/fh/// Fachhochschule St. Pölten

> Telekommunikation und Medien

Audioarchivierung im ORF
Landesstudio Niederösterreich

Vergangenheit, Gegenwart und ein Ausblick auf die Zukunft

Diplomarbeit

Miriam Krammer

tm0310038032

4. April 2008

Diplomarbeit

Audioarchivierung im ORF Landesstudio Niederösterreich

Ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades eines Dipl.-Ing. (FH)
Telekommunikation und Medien am Fachhochschul-Diplomstudiengang
Telekommunikation und Medien St. Pölten

Unter der Erstbetreuung von

Stefan Lainer

Zweitbegutachtung von

Dipl. Ing. Franz Zotlöterer

Ausgeführt von

Miriam Krammer
tm0310038032

St. Pölten, am 4. April 2008 Unterschrift

Danksagung

Herzlichen Dank möchte ich an dieser Stelle allen Mitarbeitern des ORF Landesstudios Niederösterreich aussprechen, die mir während meines Praktikums mit Wissen, Rat und Tat zur Seite gestanden sind. Im besonderen Stefan Lainer und Alexander Katholitzky, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere, dass

- Ich diese Diplomarbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.

- Ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im Inland noch im Ausland einem Begutachter/einer Begutachterin zur Beurteilung oder in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Diese Arbeit stimmt mit der von den Begutachtern beurteilten Arbeit überein.

Ort, Datum Unterschrift

Zusammenfassung

Für die meisten ist Radio ein Gegenstand des täglichen Gebrauchs: Jeder Österreicher nutzt es durchschnittlich um die 200 Minuten täglich (vgl. [1]). Viele von uns stehen mit dem Radiowecker in der Früh auf, lassen uns zur Unterhaltung beim Autofahren berieseln oder spätestens beim Einkaufen können wir uns dem Radio über die Lautsprecheranlage nicht entziehen – Radio ist omnipräsent, ein Teil unserer Alltags-Kultur. Genau wie Zeitungen und Literatur ist auch das Radioprogramm als Teil unseres kulturellen Erbes aufbewahrungswürdig. Es kann auch künftigen Generationen Aufschluss über Lebensart und Alltag geben und somit als historische Informationsquelle dienen.

Wie wichtig und verantwortungsvoll die Rolle eines Archivars ist, bleibt dabei meist vor dem Radiohörer verborgen. Auch in den Augen von so manchen Redakteur ist das umfassende Hörfunkarchiv nur ein Nebenprodukt, wichtiger erscheint vielmehr das aktuelle Programm. Und doch erfüllt das Archiv eine bedeutungsvolle Aufgabe, denn auch die Anforderungen der Benutzer sind gestiegen. Im Zeitalter des Internets ist man es gewohnt, auf Informationen schnell und überall zugreifen zu können, und diese Vorraussetzungen müssen auch fürs kurzfristige, aktuelle Archiv zutreffen.

Doch die Daten auf einem Speichermedium zu sichern und für die nächsten Jahrzehnte in ein Lager zu sperren, ist nicht genug – Archivbestände brauchen Wartung, damit sie erhalten bleiben. Ein Datenträger hat abhängig von Material, Speichertechnologie und Lagerbedingungen nur eine begrenzte Lebenserwartung.

Aber nicht nur Speichermedien haben ein Ablaufdatum, auch die Lesegeräte sind vom Alterungsprozess betroffen. Kein Problem, wenn es sich um eine gängige Technologie handelt und es Geräte und Ersatzteile noch zu kaufen gibt. Handelt es sich um ein veraltetes Speichersystem, ist die Verfügbarkeit vielleicht nicht mehr gewährleistet.

All diese Aspekte des Großbegriffes „Radioarchiv“ und einen Ausblick auf potentielle Zukunftsszenarien will diese Arbeit abbilden.

Abstract

For most people the radio has become an article of daily use. The average Austrian uses it approximately 200 minutes a day. [1]. Many of us wake up to the sound of the clock radio in the morning, listen to it more or less attentively when driving to work and are exposed to the radio programme in most shops. The radio is omnipresent, in other words, it is part of everyday culture. Like newspapers or literature, the radio programme also represents an integral part of our cultural heritage and is therefore worth being kept. The recordings serve as a historical source, so that the following generations will have information about our way of life.

An archive is of great importance and requires a high sense of responsibility, but in general the archivist's work remains concealed from the radio consumer. Even radio journalists are likely to consider the archive as a by-product; it is the current programme that really counts.
Nevertheless the archive fulfils a significant task, in particular because the demands of the customers have been rising. In the era of the internet we are used to having access to information everywhere and in a short time, and these requirements also apply to the short-term archive.

Yet saving information on a data carrier and keeping it in store for the next decades is not enough – the long-term archive necessitates care and maintenance to preserve its function. The life expectancy of a data carrier depends on the material, the technology used for storing as well as the storing conditions.

So every data carrier has an expiry date; but also the devices for reading the information suffer in the course of time. This is no problem at all in case of a current, well- established technology for which devices and spare parts are commercially available. However, if the storage system is obsolete, the availability may not be guaranteed any more.

This thesis focuses on the relevant aspects of the topic 'radio archive' and shows possible trends for the future.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis **1**

1. Einleitung **3**
1. 1. Forschungsgegenstand 3
1. 2. Forschungsproblem 5
1. 3. Forschungsmethode 7

2. Problemstellung **8**
2. 1. Wissenschaftliche Fragestellung 8
2. 2. Hypothese 8
2. 3. Forschungsfragen 8

3. Radiogeschichte **10**
3. 1. Technische Vorraussetzungen 10
3. 2. Rundfunk in Österreich 12
3. 2. 1. Zwischenkriegszeit 12
3. 2. 2. Radio im Ständestaat 1934 -1938 13
3. 2. 3. Radio zur NS –Zeit und im 2. Weltkrieg 14
3. 2. 4. Besatzungsrundfunk 1945 – 1954 15
3. 2. 5. Rundfunkvolksbegehren 1964 16
3. 2. 6. Duales Rundfunksystem 1998 19
3. 2. 7. Radiolandschaft heute 20
3. 2. 8. Zukunftsaussichten des Hörfunks – Digitales Radio 22

4. Audiospeicherung **26**
4. 1. Analoge Audiotechnik 26
4. 2. Digitale Audiotechnik 28
4. 2. 1. Analog/Digital Wandlung 29
4. 3. Speicherformate 32
4. 3. 1. PCM 33
4. 3. 2. CD-DA – Format der Audio-CD 33
4. 3. 3. MUSICAM® (MPEG -1 Layer 2) 34
4. 3. 4. MP3 (MPEG-1 Layer 3) 36
4. 3. 5. ATRAC (Adaptive Transform Acoustic Coding) 37
4. 3. 6. Dolby Digital 37
4. 3. Analog versus digitaler Audiotechnik 37
4. 3. 1. Pro Digital 37
4. 3. 2. Pro Analog 37

5. Speichermedien **37**
5. 1. Schallplatte 37
5. 1. 1. Aufzeichnung, Wiedergabe 37
5. 1. 2. Vor- und Nachteile 37
5. 1. 3. Haltbarkeit 37
5. 2. analoges Tonband 37
5. 2. 1. Aufzeichnung, Lesevorgang 37
5. 2. 2. Vor- und Nachteile 37
5. 2. 3. Haltbarkeit 37
5. 2. 4. Compact Cassette 37
5. 3. Festplatte 37
5. 3. 1. Aufzeichnung und Lesevorgang 37
5. 3. 2. Vor- und Nachteile 37
5. 3. 3. Haltbarkeit 37
5. 4. CD 37
5. 4. 1. Aufzeichnungsverfahren 37
5. 4. 1. 1. beschriebene CD (Audio CD, CD-ROM) 37
5. 4. 1. 2. beschreibbare CD (CD-R) 37
5. 4. 1. 3. wiederbeschreibbare CD (CD-RW 37
5. 4. 2. Vor- und Nachteile 37
5. 4. 3. Haltbarkeit 37

5. 5. DAT 37
5. 5. 1. Aufzeichnung/Wiedergabe 37
5. 5. 2. Vor- und Nachteile 37
5. 5. 3. Haltbarkeit 37
5. 6. MiniDisc 37
5. 6. 1. Aufzeichnung-/Lesevorgang 37
5. 6. 2. Vor- und Nachteile 37
5. 6. 3. Haltbarkeit 37
5. 7. Flash Speicher 37
5. 7. 1. Aufzeichnung/Wiedergabe 37
5. 7. 2. Vor- und Nachteile 37
5. 7. 3. Haltbarkeit 37
5. 7. 4. Compact Flash 37
5. 7. 5. SD-Karte 37
5. 8. Archiv- und Produktionsmedien im Lauf der Zeit 37
6. Langzeitarchivierung 37
6. 1. Probleme der Langzeitarchivierung 37
6. 1. 1. begrenzte Haltbarkeit der Datenträger 37
6. 1. 2. begrenzte Haltbarkeit der Lesegeräte 37
6. 1. 3. Speicherformate 37
6. 1. 4. Metadaten 37
6. 2. Lösungsansätze gegen Datenverlust 37
6. 2. 1. Aufbewahren der veralteten Lesegeräte 37
6. 2. 2. Umkopieren 37
6. 2. 3. Standardisierte Dateiformate 37
6. 2. 4. Migration 37
6. 2. 5. Emulation 37
6. 2. 6. Restauration von altem Tonmaterial 37
7. Das Archivsystem im ORF Landesstudio NÖ 37
7. 1. Allgemeines zum Archiv 37
7. 2. Die geschichtliche Entwicklung im Tonarchiv des Landsstudio NÖ 37
7. 3. Das Tonarchiv des Landestudio NÖ heute 37
7. 3. 1. Kurzzeitiges Archiv: 37
7. 3 .2. Langfristiges Archiv: 37
7. 3. 3. Musikarchiv 37
7. 4. Die Softwareprogramme des Landesstudio NÖ 37
7. 4. 1. Radiomax 37
7. 4. 1. 1. Sendungsabwicklung 37
7. 4. 1. 2. Programmplanung, -koordination 37
7. 4. 1. 3. Datenmanagement/Metadaten 37
7. 4. 2. Digas Database Manager 37
7. 4. 2. 1. Datenmanagement/Metadaten 37
7. 4. 2. 2. Produktion, Schnitt und Bearbeitung von Tonmaterial 37
7. 4. 2. 3. Archivierung 37
7. 4. 3. Digas Cartwall 37
7. 4. 4. Powergold 37
7. 4. 5. Notfallszenarien 37
7. 5. Die vollständige Digitalisierung der ORF Tonarchive 37
7. 5. 1. Digitalisierung im Landesstudio NÖ 37
7. 5. 2. Quervergleich zur Digitalisierung im Funkhaus Argentinierstraße 37
7. 6. Ausblick auf das Archiv in 20 Jahren 37
8. Literatur- und Abbildungsverzeichnis 37

1. Einleitung

1. 1. Forschungsgegenstand

Ein großes, umfangreiches Tonarchiv, wie das des Landesstudio Niederösterreich, hat eine bedeutungsvolle Aufgabe: Es verwaltet und konserviert schließlich seit Generationen unschätzbares Kulturgut, um es auch für die Nachwelt zu erhalten.
Über die acht Jahrzehnte, die es Radio in Österreich gibt, sind verschiedene Technologien der Tonaufzeichnung im ORF zum Einsatz gekommen. Erst im analogen und dann im digitalen Bereich wurden verschiedene Technologien eingesetzt, um Ton in verbesserter Form zu speichern, veraltete Systeme wurden mit der Zeit vollständig ersetzt. Was übrig bleibt, ist eine Vielzahl an veralteten Datenträgern und deren Abspielsystemen, die in mehreren Lagerräumen eine stattliche Menge an Platz für sich beanspruchen.
Doch auch die beste Lagerung ist keine endgültige Lösung für die tausenden archivierten Tonbänder und Schallplatten in den ORF Archiven. Denn die konservierte Information auf Speichermedien hat ein Ablaufdatum - abhängig von Umwelteinflüssen, Abnützung und Beschädigung. Auch die verwendeten Materialien und Speicherverfahren haben Einfluss auf die Lebensdauer eines Speichermediums. Bei modernen Datenträgern, wie der CD, hat man noch keine Erfahrungswerte, ob die Daten in 30, 40 oder sogar 100 Jahre halten, dieses Alter hat die silberne Scheibe ganz einfach noch nicht erreicht. Man kann die Haltbarkeit nur durch Tests und Alterungssimulationen schätzen.

Eine Gefahr für die Archivbestände stellt aber nicht nur die begrenzte Haltbarkeit der Datenträger dar: Auch die Lesegeräte unterliegen dem Alterungsprozess und Verschleiß. Wenn ein Speichersystem, wie zum Beispiel das Digital Audio Tape, für den professionellen Einsatz nicht mehr gebräuchlich ist, wird es schwierig, dafür Abspielgeräte zu beschaffen. Die Produktion der Geräte und deren Ersatzteile sind nach einer gewissen Zeit für die Hersteller nicht mehr rentabel und werden eingestellt – und ohne Lesegerät ist auch die gespeicherte Information unbrauchbar.

Das Zeitalter der Digitalisierung könnte nun die Lösung für diese Probleme bringen, indem es die veralteten und nicht mehr gebräuchlichen Speichermedien endgültig aus dem Funkhaus verbannt. Obwohl es die digitale Tonstudiotechnik schon seit den Zwanzigern

des 20. Jahrhunderts (vgl. [2]) gibt[1], ist es erst jetzt wirtschaftlich möglich, den erforderlichen Computerspeicherplatz anzuschaffen. Audiodateien in angemessener Qualität zu speichern braucht große Mengen an digitalem Speicherplatz und dieser war bis vor wenigen Jahren zu kostspielig. Der Preisverfall auf diesem Gebiet macht es möglich, dass das Projekt Digitalisierung im ORF nun finanzierbar ist.
Einmal auf Festplatte digitalisiert und die Information kann schnell, bequem und verlustfrei kopiert werden. Im Gegensatz zu anderen Tonspeicherverfahren braucht man kein Speichermedium inklusive Abspielsystem. Verläuft die gesamte Produktionskette digital, können die Arbeitsschritte im Archiv automatisiert werden und sind somit weniger arbeitsintensiv. Das Digitalisieren von analogen Speichermedien dagegen ist ein für mehrere Jahre geplantes Projekt im umfangreichsten Hörfunkarchiv im Funkhaus Wien Argentinierstraße. Dies liegt zuallererst an der enormen Menge an Tonbändern und Schallplatten, die sich beim ORF im Laufe der Jahrzehnte angesammelt haben und am Zeitaufwand, der für die Überspielung notwendig ist. Der Datenträger muss aus dem Archiv geholt, ins Abspielsystem eingelegt, in Echtzeit eingespielt und dann noch die relevanten Informationen eingegeben werden, um ihn für weitere Jahrzehnte haltbar zu machen.

Erster Teil der Arbeit ist die geschichtliche Entwicklung des Rundfunks, angefangen mit Experimenten zur drahtlosen Übertragung von Signalen bis hin zum modernen Begleitmedium und Informationsquelle für alle Bevölkerungsschichten und -gruppen. Danach werden Grundlagen der analogen und digitalen Tonstudiotechnik beschrieben und die für das Landesstudio relevanten Speicherformate. Im nächsten Kapitel werden die Speicherverfahren, die für die Audiotechnik relevant sind, sowie Aufbau, Schreib- und Lesevorgang der Speichermedien, die im Landesstudio Einsatz gefunden haben, vorgestellt.

[1] P.M. Rainey von Western Electric erhielt 1926 das erste Patent für ein PCM-Verfahren.

Hauptgegenstand dieser Arbeit ist, die verschiedenen Gefahren, die den Verlust von Archivmaterial bedeuten können aufzuzeigen sowie Grundsätze der Langzeitarchivierung und Lösungsansätze vorzustellen. Es soll dargestellt werden, wie das Archiv im Landesstudio Niederösterreich ihre Bestände verwaltet und langfristig erhält. Der ORF ist sich über die Bedeutung der Langzeitsicherung bewusst und führt Projekte durch, um historisches Tonmaterial länger als die physische Lebensdauer des Speichermediums zu erhalten. Das aktuellste Projekt zu diesem Zweck, die Digitalisierung der analogen Tonbänder soll ebenso festgehalten werden, wie zukünftige Entwicklungen und Umstellungen, die im Landesstudio NÖ in Planung sind.

1. 2. Forschungsproblem

Die Speichertechnologien der heutigen Zeit sind kompakt, effektiv und bequem – aber alles andere als langlebig. Keilschriften auf Tontafeln sind nach Jahrtausenden noch erhalten und lesbar, auch Bücher können bei guter Lagerung ohne Probleme hunderte Jahre erhalten bleiben. Ob die geistigen und kulturellen Errungenschaften unseres Zeitalters so lange überdauern werden, ist ungewiss. Schließlich weisen moderne Speichermedien, wie schon erwähnt, eine vergleichsweise kurze Haltbarkeit auf.
Ein weiteres Problem ist die Quantität an Daten: In der heutigen Zeit werden Massen an Information erzeugt, allein das Internet beherbergt nach Schätzungen etwa zehn Exabyte[2] an Information. Auch wenn man sicher nicht alles, was in diesem Medium veröffentlicht wird, als archivierungswürdig bezeichnen kann, wenn Geschichtsforscher in tausenden Jahren versuchen, das Leben in der heutigen Zeit nachzuvollziehen, spielt das Internet mit Sicherheit eine große Rolle.

In der Langzeitarchivierung geht es aber nicht nur um Erhalt unserer kulturellen Dokumente. Für Unternehmen kann der Verlust von digitaler Information einen enormen wirtschaftlichen Schaden anrichten. Ross King, operativer Leiter des Studios Digital Memory Engineering der Research Studios Austria, schätzt, dass „in Europa jährlich mindestens zwei Millionen wertvolle Dokumente im Wert von sechs Millionen Euro verlorengehen“. (zit.n. Kirchmayr, 2007, S. 42)

[2] Die Gesamtdatenmenge des Internets ist nur schwer erfassbar, nach einer Studie von Google waren es 2004 etwa fünf Exabytes, ein Exabyte entspricht 2^{60} Byte also einer Trillion Byte. Monatlich kommen mehr als 20 Terabyte an Daten hinzu (vgl. [3])

Die verheerende Wirkung von digitalem Datenverlust kann auch eine angesehene Institution wie die NASA zu spüren bekommen. Daten über den Planet Saturn, die von der Raumsonde „Pioneer“ im Jahre 1979 gesammelt und an die Weltraumbehörde übertragen wurden, konnten bereits 1994 nicht mehr gelesen werden. Und das, obwohl sie auf vier verschiedenen Datenträgern archiviert wurden: 9-Spur-Magnetband, 7-Spur-Magnetband, Lochstreifen und Lochkarte. Die Lesegeräte waren einfach nicht mehr vorhanden (vgl. Stoll, 1996, S. 263). Der Astronom und Spezialist für Computersicherheit Clifford Stoll kommt deshalb in seinem Buch „Die Wüste Internet. Geisterfahrten auf der Datenautobahn“ daher zu dem Schluss, dass elektronische Medien gar nicht archivierbar sind.

Auch als Privatperson ist man vielleicht schon über das Phänomen gestoßen. Vor zehn Jahren war es üblich, Computerdateien auf dem PC zu Hause auf 3,5´´ Disketten zu speichern. War ein entsprechendes Laufwerk noch bis vor wenigen Jahren noch standardmäßig in einem handelsüblichen Rechner eingebaut, ist es heutzutage nicht mehr selbstverständlich. Auch wenn man die Hardware aufgehoben und sie noch funktionstüchtig ist, oder sich ein neues, zum Beispiel externes USB-Laufwerk zulegt, kann es aber noch sein, dass das alte Datenformat von den Programmen eines modernen Rechners nicht mehr unterstützt wird – die Information ist damit nicht mehr zugänglich.

Das Problem der Flüchtigkeit von digitaler Information beschäftigt auch EU, UNESCO und einige Regierungen, aber natürlich sind auch verhältnismäßig kleine Archive, wie das Hörfunkarchiv des Landesstudios NÖ davon betroffen. Wichtiges Kulturgut wie einzigartige Aufzeichnungen von klassischen Konzerten und anderen historischen Aufnahmen werden von den ORF Archiven mit öffentlich-rechtlichem Auftrag aufbewahrt und gelten aufgrund nationalen Interesses als erhaltungswürdig.
Um diesen Auftrag zu erfüllen, wird zurzeit gerade der gesamte Bestand an Tonbändern in den Studios des ORF digitalisiert und auf mehreren Servern gespeichert. Das auf mehrere Jahre angelegte Projekt ist schon fast ein Wettlauf gegen die Zeit – wenn es abgeschlossen ist, könnte diese Art zu Speichern schon wieder obsolet sein. Grund dafür ist, dass die Entwicklung neuer Technologien zur Konservierung von digitaler Information nie zum Stillstand kommen wird. Daher ist die Digitalisierung von analogem Tonmaterial keine Endlösung, langfristige Archivierung ist vielmehr ein dynamischer Prozess.

