion erhöht wird.

Außerdem können Maschinen in der Regel mit Video-Dateien, deren Codec ihnen unbekannt ist, nichts anfangen, d.h. sie weder speichern noch öffnen. Der Effekt ist ungefähr so, als wenn man versucht, eine Tabellenkalkulations-Datei mit einem Textverarbeitungsprogramm aufzurufen: Entweder es geht gar nicht oder man sieht schließlich nur eine Ansammlung rätselhafter Sonderzeichen. Mit dem Ziel, Videomaterial so abzuspeichern und zu übertragen, dass es möglichst selten von einem Codec in einen anderen gewandelt werden muss und darüber hinaus von möglichst vielen verschiedenen technischen Geräten vertragen wird, wurden deshalb die *Containerformate* geschaffen. Weit verbreitet ist im PC-Bereich beispielsweise *AVI (Audio Video Interleaved)* und in der professionellen Fernsehproduktion *MXF (Material Exchange Format)*.

Im Grunde kann man ein Containerformat mit einem Karton vergleichen, in dem Gegenstände – hier: audiovisuelle Inhalte – aufbewahrt werden und dessen Außenseite eine Beschreibung der Art seines Inhaltes trägt. Und selbst wenn man mit dem Inhalt nichts anzufangen weiß, so ist man doch zumindest in der Lage, den Karton entgegenzunehmen und in ein Regal zu stellen, um dann in Ruhe nachzudenken, was man damit machen soll. Der Container kann also im Grunde beliebiges Videomaterial enthalten und wird auch von Maschinen akzeptiert, die den verwendeten Codec (noch) nicht kennen. Zugleich enthält er im Normalfall Informationen darüber, welcher Codec zu seiner Entschlüsselung gebraucht wird. Wenn die richtigen technischen Voraussetzungen gegeben sind, kann sich das Gerät den Codec dann automatisch aus dem Internet beschaffen oder von einem Benutzer installieren lassen und den Inhalt schließlich abspielen und/oder bearbeiten. Auf diese Weise vermag eine Container-Datei beliebig viele Stationen zu passieren, ohne dabei ihre ursprünglichen Eigenschaften zu verlieren oder an Qualität einzubüßen. Damit ist freilich nicht notwendigerweise garantiert, dass man sie überall auch tatsächlich öffnen kann.

Moderne Containerformate erschöpfen sich nicht unbedingt in dieser Aufgabe als universelle Transport- und Speicherungsverpackung, sondern sind dafür gerüstet, noch eine Menge weiterer *Metadaten* zu enthalten, d.h. beschreibende Informationen über ihren Inhalt (vgl. Kap. 1.4.3). Das können Zusammenfassungen der Handlung oder Listen mit filmographischen Daten (Land, Jahr, Regisseur, Darsteller etc.) sein, aber auch Zuordnungen zu einem Genre, urheberrechtliche Hinweise oder technische Informationen.

1.2 Datenspeicherung

Die langfristige Speicherung und Aufbewahrung von Fernsehprogrammen und anderem Videomaterial stellt von jeher eine große technische Herausforderung dar, da die schieren Datenmengen leicht die Kapazitäten der jeweils verfügbaren Speichermedien erschöpfen. Das hat sich auch in der digitalen Welt nicht grundsätzlich geändert: Der Studio-Produktions- und Übertragungsstandard *SDI* (*Serial Digital Interface*) für klassisches Fernsehen arbeitet mit einer Datenrate von 270 Mbit/s, seine HDTV-Variante *HD-SDI* sogar mit 1,5 Gbit/s. Ohne Datenreduktion wäre es auch heute noch praktisch sehr schwierig und wirtschaftlich fast unmöglich, solche Mengen an Information auf ein Trägermedium zu bannen, denn rechnerisch kommen so in einer Stunde 118 GB (SDI) bzw. 675 GB (HD-SDI) zusammen. Aber selbst nach Verringerung des zu speichernden Umfanges mit hochentwickelten Verfahren wie MPEG bleibt immer noch ein gewaltiges Volumen übrig – zumindest dann, wenn man sich die Möglichkeit zu einer Bearbeitung des Materials offen halten will. Eine Programmstunde umfasst so bei herkömmlichem Fernsehen (*SDTV*, *Standard Definition Television*) rund 21 GB und bei HDTV ca. 81 GB.

