

MATERIALIEN UND REFLEXIONEN

Dietrich Schüller

Audiovisuelle Archivierung an der Schwelle des digitalen Zeitalters

Nachdem schon in den Siebzigerjahren mit der Entwicklung und dem Einsatz von digitalen Aufzeichnungsmethoden im Audibereich begonnen worden war, gibt es seit rund zehn Jahren eine Reihe digitaler markt-gängiger Audioformate. Zu ihnen gesellte sich in der zweiten Hälfte der Achtzigerjahre die Entwicklung digitaler Formate im Videobereich. Während nun, wie darzulegen sein wird, bereits eine Reihe solcher Formate entwickelt worden und mehr oder minder markteingeführt ist, so kann man doch, bei quantitativer Beobachtung der Situation, nicht sagen - nimmt man die CD aus - daß sich die digitale Domäne bereits allgemein durchgesetzt hätte. Im Gegenteil, die Durchdringung besonders der professionellen Bereiche erfolgt wesentlich langsamer als ursprünglich angenommen (1). Auch ist nicht mehr, wie früher, der professionelle Bereich der Leitmarkt (jedenfalls in der Audioszene), sondern es ist der Konsumbereich, der die Entwicklung vorantreibt.

In dieser Situation befinden sich viele audiovisuelle Archive in einem Dilemma: Während einerseits digitale Bild- und Tonträger in ihre Archive drängen, gibt es auf der anderen Seite noch keine professionellen, auf Langlebigkeit und längere Verfügbarkeit hin entwickelte und international halbwegs akzeptierte Archivformate; das gilt für den Audio- wie für den Videobereich.

Dieser Artikel versucht, zunächst das Prinzip digitaler Aufzeichnungsmethoden zu erklären und seine Vor- und Nachteile zu diskutieren. Es wird ferner ein kurzer Überblick über die gängigen Formate im Audio- und Videobereich gegeben und ein Blick auf die vermutlich weitere Entwicklung geworfen. Auf Grund dieser Analyse wird versucht, auf der Basis des heutigen Entwicklungsstandes Überlegungen in Hinblick auf eine praktikable Archivpolitik anzustellen. Dieser Artikel nimmt sich vor, in technischer Hinsicht eine dem technischen Laien angepaßte Sprache zu sprechen. Hierbei wird auf keinerlei technische Details eingegangen, sondern es werden nur allgemeine Grundsätze behandelt.

Digitale Signaldarstellung und -aufzeichnung

Alle traditionellen audiovisuellen Bild- und Tonträger bedienen sich analoger Aufzeichnungsverfahren. Für den Schall heißt das, daß die periodischen Luftdruckschwankungen, die den Schall konstituieren, zunächst mittels eines Mikrophons in ein elektrisches Wechselstromsignal gewandelt werden. Es handelt sich hierbei um ein zeitkontinuierliches Signal, bei dem sich jedes Detail der mechanischen Luftschwingung im elektrischen Schwingungsbild analog wiederfindet. Die analoge Speicherung erfolgt nun derart, daß dieser Schwingungszustand bei der Schallplatte in einen mechanischen Schwingungszustand überführt wird, der die Rille der Masterplatte schneidet oder, beim Magnetaufzeichnungsverfahren, magnetische Wechselfelder erzeugt werden, die den Luftschwingungen wiederum analog entsprechen und die auf einem magnetisierbaren Medium, dem Tonband, in Form "eingefrorener" Magnetwechselfelder festgehalten werden. Jedem Zeitpunkt des Schallereignisses entspricht ein ganz bestimmter Ort auf dem Schallträger, wobei die jeweilige Schwingungsamplitude in kontinuierlicher, analoger Form sich als mehr oder minder starke Auslenkung der Schallplattenrille, oder als mehr oder minder starkes Magnetfeld auf dem Magnetband auswirkt.

Bei der Videoaufzeichnung herrscht diese Analogie im strengen Sinn nicht, zumal das Videosignal - wie beim Film - eine Abfolge von Einzelbildern darstellt. Trotzdem spricht man auch bei der herkömmlichen magnetischen Bildaufzeichnung insofern von einem analogen Verfahren, als das Videosignal ein Kontinuum der Helligkeits- und Farbsignale (bzw. Farbdifferenzsignale) darstellt und dieses Kontinuum auf Magnetband (oder Bildplatte) analog festgehalten wird.

Es ist daher jedes Detail einer analogen Aufzeichnung unverzichtbare Information, woraus resultiert, daß jede Störung des Aufzeichnungs- oder Wiedergabeverfahrens oder des Trägers selbst zwangsläufig zu einer Störung der Information führen muß. Ein gutes und leicht verständliches Beispiel hierfür sind verschmutzte oder zerkratzte Schallplatten, wobei die Schmutzpartikel bzw. die Kratzer Veränderungen der Rillenform nach sich führen, die - von der Abtastnadel getreu wiedergegeben - eine Desinformation erzeugen. Aus diesem Umstand resultiert die besondere Verletzlichkeit audiovisueller analoger Datenträger und daraus wieder die besondere Sorgfaltspflicht für sie.

Die digitale Signaldarstellung setzt anstelle des zeitkontinuierlichen Signals einen Datenstrom, der zu diskreten (also bestimmten) Zeitpunkten