Eine wirklich dauerhafte Archivierungsform für digitale Daten ist noch nicht in Sicht - und wird es auch nicht geben, wenn Clifford Stoll in Bezug auf elektronische Medien Recht behält. Ein schwerwiegendes Problem, wie der Archivexperte Christopher Seifried erkennt: „Wenn wir nicht bald ein geeignetes Speichermedium finden, wird das Informationszeitalter ohne Gedächtnis sein“ [vgl. 4]

1. 3. Forschungsmethode

Die Forschungsfragen sollen anhand von Fachliteratur, eigener Erfahrung aufgrund meiner Praxis im Landesstudio Niederösterreich als auch Interviews von Mitarbeitern des ORF (Gerald Kolbe und Alexander Katholitzky) beantwortet werden.

2. Problemstellung

2. 1. Wissenschaftliche Fragestellung

Wie bewahrt das Landestudio Niederösterreich seine essentiellen Audiodaten langfristig? Welche Methoden zur nachhaltigen Sicherung des Datenmaterials kommen dabei im Radioarchiv zum Einsatz?

2. 2. Hypothese

Es wird angenommen, dass nicht nur in der Vergangenheit, sondern auch in der Zukunft ein Rundfunkbetrieb nach einer gewissen Zeitspanne auf neue, verbesserte Systeme umstellen muss. Auch im Zeitalter der digitalen Speichermedien muss der Datenbestand eines Archivs neuen Umgebungen angepasst werden.

Es herrscht eine große Nachfrage an Speicherkapazität, das Gesamtdatenaufkommen der Welt hat mit dem Internet wohl eine noch nie dagewesene Größe erreicht. Um diese enorme Nachfrage an Speicherplatz auch im Consumerbereich, z.B. für private Internetseiten, die Musiksammlung zu Hause, die selbstgedrehten Urlaubsvideos usw. zu stillen, werden sicher neue Methoden zur digitalen Datenspeicherung auf den Markt kommen, die mit den aktuellen Speichertechnologien nicht zu erreichen sind..

2. 3. Forschungsfragen

- **Wie wird im ORF Landesstudio NÖ archiviert?**
  Von der Verwaltung der Rohaufnahmen bis hin zur Sicherung des Langzeitarchivs soll der Ablauf dokumentiert werden. Der Unterschied zwischen kurzfristigen und langfristigen Archiv wird in dieser Arbeit erklärt und die verwendeten Softwareprogramme zur Verwaltung und Archivierung von Audiomaterial beschrieben.

- **Welche Speicherverfahren werden verwendet, welche Speichermedien und wie lange sind diese haltbar?**
  Es soll aufgezeigt werden, welche Datenträger als Archiv- und Produktionsmedien im ORF Landesstudio NÖ bis heute Einsatz gefunden haben, was für Vor- und Nachteile diese haben und welche Bedeutung sie zum aktuellen Zeitpunkt im Radiobetrieb haben.

- **Was ist bei der Langzeitarchivierung zu beachten?**
  Lösungsansätze und Maßnahmen sollen vorgestellt werden, die eine nachhaltige, langfristige Archivierung gewährleisten.

- **Welche Vorteile bringt der Trend Digitalisierung im Rundfunk, speziell für das Archiv?**

- **Was wird sich beim Audioarchiv des Funkhauses und des Landesstudios in den nächsten 20 Jahren verändern?**
  Im Studio ist es längst verwirklicht, dass der gesamte Sendungsablauf digital abläuft und nur in Ausnahmenfällen auf konventionelle Datenträger wie eine Audio-CD „on Air“ geht. Dennoch immer nehmen konventionelle Datenträgern in den Hörfunkarchiven sehr viel Platz ein. Wann kann auch in diesem Bereich mit einer vollständigen Digitalisierung und serverbasierten Speicherung gerechnet werden, welche Möglichkeiten und Gefahren bringt diese Entwicklung mit sich?

3. Radiogeschichte

3. 1. Technische Vorraussetzungen

Seit Anbeginn besteht der Wunsch des Menschen, Ton und Musik zu speichern und so einen Teil unseres Kulturguts zu konservieren. Die erste bekannte Notenschrift entstand im 3. Jhdt. in Anlehnung an die Schreibschrift. Den Schriftzeichen wurden musikalische Interpretationen hinzugefügt. Ab dem 9. Jhdt. Wurden für christliche Kirchengesänge lateinische Neumen verwendet, die aber eher als Gedächtnisstütze dienten. Ein Jahrhundert später entwickelte sich daraus eine nachvollziehbare Notenschrift, doch die Verbreitung war nur im geringen Maße möglich. Bevor Gutenberg im 15. Jahrhundert die Druckmaschine mit beweglichen Lettern erfand, konnten diese nur durch Abschreiben vervielfältigt werden. Die ersten Maschinen zum Abspielen von Musik fanden in den Niederlanden im 14. Jhdt. bei Glockenspielen in Kirch- und Wachtürmen Verwendung. (vgl. Panek, 2005, S. 9)

Noch bevor man überhaupt daran dachte, Musik oder Sprache über weite Distanzen zu übertragen, wurde zunächst nach einem Weg gesucht, Schallwellen aufzuzeichnen. Die ersten Tonaufzeichnungsverfahren waren mechanisch, das heißt der Schall wird in Form von modulierten Rillen auf Walzen, Platten oder Bändern aufgezeichnet und mechanisch mittels einer Nadel abgetastet. Bereits 1770 war konservierte Melodie für jedermann in Spieldosen erhältlich. Thomas Edison erfand 1877 den Zinnfolienphonographen, bei der eine Walze als Speichermedium diente. Das abgetastete Signal wurde von einem großen Trichter verstärkt.

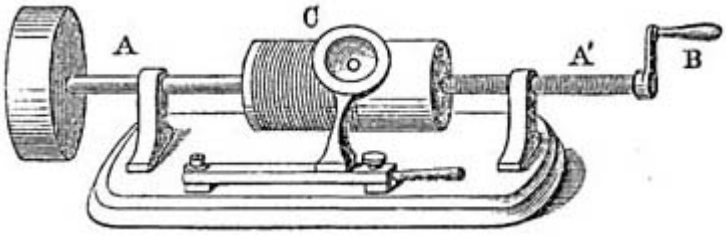


Abb.3.1: Zinnfolienphonograph von Edison

Der erste Schritt für die drahtlose Übertragung wurde dann durch die Wellentherorie von James Clerk Maxwell und deren Bestätigung in einem Experiment von Heinrich Hertz gesetzt. Der deutsche Physiker bewies, dass sich die nach ihm benannten elektromagnetische Wellen in Art und Geschwindigkeit wie Lichtwellen verhalten. (vgl. Dussel, 2004, S. 20) Nikola Tesla schaffte die technischen Grundlagen des Rundfunks und konstruierte eine funktionstüchtige Anlage. Er gilt als Erfinder des Radios und meldete es nachweislich als erster als Patent an. Auch Guglielmo Marconi wird gelegentlich die Erfindung des Radios zugeschrieben. Er schaffte es als nächstes, Systeme zu bauen, und diese auch kommerziell zu nutzen. [5]
Nach vielen Experimenten mit elektromagnetischen Wellen wurde 1899 den Ärmelkanal, eine Distanz von 46 km, überbrückt und 2 Jahre später gelang eine transatlantische Funkübertragung. (vgl. [6]) Weltweit der erste, der seine Stimme erfolgreich drahtlos übertragen hat, war der österreichische Universitätsprofessor Otto Nußbaumer. 1904 gelang ihm der historische Versuch am Physikalischen Institut in Graz, bei dem er unter anderem die steirische Nationalhymne sang. (vgl. Treiber, 2004, S. 13)

Im Gegensatz zu Österreich, wo bis vor einem Jahrzehnt der Rundfunk ein Monopol des Staates darstellte, wurde die Entwicklung des Radios in den USA eher von wirtschaftlichen Unternehmen bestimmt. Bis 1912 der Radio Act beschlossen wurde, gab es keine gesetzlichen Restriktionen für Funksender. Ab 1904 war entsprechendes Bastelmaterial für Radioamateure erhältlich und jeder der wollte, konnte einen Sender aufstellen. Erst als die Amateurfunker die Kommunikation im Schiffsverkehr störten, musste man sich zu diesem Zweck um eine Sendebewilligung bemühen. Erst als die USA 1917 in den Krieg eintraten, war es Privatleuten nicht mehr gestattet, zu funken. Die Entwicklung für drahtlosen Funk beschränkte sich auf militärische Zwecke für die Navy.
1919 wurde das Verbot für zivilen Funk aufgehoben und das Wirtschaftsministerium vergab wieder Lizenzen zum Senden. Ab diesem Zeitpunkt wurden in unregelmäßigen Abständen Musikbeiträge, Footballspiele oder Boxkämpfe gefunkt und ein Jahr später nahm in den USA die erste kommerzielle Radiostation ihren Betrieb auf. [6]

3. 2. Rundfunk in Österreich

3. 2. 1. Zwischenkriegszeit

Bereits 1920 dachte der Wiener Jurist Oskar Czeija daran, eine Rundfunkstation zu gründen und entwarf das Konzept des Monopolrundfunks, der Nachrichten und Musik übertragen soll. Bundeskanzler Ignaz Seipel begrüßte diesen Vorschlag und erteilte die Konzession zur Gründung der Österreichischen Radio-Verkehrs AG (RAVAG) mit Czeija als Generaldirektor.

Am 1. Oktober 1924 wurde die erste Sendung vom Dachgeschoss des Heeresministeriums ausgestrahlt, 11 000 Haushalte hatten zu dem Zeitpunkt eine Empfangslizenz, drei Monate später war die Zahl auf 94 000 gestiegen. (vgl. [7] u. [8])
Die RAVAG hatte kein durchgängiges Programm, sondern sendete anfangs nur wenige Stunden täglich Musik, Unterhaltung und Bildungssendungen. Zum Programm meinte Programmdirektor Czeija:

> „Der österreichische Rundfunk hat eine dreifache Aufgabe, nämlich zu bilden und zu belehren, ferner zu unterhalten und schließlich für das geistige und kulturelle Niveau Österreichs und seiner Bewohner im Auslande eine wirksame Propaganda zu machen."
> (zit. n. Koboltschnig, 1993, S. 60)

Neben Musik wurden auch Informationsbeiträge zum Thema Sport, Tourismus oder „Erste Hilfe bei Unfällen" übertragen, politische und religiöse Themen wurden vermieden.
Bei Meinungsumfragen stellten sich die Abendstunden als beliebteste Zeit zum Radiohören heraus, ganz im Gegensatz zu heute. (vgl. Treiber, 2004, S. 36-34)

Der christlich soziale Einfluss war von Anfang an bei der RAVAG vorherrschend, was politische Konflikte mit den Sozialdemokraten mit sich brachte. Das staatliche Monopol wurde dadurch begünstigt, dass man für den Rundfunkbetrieb hohe finanzielle Mittel aufbringen musste und eine Lizenz von der Postbehörde benötigte.
Bereits im März 1924 wurde von Mitgliedern der sozialdemokratischen Partei der freie Radiobund gegründet. Anfangs war er noch eine Organisation für Bastler, für die im Vordergrund etwas zu hören und zu empfangen stand. Und dementsprechend auch die

Forderungen, wie Freiheit für die Herstellung von Empfangsapparaten, kein Monopol für eine Produktionsfirma, freier Verkauf von Radiobestandteilen und Möglichkeit des Selbstbaues von Apparaten. Der Radiobund forderte weiters keine Einschränkung auf den Empfang von bestimmten Wellenlängen und keine Sperre des Auslandsempfanges.
1927 wurde der Freie Radiobund in Arbeiter Radiobund Österreichs (ARABÖ) umbenannt. Finanziell von der Arbeiterkammer und Arbeiterbank unterstützt war es möglich, ein gut ausgebautes Sendenetz über alle Bundesländer zu installieren. Ab 1928 übertrug ein regelmäßiger, geheimer Sendedienst zweimal die Woche drei Stunden Programm. Ende 1931 war die Mitgliederzahl auf 18 000 angewachsen. (vgl. [9])

3. 2. 2. Radio im Ständestaat 1934 -1938

Ab Februar 1933 regierte das katholisch-konservative Lager unter Bundeskanzler Engelbert Dollfuß. Im austrofaschistischen Ständestaat wurden Anhänger der sozialdemokratischen Partei und der der NSDAP verfolgt und die Parteien verboten - der Rundfunk wurde ganzoffensichtlich zum Instrument der Politik. (vgl. [9])
Oskar Czeija blieb bis zum „Anschluss“ 1938 Generaldirektor der RAVAG und begrüßte diese Entwicklung:

> „Der Rundfunk hat eine neue Aufgabe übernommen, nämlich die Aufgabe, das gesamte Volk in einheitlicher Willensbildung zusammenzufassen.“
> (zit. n. Ergert 1974, S 134)

Das Radio mit seinem „vaterländischen“ Programm fand aber nur begrenzt Anklang bei den Hörern, dies führte zur Abmeldung von mehr als 60 000 Radioabonnenten. Am Putschversuch am 25. Juli 1934 sieht man, was für eine große Rolle dem Rundfunk beigemessen wurde. Putschisten stürmten nicht nur das Bundeskanzleramt und erschossen Bundeskanzler Dollfuss, auch das Rundfunkgebäude der RAVAG wurde von 14 nationalsozialistischen Putschisten besetzt um Falschmeldungen zu verbreiten.
(vgl. Treiber, 2004, S. 41)

3. 2. 3. Radio zur NS –Zeit und im 2. Weltkrieg

Am 9. März 1938 kündigte Dollfuss' Nachfolger Schuschnigg im Radio eine Volksabstimmung über den „Anschluss" an das deutsche Reich an, bereits einen Tag später marschierten Hitlers Truppen an der Grenze Österreichs auf. Der letzte Tag, an dem die RAVAG sendete, war der 11. März 1938: Aufgrund des militärischen Drucks seitens der deutschen Wehrmacht erklärt Dollfuss Nachfolger Schuschnigg in den Abendstunden seinen Rücktritt. Am nächsten Morgen war der Rundfunk schon in nationalsozialistischer Hand und wurde als „Reichssender Wien" von Berlin aus zentral gesteuert. Das Programm war dem Reichministerium für Volksaufklärung und Propaganda von Joseph Goebbels unterstellt. (vgl. Treiber, 2004, S. 43)

Das Programm des Reichssenders Wien hatte einen Musikanteil von 87 Prozent und bestand nur zu 13 Prozent aus Wortsendungen. Von den 2 Stunden Wortanteil fiel eine Hälfte auf Nachrichten, die aus Berlin geliefert wurden. Lokalnachrichten bekamen wenig Sendezeit, der überwiegende Rest bestand aus Zeitfunk, Literatur und Vorträge. Das eher seichte Musikprogramm war bunt gemischt aus deutschem Schlager, Operetten und Klassik. (vgl. Treiber, 2004, S. 44)

Das Programm war propagandistisch, das Radio sollte vor allem weltanschauliche Erziehungsarbeit leisten. Groß inszeniert wurden dafür Übertragungen von Führer-Reden, Parteitagen und anderen NS-Veranstaltungen, für die sogar längere Mittagspausen angeordnet würden. Das Abhören von anderen Sendern wurde mit schweren Gefängnis und Todesstrafen bedroht. Die Nationalsozialisten wollen verhindern, dass die Informationen über Kriegsverlauf und Kriegsgräuel die Bevölkerung die Glaubwürdigkeit eines Verteidigungskriegs anzweifeln könnte. Der deutsche Kleinempfänger war technisch darauf beschränkt nur den Reichssender zu empfangen.

Das Radio schaffte es zu dieser Zeit endgültig sich zu einem Massenmedium zu etablieren, 620 000 registrierte Teilnehmer waren es laut der Zeitschrift „Radio Wien" kurz vor dem Anschluss, das entspricht einem Drittel der österreichischen Haushalte. Kurz vor und während des Naziregimes wurden Geräte verschenkt, Gebührenbefreiung aus sozialen

Gründen war möglich und die Empfangsgeräte günstiger. Diese Maßnahmen führten bis 1939 zu einer Steigerung der Hörerschaft um 27 %. (vgl. Treiber, 2004, S. 43-44)

Das Radioprogramm wurde nach Beginn des Zweiten Weltkriegs umgestellt und der Musikanteil noch weiter erhöht. Der Wortanteil war mehrheitlich Einheitsprogramm aus Berlin wie Nachrichten, Frontberichte und militärische Kommentare. Goebbels bemerkte 1941:

> „Gute Laune ist kriegswichtig."
> (zit. n. Daser, 2001, S. 72)

Das Volk sollte durch das seichte Radioprogramm abgelenkt und zum Durchhalten motiviert werden. Das Interesse an den Radiosendungen stieg auch nach Kriegsbeginn erheblich. Die ausgestrahlten Informationen konnten plötzlich lebenswichtig sein, wenn es um Sondermeldungen und Luftwarnungen ging. Ab März 1944 wurden stündlich Luftlagemeldungen übermittelt. (vgl. [9])

3. 2. 4. Besatzungsrundfunk 1945 – 1954

Im Jänner 1945 beginnen die Bombardierungen auf das Funkhaus in Wien, die erste Schäden verursachen, einen Monat später wird der Hörspieltrakt durch Fliegerbomben zerstört. Am 6. April geht die letzte Sendung über den Äther und eine Woche später wird der Sender am Bisamberg von deutschen Truppen durch Sprengung unbrauchbar gemacht. In Wien marschieren die russischen Truppen ein.
Ende April wird mit dem Neuaufbau des Funkhauses begonnen. Das Radio übernahm in dieser Zeit eine wichtige Funktion: es half bei der Suche nach Angehörigen, die nach dem Krieg vermisst wurden.
Nach Ende des Krieges hatten die Besatzungsmächte großen Einfluss auf den Rundfunk. Auch über die von den Alliierten aufgeteilten Radiostationen wurde das Medium bewusst zu Propagandazwecken genutzt.

- **Radio Wien** lag in der russischen Zone, war aber kein Besatzungssender. zu hören in NÖ, BGL und Wien.
  Anfangs war der Einfluss der Sowjets gering, ihr Beitrag bestand in der Russischen Stunde, die sich mehrmals wöchentlich mit österreichischen Themen beschäftigte. Alle Beiträge mussten vor der Ausstrahlung zur Zensur vorgelegt werden, bis auf die des Aktuellen Dienstes. Für diese musste dann am nächsten Morgen in schriftlicher Form Rechenschaft abgelegt werden.
  Infolge der Intensivierung des kalten Krieges wurde der Druck größer und der Einfluss der Russen stärker.
- Der Militärsender „**Blue Danube Network**“ wurde in Englisch übertragen und fand besonders bei der Jugend mit Schlager und Jazzmusik Anklang,
- Die Amerikaner nahmen Einfluss auf den Sender „**Radio Rot-Weiß-Rot**“ in Salzburg, Linz und Wien.
- Verantwortlich für die „**Sendergruppe Alpenland**“ war die britische Besatzung und übertrug in Steiermark und Kärnten.
- Französische Besatzungsmacht war zuständig für die "**Sendergruppe West**" in Vorarlberg und Tirol, hielt sich aber bei der Einflussnahme stark zurück. (vgl. [9])

Im November 1945 wurde von den Rundfunksendern erstmals eine gemeinsame Sendung ausgestrahlt, die „Stunde der Alliierten“. Ab 1954 gab es wieder einen in allen Teilen Österreichs empfangbaren Radiosender, als „Radio Österreich“ seinen Sendebetrieb aufnahm.
1955 wird nach jahrelangen Verhandlungen der Staatsvertrag verwirklicht. Am 15. Mai verfolgen Millionen Menschen via Radio die Unterzeichnung des Staatsvertrages aus dem Großen Marmorsaal des Schloss Belvedere. Ende des Sommers ziehen sich dann die Besatzungsmächte aus dem unabhängigen, neutralen Land zurück.

3. 2. 5. Rundfunkvolksbegehren 1964

Ende der 50er Jahre bis Anfang der 60er übten die Koalitionsparteien ÖVP und SPÖ großen Einfluss auf das Rundfunkprogramm aus - ein freier Journalismus war unter diesen Umständen kaum möglich. Beide Parteien wollten das Radio als politisches Sprachrohr nützen, deshalb musste der Hörer täglich 25 Minuten politische Werbung in Form von Parlamentsübertragungen und politische Sendungen verkraften. (vgl. [9]) 1963 wurde

dieser Proporz in einem Geheimabkommen auch schriftlich festgelegt, jede leitende Position im Rundfunk muss doppelt besetzt werden, ein Leiter von der einen Partei und ein Stellvertreter von der anderen. (vgl. Treiber, 2004, S. 65)

Anfang der 60er machten vor allem die Zeitungen auf dieses Problem aufmerksam und forderten einen unabhängigen, freien Rundfunk. Hugo Portisch, Chefredakteur des Kurier startete auf eigene Faust eine Unterschriftenaktion in der Zeitung, und bekam Zustimmung in Form massenweise unterschriebener Protestkarten. Die Politik zeigte sich zögerlich entgegenkommend und betraute ein Rundfunkkomitee mit der Ausarbeitung von Lösungsvorschlägen. Dieses konnte sich innerhalb der Frist jedoch untereinander nicht einigen. und so wurde das Eintragungsverfahren für das Volksbegehren von 7.-12. Oktober 1964 mit der Unterstützung 52 parteiunabhängiger Zeitungen und Zeitschriften festgelegt. Im Rundfunk durfte diese Information jedoch bei Androhung der Kündigung von keinem Mitarbeiter im Rundfunk erwähnt werden. Trotz dieser Maßnahme fand das erste Volksbegehren der zweiten Republik die Zustimmung von über 832 000 Österreichern. (vgl. Treiber, 2004, S. 65-69)

Auf Hinblick der Wahl 1966 versprach die ÖVP im Falle eines Sieges die Reform durchzuführen, was ihr die absolute Mehrheit brachte. Als unabhängiger Generalintendant wurde Gerd Bacher bestellt, der für die Durchführung der Reform zuständig war. Am 1. Oktober gab dieser die Neuerungen für einen unabhängigen Rundfunk bekannt. Die Programmstruktur sollte nach Vorbild der BBC verändert werden, die drei zur Verfügung stehenden Senderketten sollten auf differenzierten Radioformaten aufgeteilt werden.