Diese Zahlen wirken angesichts der Leistungsfähigkeit moderner PC-Festplatten noch nicht allzu erschreckend, doch man muss sich die gesamte Menge des produzierten und ausgestrahlten Videomaterials vor Augen halten, um die Dimensionen zu verstehen. Ein Fernsehsender, der rund um die Uhr in HDTV ausstrahlt, kommt im Jahr leicht auf einen Speicherbedarf von über 300.000 GB, selbst wenn man berücksichtigt, dass ein Teil des Programms aus Wiederholungen oder Live-Sendungen wie Nachrichten besteht, die nicht für eine langfristige Lagerung aufgezeichnet werden müssen. Und bereits bei einem SDTV-Kanal kommen unter gleichen Voraussetzungen ohne weiteres rund 60.000 GB zusammen.

Ferner muss man berücksichtigen, dass in der Regel erheblich mehr Material produziert als ausgestrahlt wird; auf jede fertige Reportage etwa kommt mindestens noch einmal der doppelte bis dreifache Umfang an Ausgangsmaterial, von dem Sender oder Produzent gewöhnlich zumindest einen Teil aufbewahren, um es für die Herstellung anderer Programme in der Hinterhand zu behalten. Über mehrere Jahre gerechnet, haben wir es hier also mit Datenvolumina im hohen Tera- und Petabyte-Bereich zu tun (1 Terabyte entspricht 1.024 GB, 1 Petabyte besteht aus 1.024 Terabyte). Zum Vergleich: Der gesammelte Text aller Bücher der im Jahr 1800 gegründeten *Library of Congress* in Washington, der größten Bibliothek der Welt, wird auf lediglich 80 Terabyte (also rund 82.000 GB) geschätzt.

1.2.1 Kassettensysteme

Die traditionelle Lösung für die Aufbewahrung solch gigantischer Datenvolumina sind Kassetten mit Magnetbändern (*MAZ, Magnetaufzeichnung*), so wie sie in Form der analogen VHS-Kassette (*Video Home System*) allgemein bekannt sind. Die professionellen Systeme unterscheiden sich dabei im wesentlichen durch ihre höhere Speicherkapazität, Betriebssicherheit und Haltbarkeit. Sie sind in beliebiger Menge verfügbar, kosten relativ wenig, lassen sich gut lagern und brauchen, nachdem sie einmal bespielt worden sind, keine weitere Zufuhr von elektrischem Strom.

Doch genau wie bei analogen Videobändern besteht auch im digitalen Bereich die Herausforderung darin, die großen Datenmengen in Echtzeit auf die Magnetbänder zu schreiben bzw. später wieder abzuspielen. Dazu ist es erforderlich, dass sich das Band in möglichst hoher Geschwindigkeit an dem Videokopf vorbeibewegt; die Faustregel lautet: Je langsamer, desto weniger Daten können geschrieben werden, je schneller, desto mehr. Das bringt für die Praxis Nachteile mit sich, denn um eine ausreichend hohe Datenrate zu erzielen, hätte man zwei Alternativen: Man könnte erstens ein schmales Band mit großer Geschwindigkeit laufen lassen. Dann käme es aber zu einer starken mechanischen Belastung des Bandes, es bestünde die Gefahr, dass es reißt, und außerdem hätte man bei längeren Aufnahmen Spulen mit sehr großem Durchmesser. Zweitens wäre es möglich, ein breites Band zu verwenden, das dann langsamer laufen könnte; das würde aber zu sehr dicken und damit ebenfalls unpraktischen Spulen bzw. Kassetten und zu Problemen bei der Verteilung der Daten auf das Band führen. Die Größe der Bandkassetten ist aber von doppelter Bedeutung – einerseits müssen sie klein genug sein, um in tragbare Fernsehkameras zu passen, und andererseits sollen sie auch im Archiv so wenig Platz verbrauchen wie möglich.

Die Lösung dafür heißt *Schrägspuraufzeichnung (Helical Scan)*. Dabei wird das Magnetband in einem Winkel verkantet an einer sich drehenden Kopftrommel mit mehreren Videoköpfen vorbeigeführt. Statt einer durchgehenden linearen Spur werden hier also viele nebeneinander liegende, leicht gekrümmte einzelne Spuren aufgezeichnet. In dem Augenblick, wenn ein Videokopf an der oberen Kante den Bandkontakt verliert, beginnt am unteren Rand der nächste Kopf eine neue Spur zu schreiben. Die Laufgeschwindigkeit des Bandes und die Rotationsgeschwindigkeit der Kopftrommel addieren sich mithin zu einer recht hohen relativen Bandgeschwindigkeit. Kompakte Kassetten ermöglichen auf diese Weise die Aufzeichnung hoher Datenvolumina. Nach diesem Prinzip arbeiten fast alle gängigen Videokassettensysteme, also auch VHS und das aus digitalen Amateur-Videokameras bekannte DV-Format.