den momentanen Wert der Amplitude des analogen Signals angibt. Dies geschieht mit Hilfe eines Analog/Digital Wandlers (A/D-converter, ADC). Erfolgt diese Angabe in genügend geringen Abständen (Abtastrate, sampling frequency) und mit einer hinreichend großen Genauigkeit (Auflösung, Quantisierung, Menge verfügbarer Werte), so läßt sich auf Grund dieser Zahlenreihe die ursprüngliche Wellenform durch einen Digital/Analog Wandler (D/A-converter, DAC) wieder herstellen. Gespeichert wird diese Zahlenreihe aber nicht im dekadischen Zahlensystem, sondern in einem binären Code, der nur zwei Grundzeichen - "0" und "1" - kennt. Diese zwei Zeichen werden nun, je nach Aufzeichnungsverfahren, als Loch oder Nicht-Loch, Reflexion oder Nicht-Reflexion, magnetischer Puls oder Nicht-Puls, etc. dargestellt. Bis zu einem gewissen Grad ist hiebei die Amplitude dieser Aufzeichnung irrelevant, was zunächst theoretisch einen hohen Sicherheitsgrad dieses Verfahrens mit sich bringt. Weitere Vorteile digitaler Verfahren sind wesentlich geringere Übertragungsfehler, sowohl was den Signal/Rausch-Abstand, aber auch was die Zeitfehler (zum Beispiel im Audiobereich Gleichlaufschwankungen) betrifft, von denen digitale Aufzeichnungen praktisch frei sind. Die wesentlichste und für Archivzwecke attraktivste Eigenschaft digitaler Speichermethoden ist jedoch ihre verlustfreie Kopierbarkeit (clonability). Während in der analogen Domäne jede Kopie - wenn auch nur marginal - schlechter ist als das Original, was sich aber bei einer Vielzahl von Kopiergenerationen negativ auswirkt, so ist eine digitale Kopie - sofern das Signal voll regeneriert werden konnte - mit diesem Original ident.

Die zu einer hinreichenden, bzw. wünschenswerten Genauigkeit der digitalen Signaldarstellung notwendigen Datenmengen sind aber enorm, so daß man, bei vertretbarer Größe der Datenträger bzw. bei der Verfügbarkeit hinreichend langer Aufnahmezeiten, die Grundinformation äußerst klein abbilden muß (2). Dies führt wieder zu einer erheblichen Datenunsicherheit, zumal Materialfehler bzw. Lesefehler etwa durch sehr kleine Staubpartikel gar nicht vermieden werden können. Daher ist es von vornherein notwendig, digitale Aufzeichnungen mit einer Sicherheit in Form redundanter Zusatzinformation zu versehen, das heißt also mehr auf die Datenträger aufzuzeichnen, als zur bloßen Darstellung des Signals allein genügen würde. Auf Grund höchst ausgeklügelter Fehlerkorrekturcodes kann der ursprüngliche, korrekte Datenstrom auch bei Verletzung des Trägers bzw. aus sonstigen Gründen fehlerhafter Aufnahme oder Wiedergabe vollständig wiederhergestellt werden. Dies funktioniert jedoch nur bis zu einer bestimmten Fehlerrate, die je nach Format unterschiedlich hoch ist. Treten Fehler jenseits dieser Grenze auf, so setzt Fehlerverdeckung (error concealment) ein, wobei eine Interpo-

lation, eine Abschätzung des nicht mehr voll rekonstruierbaren Signals nach bestimmten Algorithmen (Rechenregeln) vorgenommen wird. Das solcherart wiedergegebene Signal entspricht an den betroffenen Stellen also nicht mehr dem Original, sondern stellt eine mehr oder minder gute Approximation dar. Dies funktioniert wiederum bis zu einem bestimmten Schwellenwert, nach dessen Überschreitung das System für kürzere oder längere Zeiten das Signal unterbricht (Stummschaltung, muting) oder überhaupt die Abtastung verweigert.

Es läßt sich zur digitalen Datenspeicherung zusammenfassend folgendes sagen: Digitale Verfahren sind vom Prinzip her analogen Speicherverfahren für Archivzwecke jedenfalls überlegen, weil nur in der digitalen Domäne ein fortgesetzter verlustloser Datentransfer (der, wie wir sehen werden, unerlässlich erscheint) gewährleistet ist. Allerdings bringt die digitale Speichertechnik durch die hohe Datendichte eine Unsicherheit mit sich, der entsprechend Rechnung getragen werden muß.

Digitale Audio- und Videoformate

Audio

In der zweiten Hälfte der Siebzigerjahre wurden zunächst zahlreiche, oft sehr kurzlebige Audioaufzeichnungssysteme entwickelt, die bisweilen nur in kleinen Stückzahlen wenn überhaupt nicht nur als Prototypen eingesetzt worden sind (3). Von einem wirklich nennenswerten Einsatz der digitalen Schallaufzeichnung kann erst ab rund 1980 gesprochen werden, als sich die Einigung auf die Compact Disc abzuzeichnen begann und in Hinblick auf dieses digitale, besonders auf die Massenvervielfältigung abgestimmte optische Format praktikable magnetische Aufzeichnungsformate zur Herstellung der Originalaufnahmen und zum Mastering notwendig wurden. Erfolgreich waren hier vor allen Dingen jene PCM-(Pulsmodulations-) Verfahren, die das analoge Audiosignal in ein digitales dergestalt umwandelten, daß der digitale Datenstrom als PseudoVideosignal auf einem herkömmlichen (analogen) Videorecorder aufgezeichnet werden konnte. Große Verbreitung haben hier die Formate Sony PCM 1600 (1610/1630) in Verbindung mit dem U-matic Format als Träger erfahren sowie das ebenfalls von Sony entwickelte Format PCM F1 (F701, F601, F501), das sich des Sony Videoheimformats Betamax bediente (4). Das Format PCM 1610/1630 ist bis heute noch Quasi-Standard für das CD-Mastering, während PCM F1 im akademischen Bereich und im Kleinstudiobereich in den Achtzigerjahren eine gewisse weltweite Verbreitung erfahren hat. Besonders in Großbritannien wurde

dieses Format in großem Stil eingesetzt, wobei das British National Sound Archive (früher British Institute of Recorded Sound) eine erhebliche Zahl seiner Aufnahmen auf diesem Format archiviert hat. Auch das Phonogrammarchiv hat PCM F1 seit 1985 zur Herstellung von Originalaufnahmen eingesetzt (Schüller 1985).