- **Österreich 1 (Ö1)**
  Als Sender für ernste Musik und Kultur sollte erwartet die Hörerschaft von Ö1 zeitgenössische Darbietungen, mit Fokus auf heimische Künstler, aber auch Themen aus Wissenschaft, Literatur, Religion und Politik sollen behandelt werden. Die täglichen unabhängigen Informationssendungen sollten eine neue journalistische Qualität an den Tag legen.
- **Österreich Regional (Ö2)**
  Ein Unikum in Europa stellte damals das Regionalradio dar, das jedes einzelne Bundesland mit lokalen Beiträgen wie Rundschau und Sport sowie volkstümlicher Musik versorgen sollte. Gerd Bacher meinte zu dem Vorhaben: „Das Programm Österreich Regional hat als Hauptauftrag die Reflexion des Bundeslandes, die Wiedergabe der österreichischen Vielfalt und die Pflege der bodenständigen, konservativen Unterhaltung.“ (zit. n. [10])
- **Österreich 3 (Ö3)**
  Das erste großflächige Formatradio in Österreich begann seine Erfolgsgeschichte auch 1967, anfangs gab es keine genau eingegrenzte Zielgruppe. Frech aber kompetent wurden satirische Beiträge in Literatur- und Unterhaltungssendung präsentiert sowie Gospelmusik und Kurzbetrachtungen. Damals wie heute findet Ö3 vor allem bei der Jugend Anklang. (vgl. Treiber, 2004, S. 71-75)

1974 wird im Bundes-Verfassungsgesetz über die Unabhängigkeit des Rundfunks beschlossen, indem auch das Regionalprogramm gesetzlich festgehalten wird.

> „Eines der Programme des Hörfunks ist ein Regionalprogramm, das von den Länderstudios gestaltet wird. In den Programmen des Fernsehens sind die Interessen der Länder zu berücksichtigen. Die Beiträge werden von den Landesintendanten festgelegt.“
> (österreichisches Rundfunkgesetz, §3 Absatz 2)

Die Reform erfüllte ihren Zweck – die Mediaanalyse 1969 bestätigt den Erfolg in einer Zunahme von 500 000 Hörern innerhalb eines Jahres. Eine Befragung der Hörergewohnheiten wies den durchschnittlichen Österreicher als Frühaufsteher aus, das Programm der Landesstudios wurde den Gewohnheiten angepasst. Der Hauptauftrag des Regionalprogramms war verstärkte Lokalisierung, Aktualität und Publikumskontakt wurde gefördert. (vgl. Treiber, 2004, S. 79)

Das neue Regionalradio startete 1981 mit täglich neun Stunden lokalen Hörfunkprogramm im Tagesdurchschnitt, gemeinsam wurde der österreichweit empfangbare Sender Österreich Regional produziert.. Die Radioanalyse von 1981 gibt eine durchschnittliche Tagesreichweite von 48 Prozent für das Lokalradio an, die Programmschwerpunkte liegen im Morgen- und Nachmittagsprogramm, um Hörergewohnheiten in der beliebtesten Hörerzeit zu entwickeln. (vgl. Treiber, 2004, S. 82)
Das Landesstudio Niederösterreich war bis in die späten 90er Jahre im Funkhaus Wien untergebracht und bekam als letztes einen Platz im eigenen Bundesland. Erst 1998 wurde das modernste Funkhaus im Regierungsviertel von St. Pölten fertig gestellt. Bereits drei Jahre später war der Platz zu knapp und es erfolgte der Zubau. (vgl. Treiber, 2004, S. 83)
Das vierte österreichweite Radioprogramm strahlte der ORF unter dem Namen Blue Danube Radio ab 1979 aus. Am 1. Februar 2000 wurde daraus der Jugendsender FM4. (vgl. [13])

3. 2. 6. Duales Rundfunksystem 1998

Für den Betrieb eines Privatradios fehlte in Österreich für lange Zeit die gesetzliche Grundlage. Es gab jedoch einige Sender, die aus dem Ausland schon Ende der 80er Jahre in den österreichischen Raum funkten. Im Raum Kärnten und Steiermark gab es Stationen wie Radio Uno, RMI Maribor und Radio Zirog. Den Osten versuchten Antenne Austria (ab 1989) und Radio CD (ab 1990) abzudecken. (vgl. [13])
1993 wird das öffentlich rechtliche Rundfunkmonopol aufgehoben, das Regionalradiogesetz beschlossen und damit das duale Rundfunksystem eingeführt. Der europäische Gerichtshof für Menschenrechte erkennt eine Verletzung der europäischen Menschenrechtskonvention: Das Rundfunkmonopol schränkt das Recht auf Verbreitung von Informationen und Ideen ein. (vgl. [12])

Die Regionalradiobehörde wird mit der Vergabe von zehn Radiolizenzen beauftragt, für die sich 154 Interessenten finden. (vgl. 11])

Der ORF steht heute in Konkurrenz zu über 60 anderen Radiostationen. Im Gegensatz zum öffentlichen Radio hat ein Privatradio ganz andere unternehmenspolitische Ziele, sie sind als wirtschaftliche Unternehmungen eher am Markt und Quote interessiert als an anspruchsvollem Programm. Der ORF ist nicht allein auf Werbeeinnahmen angewiesen, sondern wird auch über die Rundfunkgebühr finanziert. Als inhaltlicher Schwerpunkt hat er den öffentlichen Auftrag zu erfüllen um Objektivität, Ausgewogenheit und Unparteilichkeit der Berichterstattung zu gewährleisten. Als Kontrollorgan dient der Radio- und Fernsehrat.

3. 2. 7. Radiolandschaft heute

Laut dem halbjährlich erscheinenden Radiotest hört jeder Österreicher im Jahr 2006 über zehn Jahre durchschnittlich 201 Minuten am Tag Radio. Die meisten Zuhörer konsumieren das Programm in der früh von sieben bis acht und zur Mittagszeit. Zu jeder vollen Stunde gibt es auch kleine Spitzen was die Hörerschaft betrifft, bedingt durch die Nachrichtenjournale (vgl. [13]).

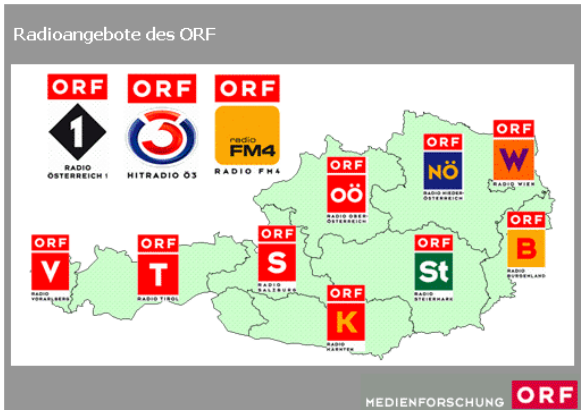


Abb. 3.2: Mit den drei bundesweit und neun regional empfangbaren Radioformaten decken die Angebote des ORF alle Bevölkerungsschichten ab

Eine klare Vormachtstellung haben die Produkte des ORF – vier von fünf gehörten Radiominuten kann der öffentlich rechtliche Rundfunk für sich verbuchen. In Zahlen bedeutet das einen Marktanteil von 79 % im 2. Halbjahr 2007 in der Zielgruppe 10+, alle 71 Privatradios zusammen kommen gerade mal auf 18 % in diesem Zeitraum (vgl. [14]).

Marktführer ist Ö3 mit 33 % Marktanteil, alle ORF Regionalradios kommen gesamt auf 37 %. Bei Ö1 und FM4 hält sich der Marktanteil relativ konstant bei 6 bzw. 3 Prozent gegenüber den Vorjahren (vgl. [15]). In der Tagesweite können aber beide Höchstwerte verbuchen: Im 2. Hj. 2004 verweilen 9,1 % bzw. 7,1 % aller Österreicher über zehn Jahren mindestens eine Viertel Stunde bei dem Kultur- bzw. Jugendsender (vgl. [14]).

In Niederösterreich liegt der Marktanteil der ORF-Radioprogramme bei den über 10-Jährigen etwas über dem bundesweiten Durchschnitt bei 84 %. Auf Radio Niederösterreich entfallen davon 28 %. Der größte Konkurrenzsender in der eher reiferen Zielgruppe Radio Arabella erreicht im 2. Hj. 2007 mit 6 % um ein Prozent weniger als im Vorjahr. (vgl. [16]).

Dieses Jahr (2008) feiert Privatradio in Österreich seinen zehnten Geburtstag, aber der ORF kann sich mit professioneller Moderation und fundiertem Musikwissen am Markt durchsetzen. Die jahrzehntelange Erfahrung und die Hörerbindung zu öffentlich-rechtlichen Programmen lässt den Kampf der Privatradios um Quoten wie einen Kampf gegen Windmühlen erscheinen.

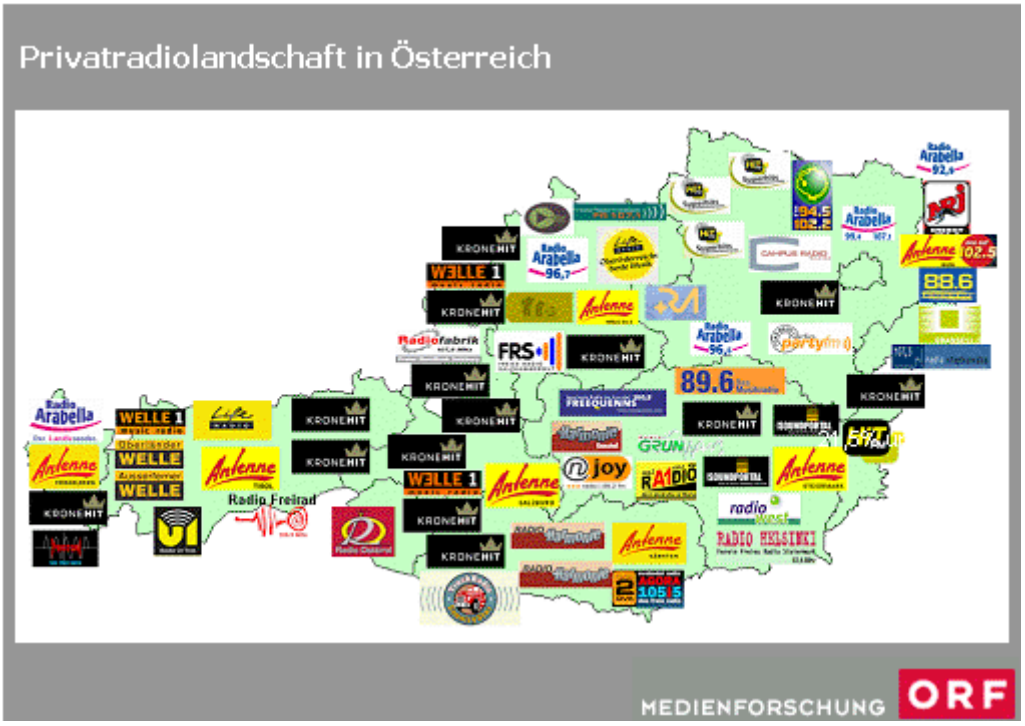


Abb. 3.3: Ein Großteil der Privatradios senden regional

3. 2. 8. Zukunftsaussichten des Hörfunks – Digitales Radio

Die Digitalisierung des Rundfunks hat längst begonnen. Die Digitalisierung bringt vor allem Vorteile in Programmvielfalt und Klangqualität. Schon seit mehreren Jahren kann man Radiosendungen via Satellit digital empfangen. Die Umstellung auf terrestrischen digitalen Fernsehempfang (DVB-T) wurde im Oktober 2006 begonnen, im März 2007 wurden im Westen des Landes die ersten analogen Sendeanlagen abgeschaltet, seit Oktober 2007 kann man auch in Wien Fernsehen nur mehr digital über die Antenne empfangen. In ländlichen Gebieten dauert die Umstellung DVB-T noch etwas länger (vgl. [18]).
Während der Parallelphase von analogem und digitalem terrestrischen Fernsehen steht für die digitale Ausstrahlung nur ein Übertragungskanal zur Verfügung, dem die Programme ORF 1, ORF 2 und ATV+ zu sehen sind – am anderen Kanal wird analog gesendet. Die Einstellung der analogen Aussendung in den Ballungszentren ermöglicht in diesen Regionen drei weitere TV-Programme digital zu empfangen. Zum heutigen Zeitpunkt (März 2008) kann man folgende sechs Fernsehsender über DVB-T empfangen: ORF 1, ORF 2, ATV+, Puls 4, 3 Sat und ORF Sport Plus. 32 Programmanbieter, jeweils 16 Radio- und 16 Fernsehsender, hatten Interesse an den neuen Sendeflächen, die die Österreichische Rundfunksender GmbH & Co KG (ORS)[3] verwaltet (vgl. [17]). Die ausgewählten Fernsehsender sollten einen hohen Anteil an Eigenproduktionen sowie in ihren Inhalten einen Bezug zu Österreich aufweisen.

Aufgrund der guten analogen Radioversorgung und den meist geräuschintensiven Nutzungsorten vom Radio, wie beispielsweise Auto und Küche, hat der durchschnittliche Österreicher kein Interesse an den Vorteilen des digitalen Radios, wie einer kristallklaren, rauschfreien Radiovielfalt. Eine Ausnahme findet man im klassischen Bereich: Wer sich ein Klassikkonzert im Radio über eine anständige Musikanlage hören will, wird mit den Ergebnissen im digitalen Radioempfang zufrieden sein.

[3] Die ORS ist eine Tochtergesellschaft des ORF und ist für den Betrieb und Instandhaltung des terrestrischen Sendenetzes und mit der digitalen Satellitenübertragung in ganz Österreich betraut.

Über Satellit und Kabel sind bereits viele Radioprogramme digital verfügbar. Testbetriebe für digitalen Rundfunkempfang auf mobilen Geräten (Handhelds) mittels DVB-H laufen bereits, bis zur Fußball Europameisterschaft 2008 spätestens wird sich dieser Standard vermutlich österreichweit durchgesetzt haben.

DVB-S

Der digitale Fernsehübertragungsstandard DVB-S bietet auch die Möglichkeit, Radioprogramme digital zu übertragen. Die Satellitenbetreiber Astra und Eutelsat haben eine große Auswahl an deutschsprachigen und internationalen Radioprogramm. Alle bundesweiten und regionalen Programme des ORF werden digital über Satelliten übertragen, das bedeutet, dass jeder, der zum Fernsehempfang einen digitalen Satellitenreceiver mit einer ORF digital-Karte für die Freischaltung der ORF-TV-Programme verwendet, in der Regel auch digitales Radio empfangen werden kann. Mit dem Standard DVB-S ist es möglich, mit einem entsprechenden Lautsprechersystem, Sendungen im Mehrkanalton Dolby Digital 5.1 zu empfangen, die besonders bei Hörspielen und Konzerten ein lebendiges Radioerlebnis ermöglichen. Vorraussetzung ist jedoch, dass die Aufnahme auch nach Dolby Digital 5.1 aufgenommen wird, was sich nicht in jedem Fall lohnt.

DAB

Der digitale terrestrische Radioempfang ist in einem europäischen Standard geregelt. Digital Audio Broadcasting, kurz DAB, und soll den UKW Funk ablösen. Verbreitung findet er in Europa sowie in Teilen Asiens und Afrikas wird dieser Standard eingeführt. Die größten Erfolge zeigt DAB in Großbritannien, wo 3 von 12 Millionen weltweit verkauften digitale Radioempfängern abgesetzt wurden. Neben der größeren Programmvielfalt hat DAB verglichen mit UKW-Funk auch noch technische Vorzüge. Störsignale, wie Knistern einer Hochspannungsleitung werden hinausgefiltert. Hindernisse, die das Funksignal reflektieren stören bei DAB nicht das Ausgangssignal, der Empfang wird dadurch sogar verbessert. Außerdem gibt es keine Überlagerungen von Radioprogrammen mit ähnlicher Frequenz, wie bei UKW. Der Übertragungsstandard sichert auch bei großen Geschwindigkeiten einen guten Klang, außerdem können Textinformationen und Bilder auf entsprechenden Displays der Empfangsgeräte übermittelt werden (vgl. [18]).

Doch das gewählte Komprimierungsverfahren ist bereits jetzt obsolet und es gäbe mittlerweile bessere Verfahren, um Audiodateien zu komprimieren und zu übertragen (vgl. [19]).

DVB-H

Dieser digitale Übertragungsstandard ist eigentlich für den Fernsehempfang auf Handhelds und Mobiltelefonen gedacht, eignet sich aber auch um Radiosendungen zu übertragen. DVB-H soll rechtzeitig bis zur Fußball-Weltmeisterschaft im Juni 2008 in Österreich eingeführt werden. Seit Mitte 2007 sind mobile Geräte am Markt, die ein eingebautes Digital-TV-Modul besitzen (vgl. [19]). Dem ORF wird vorgeworfen, einen unfairen Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Anbietern zu haben, da die Tochtergesellschaft ORS mit der Bereitstellung der Sendeflächen betraut wird. Die ORS hat die Absicht, die Auswahl der Programme in Zusammenarbeit mit den Mobilfunkbetreibern zu entscheiden.

DVB-T

Auch der in Österreich für das digitale Antennenfernsehen verwendete Standard DVB-T hat den Empfang von Radioprogrammen vorgesehen. Grundsätzlich kann jede Set-Top Box für terrestrischen Fernsehempfang auch Hörfunkprogramme wiedergeben. In der Praxis hat das Verfahren einige Nachteile, Bei höheren Geschwindigkeiten, wie unterwegs im Auto, ist der Empfang nicht sehr stabil. Ein DVB-T Fernsehkanal entspricht ca. 50 digitalen Radioprogrammen, die Auslastung durch nationale und regionale Sender wäre vermutlich nicht gegeben. Die Kosten für die ungenutzte Bandbreite müssten auf alle Sender aufgeteilt werden und an den Sendenetzbetreiber gezahlt werden. Mischkanäle mit Fernseh- und Radioprogramm wäre möglich, hängt aber vom Platzbedarf des TV-Anteils ab: Werden zusätzliche Angebote wie EPG und Multitext übertragen, dürften den zwei digitalen Fernsehkanäle rasch der Platz ausgehen und nur eine geringe Anzahl an Radioprogrammen auf diesen Weg übertragen wird (vgl. [19]).

Internetradio

Im Internet finden sich Programme von herkömmlichen Radiosendern, die auch terrestrisch senden, aber auch eigene, nur über Webstreams empfangbare Sendungen. So haben Urlauber oder Auswanderer, nach der Kurzwelle, die Möglichkeit ihren Lieblingssender in der Heimat zu hören, sofern ein Internetanschluss vorhanden ist.

Neben dem Live Stream, also dem aktuellem Radioprogramm, werden meist auch bereits ausgestrahlte Beiträge in einem Archiv angeboten, die „on-demand“ aufgerufen werden können. Es werden verlustbehaftete Audiokompressionsverfahren wie MP3, Ogg Vorbis oder Real Audio verwendet. Die Streaming Codecs können auch Metadaten und Werbung übertragen. Die Liveübertragung erfordert spezielle Streaming-Protokolle, die eine hohe Fehlertoleranz aufweisen, sodass fünf Prozent an Paketverluste keine hörbare Qualitätsverschlechterung erzeugen.

Auf der ORF Website werden alle Radioprogramme als Stream und ausgesuchte Sendungen als Podcasts zur Verfügung gestellt, der Hörer kann zwischen einer Auswahl von Nachrichtenjournalen, wissenschaftlichen, geschichtlichen oder kulturellen Angebote von Ö1 bis zu Comedy Podcasts und Interviews auf den Seiten von FM4 wählen.
Auch Radio Niederösterreich bietet dieses Service und stellt seine Journale sowie die Sendungen „Im Gespräch“ und „Nahaufnahme“ für iTunes und für den Podcatcher an.

4. Audiospeicherung

4. 1. Analoge Audiotechnik

Erst seit Ende des 19. Jahrhunderts besitzt der Mensch die Möglichkeit, Ton zu speichern. Um diese Zeit wurde auch an der Übertragung von Signalen geforscht. Die ersten Tonaufzeichnungsverfahren waren mechanisch und zeichneten die Schallwellen des akustischen Tonsignals direkt auf Rillen auf, wie bei der Schallplatte. Erst die Umwandlung von akustischen in elektrische Signale ermöglicht Übertragungen über lange Strecken und neue Formen der Speicherung, wie das Magnettonverfahren.
Die akustischen Schallwellen werden dabei in entsprechende analoge elektrische Spannungen und –stärken umgewandelt, der zeitliche Verlauf der Spannung und des Stroms sind dabei identisch mit dem zeitlichen Schalldruckverlauf. Über elektrische Leitungen können diese über große Entfernung transportiert werden.