Tabelle 1: Digitale MAZ-Kassetten-Formate (Auswahl)

Bezeichnung	Auflösung	Verfahren	Datenrate	Bandmaterial
<i>Professionelle Formate</i>				
IMX	SDTV	MPEG-2, GOP 1	50 Mbit/s	1/2 Zoll
Betacam SX	SDTV	MPEG-2, GOP 2	18 Mbit/s	1/2 Zoll
DigiBeta	SDTV	JPEG	83 Mbit/s	1/2 Zoll
DVCPRO	SDTV	JPEG	25 Mbit/s	1/4 Zoll
DVCPRO50	SDTV	JPEG	50 Mbit/s	1/4 Zoll
DVCAM	SDTV	JPEG	25 Mbit/s	1/4 Zoll
HDCAM	HDTV	JPEG	185 Mbit/s	1/2 Zoll
HD-D5	HDTV	JPEG	235 Mbit/s	1/2 Zoll
DVCPROHD	HDTV	JPEG	100 Mbit/s	1/4 Zoll
<i>Consumer-Formate</i>				
DV	SDTV	JPEG	25 Mbit/s	1/4 Zoll
HDV	HDTV	MPEG-2	25 Mbit/s	1/4 Zoll

Doch auch das Helical-Scan-Verfahren erfordert einige technische Kompromisse. Zunächst einmal ist die Bandführung recht kompliziert; das Band muss von einer Mechanik aus der Kassette gezogen und halb um die Kopftrommel gewickelt werden. Besitzer von Videokassetten-Recordern kennen die dadurch entstehende sekundenlange Wartezeit, bis eine eingelegte Kassette zu laufen beginnt. Das größere Problem besteht jedoch darin, dass die Videoköpfe die schrägen Spuren auf dem Band nur bei normaler Bandgeschwindigkeit richtig auslesen können, während sich in der Pause-Stellung oder bei schnellem Vor- oder Rücklauf der Winkel zwischen Videokopf und Spur verändert. Einfache VHS-Recorder, aber auch viele Profi-Geräte sind deshalb nicht in der Lage, ein störungsfreies Standbild zu erzeugen, und beim schnellen Vorlauf erscheinen im Bild waagerechte Störstreifen bzw. digitale Artefakte, weil die Kopftrommel statt einer Spur pro Frame nunmehr während der Dauer eines Frames die Videospuren mehrerer hintereinander liegender Bilder berührt. Einige, aber nicht alle dieser unerwünschten Effekte sind mit hohem technischen Aufwand korrigierbar.

Einer der Nachteile der Schrägspuraufzeichnung im industriellen Fernsehbetrieb besteht ferner darin, dass auch Überspielungen (von speziellen Ausnahmen abgesehen) immer in Echtzeit erfolgen müssen. Einen zweistündigen Spielfilm zu kopieren, dauert auf jeden Fall mindestens zwei Stunden. Auch das Einspielen von Kamerakassetten in ein digitales, *nichtlineares Schnittsystem*

(vgl. Kap. 1.2.2) ist aus diesem Grund sehr zeitaufwändig. Effizienzvorteile kann man höchstens dadurch erzielen, dass man gleichzeitig mehrere Kopien zieht, also von einer Quelle parallel auf mehrere Aufzeichnungsgeräte überspielt (*Kopierstraße*). Diese Einschränkungen machen sich vor allem beim kassettenbasierten, sogenannten *linearen Schnitt*, d.h. der Nachbearbeitung von auf Kassetten gespeichertem Videomaterial, negativ bemerkbar. Hierbei wird nicht wie beim Film mit der Schere an einer bestimmten Stelle des Materials angesetzt, sondern es werden immer nur Ausschnitte von einem oder mehreren Quell-Bändern auf ein Ziel-Band umkopiert. Wenn mithin – um ein Extrembeispiel zu konstruieren – zwischen zwei Schnitten ein zehnminütiges Segment vollständig verwendet werden soll, müssen die beteiligten Personen entsprechend lange untätig zusehen, während das Stück kopiert wird, und können ihre Arbeit erst anschließend fortsetzen. Es ist wie bei einem mit der Schreibmaschine auf Papier geschriebenen Text: Wenn man nachträglich noch einen Absatz einfügen will, bleibt einem nichts anderes übrig, als den gesamten Text ab der entsprechenden Seite noch einmal abzutippen (lineare Bearbeitung). Mit einem PC-Textverarbeitungsprogramm dagegen kann man den Absatz einfach hinzufügen und braucht den restlichen Text nicht mehr anzufassen (nichtlineare Bearbeitung).