Parallel zu diesen sogenannten Pseudovideoformaten waren die Bemühungen vor allem traditioneller Tonbandhersteller darauf gerichtet, digitale Magnetformate, die die bisherigen analogen Bandmaschinen hätten ablösen sollen, zu entwickeln. In technischer Hinsicht war man bestrebt, die herkömmliche Form der Tonbandgeräte möglichst beizubehalten, wobei - wie bei analogen Maschinen - stationäre Tonköpfe, hier nur mit entsprechend vielen, engen Spuren, die Zielvorstellung waren. Es kam schließlich zu zwei Formatfamilien: DASH (Digital Audio Stationary Head), eine Systemfamilie, die in Übereinkunft von Studer und Sony entwickelt wurde, sowie die Formatfamilie PD (ProDigi) des Konzerns Matsushita. Beide Formatfamilien beinhalten Zweikanal-Stereoformate auf Viertelzoll-Bändern, Formate also, die dem herkömmlichen analogen Viertelzoll-Format entsprechen, sowie mehrere Vielkanalformate auf breiteren Bändern. Eine Kompatibilität zwischen den entsprechenden DASH- und PD-Formaten besteht jedoch nicht. Entgegen den Erwartungen vor rund zehn Jahren ist - obwohl die Formate technisch ausgereift und ihre Daten denen der bisherigen Analogformate wesentlich überlegen sind - der große Durchbruch zur Einführung der neuen Technik noch nicht erfolgt. Wohl ist es ihnen aber gelungen, in den Tonstudios, die sich mit der Herstellung von Originalaufnahmen vornehmlich zur CD-Herstellung beschäftigen, analoge Formate bis zu einem gewissen Grad zu ersetzen, eine breite Einführung ist aber deshalb nicht erfolgt, weil bisher die tägliche Rundfunkabwicklung, für die weltweit eine gigantische Zahl von Maschinen eingesetzt wird, noch nicht in die digitale Domäne übergeführt wurde. Dies geschah zum einen deshalb nicht, weil sich noch keine großen Rundfunkanstalten auf die eine oder andere Formatfamilie einigen konnte und weil andererseits offenkundig für den normalen Sendebetrieb auch kein hinreichender technischer Grund für eine derart kostspielige Umrüstung besteht, zumal die derzeitigen Sender das verbesserte Signalangebot durch ihre limitierenden technischen Parameter nicht wirklich weitergeben können. Hier wird sich allerdings nach breiter Einführung des digitalen Rundfunks eine veränderte Situation ergeben.

Seit 1982/83 ist die Compact-Disc (CD) auf dem Markt, ein optisches Speicherformat, das im wesentlichen von der Bildplatte des System Laserdisc, das bereits seit den Siebzigerjahren entwickelt, wenn

auch nicht marktgängig war, abgeleitet wurde (Compaan 1982, Zander 1987). Das Format kam durch eine Übereinkunft von Sony und Philips zustande, wobei man sich offenkundig in Hinblick auf seinen möglichen Einsatz im Auto auf eine Plattengröße von 12cm Durchmesser einigte. Viel schneller als gedacht hat diese neue Form der "silbernen" Schallplatte den internationalen Markt erobert, so daß Ende 1991 festgestellt werden kann, daß die Langspielplatte (Vinylplatte, heute auch "schwarze" Platte genannt), auf den westlichen Märkten - von Liebhaberausgaben abgesehen - praktisch verschwunden ist.

Seit jüngster Zeit haben mehrere Firmen auch Systeme für aufnehmbare CDs (recordable CD, CD-R, bisweilen auch CD-WO(RM) genannt) entwickelt. Über die Marktakzeptanz, die daraus resultierenden künftigen Geräte- und Plattenpreise sowie über die langfristige Haltbarkeit der selbstaufgenommenen CDs kann derzeit noch keine Aussage getroffen werden.

1987 wurde R-DAT eingeführt (Zander 1987), ein Cassettenformat, das ursprünglich dazu ausersehen war, das weltweit in hohen Gerätestückzahlen vertretene Compact-Cassettenformat zu ersetzen. Es bedient sich, ähnlich wie die eingangs beschriebenen Pseudovideoverfahren, eines rotierenden Tonkopfs, nur wurde hier kein existierendes VideofORMAT zur digitalen Audiosignalspeicherung umfunktioniert. Wegen der Kleinheit der Cassette und der daraus resultierenden Datendichte (5) kann nicht mehr mit herkömmlichen Chrom- oder Chromsubstitutbändern das Auslangen gefunden werden, sondern es muß Metallpulverband (MP) eingesetzt werden. Die erhoffte breite Einführung dieses Formates auf dem Konsummarkt hat jedoch bis heute nicht stattgefunden, was wohl auf den anfänglichen Widerstand der phonographischen Industrie zurückzuführen ist, die befürchtete, daß der mit den CDs erzielte günstige Geschäftsgang durch die Einführung von R-DAT gestört würde. Es hatte sich nämlich die phonographische Industrie seit der Einführung der CD merklich von einer vorangegangenen Marktschwäche erholt, die insbesondere der regen privaten wie auch kommerziell organisierten Piraterie von Schallplatten durch illegales Umkopieren auf Compact-Cassetten zugeschrieben wurde. Mit der Compact Disc hatte jedoch die Industrie eine offenkundig erfolgreiche technische Waffe, zumal es nicht möglich war, die hohe technische Qualität dieser Platte bei Kopie auf (herkömmliche analoge) Cassetten zu erhalten. Mit Einführung von R-DAT wäre - so fürchtete man - dieser Marktvorteil verlorengegangen.

Während also die Einführung von R-DAT für ein allgemeines Publikum verzögert wurde, hat dieses Format erstaunlich rasch Eingang in die

Welt der Studios, aber auch vieler akademischer Institutionen (6) gefunden. Es hat sich auch, entgegen ursprünglicher Befürchtungen (Herla 1989, Schüller 1987), als relativ verlässlich erwiesen, sodaß auch zunehmend Rundfunkanstalten in gewissem Maß R-DAT einsetzen (7). Seine besondere Attraktivität hegt in der Verfügbarkeit leicht transportabler, hochqualitativer Aufnahmeapparate, die zu wesentlich günstigeren Preisen angeboten werden als zuletzt professionelle analoge Tonbandgeräte. Ein Nachteil besteht in einem relativ hohen Stromverbrauch, der den Einsatz dieser Geräte - besonders in exotischen Gegenden - noch problematisch macht (Schüller 1992, Weber 1992).

Zusammenfassend darf über die Situation der digitalen Audioformate folgendes gesagt werden: Wenige Formate sind für den professionellen Einsatz entwickelt worden und diese haben sich im großen Stil (= weltweit in den Rundfunkanstalten) noch nicht durchgesetzt. Die Mehrzahl der tatsächlich eingesetzten digitalen Tonträger ist für den Konsumbereich entwickelt worden (CD, R-DAT), der in vieler Hinsicht die Funktion eines Leitmarktes übernimmt. Keines der entwickelten Formate ist in Hinblick auf Langlebigkeit bzw. archivarische Bedürfnisse entwickelt worden, obwohl gerade die digitale Technik für Archivzwecke aus den eingangs geschilderten Gründen prädestiniert wäre.