Die analoge Audiotechnik stellt hohe Anforderungen an Elektronik und Mechanik und hat ihre technischen Grenzen bezüglich Tonqualität und Übertragung bereits erreicht. Ein Problem ist das unvermeidliche Rauschen. Es entstehen am Ausgang eines elektrischen Übertragungswegs auch dann kleine Signale, wenn kein Nutzsignal übertragen wird. Diese zufälligen Erscheinungen werden als Rauschen wahrgenommen. Jedes Glied der Aufnahme und Wiedergabekette tragen ihren Teil dazu bei, angefangen zum Mikrofon, über die Verstärker und die Speichergeräte, bis hin zu den Leitungen, die mit ihrem Widerstand ungewollte Geräusche erzeugen. Auch Einstreuungen von Signalteilen aus anderen Übertragungswegen kann das Tonsignal stark beeinträchtigen. Das muss kein anderes Tonsignal sein, auch Steuersignale bzw. die Netzwechselspannung in der Leitung gefährden einen störungsfreien Transport des Signals.

Eine Schwachstelle in der analogen Audiotechnik stellen auch die Abspiel- bzw. Aufzeichnungsgeräte dar. Bei Plattenspielern sowie beim Magnettonverfahren tragen viele elektronische und mechanische Komponenten zum Klang der Wiedergabe bei. Schallplattenabtaster nützen sich mit der Zeit ab, auch Tonköpfe sind empfindlich und werden abgeschliffen oder verschmutzt. Sind diese schlecht gewartet oder verunreinigt leidet darunter die Wiedergabequalität. Das Tonband muss mit einer konstanten

Geschwindigkeit durch die Bandmaschine laufen, die Schwankungen dürfen 0,1 % nicht überschreiten.

Ein weiteres Problem ist, dass die Übertragung von Audiosignalen nicht vollständig linear verläuft. Die Kurvenform wird bei der Übertragung verändert, aber nicht alle Frequenzen im selben Ausmaß, sondern manche sind stärker betroffen als andere. Auch die Verstärkung oder Dämpfung des Signals erfolgt nicht unabhängig von der Frequenz.
Die Herstellung von Kopien erfolgt analog nicht ohne Verluste in der Qualität. Eine Vervielfältigung stellt immer eine Verschlechterung des Originals dar, bei jedem Überspielen kommen Störungen wie Rauschen oder Gleichlaufschwankungen hinzu.
Durch das unvermeidliche Rauschen wird auch die Dynamik zum Problem. Das Störgeräusch wird umso mehr wahrgenommen, je leiser das Nutzsignal ist. Das Tonsignal darf einen bestimmten Wert nicht unterschreiten, damit das Rauschen und die mit der Aussteuerung ansteigenden Verzerrungen nicht allzu stark hörbar bleiben. Der Dynamik sind also in der analogen Audiotechnik gewisse Grenzen gesetzt.
Die heutige Analogtechnik arbeitet mit einem Frequenzbereich von 20 Hz bis 20 kHz, was Hörbereich des Menschen entspricht. Man kann sagen, dass in dieser noch relativ jungen Wissenschaft der Zenith in der Übertragungsqualität erreicht ist. Es wäre zwar möglich, Verbesserungen zu erreichen, dies würde sich aber wirtschaftlich nicht rentieren. Bessere Werte in der Analogtechnik was den Störabstand bzw. Gleichlaufschwankungen betreffen lassen sich nur durch einen unverhältnismäßigen Mehraufwand erreichen. Digitale Übertragungssysteme bedeuten weniger finanziellen Aufwand bei höherer Übertragungsqualität.

4. 2. Digitale Audiotechnik

Mit der Digitalisierung von akustischen Signalen ist es möglich, Sprache und Musik mit besserer Tonqualität über große Entfernungen zu übertragen, zudem sind dadurch neue Arten der Speicherung von Tonmaterial möglich geworden. Sie erlaubt den Zugriff von mehreren Personen auf dieselbe Datei, außerdem können die Audiodateien direkt am Rechner aufgezeichnet, bearbeitet und verbreitet werden.

Bei Übertragungen in elektrischen Leitern wird nur das beschreibende Signal durch Störungen, die im Transportweg eingestreut werden, verändert. Solange die Übertragung nicht in ihrem Sinngehalt verändert wird, bleibt das Tonsignal fehlerfrei. Nach der Digitalisierung erhält man ein pulscode-moduliertes Signal (PCM).
Um die Größe der Daten so gering wie möglich zu halten, werden Daten meist in komprimierter Form gespeichert, neben Qualitätsverlust bringt das auch die Gefahr mit sich, dass bereits bei kleinsten Schäden des Datenträgers große Datenmengen verloren gehen. Bei kleinen Fehlern („ein Bit fällt um“) hilft eine Fehlerkorrektur, die die meisten Speicherformate besitzen. Das Audiosignal kann, vorausgesetzt die Anzahl der Fehler ist nicht zu groß, wieder rekonstruiert werden.

Es stellt sich jedoch die Frage, wie sicher digitale Daten auf den eher flüchtigen, modernen Speichermedien sind. Bei der Langzeitarchivierung treten die Vorteile der digitalen Audiotechnik, wie Zugriffszeit und digitale Nutzbarkeit, in den Hintergrund. Es zählen dauerhafte Datensicherheit und große Kapazität, nur wenige digitale Speichermedien kommen daher für die Langzeitarchivierung in Frage.
Die Erhaltung des Datenstroms, also die Information ist Grundvoraussetzung der Langzeitsicherung. Die Lebensdauer digitalen Speichermedien hängt im Wesentlichen vom Ausgangsmaterial, Verarbeitung des Datenträgers und dessen Empfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen (Lichteinfall, Temperatur, Erschütterung, Staub etc.) ab. Ein weiterer Aspekt ist die Codierung der Informationen. Die dauerhafteste Archivierung bringt nichts, wenn die Information nicht mehr lesbar ist, weil entweder die physikalischen Hilfsmittel, die zum Zugriff nötig sind, oder die Software zum Lesen der Datei bzw. das Format veraltet und mit neueren Systemen nicht kompatibel ist.

Sind die Daten jedoch in regelmäßiger Verwendung und müssen von vielen Orten in kurzer Zeit verfügbar sein, sind Faktoren wie Lesegeschwindigkeit, die Größe des Datenträgers und Zugriff von mehreren Personen auf dieselbe Datei von großer Bedeutung. Da das Audiomaterial in einem modernen Radiobetrieb ohnehin mittels Computer aufgezeichnet, bearbeitet und auf Sendung gebracht wird, kommt als zentraler Speicher ein Server zum Einsatz. Diese Form der Speicherung war aber bis vor kurzem noch recht kostspielig, besonders in einem Radiobetrieb, in dem täglich Massen an Audiodaten in angemessener Qualität gespeichert werden müssen.

4. 2. 1. Analog/Digital Wandlung

Bei der Digitalisierung werden akustische Signale in entsprechende elektrische Spannungen und Ströme umgewandelt und durch eine endliche Anzahl an Binärwerten ausgedrückt. Das akustische Signal wird nicht durch Spannungsunterschiede sondern durch ein Signal ausgedrückt, welches das Tonsignal beschreibt. Dadurch wird es möglich, Audiodaten über große Entfernungen in optimaler Qualität zu transportieren.

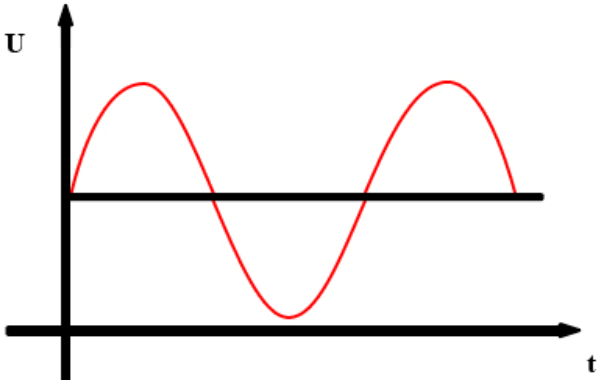


Abb. 4. 1.: analoges Ausgangsignal

Zuerst werden zu hohe Oberwellen, die das menschliche Gehör nicht mehr wahrnimmt, von dem zu kodierenden Signal mittels **Tiefpass** herausgefiltert. Gemäß dem Nyquist Shannon Abtasttheorem wird danach das Signal in gleich bleibenden Abständen abgetastet, das wird Sampling genannt. Das gefilterte, abgetastete Signal ist nun pulsamplitudenmoduliert und besitzt - je nach Abtastfrequenz - beliebig viele Amplitudenwerte.

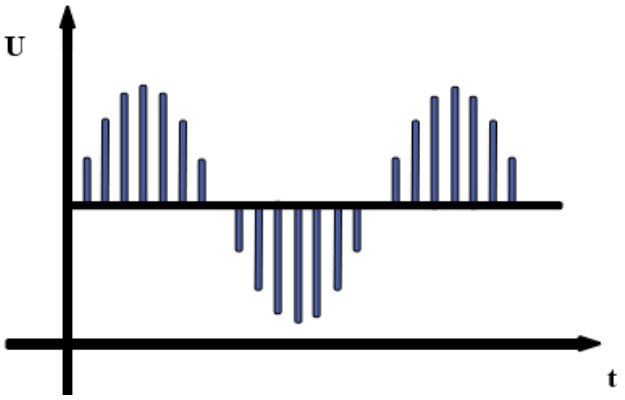


Abb. 4. 2.: Beim Sampling werden dem akustischen Signal in von der Abtastfrequenz abhängigen Zeitintervallen Werte entnommen

Nun folgt die **Quantisierung**: Die abgetasteten Werte werden in eine begrenzte Zahl von Quantisierungsstufen (das entspricht der Samplingtiefe) eingeteilt. Jeder Abtastwert erhält ein Codewort, dass die Amplitudeninformation beinhaltet. Die Anzahl der Quantisierungsstufen hängt ab von der Anzahl der Bits, welche das Codewort lang ist. Die Formel lautet:

$$\text{Anzahl der Quantisierungsstufen} = 2^{\text{Anzahl der Bits}}$$

Bei einer Samplingtiefe von 16 Bit beträgt die Anzahl an Binärwerte, in die das Audiosignal eingeteilt wird 2^{16}, das ergibt 65 537 Quantisierungsstufen.

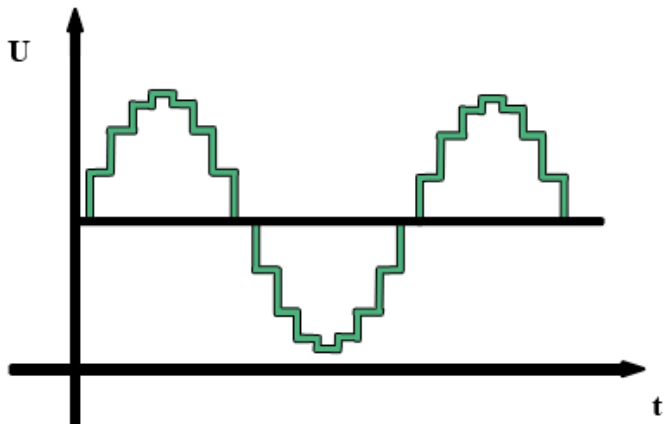


Abb. 4.3.: Signal nach Quantisierung Das Ausgangssignal (Kurve) wird in einer Treppenform mit einer der Bitanzahl entsprechenden Anzahl an Stufen dargestellt

Unterschiede zwischen dem analogen Eingangs- und dem digitalisierten Ausgangsignal kommen dadurch zustande, dass es im analogen Signal unendlich viele Abstufungen gibt, im Gegensatz zum digitalen Ausgangssignal, dass nur eine begrenzte Anzahl an Stufen kennt, die das Tonsignal annehmen kann. Dieser Fehler kann maximal eine halbe Intervallgröße annehmen. Das entstehende Störgeräusch bezeichnet man als **Quantisierungsrauschen**, das mit zunehmenden Quantisierungsgrad abnimmt. Aus wirtschaftlichen Gründen wird natürlich versucht, die Quantisierungsstufen so gering wie möglich zu halten, also nur so viel wie für eine gute Übertragung notwendig sind. (vgl. Dickreiter, 1997, S. 281)

Nach der Quantisierung kommt noch ein Analog/Digital-Wandler zum Einsatz, dessen Aufgabe darin besteht, die ermittelten Werte in binäre Zahlenwerte umzusetzen.

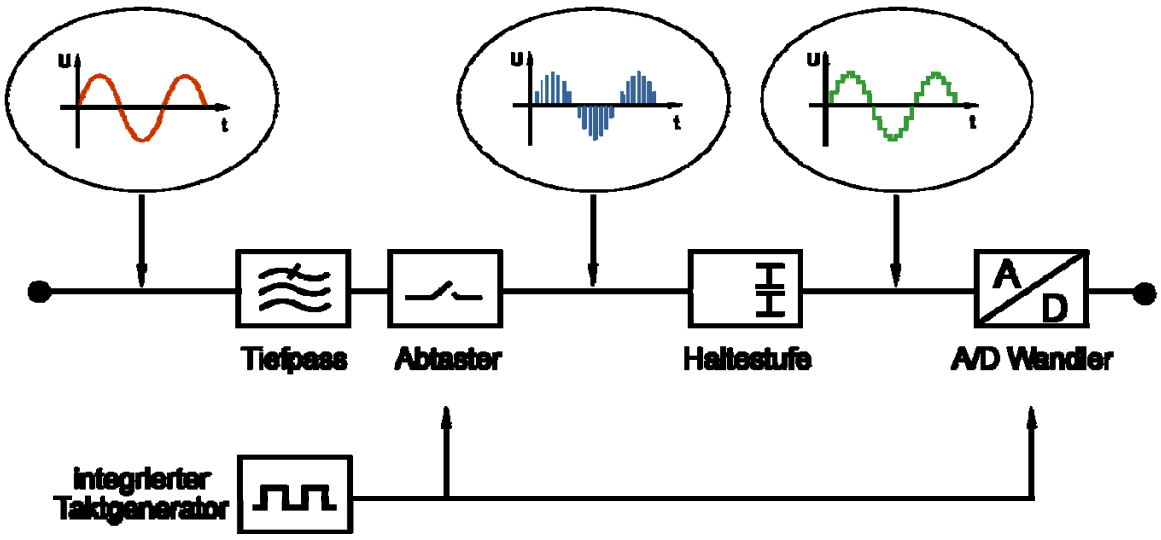


Abb. 4.4.: Weg vom akustischen, analogen Eingangssignal bis zum digitalen Ausgangssignal

Um das digitale Signal abzuspielen bzw. empfangen zu können ist ein Digital/Analog-Wandler nötig. Dieser ist dafür zuständig, das Signal wieder in ein analoges, hörbares zu konvertieren. Ein Tiefpass verschleift die Kanten des treppenstufenförmigen Signals nach dem D/A Wandler (vgl. Abb. 4.5)

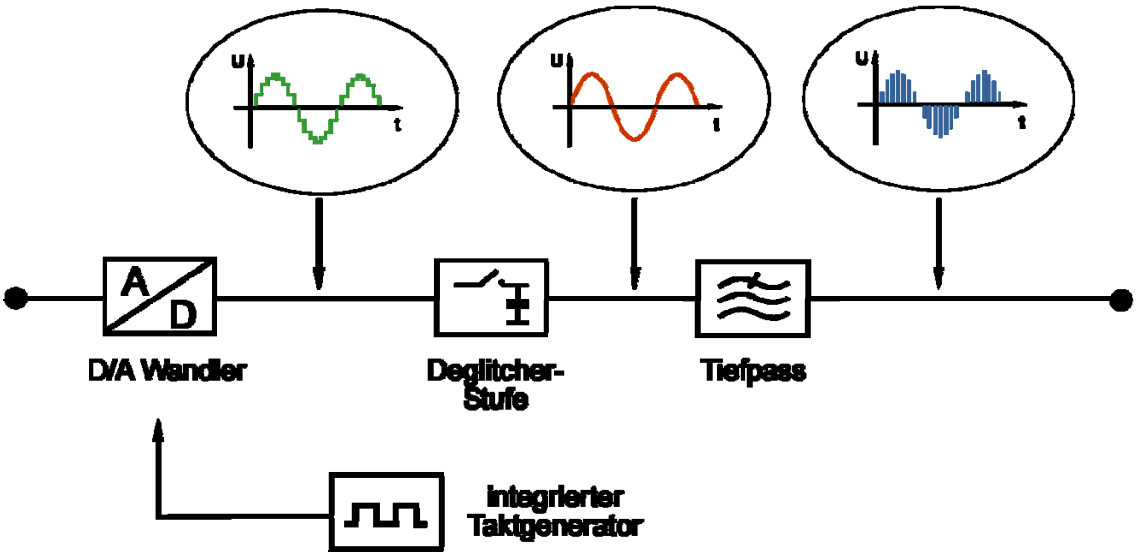


Abb: 4.5.: Auf der Empfängerseite und zum Abspielen wird das digitale Signal wieder in analoge Töne umgewandelt

4. 3. Speicherformate

In den 90er Jahren musste man im Gegensatz zu heute sparsam mit Speicherressourcen umgehen, deshalb wurde nach Möglichkeiten gesucht, Audiodaten möglichst klein zu halten, ohne dabei große Verluste in Qualität und Klang in Kauf nehmen zu müssen. Zum heutigen Zeitpunkt wäre es im Landestudio NÖ technisch und wirtschaftlich schon möglich die Audiodaten linear, also unkomprimiert zu speichern.

Moderne Audioformate nützen effektive Kompressionsmethoden, die sich die psychoakustischen Phänomene zu nutze machen und so ohne hörbaren Qualitätsverlust Speicherplatz sparen. Neben dem Datenstrom (z.B. zwei Tonspuren für die Stereo Wiedergabe) enthalten sie auch umfangreiche Informationen über den Inhalt und Daten zur Fehlererkennung und –korrektur. Diese Formate beschreiben aber nur den Aufbau der Audiodatei. Wie die Datenströme kodiert sind bestimmt der Codec (COder/DECoder).
Die im Landesstudio Niederösterreich verwendeten Dateiformate sollen auf den nächsten Seiten erklärt werden.

4. 3. 1. PCM

Das unkomprimierte, lineare PCM Format kann entweder als Rohdatei mit dem Dateiende .pcm verwendet werden oder in anderen Containerformaten vorkommen, wie das von Apple entwickelte AIFF oder CD-DA, das Format der im „Red Book“ definierten Audio-CD.
Wie im Abschnitt Analog/Digital Wandlung beschrieben, entnimmt der Schalldruckkurve periodisch Momentanwerte (Sampling) danach werden diese in Zahlenwerte ausgedrückt. Das PCM Signal ist also eine Zahlentabelle (vgl. Dickreiter, 1997, S. 271).
Ein Vorteil des PCM gegenüber der Analogtechnik liegt bei der Störungstoleranz der Übertragung. Das empfangene Signal muss mittels binärer Codierung nur noch zwischen 1 und 0 unterschieden werden können, also niedriger und hoher Spannung. Der große Bedarf an Bandbreite zur Übertragung wirkt sich jedoch negativ aus, das kann aber durch unterschiedliche Modulationsverfahren für digitale Signale verbessert werden.
Im Landesstudio wird das verlustlose Format beim Digitalisieren der Archiv-Tonbänder verwendet.

4. 3. 2. CD-DA – Format der Audio-CD

Ein grundlegender und weit verbreiterter Standard für die effektive Speicherung von digitalen Daten ist die für die Audio-CD und wird im Red Book definiert. Diese Spezifikation für offizielle CD Formate beschreibt den am weitest verbreiteten Typ der CD, die digitale Audio-CD. Er beschreibt die physikalische Aufteilung der Daten auf dem Datenträger, den Fehlerkorrekturmechanismus und das Kodierungsverfahren. Auf einer Audio-CD wird Stereosound mit 16 Bit Auflösung und 44,1 kHz Abtastrate aufgezeichnet. Die Datenrate beträgt 1,422 Mbit pro Sekunde. Beim CD-Format wird lineares, unkomprimiertes PCM verwendet.

Eine Audio CD beginnt mit einem Inhaltsverzeichnis (Table of Contents, TOC), das noch vor dem ersten Track, in der sogenannten Lead-In-Area, aufgezeichnet wird. Es enthält die Anzahl, Typ (Daten oder Audio) und die Startadresse der Spuren, und ist 60 Sekunden lang.