1.2.2 Festplattensysteme

Von stetig wachsender Bedeutung als Speichermedium im Videobereich sind Festplatten (*HDD, Hard Disk Drive*). Magnetisch beschichtete Scheiben rotieren dabei mit hoher Geschwindigkeit unter beweglichen Schreib-/Leseköpfen, die in Sekundenbruchteilen auf jede beliebige Stelle der Festplatte zugreifen können, ohne sie dabei zu berühren. Waren die Geräte vor wenigen Jahren noch zu langsam für TV-Anwendungen oder verfügten über zu geringe Kapazitäten, so sind sie heute den Anforderungen des Fernsehens ohne weiteres gewachsen. Die aus der Welt der Computer bereits seit langem gewohnten Vorteile liegen auf der Hand: Es ist möglich, auf jede beliebige Stelle des gespeicherten Materials jederzeit zuzugreifen; Vor- und Zurückspulen entfällt, Kopien auch von längeren Videos lassen sich in Sekundenschnelle erzeugen, und das Speichermedium selbst ist im Gegensatz zu Bandkassetten praktisch verschleißfrei, so dass man den Inhalt beliebig oft abspielen kann. Zugleich ist eine Festplatte per se ein universelles Datenablagersystem, d.h. es ist zunächst einmal gleichgültig, in welchem Codec oder Containerformat eine Videodatei vorliegt.

Diese Eigenschaften haben in mehreren Anwendungsbereichen zu einem schnellen Siegeszug der Festplatten geführt. Besonders stark wirken sich die Vorteile im Bereich der *Postproduktion* aus, also beim Schnitt und der sonstigen

Bearbeitung von Videos. Nachdem alles für eine Sendung oder einen Beitrag benötigte Ausgangsmaterial auf Festplatten überspielt worden ist (*Digitalisierung*), kann man sehr viel schneller und flexibler arbeiten als an herkömmlichen, auf Kassettenrecordern basierenden Schnittplätzen. So ist es z.B. möglich, auch längere Passagen in Sekundenschnelle aneinander zu schneiden, ohne die Echtzeit-Dauer des entsprechenden Segments abwarten zu müssen.

Prinzipiell arbeiten alle solchen nichtlinearen Schnittplätze mit Hilfe von *Schnittlisten* (*EDL, Edit Decision List*), d.h. anstatt eine neue Datei mit dem bearbeiteten Video zu erzeugen, speichern sie lediglich, welche Stellen aus welchen Ausgangsmaterialien im Endprodukt auf welche Art und Weise verwendet werden sollen. Spielt man das Ergebnis dann ab, greift das Schnittsystem in Echtzeit auf die entsprechenden Stellen in den Originaldateien zu und führt sie in der richtigen Reihenfolge vor. So wird vermieden, dass das speicherintensive Videomaterial unnötig vervielfältigt wird.

Man unterscheidet dabei zwischen *Online-* und *Offline-*Schnittsystemen. Online bedeutet, dass das Ausgangsmaterial in voller Qualität digitalisiert und bearbeitet wird. Der fertige Beitrag bzw. die fertige Sendung kann dann auf ein Videoband *ausgespielt* werden. Manche Systeme – vor allem solche älteren Datums oder semiprofessionelle, PC-basierte Lösungen – verfügen jedoch nicht über die notwendige Kapazität, um in größerem Umfang SDTV- oder HDTV-Video speichern und in Echtzeit verarbeiten zu können. In diesem Fall wird das Rohmaterial in verringerter Auflösung digitalisiert und z.B. als MPEG-1 gespeichert. Der auf dieser Grundlage offline erfolgte Schnitt mündet in einer EDL, die dann wiederum zum Nachschnitt des eigentlichen Sendematerials auf einem konventionellen Schnittplatz oder einem leistungsfähigeren System verwendet wird. Trotz des Umweges kann man auf diese Art viel Zeit und Geld sparen, da man während der gesamten Offline-Bearbeitungsphase jederzeit die bisher getroffenen Entscheidungen rückgängig machen oder modifizieren kann, ohne einen größeren technischen Aufwand zu erzeugen.