Video

Wesentlich weniger fortgeschritten als im Audibereich ist der Einsatz digitaler Speichertechniken in der Videographie. Zunächst sind seit 1987 die Formate D1 und D2 auf dem Markt. Seit 1991 gibt es in dem von Matsushita entwickelten Format D3 (bisweilen auch Dx genannt) ein Composite-Format auf Halbzoll-Band (8). An einem Halbzoll-Komponenten-Format wird gearbeitet. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß es auch für die digitale Aufzeichnung von HDTV Signalen bereits Aufzeichnungsmöglichkeiten gibt.

Während D1 in vielen Studios als zwar kostspieliges, aber höchst qualitatives Masteraufzeichnungsformat zunehmend Einsatz findet, gilt für den routinemäßigen TV-Sendebetrieb das, was für den Audibereich gesagt wurde, noch viel deutlicher. Keines der Formate hat sich im größeren Stil international bis jetzt durchgesetzt, was einerseits angesichts der enormen Investitionskosten, andererseits der stürmisch fortschreitenden technischen Entwicklung, die schon fast in Jahresfolge immer neue Formate anbietet, sehr einsichtig ist. Gerade in diesem Bereich wäre eine Entscheidung zu Gunsten eines bestimmten Formates zum Zeitpunkt ihrer Realisierung durch die technische Entwicklung bereits überholt.

Weitere Entwicklung

Im Konsumbereich des Audio steht die Markteinführung der DCC, der Digital Compact Cassette, unmittelbar bevor (Frühjahr 1992). Sie wurde von Philips entwickelt und ihr ist nun jene Bedeutung zugebracht, die ursprünglich R-DAT erlangen sollte. Hierbei handelt es sich um ein Format, das wesentliche Parameter der Compact Cassette übernimmt: Cassettengröße, Bandbreite und Bandgeschwindigkeit. Das digitale Signal wird mit stationären Köpfen aufgespielt bzw. gelesen, wobei hier allerdings nicht, wie bisher, das vollständige digitale Signal aufgezeichnet wird, sondern ein Datenreduktionsverfahren zum Tragen kommt, das u.a. auf psychoakustischen Erkenntnissen beruht (Wirtz 1991). Es nützt die sogenannten "Verdeckungseffekte" aus, Phänomene, die beim Zusammentreffen mehrerer Teiltöne in bestimmten Konfigurationen manche dieser Teiltöne unhörbar bzw. irrelevant machen. Unter Ausnützung dieser Erkenntnisse genügt es daher, nicht das vollständige, sondern ein nach diesen Erkenntnissen datenreduziertes Signal aufzuzeichnen, um bei geringerer Datenrate zu einem ähnlichen Ergebnis zu kommen wie bei vollem Signal. Ein nach ähnlichen datenreduzierenden Prinzipien arbeitendes Format auf der Basis einer magneto-optischen (und somit löschbaren) Platte wird unter der Formatbezeichnung MD derzeit von Sony ebenfalls für den Konsumbereich entwickelt und zur Markteinführung 1992 angekündigt (Fox 1991).

Digitale Archivbestrebungen

Im professionellen Bereich kann, wie eingangs beschrieben, von einem massiven Einsatz digitaler audiovisueller Träger noch nicht gesprochen werden und schon aus diesem Grund ist - sieht man jetzt von den CDs ab - von einer digitalen Archivpraxis in quantitativer Hinsicht noch keine Rede. Es gibt allerdings vielfache Versuche, die prinzipiellen Vorteile digitaler Aufzeichnungsmethoden für Archivzwecke einzusetzen.

Zunächst ist als eher singuläre Bestrebung die Century Disc von Digipress zu erwähnen, bei der es sich um eine aus getempertem Glas hergestellte und damit äußerst haltbare Compact Disc handelt. Hier wird in extremer Weise versucht, die Langlebigkeit des Trägers zu optimieren, wobei die Entwickler dieser Platte die Ansicht vertreten, daß das CD-Format so weit verbreitet ist, daß eine Obsoleszenz der Hardware in Hinkunft nicht wirklich befürchtet werden muß (Oudart 1991).

Daneben gibt es eine Reihe von Versuchen, digitale Archivsysteme aufzubauen, bei denen aber zunächst der Charakter der Langlebigkeit der Medien nicht so radikal im Vordergrund steht wie bei Digipress. Es handelt sich hier um Systeme, die sehr vielfältige Formate verwenden, die zumeist aus der Computertechnik her bekannt sind. Sie finden in den Bereichen der digitalen Bildspeicherung (still video) und vornehmlich zunächst im Audiobereich Anwendung. Es werden optische Platten in Form von WORMs oder wiederbeschreibbare magneto-optische Platten, bisweilen aber für den Audiobereich so exotische Medien wie Data Tape Cartridges (9) eingesetzt. Hervorgehoben sei ein Projekt, das in Zusammenarbeit zwischen dem British National Sound Archive, der BBC und der Firma Plasmon durchgeführt wird, wobei man bestrebt ist, eine optische, einmal bespielbare Platten (WORMs) aus Kunststoff in Hinblick auf Langlebigkeit zu optimieren (10). Auch auf dem Videobereich gibt es zunehmend Archivsysteme gleich großen Jukeboxen, die hauptsächlich für die Automatisierung von Teilbereichen (z.B. der Werbung) des Fernsehsendebetriebs gedacht sind, wo aus einer mehr oder minder großen Anzahl von vorbespielten Kassetten ein vorprogrammierter Programmablauf automatisch abgewickelt werden kann. Es gibt sowohl Systeme für analoge wie auch für digitale Videoformate.