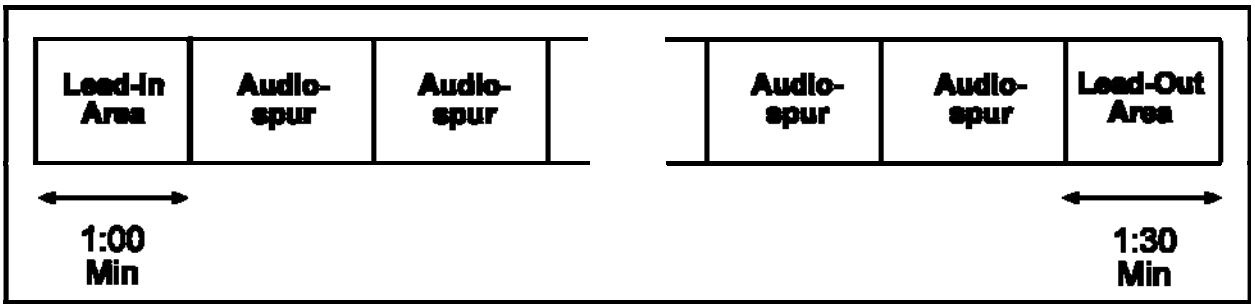


Abb. 4.6.: Spuren der Audio-CD gemäß dem Red-Book Standard

Danach kommen bis zu 99 Tracks, also anwählbarere Audiotitel. Die Tracks sind weiter unterteilt in Sektoren, Ein Sektor ist die kleinste adressierbare Einheit auf einer CD und umfasst 2352 Bytes. Beim Abspielen einer Audiospur müssen 75 Sektoren/Sek gelesen werden. Die Aufzeichnungsdichte auf der CD ist konstant, das heißt die Umdrehungsgeschwindigkeit einer CD nimmt von innen nach außen ab. Danach kommt die Lead-Out-Area oder auch Lead-Out-Track, die Abschlussspur mit 90 Sekunden Länge. Im Landesstudio Niederösterreich werden Audio-CDs als Industriedatenträger in der Musikredaktion verwendet, auch für eigenproduziertes Tonmaterial wird mittels dem Softwaresystem Digas auf dem optischen Datenträger archiviert.

4. 3. 3. MUSICAM® (MPEG -1 Layer 2)

Das Audioformat MPEG-1 Layer 2 (MUSICAM®) wurde als Audiokompressionsstandard für DAB vom Institut für Rundfunktechnik in München, Philips und CCETT entwickelt. Die MPEG (Moving Pictures Experts Group)[4] legte es später unter MPEG-1 Layer 2 als Standard fest (vgl. [20]). Dieser Vorläufer von MP3 ist bei der breiten Masse nicht so bekannt, hat sich aber seinen Einsatz in Kinotonsystemen und in Radiobetrieben gesichert. MUSICAM® steht für „masking Pattern universal subband integrated coding and multiplexing“ und wird auch für die Audiokompression im digitalen Radioübertragungsstandard DAB eingesetzt.

[4] Die Moving Pictures Experts Group (MPEG) ist eine Gruppe von Experten aus aller Welt, die Standardisierungen in Bereichen Video-, Audiokompression sowie bei Multimediaformaten vornehmen.

Durch dieses Audiocodierverfahren kann die Datenrate im Vergleich zur Audio-CD (1,41 Mbit/s bei der Übertragung ums siebenfache reduzieren (192 kbit/s), indem es sich psychoakustische Effekte zunutze macht. Das digitale Audiosignal wird von irrelevanten, redundanten Informationen befreit, ohne hörbaren Klangverlust.

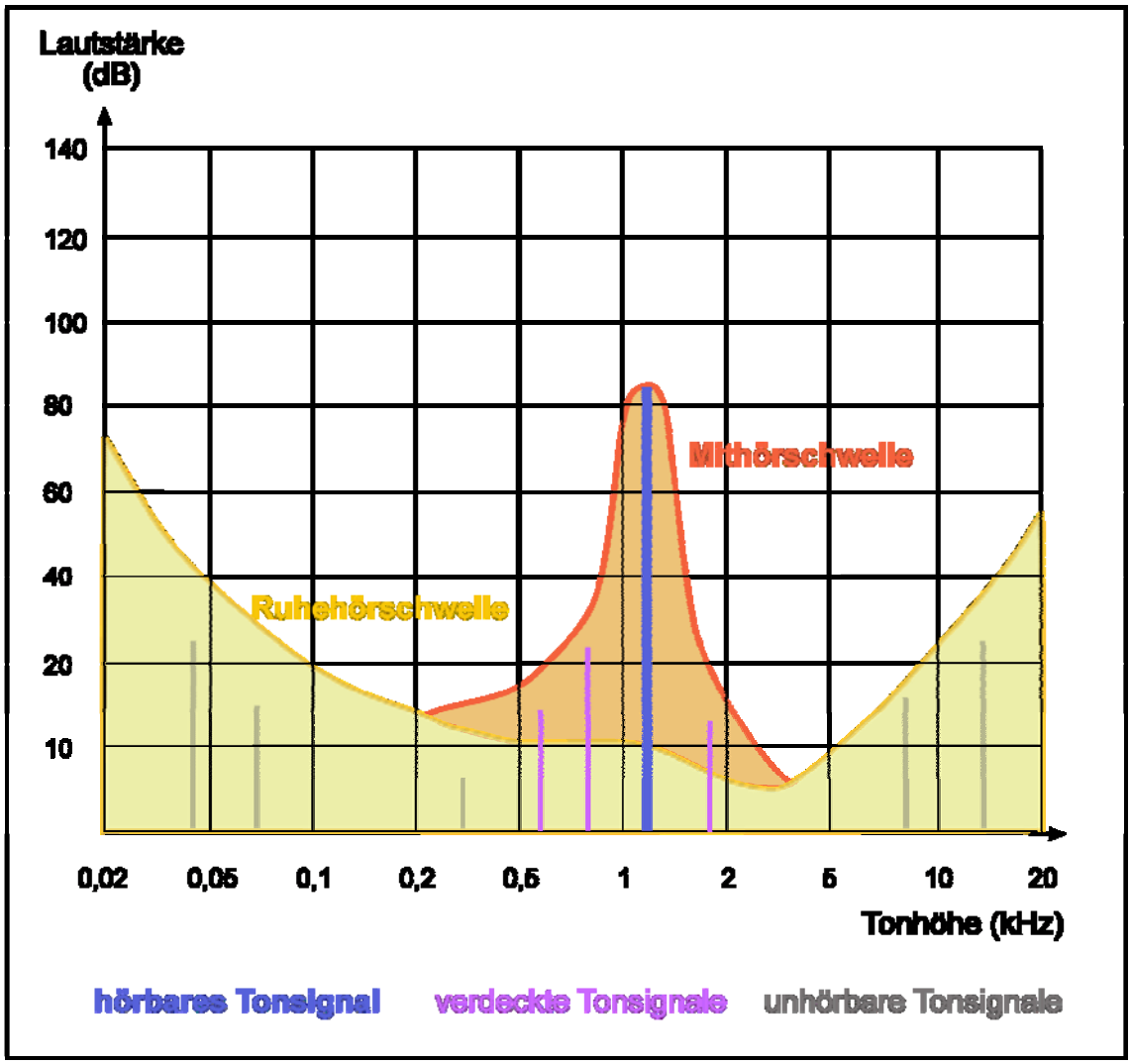


Abb. 4. 7: Effekt eines lauten Tonsignals: Leisere Töne mit ähnlicher Frequenz können vom menschlichen Ohr nicht wahrgenommen werden

- **Ruhehörschwelle**
  Töne, die unter der Hörschwelle liegen, können vom menschlichen Ohr nicht wahrgenommen werden. Jede einzelne Frequenz hat eine bestimmte Mindestlautstärke, um hörbar zu sein.

- **Mithörschwelle**
  Laute Töne überdecken leisere in ähnlichen Tonhöhen. Aufgrund dieser Maskierung von leisen Tonsignalen können diese verworfen werden, ohne einen hörbaren Qualitätsverlust in Kauf nehmen zu müssen.

Die Phänomene der Psychoakustik können anhand von mathematischen Tabellen zusammengefasst werden. Das Audiosignal kann dann mit den Werten verglichen werden und Daten, die in den nicht wahrnehmbaren Bereich fallen, werden entfernt.
Bei der Codierung wird der Frequenzbereich in 32 Teilbänder mit je 750 Hz aufgeteilt, diese dann einzeln codiert [21].

4. 3. 4. MP3 (MPEG-1 Layer 3)

Die Standards für die Audiocodierung werden von MPEG als eine Familie aus drei Codierverfahren festgelegt– genannt Layer. Layer 1 und 2 basieren auf MUSICAM und haben eine geringere Komplexität als der dritte Layer. Dieser wurde vom Fraunhofer Institut in Erlangen entwickelt und macht sich wie der Layer 2 ebenfalls die Phänomene der Psychoakustik zu nutze, um die Datenmenge so gering wie möglich zu halten Für den komplizierte Vorgang der Codierung ist ein aufwändiger Encodierer erforderlich, zum Abspielen dagegen nur ein recht einfacher Decoder, kostenlos erhältliche Softwareplayer für den privaten Gebrauch gibt es kostenlos als Download im Internet. (vgl. [22])

Die Audiodatei wird zunächst in Abschnitte von 0,26 Sekunden lange Frames aufgeteilt. Von der zu encodierenden Bitrate hängt die maximale Bitanzahl ab, die pro Frame verwendet werden darf. Dann findet eine Codierung auf dem Prinzip von Huffmann statt. Die Codewortlänge ist bei diesem verlustlosen Komprimierungsverfahren variabel. Häufige vorkommende Zeichen bekommen einen kürzeren Code als seltene Zeichen.

Auf diese Weise werden polyphone Passagen mittels Maskierung komprimiert, und Abschnitte mit konstantem Klang werden mittels Huffmann vereinfacht.

Die Qualität der komprimierten Datei hängt von der Datenrate ab, also wie viel Bit pro Sekunde das Tonsignal abgetastet wird, diesen Faktor kann der Anwender selbst bestimmen.

4. 3. 5. ATRAC (Adaptive Transform Acoustic Coding)

Der ATRAC Codec wurde von Sony mit der Einführung der MiniDisc auf den Markt gebracht. Auch das ATRAC Verfahren macht sich die psychoakustischen Erkenntnisse zu Nutze, wie Hörschwelle und Maskierung. (vgl. *Kapitel 4. 3. 4. MUSICAM*)
Der Codec enthält auch Kopierschutzmechanismen, seit der Weiterentwicklung ATRAC3 auch DRM (Digital Right Management). DRM soll Urheberrechtsverletzungen verhindern, schränkt aber auch Nutzungsmöglichkeiten ein. Außer bei der MiniDisc findet es auch in anderen Abspielgeräten der Firma Sony Anwendung, von der PlayStation Portable bis hin zu portablen Audioplayer mit Flash-Speicher. Aber sonst konnte sich das proprietäre Format nicht durchsetzen.

4. 3. 6. Dolby Digital

Dieses verlustbehaftete, datenreduzierte Format ist ein Mehrkanal-Tonsystem, entwickelt für das Kino, das aber auch auf DVDs, im Fernsehen und im Radio zum Einsatz kommt. Der Datenstrom wird ebenfalls durch die Phänomene der Psychoakustik reduziert.
Dolby Digital unterstützt die Kodierung von bis zu drei Fronkanälen, zwei Rückkanälen und einem Subwoofer mit dem LFE Kanal (für Low Frequency Effect) in einem konstanten Datenstrom. Der Standard nennt sich ATSC A/52, das Kodierungsverfahren nennt sich AC3, daher auch die Dateiendung .ac3.
Das Frequenzspektrum reicht von 20 Hz bis 20 kHz, der LFE erreicht bis zu 120 Hz. Das Dolby Format unterstützt Bitraten zwischen 32 und 640 kbps, auf einer DVD werden für 5.1 Ton üblicherweise 384 oder 448 kbps verwendet, für Stereo-Ton reichen 192 oder 224 kbps aus. Im Kino hat sich eine Bitrate von 320 kbps verwendet. [23]

4. 3. Analog versus digitaler Audiotechnik

4. 3. 1. Pro Digital

Bernhard Krieg erläutert in dem Buch „Digitale Audiotechnik“, dass die analoge Tontechnik was Übertragungsqualität und Datenspeicherung betrifft, ihren Zenith erreicht hat. Verbesserungen in diesen Bereichen wären nur mit enormem wirtschaftlichem Aufwand möglich und würden nur geringen Fortschritt bringen. Das digitale Zeitalter bringt erschwingliche, effektivere Speichermedien auf den Markt. Die Datendichte und Speicherkapazitäten werden mit jeder neuen Technologie größer, aber auch die Nutzungsintervalle eines Speichersystems werden immer geringer. (vgl. Krieg, 1992, S.12)

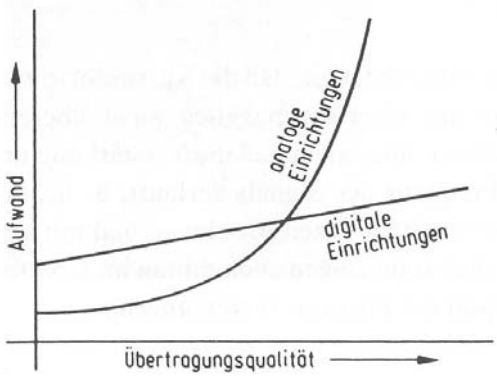


Abb .4.8.: Die Grafik ze*igt das Verhältnis der Übertragungsqualität und dem damit verbundenen wirtschaftlichen Aufwand bei analogen und digitalen Systemen*

In der digitalen Tontechnik soll der Signalweg vollständig auf digitaler Ebene geschehen. Die Digitalisierung des akustischen Audiosignals soll daher so früh wie möglich geschehen, wie bei einem A/D-Wandler hinter dem Mikrofonvorverstärkern, das Audiomaterial wird direkt auf der Festplatte aufgezeichnet. Das Einschleifen von externen digitalen Effektgeräten wie Soundprozessoren, Hallgeräte erfordert keine A/D und anschließender D/A Wandlung. Das führt zu hoher Signalqualität und weniger Verlusten bei Bearbeitung des Tonmaterials.

In der digitalen Audiotechnik kommt die bedienungsfreundliche Schnitt- und Bearbeitungsmöglichkeit mittels entsprechender Software hinzu. Ein einfacher Tonschnitt erfordert beim Magnettonverfahren neben mehreren relativ zeitintensiven Handgriffen Sachkenntnis und Erfahrung, allzu oft lassen sich Fehler nicht korrigieren. Beim Audioschnitt am Computer hingegen reicht ein Mausclick oder Tastendruck um alles rückgängig zu machen, man kann sich auch das Endresultat vorab anhören, bevor noch

überhaupt eine Änderung übernommen wird. Es braucht keine geschulten Techniker mehr, um Beiträge zu schneiden und auf Sendung zu bringen.

Die mechanischen Teile und Komponenten in analogen Audiosystemen stellen eine Schwachstelle dar, diese unterliegen bei Gebrauch der Abnützung und Verunreinigung. Im Gegensatz zu digitalen Systemen müssen analoge Abspielgeräte regelmäßig gewartet und gereinigt werden, um den optimalen Klang zu erzielen.

Analoge Kopien müssen in Echtzeit erfolgen, eine digitale Datei kann verlustfrei kopiert und abgespielt werden, vorausgesetzt der Datenstrom auf dem Speichermedium ist intakt. Auch im Magnettonverfahren ist die digitale Technik überlegen. Bei digitalen Bändern gibt es gegenüber analogen Bandspulenmaschinen keine Gleichlaufschwankungen. Besonders bei mehrfachem Kopieren von Audiodateien wird es bei analogen Anlagen kritisch, ein Modulationsrauschen wird mit jeder Kopie mit aufgezeichnet. Die digitale Audiotechnik bringt auch Vorteile in der Übertragung der Daten. Störende Einwirkungen betreffen nicht direkt das akustische Signal, sondern nur das Trägersignal. Durch eine Fehlerkorrektur kann das Tonsignal bei kleinen Mängel wiederherstellen.

4. 3. 2. Pro Analog

Ist die Abtast- oder Samplingrate bei der Digitalisierung zu gering kommt es zu so genannten Alias-Störungen, die auftreten, wenn mit zu kleiner Abtastfrequenz digitalisiert wird. Wie groß die Samplingrate sein muss, besagt das Abtasttheorem nach Shannon: Die Abtastfrequenz muss doppelt so hoch sein wie die Breite des Frequenzbandes, um das Signal einwandfrei rekonstruieren zu können. Mit anderen Worten: das Analogsignal mit einer maximalen Frequenz f darf mit höchstens ½ f großen Samplingintervallen abgetastet werden, damit die Schalldruckkurve nicht verfälscht wird.

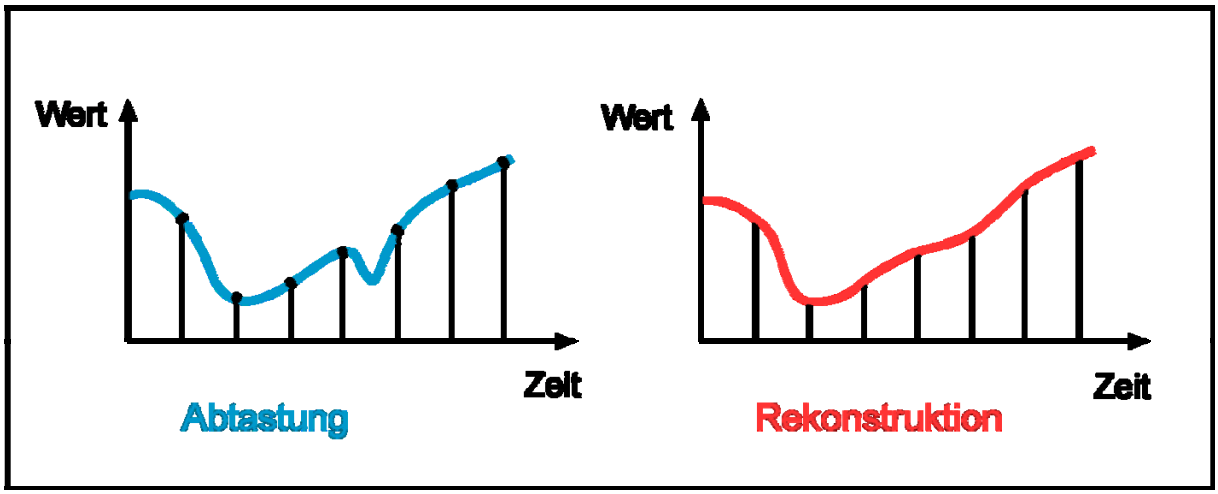


Abb. 4.9.: Aliasstörung illustriert an einem Kursverlauf – die Abtastintervalle sind zu klein, um die ursprüngliche Kurve rekonstruieren zu können

Ein weiterer Nachteil an der digitalen Tontechnik ist das **Quantisierungsrauschen.** Bei der Quantisierung nimmt das akustische Signal eine endliche Anzahl an Digitalwerten an, je mehr Bits, desto größer die Anzahl an Stufen, die die analogen Werte annehmen können und desto näher liegen sie am ursprünglichen Wert. Ist die Samplingtiefe nicht ausreichend gewählt, wird die Kurvenform des akustischen Signals verändert und es treten Störgeräusche auf. Bei einer Anzahl an Stufen n und Abtastintervallen mit einer Breite von Q ergibt sich logischerweise ein Quantisierungsfehler mit einem Wert zwischen +Q/2 und –Q/2 der statistisch zufällig auftritt. Die Fehlerrate verteilt sich also gleichmäßig über die gesamte Bandbreite und wird als weißes Rauschen wahrgenommen.

In einem modernen Radiobetrieb wie dem Landesstudio wird der komplette Sendungsablauf mit digitalen Audiodaten abgewickelt. Bei einen eventuellen Computerabsturz und damit verbundenen Systemausfall, kann das ganze Studio lahmgelegt werden. War vor Jahrzehnten ein Plattenspieler oder ein Tonbandgerät defekt, hat man das Ersatzgerät verwendet, und konnte auf Sendung bleiben. Bei einem Streiken des Rechners im Studio können gleich mehrere oder sogar alle Systeme ausfallen. Wenn weder die Software, Mikrofone noch CD-Spieler funktionieren, bleibt um die Sendung so schnell wie möglich fortzusetzen nur der Wechsel in das Ersatzstudio, wenn dies nicht gerade in Verwendung ist. Sonst kann ein Neustart mehrere Minuten dauern, wenn kein schwerwiegenderes Problem vorliegt. Ein Schnellstart wie bei konventionellen Tonbändern ist in der digitalen Technik nicht möglich.

Die immer kürzer werdende Lebensdauer digitaler Speichersysteme ist für ein Archiv besorgniserregend. Ein Beispiel für ein aussterbendes Speichersystem aus dem Rundfunkbereich ist das DAT Band, welches in den 90ern im Landesstudio als Speichermedium im Einsatz war. Als veraltete Technologie werden kaum mehr Ersatzteile für Recorder und Abspielgeräte hergestellt, was die Nutzbarkeit der Information gefährdet und somit langfristig einen Datenverlust hervorrufen kann.