Zweites wichtiges Anwendungsgebiet für Festplattenspeicher ist die Sendetechnik. In den meisten TV-Sendern kommen mindestens alle diejenigen Programmelemente, die über einen längeren Zeitraum hinweg regelmäßig oder besonders häufig ausgestrahlt werden, von *Videoservern*, nach einem Markennamen des Herstellers *Grass Valley* von Technikern auch häufig *Profile* genannt. Würde etwa ein Werbespot, der ein paar Wochen lang zehnmal am Tag gesendet wird, von Band abgespielt, müsste man die entsprechende Kassette aufgrund des mechanischen Verschleißes regelmäßig austauschen. Des Weiteren erspart man sich durch Server-Lösungen Band-Zugriffszeiten, die durchaus bis zu einer Minute dauern können, wenn erst noch die richtige Kassette gefunden und zur richtigen Stelle gespult werden muss. Dichte Abfolgen von sehr kurzen Werbespots,

wie man sie im Nachtprogramm einiger Anbieter sehen kann, sind durch Video-server erst möglich geworden. Und schließlich besteht die Option, mit einem Server mehrere Kanäle gleichzeitig zu bedienen. In einer Senderfamilie reicht es daher, Werbespots oder Programmelemente, die auf mehreren verschiedenen Sendern zum Einsatz kommen, zentral auf nur einem Server vorzuhalten, statt für jeden Kanal eine eigene Kopie zu machen. Das funktioniert sogar dann, wenn mehrere Kanäle das selbe Video gleichzeitig oder mit nur minimalem Zeitversatz ausstrahlen.

HDD-Serversysteme, auf denen gewöhnlich nach MPEG-2 gespeichert wird, sind daher in den Sendern generell nicht mehr wegzudenken, stellen aber gerade für Nachrichtenkanäle oder Videoclip-Anbieter das Nonplusultra dar. In diesen Fällen können von der Sichtung über den Schnitt, die Vertonung und die Grafik bis hin zur Ausstrahlung alle Arbeitsschritte unter völligem Verzicht auf Bandkassetten erfolgen, zumal das meiste Material ohnehin kurzlebig ist, während der Phase seiner Aktualität aber extrem häufig ausgestrahlt wird. Erst für die langfristige Speicherung ausgewählter Materialien wird dann wieder auf Kassetten zurückgegriffen.

Nach dem gleichen Prinzip funktionieren auch die Festplatten-Videorecorder (*PVR, Personal Video Recorder*) für den Einsatz in Privathaushalten (vgl. Kap. 3.5). Da die meisten aufgezeichneten Sendungen – wenn überhaupt – innerhalb kurzer Zeit nach ihrer Ausstrahlung angesehen werden, spielt die Größe des Speicherplatzes zwar nur eine untergeordnete Rolle. Dafür bieten Videoserver weitaus umfangreichere Komfort-Funktionen als herkömmliche, kassettenbasierte Recorder. Und falls der Platz dann doch knapp wird, kann man ältere Sendungen entweder löschen oder auf DVD archivieren.

Für die Langzeit-Archivierung von Videomaterial und Fernsehsendungen jedoch beginnen sich Festplatten-Systeme erst langsam durchzusetzen. Das hängt vor allem mit den gigantischen Datenmengen zusammen, die dabei anfallen. Die teure Anschaffung und der nicht gerade energiesparende Betrieb von so vielen leistungsfähigen Festplatten sind gegenüber der Speicherung auf Kassetten bis auf weiteres überall da unwirtschaftlich, wo es nicht auf extrem kurze Online-Zugriffszeiten ankommt. Bei einigen Sendern wird zwar bereits an der weitgehenden Abschaffung der Videokassetten-Archive gearbeitet, die Alternativlösung sind dort aber nicht umfangreiche Serversysteme, sondern Kombinationen aus HDD-Servern für das jeweils aktuell benötigte Material mit speziellen Datensicherungs-Kassetten. Solche Kassetten, darunter z.B. *DLT (Digital Linear Tape)* oder *SAIT (Super Advanced Intelligent Tape)*, speichern Daten mit wesentlich höherer Dichte als Videobänder (zur Zeit bis zu 800 GB pro Kassette bei stetig steigender Tendenz) und sind dazu geeignet, von Robotern verwaltet zu werden. Eine Videodatei wird von solchen Systemen automatisch auf einem