Im Überblick über diesen sehr bewegten und sich rasch verändernden Markt kann festgestellt werden, daß es von der technischen Seite her eine Fülle verschiedenster Lösungsmöglichkeiten gibt, die digitale Domäne auch auf breiter Basis in der Archivwelt durchzusetzen. Es sind auch noch viele Neuerungen zu erwarten, zumal neue Träger laufend entwickelt werden und es überdies scheint, daß nicht alle als Computerperipherie bereits entwickelten Speichersysteme auf ihre Einsetzbarkeit für den Bereich der audiovisuellen Datenspeicherung hin geprüft wurden (11).

Das anzustrebende Ziel ist ziemlich eindeutig: Zum ersten darf festgehalten werden, daß es den "ewigen" Datenträger nicht oder kaum geben wird. Es wäre auch nicht sinnvoll, ihn in letzter Konsequenz anzustreben, da durch ein besonders langlebiges Produkt auch der mit ihm verknüpfte Stand der Technologie festgeschrieben würde, was der sehr stürmischen Entwicklung, die auch für die Zukunft noch zu erwarten ist, nicht Rechnung tragen würde. Zum zweiten muß man daher feststellen, daß es aus den dargelegten Gründen nur Sinn hat, die audiovisuellen Inhalte in digitaler Form zu speichern.

Es sollte vielmehr angestrebt werden, den vollautomatischen Zugriff und

die technische Selbstüberwachung in den Vordergrund zu stellen (Schüller 1991 und 1992). Man stelle sich ein Archiv mit digitalen Trägern (gleich welcher Art und welchen Formats) vor, die jedoch aus praktischen Gründen nicht auf Datendichte sondern auf Datensicherheit hin optimiert sind (12). Auf dieses Archiv kann man extern vollautomatisch mit einer entsprechenden Anzahl von Spielern zugreifen, wobei es vom System abhängt, ob man die Träger zu den Spielern oder die Spieler zu den Trägern führt. Diese vollautomatische Akzessibilität ließe in Rundfunkanstalten nicht nur die Auswahl zur Zusammenstellung von Programmen, sondern überhaupt den Programmablauf automatisch gestalten und würde auf diese Weise enorme Kosten- und/oder Zeiteinsparungen mit sich bringen. Nationale Schallarchive könnten ihren Publikumsbetrieb, der bis jetzt ja der manuellen Bedienung bedarf, wesentlich effizienter gestalten. Es könnte auch die Selbstbedienung über Telephon in eleganter Weise kultiviert werden (13).

Aus konservatorischer Hinsicht bestünde aber der wesentlichste Effekt der vollautomatischen Akzessibilität in der Selbstkontrolle und Selbstregeneration eines derartigen Archives. In der Zeit geringerer Ausnutzung prüft das Archiv selbsttätig die Bestände auf Grund der Zahl ihrer bisherigen Benützung und/oder ihres Alters. Wird auf einem Träger der Anstieg der Fehlerrate über einen gewissen Schwellenwert festgestellt, der so niedrig angesetzt werden muß, daß eine volle, code-regenerierende Fehlerkorrektur noch durchgeführt werden kann, dann überspielt das System automatisch diesen gefährdeten Träger auf einen neuen. Damit ist nicht nur die Erneuerung des Archivbestandes auf der gleichen Art der Datenträger möglich, sondern auch die Umformatierung auf gänzlich neue Träger, sollten sich solche - aus welchen Gründen auch immer - in Zukunft als günstiger erweisen. Damit wird auch garantiert, daß in vernünftigen Zeitabständen ein neuer technischer Standard eingeführt werden kann, und daß nicht aus Rücksicht auf die bisherigen Bestände technische Neuerungen zu lange hintangehalten werden müssen. Ein solches System wäre zunächst sicher nicht billig, es könnte aber, sofern es eine größere Verbreitung fände und dadurch in größeren Stückzahlen gefertigt würde, in finanziellen Größenordnungen kommen, die auch für kleine Institutionen erschwinglich wären. Eine modulare Struktur ließe ein solches System gleichermaßen für kleine Archive mit wenigen hundert Stunden Speicherbedarf wie für große National- bzw. Rundfunkarchive einsetzen.

Angesichts der technischen Machbarkeit und der offenkundigen Vorteile eines solchen Systems stellt man sich die Frage, warum sich ein solches noch nicht durchgesetzt hat. Diese erstaunliche Tatsache dürfte einer

Vielfalt von Umständen zuzuschreiben sein:

Die Entwicklung auf den Audiosektor wird entgegen früheren Zeiten zunehmend vom Konsummarkt vorangetrieben. Im Bereich des professionellen Video ist es das ENG (Electronic News Gathering), also die audiovisuelle Reportage, die vornehmlich die Entwicklung stark vorantreibt. Für diese Märkte werden auch die Formate optimiert. Es ist den großen, im audiovisuellen Bereich als Entwickler tätigen Konzernen offenkundig nicht genügend bewußt, daß es einen professionellen Markt des Bewahrens gibt, der hinreichend attraktiv wäre für die Entwicklung von Systemen für den Archivbereich, die unabhängig vom Konsummarkt und dem des ENG gesehen werden sollten (14).

Die Rundfunkanstalten, deren großes Investitionsvolumen im wesentlichen über die Marktakzeptanz und damit die breite Einführung von Systemen und Formaten entscheidet, scheinen sich an diesen Zustand noch nicht gewöhnt zu haben: sie testen nämlich auf dem Markt angebotene Formate und Systeme auf ihre Brauchbarkeit hin, machen gegebenenfalls Änderungsvorschläge und entschließen sich auf Grund dieser Tests und der daraus geschlossenen Folgerungen zur Einführung oder Ablehnung (z.B. Herla 1989). Sie sind allerdings zumindest bis jetzt noch nicht bereit, den umgekehrten Weg zu gehen, nämlich auf Grund eines möglichst breiten Konsenses innerhalb der Rundfunkanstalten ein System oder ein Format zu spezifizieren und darauf die Hersteller reagieren zu lassen. Dabei wäre die genormte AES/EBU Schnittstelle bereits ein gutes Beispiel für eine solche Vorgangsweise.