5. Speichermedien

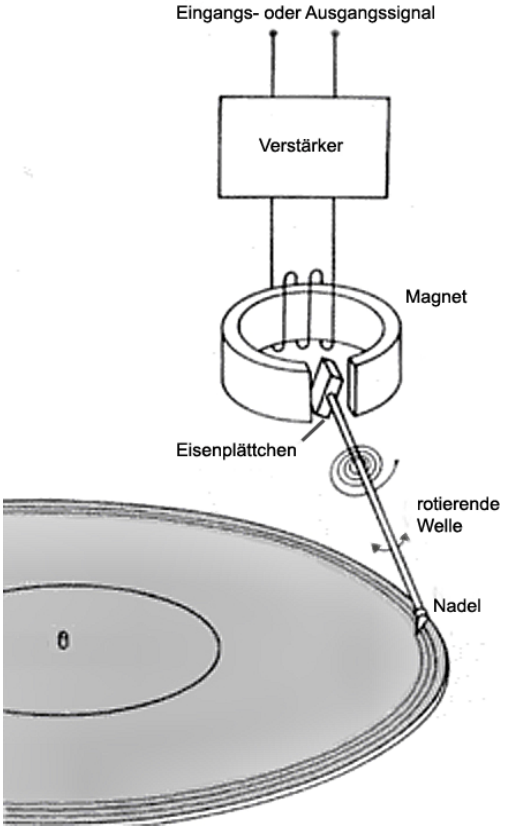
Unter Speichermedien versteht man physische Gegenstände, auf denen Informationen, meist in kodierter Form, fixiert werden. Die grundsätzliche Unterscheidung ist die nach direkt oder indirekt lesbaren Speichermedien. Direkt bedeutet, dass die Informationen ohne Hilfsmittel wie Abspielgeräte gelesen werden können wie auf Steinplatten, Pergament, Papier oder Mikrofilm. Diese Speichermedien weisen bei günstiger Lagerung eine extrem lange Lebensdauer auf, sollen aber aufgrund der Irrelevanz im Bezug auf Audiospeicherung in dieser Arbeit nicht behandelt werden.

Die wichtigsten Speichermedien für den Radiobetrieb sollen in dieser Arbeit anhand elementarer Kriterien wie Informationsdichte, Praktikabilität, und Dauerhaftigkeit der Medien bewertet werden. Je nach Art der Speicherung (Langzeitarchivierung, Zwischenspeicher, Dauerzugriff) bringen die Datenträger verschiedene Vor- und Nachteile.
Interessant für die Speicherung von Audiodateien sind im Wesentlichen mechanische Speichermedien wie Schallplatte, optische wie CD/DVD, magnetische wie Tonband und Festplatte und auch neue Technologien, zu denen die Flash-Speicher zählen.

5. 1. Schallplatte

5. 1. 1. Aufzeichnung, Wiedergabe

Die Schallplatte ist ein analoges, mechanisches Speichermedium, das auf Thomas Edisons Phonographen basiert und von Emil Berliner weiterentwickelt wurde. Letzterer wählte als Träger statt Walzen und Zinkplatten erstmals eine Scheibe aus Zink, 1887 meldete er Grammophon und Schallplatte zum Patent an. Die Toninformation wird in spiralförmigen Rillen angebracht. Das Trägermaterial war ab 1895 Schellack, das Rohmaterial für das Naturprodukt war aber teuer und wurde nach 60 Jahren durch ein synthetisches ersetzt (vgl. [24]. Das Nachfolgematerial Polyvinylchlorid (PVC oder „Vinyl“) hat den Vorteil, dass kleinere Rillen möglich sind, was sich positiv auf Tonqualität und Spieldauer auswirkt.



Bei der Aufnahme wandelt das Mikrofon Tonsignale in elektrische um, das verstärkte Signal wird verstärkt und bewirkt eine Magnetisierung in der Spule, entsprechend der Stärke des elektrischen Impulses. Das magnetische Feld lenkt das Eisenplättchen aus und bewegt über die rotierende Welle die Nadel. Eine wellenförmige Rille wird in die Schallplatte geschnitten. (vgl. Klages, 2002, S. 66)

Abb. 5.1: Aufzeichnung mittels Nadel

Bei der industriellen Herstellung wird mit diesem Prinzip ein Master aus Lackfolie oder einer Kupferplatte geschnitten. Diese ist die Vorlage für die Pressmatrize, das Negativ des Masters wird mittels galvanischen Prozess hergestellt. Aus diesem können dann beliebig viele Schallplatten erzeugt werden. (vgl. Klages, 2002, S. 67)

Für die Wiedergabe genügt ein spitzer Gegenstand, der an einen Resonanzkörper gekoppelt ist, den man in der richtigen Geschwindigkeit in der Rille vorbeiführt. Um das Tonsignal aufzuzeichnen wird der Frequenzgang verzerrt, die Höhen werden anhoben und die Tiefen abgeschwächt. Das Abspielgerät muss einen Entzerrvorverstärker oder besitzen oder es wird ein Kristall zur Abtastung verwendet, der den Frequenzgang durch seine physikalische Beschaffenheit entzerrt.

Es gibt drei verschiedene Schriftarten, mittels Tiefen- und die Seitenschrift können nur Monosignale aufgezeichnet werden. Bei der Tiefenschrift bestimmt die Eintauchtiefe die Amplitude des Signals. Diese ist begrenzt, und damit auch die Wiedergabe bestimmter Frequenzen. Bei der Seitenschrift entspricht die horizontale Auslenkung der Nadel der Amplitude des Tonsignals.
Die Flankenschrift ist eine Kombination aus beiden Schriften und ermöglicht Stereowiedergabe. Die Information ist in den Wänden der Rille gespeichert, jede Flanke enthält die Information eines Kanals.

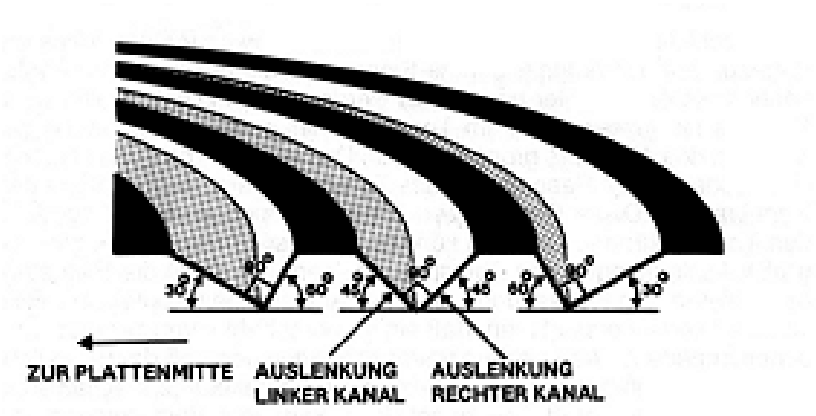


Abb. 5. 2: Aufzeichnung mittels Flankenschrift

Auch nach Einführung ihres „digitale Nachfolgers“ wurde die Schallplatte nie ganz abgelöst. Auch heute wird von Disc Jockeys noch „Vynil“ verwendet. Nicht nur aus ästhetischen Gründen, sondern besonders wegen der Handhabung: Abspielgeschwindigkeit und –richtung lassen sich von Hand ändern, was zum effektvollen Mischen und Übergang von Audiotracks dient.

5. 1. 2. Vor- und Nachteile

Vorteile:

- Die Schallplatte hat bei nostalgischen Liebhabern und bei Disc Jockeys nicht an Beliebtheit verloren. Die Schallplatte ist einfach zu handhaben, die Scheiben können schnell gewechselt werden ohne darauf warten zu müssen, dass sie ein Gerät auswirft. Die Nadeln können auch in der Mitte eines Stücks aufgelegt werden.
- Es sind am Markt noch genügend Abspielgeräte und Ersatzteile für Plattenspieler erhältlich.

Nachteile:

- Geringe Informationsdichte und –vielfalt - Auf einer LP-Schallplattenseite können bei 33 UpM maximal eine halbe Stunde Ton aufgezeichnet werden. Dies ist abhängig von Lautstärke und Bassanteil des Beitrags, der gespeichert werden soll.
- Schadensanfälligkeit -Die Schallplatte ist empfindlich gegenüber Hitze, Kratzer Auseinanderbrechen und Verrottung. Obwohl technisch schon längst überholt, stellt die Schallplatte den Vorgänger moderner Computermedien wie der CD dar. Das Prinzip der spiralförmigen Speicherung von Information durch Höhen und Tiefen findet auch bei diesem Medium Einsatz.

- **Abtastung**
  Bei mechanischen Datenträgern erfolgt das Lesen durch körperlichen Kontakt des Lesegerätes mit dem Datenträger. Dies führt zu Verschleiß des Datenträgers. Bei der Schallplatte wird die Nadel mit gewissem Druck durch die Rille bewegt, durch die Unebenheiten wird der Ton gewonnen. Bei häufigen Abspielen werden die Unebenheiten nach und nach ausgeglichen, Erhöhungen werden abgetragen.
- **Wartung**
  Die einzelnen Komponenten des Abspielgeräts, wie Tonabnehmer, Nadelschliff, Laufwerk haben Einfluss auf den Klang der Wiedergabe und müssen regelmäßig gewartet bzw. ausgetauscht werden.

5. 1. 3. Haltbarkeit

Da es bei der mechanischen Abtastung zu einem körperlichen Kontakt des Lesegerätes mit dem Datenträger kommt, verschleißen die Rillen, die den Ton erzeugen, mit jedem Mal wenn die Schallplatte abgespielt wird ein wenig. Das Material, das die Unebenheiten und Erhöhungen speichert, wird von der Nadel leicht abgetragen, diese Abnützung lässt sich beim Gebrauch nicht vermeiden. Den Klang einer abgenützten, verstaubten Platte kann verbessern, in dem man sie gründlich reinigt und nass abspielt.

Die Aufbewahrung soll in einer lichtundurchlässigen Hülle erfolgen, die Schallplatte muss vor Kratzern geschützt werden, da diese „Knackser“ im Ton zur Folge haben. Bei sorgsamem Umgang ist sie aber über mehrere Jahrzehnte verwendbar.

5. 2. analoges Tonband

Das analoge Tonband wurde im Jahr 1935 auf der Funkausstellung in Berlin der Öffentlichkeit präsentiert. Die Firma BASF ersetzte das zuvor verwendete Trägermaterial Papier durch Plastik und machte das Tonband einsatzfähig. [25]
Das Tonband verfügt über eine magnetisierbare Schicht, bestehend aus Eisenoxid-Teilchen, die mittels Kunststoffbinder auf den Kunststoffträger aufgebracht sind. Im Landesstudio NÖ ist es kaum noch in Verwendung, für das Abspielen von Archivaufnahmen stehen aber noch immer Geräte bereit, schließlich lagern noch tausende Tonbänder in den Lagerräumen.
Das Magnetband, stellt, im Vergleich zur Schallplatte, schon ein wesentlich vielseitigeres Speichermedium dar. Auch im IT-Sektor ist das Tonband als Datenspeicher im Einsatz.

5. 2. 1. Aufzeichnung, Lesevorgang

Das analoge Signal wird durch zeitdiskrete Impulse mit der Abtastfrequenz abgetastet. Es entsteht eine Pulsfolge, deren Amplituden dem Verlauf des analogen Signals entsprechen. Bei der magnetischen Schallspeicherung wird ein magnetisierbares Material (Tonträger) vor dem Spalt eines Sprechkopfes (Aufnahmekopf) vorbeigeführt, in dessen Wicklung ein dem Tonsignal entsprechender Wechselstrom fließt. Das dadurch vor dessen Spalt erzeugte Wechselfeld verursacht im Tonträger eine bleibende Magnetisierung dessen Größe und Richtung sich verändert. Bevor das Band aber an Sprech- oder Hörkopf gelangt, wird eine mögliche vorhandene Magnetisierung mittels Löschkopf gelöscht. (siehe Abb. 5.3)

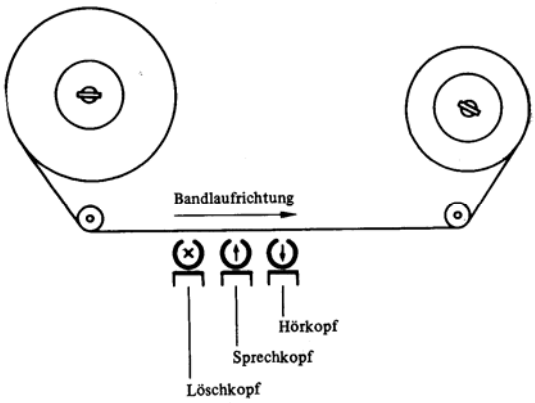


Abb. 5. 3.: Schematische Darstellung einer Tonbandmaschine

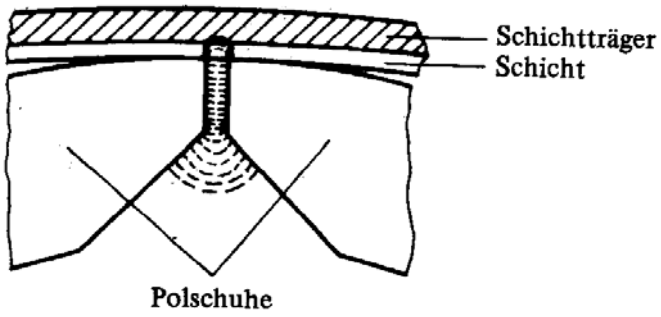


Abb. 5.4.: Spaltfeld bei der Aufzeichnung auf einem Magnetband

Die Magnetisierung erfolgt über einen Ringkernwandler. Der Schreibkopf besteht aus einem hochpermeablen Kern aus ferromagnetischem Material mit einer Wicklung, der zum Erzeugen eines Magnetischen Flusses dient. Der Träger wird an einem Spalt vorbeigeführt, dessen Streufeld durchdringt die Schicht die dadurch magnetisiert wird.

Lesevorgang

Der Lesekopf ist aufgebaut wie der Schreibkopf, wird magnetisiertes Material vorbeigeführt, ändert sich dessen Fluss, und in dessen Wicklung wird die Lesespannung induziert.

5. 2. 2. Vor- und Nachteile

Vorteile des Magnettonverfahrens:

- Bänder sind löschbar und somit wieder verwendbar
- Robuste Tonbandgeräte halten fast jeder Witterung stand und sind weitgehend temperaturunempfindlich.

Nachteile:

- Tonhöhenschwankungen – Die ursprüngliche Tonhöhe wird nur dann erreicht wenn Bandgeschwindigkeit von Aufnahme und Wiedergabe identisch sind. Durch kurzzeitige Geschwindigkeitsschwankungen und dem „Schlupf“ – eine kontinuierliche Änderung der Geschwindigkeit zwischen Anfang und Ende – kann es beim Tonschnitt an den Übergängen zu plötzlichen, wahrnehmbaren Änderung der Tonhöhe kommen.
- Bandschnitt erfordert Sachkenntnis und Geschick.

5. 2. 3. Haltbarkeit

Die Haltbarkeit von Tonbändern beträgt mehrere Jahrzehnte, die Lebensdauer hängt im Wesentlichen von Material und Verarbeitung des Datenträgers sowie von der Lagerung ab. Gefahren stellen Umwelteinflüsse wie Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Erschütterung dar.

Die magnetisierbare Schicht ist anfällig für andere Magnet- und elektrische Felder. Ist der Einfluss zu stark, ändert sich die Magnetisierung der Partikel, die gespeicherten Daten werden verfälscht. Elektronische Geräte wie Fernseher und Lautsprecher arbeiten mit Magnetfeldern oder senden elektrisch geladene Teilchen aus, die die Aufzeichnung beeinflussen können. Auch störende Einwirkungen des Magnetfeldes der Erde sind denkbar.

Bei langer Lagerung kann es zu einem weiteren Problem kommen: Bei Tonbändern liegen die einzelnen aufgerollten Schichten des Bandes nahe aneinander. Eine laute Musikstelle auf einem Band hat eine größere Anzahl an magnetischen Teilchen, also auch ein stärkeres Feld. Dies kann zum Übersprechen führen, angrenzende Bandteile werden magnetisiert. dies kann bei jahrelang aufgewickelt gelagerten Tonbändern und Musikkassetten zu einem periodischen Echo führen.

Schon innerhalb eines Jahrzehnts kann das Tonband schon gefährlich altern, wenn es hoher Beanspruchung unterliegt. Der Zug beim Abspielen macht das Trägermaterial brüchig und verletzlich mit der Zeit. Beim Klebstoff, der die magnetischen Partikel auf dem Träger fixiert, kommt es auch auf die Qualität an. Bei hoher Luftfeuchtigkeit, wie es in Tropengebieten der Fall ist, kann Klebstoff austreten oder nachgeben. Die in Form von magnetischer Partikel gespeicherter Information haftet nicht mehr und wird einfach weggewischt, was zum kompletten Datenverlust führen bzw. zu Schäden an Abspielgeräten führt.

In der professionellen Informatik ist es üblich, wichtige digitale Informationen auf Band alle 3 -5 Jahre auf ein neues Band zu kopieren, um die Magnetisierung „aufzufrischen“. Die Hersteller von magnetischen Tonträgern geben 10 -15 Jahre als gesicherte Obergrenze der Haltbarkeit an. (vgl. Bárány, 2004, S. 59) Zu Bedenken ist jedoch bei analogen Tonbändern, dass eine Kopie nie verlustfrei erfolgt, daher sollte möglichst selten umkopiert werden. Aus archivarischer Sicht ist aber sicher besser Einbußen in der Tonqualität hinzunehmen als einen kompletter Datenverlust zu riskieren.

5. 2. 4. Compact Cassette

Abb. 5.5: Innenleben einer Compact Cassette

Philips stellte die Compact Cassette erstmals auf der Internationalen Funkausstellung (IFA) im Jahr 1963 vor. Eigentlich als Tondatenträger für Diktiergeräte gedacht, entdeckte man sie auch aus Musikspeichermedium, da sie im Vergleich zu professionellen Tonbandgeräte handlicher und günstiger war. 1965 gab es die ersten bespielten Kassetten zu kaufen (vgl. [26].

Wie beim Tonband wird auch bei der Compact Cassette mittels magnetischen Verfahren aufgezeichnet. Das Magnetband befindet sich aber in einem Gehäuse aus Kunststoff, das die Daten vor Verschmutzung und Stößen schützt. Das Band hat eine Breite von 3,175 mm und kann auf jeder Seite zwei Spuren (Stereo) speichern. Die Abspielgeschwindigkeit beträgt 47,625 mm/s. Es gibt Bänder mit 60, 90 und 120 Minuten Gesamtspielzeit. Die Bänder bei 120-Minuten-Kassetten sind dünner, damit sie ins Gehäuse passen und sind daher anfälliger für Selbstmagnetisierung der Bandlagen auf der Spule und empfindlicher gegenüber Zugbelastung.

Die Compact Cassette ist bei uns schon beinahe ausgestorben, seit Einführung der CD sanken die Verkaufszahlen für bespielte Musik-Kassetten in den Keller. Laut Wikipedia findet die Musikkassette aber noch im Großteil Lateinamerikas, Afrikas und Südostasiens noch reichlich Absatz. Schließlich sind die Geräte billig, bedienungsfreundlich und auch technisch einfach, was die Reparatur vereinfacht. (vgl. [27])

Die Plastikhülle schützt das Tonmaterial vor Hitze, Staub und Fingerabdrücken, hohe Luftfeuchtigkeit verträgt sie aber eher weniger. Wie bei anderen Magnetspeichern lässt die Magnetisierung mit der Zeit nach, was zu einem hörbaren Qualitätsverlust führt. Staub und Abnützung können zu Aussetzern führen, sogenannten Dropouts.

5. 3. Festplatte

5. 3. 1. Aufzeichnung und Lesevorgang

Die Festplatte stellt eine Hybridform aus den Prinzipien des Manetbands und der Schallplatte dar, mit der binäre Daten gespeichert werden. Die erste Festplatte stellte IBM am 13. September 1956 vor und hatte eine Speicherkapazität von fünf Mega Byte. (vgl. [28]) Das Neue und Besondere an dieser Form der Speicherung war, dass die Daten nicht mehr sequentiell sondern auf einem beliebigen Ort des Datenträgers geschrieben wurden. Ein oder mehrere, mit magnetisierbarem Material beschichtete Scheiben werden von einem Lese- und Schreibkopf (ähnlich einer Schallplatte) spiralförmig abgetastet, diese müssen aber nicht der spiralförmigen Struktur der Beschichtung folgen, sondern können Spuren überspringen – damit zeichnet sich die Festplatte durch niedrige Zugriffszeit aus. Die Drehgeschwindigkeit der Scheiben beträgt bis zu 12 000 U/min.
Um größere Speicherkapazitäten und Ausfallssicherheit zu erzielen, können Festplatten auch in Raid-Sytemen (Redundant Arrays of Inexpensive Disks) verbunden werden. Dies geschieht mit entsprechender Hardware (einem angeschlossenen Raid-Controller) oder wird von einer Software organisiert. Zur Verwaltung der zusammengeschlossenen Festplatten gibt es den Raid-Standard, der mehrere Versionen umfasst. (vgl. [29]) Die gebräuchlichsten Standards stellen Raid 0, Raid 1, Raid 5 und Raid 10 dar, Es gibt noch eine Fülle von anderen Spezifikationen, aus Gründen der Übersichtlichkeit sollen aber nur die folgenden erwähnt werden:

- **Raid 0**

  Die Daten werden in sogenannten Stripes auf mindestens zwei Festplatten abwechselnd geschrieben. Die Schreib- und Lesezugriffe werden so auf alle Platten aufgeteilt und bringen so Vorteile bei der Zugriffsgeschwindigkeit. Diese Raid-Version arbeitet aber nicht redundant und bietet keine Datensicherheit – fällt eine Platte aus, sind alle Daten zerstört.

- **Raid 1**

  Bei Raid 1 wird der Inhalt eines Datenträgers auf einem anderen gespiegelt. Fällt eine der Platten aus, ist die Information auf der anderen vollständig erhalten. Die Kosten der Speicherkapazität verdoppeln sich aber gegenüber Raid 0.

- **Raid 5**

  Bei einem Raid 5-System werden die Daten redundant wie bei Raid 0 auf mindestens drei Platten verteilt. Neben den Nutzdaten werden auch Paritätsinformationen auf alle Platten gespeichert, mit deren Hilfe die Daten bei Ausfall einer Platte die Daten vollständig restauriert werden können. Je mehr Platten sich in einem Raid 5 befinden, desto höher ist die Zugriffsgeschwindigkeit.

- **Raid 10**

  Raid 10, oder auch Raid 0+1, stellt eine Kombination aus Raid 1 und Raid 0 dar und wird eingesetzt wenn sowohl Schnelligkeit und Datensicherheit gefordert ist. Für diesen Verbund sind mindestens vier Festplatten der gleichen Größe notwendig: Auf zwei davon werden die Nutzdaten geschrieben bzw. gelesen, was die Zugriffsgeschwindigkeit erhöht. Die anderen beiden dienen nur zur Sicherung, auf ihnen werden die ersten beiden Platten gespiegelt. Fällt eine der Platten aus, existiert eine Kopie der Platte man kann das System weiterhin verwenden. Wenn eine zweite ausfällt, trifft es im besten Fall eine von den Festplatten, von denen noch ein Gegenstück existiert, auch dann sind die Informationen noch erhalten. Sollten zwei Festplatten mit den gleichen Daten jedoch ausfallen, sind alle Daten verloren. [30]

5. 3. 2. Vor- und Nachteile

Vorteile

- Auf die gespeicherten Audiodateien kann mithilfe eines vernetzten Computersystems von überall zugegriffen werden.
- Macht Hard-Disk Recording möglich, das Audiosignal wird direkt auf Festplatte aufgezeichnet und die Rohaufnahme kann auf einem Rechner sendefertig bearbeitet werden.

Nachteile:

- Ein „Headcrash“ (Festplattencrash) kann Verlust von gesamten Daten auf einer Festplatte verursachen, wenn keine Absicherung durch Raid-Systeme erfolgt.

5. 3. 3. Haltbarkeit

Eine Gefahr geht wie schon erwähnt vom sogenannten „Festplatten-Crash“ aus. Die Festplatte verfügt über eine hohe Speicherdichte, das bedeutet, die einzelnen magnetischen Partikel, die die Information speichern, liegen sehr nah bei einander. Um die Daten auszulesen muss sich der Schreib-Lese-Kopf daher knapp über der Oberfläche befinden. Der Abstand zwischen Schreib-Lese-Kopf und der Scheibe der Festplatte beträgt 10-15 Nanometer (vgl. Barany, 2004, S. 59). Ein Staubkorn kann so für den kompletten Verlust der Informationen verantwortlich sein, zwischen einem der Köpfe der Scheibe kann es verheerende Kratzer verursachen. Eine weitere Gefahr stellen Erschütterungen während eines Schreib- oder Lesevorgangs dar. Berührt der Kopf die Oberfläche, wird diese zerkratzt und magnetische Teile werden herausgelöst. Die beschädigte Stelle kann folglich weder gelesen noch beschrieben werden.

Um die Ausfallsicherheit zu gewährleisten, kann man sich mit einigen Arten der RAID Technologie absichern. Fällt eine der Platten aus, kann sie meist sogar während des regulären Betriebes ausgetauscht werden.

Diese Methoden sind aber nur für die kurzfristige Ausfallssicherheit gedacht, das System erfordert ständige oder zumindest regelmäßige Wartung. Aus Sicherheitsgründen ist auch eine Kopie des Archivs empfehlenswert, die in regelmäßigen Abständen mit dem Haupt- und Nutzspeicher synchronisiert wird. Ratsam ist es, diese örtlich von einander getrennt aufzubewahren. Bei unvorhersehbaren äußeren Einwirkungen, wie Feuerausbruch, Wasserschaden oder Stromausfall wird verhindert, die gesamten Daten zu verlieren.

Dadurch, dass sich die Technologien in diesem Bereich oft ändern, neue Produkte auf und alte Produkte vom Markt genommen, kann man mit einer Haltbarkeit eines Systems von 8-10 Jahren rechnen, darüber hinaus wird die Beschaffung von Ersatzfestplatten kritisch. (vgl. Bárány, 2004, S. 59)

5. 4. CD

Die Compact Disc war ursprünglich als digitaler Nachfolger der Schallplatte gedacht und im Jahr 1981 auf der Funkausstellung in Berlin vorgestellt. Im folgenden Jahr wurden die ersten Audio-CDs industriell hergestellt und CD-Spieler am Markt angeboten. Wie bei der Schallplatte verfügt die optische Scheibe über spiralförmige Rillen (Pre-Groove), in denen die Toninformation in Form von Bits gespeichert ist.
Anfangs war sie nur für große Stückzahlen rentabel, aufgrund des kostenintensiven und schwierigen Herstellungsprozesses. Die beschreibbare CD wurde 1992 eingeführt und heute haben CD-Brenner eine sehr weite Verbreitung erreicht. Die CD erlaubt bis zu 800 MB große Daten oder 90 Minuten Musik kostengünstig zu speichern. Die Lesbarkeit zwischen Leselaufwerken verschiedener Hersteller, unabhängig vom Betriebssystem, ist bei Einhaltung der ISO 9660[5] gewährleistet. Neuere Generationen von Laufwerken (z.B. DVD-Laufwerke) sind abwärtskompatibel.

Es gibt mehrere Verfahren, um die Information auf CD zu bannen, entweder sie wird mechanisch gepresst oder mit einem Laser „eingebrannt“, wie nachfolgend beschrieben. Der Lesevorgang ist immer der gleiche: Ein Laserstrahl wird durch Blenden begrenzt und durch Linsen auf die Informationsebene fokussiert. Das Prinzip der optischen Speicherung nutzt den Effekt der Streuung von Licht an Kanten, Löchern, Spalten oder Erhebungen. Vorraussetzung dafür ist, dass die geometrischen Abmessungen an den Kanten, Löchern usw. in der jeweiligen Größe wie die Wellenlänge des verwendeten Lasers entsprechen. Trifft das Laserlicht auf die Oberfläche, wird es unterschiedlich stark reflektiert bzw. gedämpft. Ein fotoempfindlicher Detektor wertet die Information aus und interpretiert diese Lichtinformation als Bitzustand.

[5] Die Internationale Organisation für Normung (ISO) hat den Standard ISO 9960 festgelegt, um die Kompatibilität der CD in Laufwerken verschiedener Hersteller zu gewährleisten

5. 4. 1. Aufzeichnungsverfahren

5. 4. 1. 1. beschriebene CD (Audio CD, CD-ROM)

Diese Speicher werden üblicherweise von Spezialfirmen mit Sonderanlagen beschrieben und nicht vom Anwender selbst. Diese werden mittels Spritzgussverfahren „gepresst“.

Die Information wird mit einem sogenannten „Laser Beam Rekorder“ auf eine Glasplatte geschrieben, die mit einem lichtempfindlichen Lack beschichtet ist, ähnlich dem Brennen einer beschreibbaren CD, das im nächsten Kapitel behandelt wird. Mittels galvanischen Prozess wird dann der „Stamper“ hergestellt, mit diesem Presswerkzeug können um die 20 000 CDs gefertigt werden. Erhitztes, verflüssigtes Polycarbonat wird eingespritzt und unter hohem Druck zusammengedrückt. Für eine reflektierende Schicht wird die Scheibe noch dünn mit Aluminium bestäubt und erhält zum Abschluss einen Schutzlack, der unter UV-Licht ausgehärtet. (vgl. [31])

5. 4. 1. 2. beschreibbare CD (CD-R)

Die CD-R (R für Recordable) ist ein sogenannter Write-Once Speicher. Man kann das Medium einmal beschreiben und danach beliebig oft auslesen.

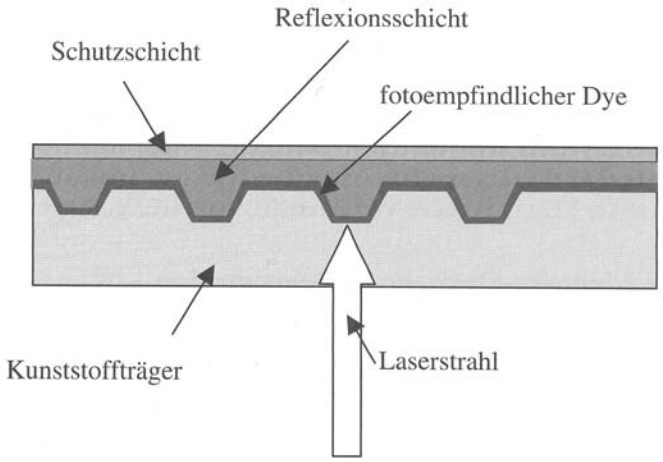


Abb. 5.6.: Aufbau einer CD-R
Durch die Fokussierung des Lasers auf die Leseschicht und nicht auf die Oberfläche des Kunsstoffträgers sind Kratzer auf dem Kunststoffträger normalerweise kein Problem, gefährlich ist eine Beschädigung des Reflexionsmaterials

Dazu verfügt die Scheibe im Aufbau über eine Mehrlagenstruktur. Auf dem Kunststoffträger mit eingeprägter Spur wird der fotoempfindliche Farbstoff aufgebracht. Darüber befindet sich die Reflexionsschicht (Gold oder Silber) und darauf normalerweise ein Schutzlack Beim Schreibvorgang wird innerhalb der Informationsspur Bereiche der nicht-transparenten Schicht durch Lichtenergie zerstört. Die reflektierende Schicht wird freigelegt und ein Pit erzeugt. Aufgrund der höheren Lichtintensität des reflektierten Licht als bei abgedeckten Bereichen erkennt der Detektor den Bitzustand (vgl. AWV, 1999, S. 18).

Daten-CDs werden mit einer dreifachen Fehlerkorrektur beschrieben. Ein kompletter Sektor kann aus den benachbarten Sektoren wiederhergestellt werden.
Da die CD-R ein einmalbeschreibbares Medium ist, kann das leere Medium nicht getestet werden. Die Überprüfung erfolgt durch genaue Produktionsüberwachung, optische Scanverfahren und Tests mit einzelnen CD-Rs aus dem Produktionsablauf. Bestehen diese die Fehleranalyse durch die Prüfgeräte nicht, wird die gesamte Produktionscharge verworfen.
Durch hohe Redundanz stören so einzelne Fehler die Lesbarkeit und die Reproduzierbarkeit der Daten nicht.

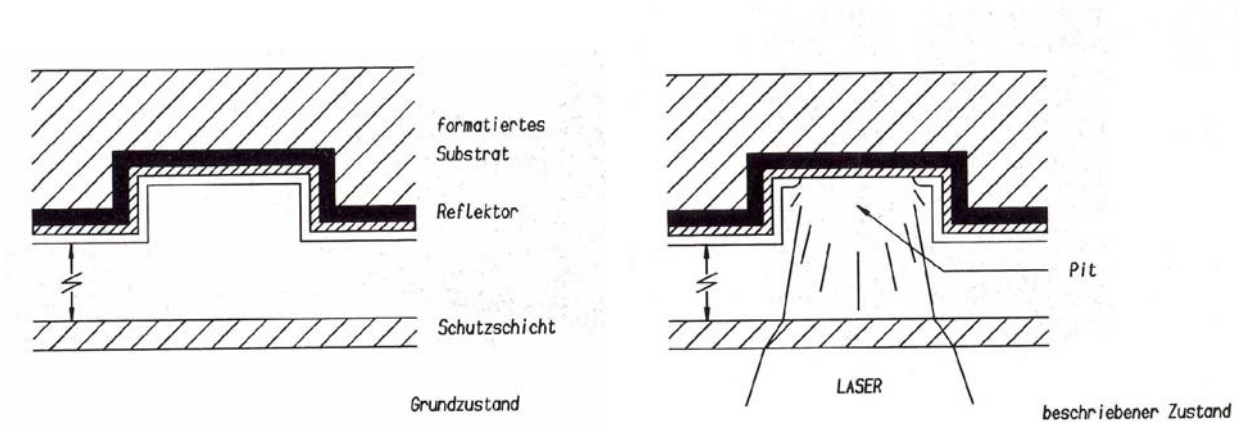


Abb. 5.7.: Aufzeichnung mittels Piterzeugung

5. 4. 1. 3. wiederbeschreibbare CD (CD-RW

RW steht für ReWritable, die CD-RW soll bis zu 1000 mal gelöscht und wiederbeschrieben werden können. Dazu ist ein komplexerer Aufbau als bei der CD-R nötig.

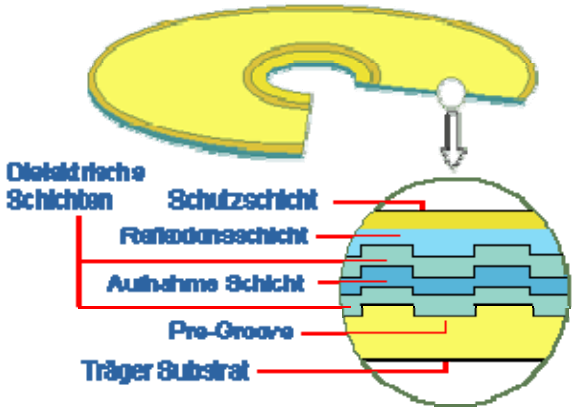


Abb. 5.8.: Aufbau einer CD-RW

Wie bei der CD-R wird die Information in einer Farbschicht gespeichert. Diese Aufnahmeschicht wird zur Isolierung zwischen zwei zusätzlichen dielektrischen Schichten eingebettet, diese dienen zur Ableitung der enormen Hitze. Die Farbschicht kann ihren Zustand wechseln, im kristallinen Zustand reflektiert diese das auftreffende Laserlicht, im amorphen Zustand nicht. Der Wechsel des Zustands wird durch die Erhitzung der Farbschicht mittels Laserstrahl beeinflusst. [32]

5. 4. 2. Vor- und Nachteile

Vorteile:

- Leichte Handhabung: ein beliebiger Musiktitel kann ausgewählt und andere ohne lästiges Spulen übersprungen werden.
- CD-Rohlinge sind preisgünstig, pro Stück sind sie schon ab ca. 20 Cent zu erwerben.
- CD-Lesegeräte und –brenner haben eine große Verbreitung, Daten-CDs können meist auch von DVD-Laufwerken in PCs oder Audio-CDs von DVD-Playern gelesen werden.

Nachteile:

- Als optischer Datenträger ist die CD empfindlich gegenüber Sonnenlicht, auch Kratzer und Fingerabdrücke können die Lesbarkeit beeinträchtigen.

5. 4. 3. Haltbarkeit

Das Abtasten einer CD erfolgt berührungslos, daher entsteht beim Lesen kein Verschleiß und bis zu einer Million Lesezugriffe möglich sein. Da die CD erst Anfang der 80er auf dem Markt ist, gibt es keine Langzeiterfahrungen, was die Lebensdauer betrifft. So wird in Labortests versucht, eine beschleunigte Alterung zu simulieren. Mittels Einwirkung von Hitze, erhöhter Luftfeuchtigkeit und starkem Licht wird versucht, auf die Haltbarkeit zu schließen.

Die Lebensdauer der CD hängt vor allem von sachgemäßer Lagerung, Handhabung und den verwendeten Materialien ab, aus diesem Grund müssen selbstgebrannte von industriell gefertigten CDs unterschieden werden. Bei schlechter Lagerung oder unsachgemäßer Handhabung kann es sehr schnell zum kompletten Datenverlust kommen. Zum Beispiel wenn man eine selbstgebrannte Audio-CD im Sommer im aufgeheizten Auto liegen lässt und dem Sonnenlicht aussetzt.
Aber auch große Institute wie das deutsche Musikarchiv sind von diesem Problem betroffen. Dort wird seit 1983 jedes Exemplar von national erschienenen Audio-CDs aufbewahrt, die Sammlung fasst ca. 400 000 optischen Speicherplatten. Vom Bestand der

ersten drei Jahre nach Beginn der Archivierung sind bereits 200 Stück unlesbar. (vgl. Apfelböck, 2008, S. 97) Das Problem liegt an den aggressiven Lacken die damals beim Aufdruck der Beschriftung eingesetzt wurden. Die Lackschicht wird angegriffen und aufgelöst, da diese mit der Datenschicht verschmolzen ist, wird diese irreparabel zerstört. [33]

Die Haltbarkeit der Daten auf CD kann von folgenden Faktoren gefährdet werden:

- Wie bei jedem Datenträger spielt das Material und die Verarbeitung eine entscheidende Rolle. Bei der Auswahl von Rohlingen lohnt es sich nicht, auf ein Billigprodukt zurück zu greifen. Verwendet man einen billigen Rohling zum Speichern, den man dem Sonnenlicht aussetzt, kann dieser schon nach zwanzig Tagen vollständig unlesbar werden. Bei der Anschaffung von qualitativ hochwertigen Rohlingen versichern einige Hersteller mit einer Haltbarkeit von bis zu 100 Jahren. (vgl. Barany, 2004, S. 62).
- Kratzer auf der Unterseite, also der tragenden Schicht aus Kunststoff, sind zwar nicht so verheerend wie auf der Lackschicht, aber auch hier können Lesefehler auftreten, wenn der Laserstrahl zu stark von der unebenen Oberfläche abgelenkt wird. Mit feinem Schmirgelpapier kann dieser Schaden behoben werden, vorausgesetzt die Kratzer sind nicht zu tief.
- Am empfindlichsten ist die Beschriftungsseite, auf der sich die reflektierende Schicht und damit die Daten befinden. Wird die Lackschicht, zum Beispiel durch unsachgemäße Beschriftung mit einem Bleistift oder Kugelschreiber verletzt kann der Laserstrahl an dieser Stelle nicht mehr reflektiert werden, wodurch die Information unlesbar wird. Auch aggressive Substanzen in Filzstiften können die Schicht angreifen und die Daten zerstören. Deshalb sollten nur spezielle Stifte zur Beschriftung verwendet werden.

- Bei Verformungen kann es geschehen, dass sich die Stelle an der Scheibe nicht mehr im rechten Winkel zum Laserlicht befindet und in eine andere Richtung reflektiert wird – die Daten können nicht mehr gelesen werden. Um Verformungen zu vermeiden wird empfohlen, die CDs aufrecht zu lagern, liegen sie flach, drückt das Eigengewicht der Scheiben mit der Zeit die Ränder nach unten. Auch Aufkleber können die Reflexionsschicht schädigen oder zu Unwuchten führen.(vgl. Bárány, 2004, S. 61)
- Dadurch dass sich die Information auf einer fotoempfindlichen Farbschicht befindet, sollte eine CD auch vor Licht geschützt werden. Direkte, dauerhafte Sonneneinstrahlung erhöht die Anzahl der auftretenden physikalischen Fehler. Fallen zu viele Bits um, können diese nicht mehr durch die Fehlerkorrektur rekonstruiert werden. Das setzt natürlich voraus, dass die Fehlerrate von Anfang an gering ist, dafür darf die CD wenig physikalische Unregelmäßigkeiten auf der Oberfläche aufweisen.
- Die CD sollte auch vor Fingerabdrücken, Staub, Kratzer, Luftfeuchtigkeit und Nässe geschützt werden, deshalb wird die Aufbewahrung in einer lichtundurchlässigen Hülle empfohlen und den Datenträger nur an den Rändern anzufassen.

Wenn die Lagerbedingungen ideal sind, sollen selbstgebrannte CDs bis zu 50 Jahre halten. Dies sind aber theoretische Werte, die mittels Simulationen in Alterungstests ermittelt wurden, daher sollte in der Praxis mit einer geringeren Lebensdauer gerechnet werden. Erfahrungswerte weisen eine realistische Haltbarkeit von etwa drei bis fünf Jahre auf. Ähnlich ist die Situation bei gepressten CDs: Theoretisch sollen diese über 100 Jahre lesbar bleiben, nach 20-30 Jahren ist die Haltbarkeitsgrenze aber anscheinend ausgereizt, wie auch der Fall im deutschen Musikarchiv am Anfang des Kapitels deutlich macht. (vgl. Apfelböck, 2008, S. 97)
Das Material, das bei der wiederbeschreibbaren CD für die Datenschicht verwendet wird, ist weniger stabil als in der CD-R oder gepressten Audio-CD und daher für die Langzeitarchivierung gänzlich ungeeignet. (vgl. Barany, 2004, S. 62)

5. 5. DAT

Nachdem PCM Prozessoren entwickelt wurden, wurde nach Abspielsystemen und Speichermedien gesucht, die das digitale Audiosignal mit der relativ hohen Bandbreite aufzeichnen können. Die nötige Frequenzbandbreite fand man bei Videorecordern, die aber für eine andere Signalart ausgelegt waren[6] (Vgl. Dickenreiter, 1997, S. 322). So wurde 1986 ein neues Konzept zur ausschließlichen Audioaufzeichnung vorgestellt, das Digital Audio Tape (DAT), auf der, je nach Kassette, 60, 90 oder 120 Minuten Spielzeit zur Verfügung stehen. [34]

Durch ein neues Datenformat gelingt eine bessere Ausnutzung des Tonträgers und somit eine höhere Speicherdichte. Da es nun möglich war, digital verlustfrei zu kopieren, gab es auch einen Kopierschutzmechanismus, um illegale Raubkopien zu erschweren.