Es ist bis zu einem gewissen Grad schon verständlich, warum es bisher zu einem derartigen Beschluß nicht kam: in einer Zeit der rasanten technischen Entwicklung ist jeder Beschluß zum Zeitpunkt seiner Implementierung bereits veraltet. Das verständliche Bemühen, immer das Neueste einzusetzen, hindert die in die Zukunft schauenden Techniker offenbar an einem praktischen Beschluß, der notwendigerweise in technischer Hinsicht nicht lange befriedigen kann. Trotzdem, in einer Zeit eines derartigen technischen Fortschrittes, in der wir leben, kommt man um einen entsprechenden Beschluß, der für einen bestimmten Zeitraum - vielleicht 10 bis 15 Jahre - eine Technologie bis zu einem gewissen Grad einfriert, nicht umhin, will man verhindern, daß permanent Kulturgut verlorengeht. Eine derartige Entscheidung ist also eine eminent politische, weshalb sie den Technikern abgenommen werden sollte. Dies umso mehr in einer Zeit, in der die Sendemonopole fallen, die kommerziellen Sender auf den Markt drängen und die großen europäischen öffentlich-rechtlichen Sendeanstalten den Wert ihrer Archive als unverzichtbare

Quelle eines Kulturprogrammes unendlich schätzen lernen. Umsomehr müßten gerade sie daran interessiert sein, ihre Archive als Waffe im Überlebenskampf auf dem Sendesektor auszubauen.

Vorläufige Archivstrategien

Eine Zusammenfassung von Behandlungs- und Lagervorschriften für digitale audiovisuelle Datenträger steht noch aus (15). Angesichts des Umstandes nun, daß keines der derzeit auf dem Markt befindlichen Formate in Hinblick auf Langlebigkeit entworfen wurde, muß der Frage nachgegangen werden, welche Archivstrategien bis zur Verfügbarkeit derartiger Formate zu verfolgen sind.

Für die Bewahrung massenvervielfältigter digitaler Träger, das ist bis jetzt nur die CD, zu der sich demnächst vermutlich die DCC gesellen wird, gilt dasselbe, was bisher für LPs bzw. massenvervielfältigte analoge Kassetten gegolten hat. Es ist hier weniger die fragliche Lebenszeit der Träger bzw. der Formate, sondern die Benützung, von der eine nicht zu unterschätzende Gefährdung für die Integrität der Signalqualität ausgeht. Dies gilt besonders für die CD, deren Unempfindlichkeit der Handhabung gegenüber durch allzu optimistische Prognosen offenkundig überschätzt wurde. Es werden also in all den Fällen, wo etwa Selbstbedienung durch Mediatheksbenutzer erfolgt, auf kurze bis mittlere Frist der Verlust dieser Träger ebenso in Kauf genommen werden müssen, wie dies bei vergleichbaren analogen Formaten der Fall war. Selbst rigorose Benützungsanweisungen können hier nicht die verbleibende Restgefahr genügend minimieren. Es wird folglich daher von derartigen Tonträgern, sofern sie langfristig bewahrt werden sollen, zum Zweck der Benützung eine Arbeitskopie herzustellen sein.

Die brennendste Frage betrifft die Entscheidung, wie Originalaufnahmen bewahrt werden sollen, die wegen der technischen Attraktivität seinerzeit auf PCM F1 gemacht wurden und heute mittels R-DAT hergestellt werden. Es kann in diesem Bereich keine verbindliche Empfehlung geben, weil sowohl die Haltbarkeit der Trägermaterialien selbst wie auch die Verfügbarkeit der Geräte bzw. der Ersatzteilmanschub noch nicht hinreichend abgesehen werden kann (16). Es sei daher in diesem Fall die Strategie des Phonogrammarchivs dargelegt, das nach reiflicher Überlegung zu folgender Regelung gelangte: PCM F1 und R-DAT Aufnahmen werden zunächst wie verletzliche analoge Originalbänder behandelt. Im Falle von PCM F1 wurden die Originalcassetten auf Analogband mit 38cm/s überspielt, und dieses Band wird als Archivmaster betrachtet. Das Originalband wurde als solches unter größtmöglicher Schonung

in den Bestand der Originalbänder eingereiht und verbleibt unangetastet, es sei denn, daß der Archivmaster verlorenginge. Mit der Einführung von DAT wurde diese Strategie modifiziert: Es wird von jeder DAT Cassette sofort nach Einlangen auf digitalem Weg eine Kopie auf eine andere DAT-Cassette hergestellt. Das Original wird zusätzlich auf Analogband übertragen, hier jedoch wird - vor allen Dingen aus Preisgründen - die Bandgeschwindigkeit 19cm/s verwendet. Das Originalband bleibt als solches weiterhin unantastbar, für den gehobenen Auswertungszweck wird die Digitalkopie herangezogen, der analoge Archivmaster fungiert hier eigentlich nur als Backup-Kopie. Diese Strategie wurde in der Hoffnung gewählt, daß innerhalb sowohl der Lebenszeit der DAT-Bänder sowie innerhalb der Zeit der Verfügbarkeit von Abspielmaschinen ein professionelles digitales Archivsystem verfügbar sein wird, auf das dann die Originale verlustfrei überspielt werden können. In ähnlicher Weise könnte mit anderen digitalen Audioformaten (PD, DASH) bzw. digitalen Videoformaten verfahren werden.

Seriöserweise kann aber eine derartige Strategie nur dann verfolgt werden, wenn man sich über den Zustand seiner Digitalaufnahmen in Bezug auf die Genauigkeit ihrer Reproduktion Rechenschaft geben kann. Es müßte nämlich gewährleistet sein, daß digitale Kopien nur innerhalb einer vollen (code-regenerierenden) Fehlerkorrektur hergestellt werden und nicht mit Fehlerverdeckungen behaftet sind, die ja nicht mehr das originale Signal, sondern Interpolationen, Abschätzungen darstellen. Zu diesem Zweck müßte idealerweise von jedem digitalen Träger ein Error-Status-Report vorliegen, auf Grund dessen sich auch über das Verhalten eines Trägers über die Zeit bzw. die Zahl der Abspielungen hinweg verläßlich Aufschluß geben läßt. Eine solche rigorose Forderung erscheint angesichts des damit verbundenen nicht unerheblichen Aufwandes unbillig, sie müßte aber wenigstens stichprobenartig erfolgen, damit Serienfehler nicht unaufgedeckt bleiben. Eine derartige automatische Fehlerfeststellung müßte natürlich integraler Bestandteil eines künftigen professionellen digitalen Archivformates sein.

Zusammenfassend darf gesagt werden, daß zwar die heutige Situation keinesfalls ideal ist, daß jedoch nicht unbegründet gehofft werden kann, daß in den nächsten Jahren für diesen Zweck optimierte digitale Archivformate für audiovisuelle Daten verfügbar sein werden. Dafür sprechen nicht nur technische Faktoren, sondern auch eminent kommerzielle Interessen, nur scheint es, daß sich nicht alle Akteure ihrer Rolle bereits voll bewußt sind.

Wir professionellen Bewahrer kennen allerdings die Gefahr, die auf uns

zukommt, sollten wir nicht bald diese Ziele erreicht haben. Sie bestünde in einen fortgesetzten Verlust audiovisuell gespeicherten Kulturgutes, der angesichts der enormen Bedeutung, die diesen Medien für die Bewahrung des kulturellen Erbes der Menschheit darstellen, nur mit dem seinerzeitigen Brand der Bibliothek von Alexandria verglichen werden kann.

Dieser Artikel hat hoffentlich einen Betrag dazu geleistet, den alexandrinischen Schwelbrand unserer Tage bewußt zu machen und seine Bekämpfung zu beschleunigen.

Anmerkungen:

(1) Auch der Autor gehörte zu den Optimisten der frühen Zeit (Schüler 1983).

(2) Die Abtastrate muß mehr als das Doppelte der oberen Grenzfrequenz betragen. Sie beträgt bei der CD 44,1kHz, bei anderen digitalen Audioformaten 48kHz. Die Genauigkeit der Quantisierung, also der Amplitudendarstellung, wird durch die Länge des binären Wortes (also die Zahl der "Stellen") bestimmt, sie beträgt derzeit im allgemeinen 16 bit ("Stellen"), man entwickelt aber bereits noch genauere Auflösungen mit 20 bit. Die digitalen Videoverfahren arbeiten mit (je Format) unterschiedlichen Abtastraten, die sich im MHz-Bereich bewegen, die Quantisierung beträgt derzeit allgemein 8 bit.

Aus Abtastrate, Quantisierung, bei Audio noch Kanalzahl, ergibt sich nun eine Datenmenge, die neben dem reinen Signal auch die für die Fehlerkorrektur und die Organisation des Codes notwendigen Daten in sich birgt. Die Datenmenge will wiederum auf einer bestimmten Fläche untergebracht werden, woraus sich einerseits Aufnahmedauer, andererseits Datendichte ergeben. Die Datendichte drückt sich wiederum in Spurbreite und linearer Datendichte (kürzeste Länge eines Pits [= Loches] bei der CD, kleinste Wellenlänge bei magnetischen Verfahren) aus. Bei der CD beträgt nun etwa die Pitbreite $0,6\mu\text{m}$, die kürzeste Pitlänge $0,833\mu\text{m}$. Die kleinsten Wellenlängen betragen bei den digitalen Videoformaten D1 $0,9\mu\text{m}$, D2 $0,79\mu\text{m}$ und D3 $0,71\mu\text{m}$, bei R-Dat nur $0,33\mu\text{m}$. Die Spurbreiten betragen bei R-Dat und D3 nur mehr 13 bzw. $18\mu\text{m}$ (Ampex 1991, Zander 1987). Zum Vergleich: Die kleinste Wellenlänge (für die obere Grenzfrequenz 20kHz) bei einer analogen magnetischen Schallaufzeichnung beträgt z.B. bei 19cm/s $9,5\mu\text{m}$, für eine Compact-Cassette mit 4,76cm/s dementsprechend $2,38\mu\text{m}$. Einen weiteren Faktor stellt die Dicke der Bänder dar: Um bei vorgegebener Kassettengröße möglichst lange Spielzeiten zu erreichen, werden bisweilen sehr

dünne Bänder eingesetzt. So beträgt die Bandstärke des R-Dat-Bandes wie auch des im Format D2 eingesetzten Bandes nur 13µm. Dies macht sie etwa im Vergleich zu analogen Standardplay-Bändern mit einer Dicke von 52µm mechanisch besonders empfindlich. Daraus wird ersichtlich, welche ungewohnten Anforderungen an Bänder und Köpfe, an die Präzision der Aufzeichnung und Abspiegelung sowie an Sauberkeit bei digitalen Verfahren gestellt werden müssen.

(3) Einen interessanten Überblick über die digitale Frühzeit bietet H. Ford (1980).

(4) Es hat noch mehrere andere Pseudovideoformate bzw. Produkte gegeben, die jedoch keine nennenswerte Verbreitung fanden.

(5) siehe oben (2)

(6) Das Phonogrammarchiv verfügt seit Winter 1989/90 über Aufzeichnungsgeräte in diesem Format, die seither PCM F1 abgelöst haben.

(7) In umfangreicherem Maß ist das vor allen bei Dänischen Rundfunk (von Linstow 1988) und bei kanadischen Rundfunkanstalt CBC (Workshop on Digital Audio Production anlässlich der IASA/ARSC Tagung, Ottawa, 1991) der Fall.

(8) Bei D1 handelt es sich um ein Komponenten-Format, also ein Format, bei dem wie bei den professionellen analogen Halb Zoll-Formaten Betacam SP bzw. M II die Helligkeits- bzw. Farbdifferenzsignale getrennt verarbeitet und aufgezeichnet werden, womit das qualitätsvermindernde Farbübersprechen vermieden wird. Bei D2 handelt es sich um ein digitales Composite-Format, also ein Format, bei dem das geschlossene (FBAS) Signal, das sowohl die Helligkeit- sowie die Farbinformation enthält, in digitaler Form aufgezeichnet wird. Beide Formate benötigen Cassetten. Die Bandbreite beträgt für beide 3/4 Zoll, das Bandmaterial für D1 verwendet cobalt-dotiertes Eisenoxid, für D2 sind Metallpulver (MP)-Bänder im Einsatz. Bei D3 handelt es sich, wie bei D2, ebenfalls um ein Composite-Format, das bei kürzeren Wellenlängen und schmälere Spuren (vgl. oben 2) mit einem Halb Zoll-MP-Band auskommt.

(9) WORM ist das Acronym für "write once, read multiple", also für einmal beschreibbare, meist optische Medien, die sich von dieser Struktur her vorzüglich für Archivzwecke eignen. Magneto-optische Platten sind stets wieder-beschreibbar, damit also löscherbar, was für Archivzwecke nicht notwendig ist und möglicherweise ein Faktor der Unsicherheit darstellt. Das Data Cartridge-Archivsystem wurde von Tandberg Data in Zusammenarbeit mit den Norwegischen Rundfunk entwickelt.

(10) Sie hierzu Roads 1991. Inwiefern sich mit diesem Medium angesichts der benötigten gigantischen Übertragungsraten tatsächlich "in fünf Jahren" HDTV-Signale werden speichern lassen, wie Roads beflügelt meint, sei vorsichtig abgewartet.

(11) Insbesondere bandförmige optische Speicher ("digital paper") scheinen für die Speicherung hoher Datenmengen, also auch für digitales Video, geeignet (Williams 1989). Es wäre in diesem Zusammenhang z.B. die Eignung des von Intercom Computer Systems angebotenen "1 Terabyte Optical Tape System" zu prüfen.

(12) Die Kosten für den puren Platzbedarf einen audiovisuellen Archivs sind, gemessen an den Gesamtkosten eines professionell geführten Archivs, erstaunlich gering. Es ist daher nicht sinnvoll, jedenfalls nicht im Bereich des Audio, die Datendichten (und damit die Datenunsicherheit) weiter zu erhöhen; es wäre vielmehr angebracht, einen vernünftigen Kompromiß zwischen Datendichte und Datensicherheit zu finden. Siehe in diesem Zusammenhang Duisburg 1989 sowie Schüller 1988 und 1989.

(13) Die Österreichische Phonotheek hat ein solches System unter dem Namen TUD bereits in den frühen Siebzigerjahren eingeführt, war aber mit dieser Idee offenbar der (Wiener) Zeit voraus: neben der Umständlichkeit, daß die abzuhörenden Bänder vorbestellt und auf die Abspielmaschinen manuell aufgelegt werden mußten, scheiterte der Dienst aufgrund mangelndem Publikumsinteresses.

(14) Diese Erfahrung wurde insbesondere im Rahmen der Tätigkeit des unter dem Schirm der UNESCO stehenden Technical Coordinating Committee sowie der Working Group on Audio Preservation and Restoration der Audio Engineering Society (AES) gemacht. Beide Gremien bemühen sich um den Dialog zwischen professionellen Bewahrern auf der einen und Herstellern von audiovisuellen Geräten und Materialien auf der anderen Seite. So war zu Beginn der regelmäßigen Begegnungen der Umstand, daß Audio- und Videomaterialien in sehr großer Zahl aufbewahrt werden, den Herstellern nicht voll bewußt. Diese rund um 1987 festgestellte Situation ist mittlerweile einer äußerst kooperativen Zusammenarbeit gewichen, so daß zu hoffen ist, daß diese Bewußtseinsbildung auch bereits sehr bald zu entsprechenden Systementwicklungen seitens der Industrie führt.

(15) Eine ausführliche Befassung mit dem Thema der Behandlung und Lagerung digitaler audiovisueller Datenträger durch den Autor ist in Vorbereitung.

(16) Reparatur und Ersatzteilnachschub für SONY PCM F1 (701) und die in diesem Zusammenhang zumeist gebrauchten Beta-Videorecorder ist zur Zeit ohne Schwierigkeiten gewährleistet.

Literatur:

- Ampex (Ed): A Guide to Rotary Head Magnetic Recording Formats. 1991.
- Compaan, Klaus: Compact Disc - Digital Audio. In: Phonographic Bulletin 34/1982, 33-41
- Duisburg, Cor L., Costs of storage in sound archives. In: Phonographic Bulletin 54/1989, 4-14.
- Ford, Hugh: Digital recording - next year? In: Studio Sound 1/1980, 40-41.
- Fox, Berry: Sony's 3.5 inch Irister MOD challenge. In: Studio Sound, May 1991, 58.
- Herla, Siegbert: Is R-Dat a recording format for professional use? - Measurements and considerations. Paper presented at the 86th AES Convention, Hamburg, March 1989. AES Preprint 2769
- Linstow, Paul von: What is research? In: Phonographic Bulletin 52/1988, 22-30.
- Oudard, Denis: Which technology should the sound archivist trust? In: Phonographic Bulletin 59/1991, 37-40
- Roads, Christopher H.: Access and conservation: The key elements in sound archiving in the 21st Century. In: Phonographic Bulletin 59/1991, 41-44.
- Schüller, Dietrich: An der Schwelle einer neuen Audio Technik. In: Das Schallarchiv 13/1983, 6-8.
- ders.: Digitaltechnik im Phonogrammarchiv. In: Das Schallarchiv 18/1985, 28f.
- ders.: Data Density versus Data Security. Pleading for Formats Suitable for Archival Purposes. In: Orbanz, E. (Editor), Proceedings of the Joint Technical Symposium "Archiving the Audio-visual Heritage", Berlin May 1987, Berlin 1988 85-87.
- ders.: Format-specific preservation costs - a first attempt. In: Phonographic Bulletin 54/1989, 15-19.
- ders.: Towards the Eternal Sound Archive. Vortrag gehalten am Joint Technical Symposium, Ottawa, Mai 1990 (in Druck, erscheint 1991)
- ders.: Field Recording and Sound Archiving at the Turn to Digital Age. Vortrag gehalten bei der Konferenz "A Century of Field Recor-

ding" Bloomington, Indiana, März 1990 (in Druck, erscheint 1992)

Weber, Michael: With a solar panel in Madagscar. In: Phonographic Bulletin 60/1992 (in Vorbereitung)

Williams, Tom: Digital Paper emerges as low-cost archival storage Option. In: Computer Design, April 1989, 41-42

Wirtz, G.C.: Digital Compact Cassette: Background and System Description. Sowie Digital Compact Cassette: The Audio Coding Technique. Papers presented at the 91st AES Convention, New York, October 1991. AES Preprints 3215 und 3216

Zander, Horst: Digitale Audiotechnik. Grundlagen und Verfahren. Berlin 1987