Das neue Abspielsystem sollte im Konsumerbereich als Nachfolger für die analoge Compact Cassette eingeführt werden, die Technik war aber aufgrund der rotierenden Kopftrommel für den Heimanwender zu teuer. Es fand dafür im Studiobereich als kostengünstiges, zuverlässiges Mastermedium Anwendung, da man verlustfrei aufnehmen und kopieren konnte.

Da Daten erstmals digital verlustfrei kopiert werden konnten, verlangte die Musikindustrie einen Kopierschutzmechanismus. So wurde der Standard SCMS zur Pflicht für DAT-Geräte für Heimanwender. Mit jeder Aufnahme wird auch ein Copy Bit zB auf eine CD geschrieben, das in jedem Frame der CD zu finden ist. Ein gesetztes Bit zeichnet das Musikmaterial als urheberrechtlich geschützt aus. Das DAT Laufwerk liest und wertet das Bit aus. Ist das Material geschützt erhält die Kopie einen Code aus gesetzten und nicht gesetzten Bits, der verhindert, dass weitere digitale Kopien gemacht werden können. Studiogeräte können dass Copy Bit aber ignorieren.

[6]Die Frequenzbandbreite der Videorecorder liegt sogar über den für rein Audiozwecke notwendigen Werten. Auch der Störabstand von mindestens 40 dB entfällt, um binäre Signale fehlerfrei wiederzugeben. (Vgl. Dickenreiter,1997, S. 322)

5. 5. 1. Aufzeichnung/Wiedergabe

Das DAT Band ermöglicht eine zweikanalige 16 Bit Aufzeichnung mit 48 (Standard) oder 32 kHz, einige Hersteller bieten auch 96 kHz.
Das Kassettenband befindet sich staubgeschützt in einer Plastikhülle und hat eine Länge von 60 m, die Bandbreite beträgt 3,81 mm. Die Spuren liegen auf dem Band sind sehr schmal (13,59 µm) und liegen ohne Abstand nebeneinander. Die Bandgeschwindigkeit liegt in der Regel bei 8,15 mm/s. In dem DAT Recorder liegen zwei Köpfe auf einer Trommel, die mit 2000 U/min rotiert. Beide Köpfe können lesen und schreiben, ein Löschkopf ist nicht notwendig, die alten Daten werden einfach überschrieben.
(vgl. Dickenreiter,1997, S. 323-325)

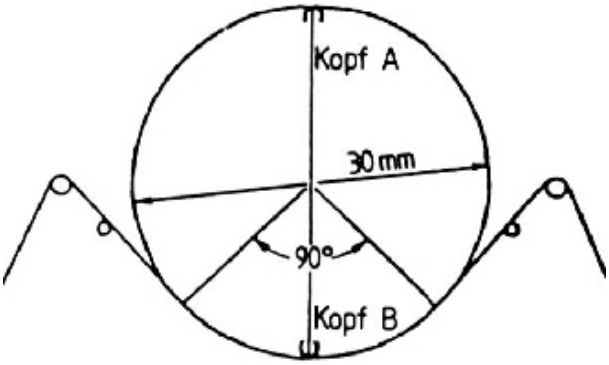


Abb .5 9.: Schematische Darstellung der Kopftrommel eines DAT Recorders

Die Dicke der Trommel beträgt 3 cm, das Band umschlingt sie nur zu einem Viertel. Diese Bauweise erfordert eine einfachere Mechanik und ermöglicht schnelles Rangieren. Die zwei Tonköpfe lesen bzw. schreiben abwechselnd Schrägspuren auf das Band in einem Winkel von 20 Grad, dem sogenannten Azimutwinkel. Dieser Winkel soll das Übersprechen benachbarter Spuren bei der Aufzeichnungsfrequenz minimieren
(vgl. Dickenreiter,1997, S. 323)

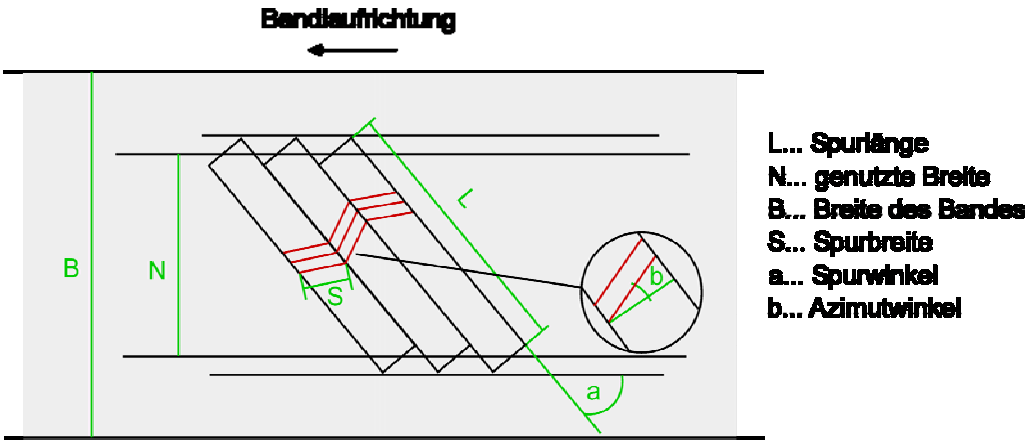


Abb. 5.10: Durch die Schräglage wird eine Spurlänge von 23,501 mm mit einer Breite von nur 13,59 µm erzielt.

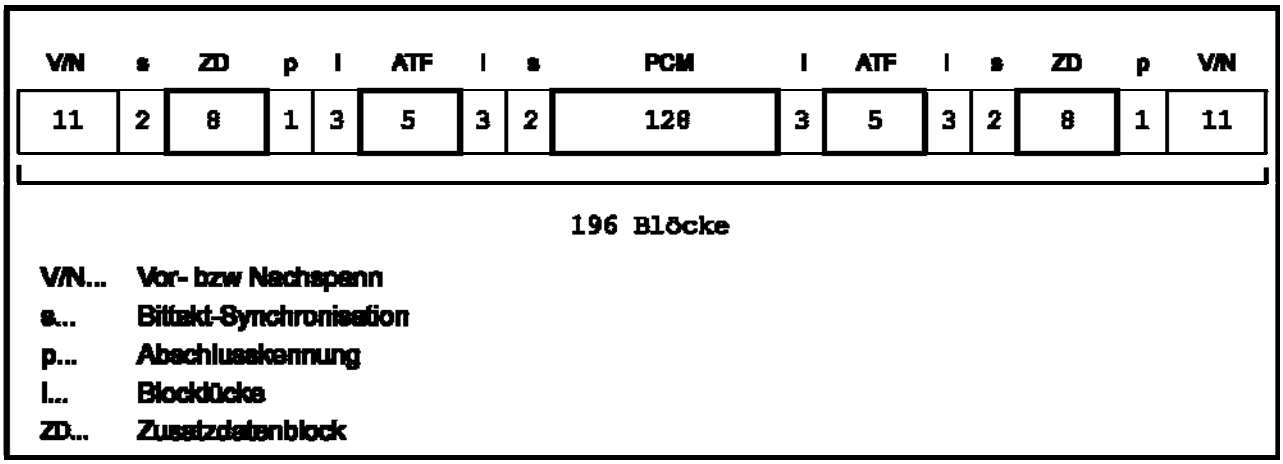


Abb. 5.11.: Spurschema des DAT Formats (vgl. Dickreiter, 1997, S. 326)

Eine Spur enthält insgesamt 196 Datenblöcke, in denen nicht nur Ton gespeichert werden (siehe Abb. 5.11). Der PCM-Datenblock ist aber natürlich der größte Teil mit 138 Blöcken und liegt im sichersten Bereich, in der Mitte.

Es können aber auch 273,1 kBit/s an Zusatzinformationen aufgezeichnet werden, das sind fast fünfmal so viel wie bei der Audio-CD. In diesem Bereich für die Zusatzdaten werden Absolutzeit, Indizes usw. aufgezeichnet. Diese Daten werden vor und hinter den Audiodaten und haben eine Länge von zwei mal acht Blöcken.

Der ATF (Automatic Track Finding) regelt die präzise Spurhaltung, es synchronisiert Bandgeschwindigkeit und Kopftrommel-Drehzahl, damit sich der Kopf auf der richtigen Spur mit dem richtigen Winkel befindet. Der ATF-Bereich wird nur einmal permanent auf den Band geschrieben, er bleibt erhalten auch wenn das alte Audiomaterial überschrieben wird und hat eine Länge von zwei mal fünf Datenblöcken. Die Spur wird eingeschlossen

von Vor- bzw. Nachspann, die einen ungenutzten Sicherheitsbereich darstellen, damit der Kopf auch wirklich zuverlässigen Kontakt zum Band findet. Zwischen ATF, Zusatz- und Audioblöcken befinden sich noch Blöcke für die Bittakt-Synchronisation, Abschlusskennung und Blocklücken. Letztere werden nötig um eine getrennte Aufnahme und Bearbeitung von Audiodaten und Zusatzdaten zu ermöglichen. (vgl. Dickreiter, 1997, S. 320-326)

5. 5. 2. Vor- und Nachteile

Vorteile:

- Verglichen mit analogen Tonbändern haben DAT Kassetten eine längere Spieldauer bei kompakterer Größe. Auch die Aufnahmegeschwindigkeit ist stabil.
- Das Tonband ist in der Plastikkassette geschützt vor Staub und Kratzern.

Nachteile

- Das DAT Band ist nur sequentiell lesbar oder beschreibbar.
- Es besteht die Gefahr, dass sich die Bandführung (besonders nach längerer Betriebspause) verstellt und damit Probleme beim Lesen älterer Bänder auftreten können. Auch neue Aufnahmen sind dadurch fehljustiert und dadurch archivarisch ungeeignet.
- Die Köpfe haben nur eine geringe Lebensdauer.

5. 5. 3. Haltbarkeit

Eigentlich haben DAT-Kassetten durch die Plastikhülle eine gleichwertig bis höhere Lebenserwartung als analoge Bänder. Wie schon erwähnt, können sich aber die Bandführungen im Lesegerät verstellen, und ältere Bänder können somit unlesbar werden. Auch die Tatsache, dass am Markt kaum noch Neugeräte verfügbar sind schließt das DAT-Band als Archivmedium aus.

5. 6. MiniDisc

Ende der 1980er Jahre begann das Interesse an der Compact Cassette zu sinken – nach der Einführung der CD sind die Ansprüche an die Klangqualität beim Konsumenten gestiegen. Zur Entwicklung eines digitalen Nachfolgers der analogen Kassette begann Sony 1988 die magneto-optische Technologie für die Audiospeicherung zu erforschen. Digitale Daten werden wie beim Tonband auf eine magnetisierbare Schicht gespeichert, das Auslesen der Information erfolgt mittels Laser mit einer Wellenlänge von 780 nm.

1992 wurde die die MiniDisc auf den Markt gebracht. Besonders die Möglichkeit, unkompliziert und schnell aufzunehmen bei der kleinen Größe des Gerätes war innovativ. Die MiniDisc hat eine Größe von 52 x 68 x 5 mm und fasst damit flächenmäßig nur ein Viertel einer CD - bei gleicher Spieldauer. Sie wiegt nur 30 Gramm und ist bestens für den mobilen Einsatz geeignet: Angeschlossen an ein Mischpult lassen sich einfach und schnell per Knopfdruck z.B. Konzertmitschnitte anfertigen oder es ist mit angeschlossenem Mikrofon vollkommen ausreichend zur Aufzeichnung von Interviews oder Meinungsumfragen.
Die MiniDisc lässt sich wie ein CD-Player bedienen, erlaubt dem Nutzer aber auch das Editieren der Audiodateien. Titel und Interpreten können vom MiniDisc-Gerät aus eingegeben werden – Musiktitel können umbenannt, gelöscht und verschoben werden. Dies ist möglich weil die Datenblöcke nicht chronologisch aufgezeichnet werden, sondern jeder Block über eine Referenz auf den Folgeblock besitzt. Wird ein Titel gelöscht, wird er aus dem Inhaltsverzeichnis gestrichen, der Speicherplatz ist wieder frei steht bei Bedarf zum Überschreiben für neue Aufnahmen zur Verfügung. Dass ist nur möglich, weil Aufnahme und Löschen der alten Daten beim magneto-optischen Verfahren in einem Arbeitsgang geschehen (vgl. [35])

Aufbau

Die Scheibe der MiniDisc hat einen Durchmesser von 64 mm und eine Dicke von 1,2 mm. Für die Stabilität sorgt ein Träger aus Polycarbonat. Dieser ist mit einer gepressten Vorspur ausgestattet in der Adressdaten zur Identifikation der MiniDisc gespeichert sind. Nach der zweilagigen, dielektrischen Schicht folgt die magneto-optische Schicht, in der die

Toninformation gespeichert wird. Darüber befinden sich eine reflektierende und danach eine schützende Schicht aus Lack.

In der Mitte der MiniDisc wird das Inhaltsverzeichnis (TOC – Table of Contents) aufgezeichnet. Hier wird die Reihenfolge der einzelnen Titel festgelegt und ermöglicht Musikstücke in Bruchteilen von Sekunden zu finden und abzuspielen. Im Inhaltsverzeichnis können auch Metadaten wie Interpret und Titel festgehalten werden, außerdem ist aus dem TOC ersichtlich welche Teile der MiniDisc nicht genutzt werden und für Aufnahmen zur Verfügung stehen – die Aufnahmekapazität wird dadurch effizient genutzt. (vgl. [35])

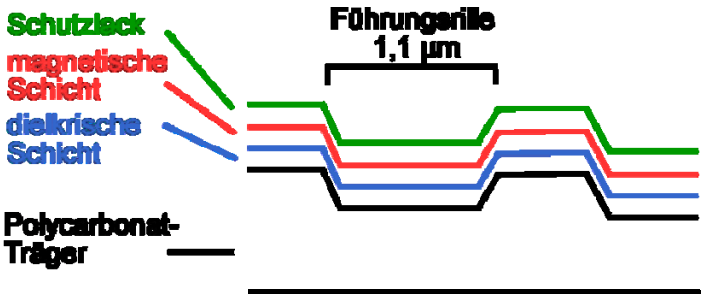


Abb 5.12: Querschnitt Minidisc

5. 6. 1. Aufzeichnung-/Lesevorgang

Bereits bespielte MiniDiscs wurden vereinzelt zum Kauf angeboten, setzten sich nicht am Markt durch. Diese wurden wie die beschriebene CD gepresst und rein optisch ausgelesen. Bei der beschreibbaren MiniDisc wird der Laser nicht nur zum Abtasten der Information eingesetzt, sondern löscht bei der Aufnahme die alte Information auf dem Datenträger.

Bei der Aufzeichnung wird die magnetische Schicht vom Laser mit etwa 5 mW auf die Curie-Temperatur auf ca. 200 °C erhitzt, die Stelle verliert vorübergehend ihren Magnetismus und lässt sich neu polarisieren. Dies geschieht über einen Magnetkopf, der gegenüber der Laserquelle positioniert ist. Dreht sich die MiniDisc weiter, kühlt die erhitze Stelle ab und behält dabei die Magnetisierung.

Das Auslesen der Information erfolgt mittels Laser mit geringerer Leistung von 0,5 mW. Anders wie bei der rein optischen Speichermedien wird aber nicht die Brechung des Lichts ausgewertet, sondern die magnetische Schicht verändert die Polarisationsebene des

reflektierenden Laserstrahls. Abhängig von der Polarisation wird durch ein Polarisationsprisma das Licht auf zwei Fotodetektoren verteilt. Je nach Lichtintensität wird das Licht in elektrische Signale umgewandelt und die digitale Information ausgewertet.

5. 6. 2. Vor- und Nachteile

Vorteile

- Die Bedienfreundlichkeit ist vergleichbar mit der eines CD-Players: Es ist kein Spulen wie bei Kassetten oder Tonbändern notwendig, um zu einer anderen Stelle zu springen.
- Ein Vorteil gegenüber der CD stellt die Möglichkeit der Aufnahme im mobilen Einsatz dar. Anders wie bei der CD kann sofort aufgezeichnet werden, es ist kein zeitlich getrennter Aufnahme und Brennvorgang nötig und die MiniDisc ist beliebig oft wiederbeschreibbar.
- Anders als bei Tonbändern ist die MiniDisc unempfindlich gegen über Temperaturschwankungen, Magnetfeldern und Staub.
- Kleine Ausmaße und Gewicht

Nachteile

- Verlustbehafteten Komprimierung der Audiodateien.
- Niedrige Standardsamplingfrequenz von 44,1 kHz.
- Es gibt keine bereits bespielten MiniDiscs zu kaufen.

5. 6. 3. Haltbarkeit

Wie bei der CD gibt es noch keine langfristigen Erfahrungen mit der Haltbarkeit des Speichermediums. Aufgrund der Resistenz gegenüber Temperaturschwankungen und Magnetfeldern und der berührungslose Lesevorgang wird eine höhere Lebensdauer als bei rein magnetischen Datenträgern angenommen. 30 bis 50 Jahre soll die MiniDisc mit Sicherheit bestehen, vermutlich länger, als ihre Lesegeräte (Barany, 2004, S. 60). Laut der Herstellerfirma Sony ist die MiniDisc bis zu 1 000 000 mal wiederbeschreibbar und bietet eine lebenslange Produktgarantie auf Herstellungsfehler über die Produktlebensdauer.

5. 7. Flash Speicher

Zu den Flash Datenspeichern zählt man Speicherkarten sowie USB-Sticks. Durch die kleine Größe und hohen Speicherkapazitäten sind sie für den mobilen Einsatz bestens geeignet, wie auch die Anwendungsgebiete zeigen: Flash-Datenspeicher finden sich in Mobiltelefonen, PDAs, portablen Spielkonsolen sowie MP3-Playern. In einem Flash-Speicher gibt es für gewöhnlich keine mechanischen Teile, sondern nur elektronische Bauteile. Der Speicherplatz ist unterschiedlich und abhängig vom Preis.

Auf dem Datenträger befindet sich sowohl der Speicher, als auch der Controller, der die Daten elektronisch ausliest und schreibt. Deshalb sind sie auch in hohen Maßen abwärtskompatibel. Der Controller oder Steuer-Chip ist für die Ansteuerung des Flash-Speichers zuständig. Bei USB-Sticks enthält er die Informationen, die das Betriebssystem zur Erkennung und Installation benötigt und bei MP3-Playern die Informationen zur Funktionalität.

5. 7. 1. Aufzeichnung/Wiedergabe

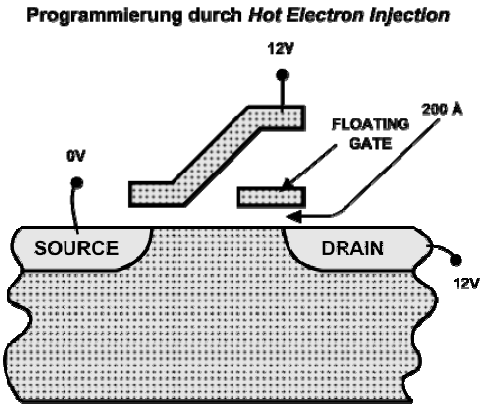


Abb. 5.13: Aufbau einer Flash-Zelle

Die Flash-Speichertechnologie ist eine Weiterentwicklung des EEPROM Verfahrens und nützt wie sein Vorgänger den quantenmechanischen Effekt in Halbleitern aus. Der Aufbau ist ähnlich eines Feldeffekttransistors. Unter dem Control Gate befindet sich das Floating Gate oder Ladungsfalle. Eine Oxidschicht isoliert das Floating Gate auf allen Seiten, damit die Ladung nicht abfließen kann.

Eine relativ hohe Schreibspannung von 10 bis 13 Volt wird angelegt, die Ladungsträger tunneln durch die Isolationsschicht in die Ladungsfalle. Die Ladung sitzt dort sehr fest, und bleibt über mehrere Jahre dort erhalten. Beim Löschvorgang werden die Ladungsträger mit einer sehr hohen Löschspannung wieder aus dem Floating Gate hinausgetrieben. Dieser Prozess nützt die Zelle ab, da mit jedem Löschen wird die Oxidschicht um das Floating Gate beschädigt. Ist die Beschädigung so groß, dass die Schicht nicht mehr ausreichend isoliert kann keine Ladung mehr gehalten werden.

Die Beschädigung einer einzelnen Zelle bedeutet aber noch keinen Datenverlust. Ist eine Zelle kaputt, wird sie ausgeblendet und ihre Information einfach umgelagert. Der Löschvorgang geschieht nicht für jede Zelle, sondern für einen ganzen Block.

Beim Auslesen erzeugt die Ladung auf dem Floating Gate ein elektrisches Feld, und bildet einen leitenden Kanal zwischen Drain und Source. Der Transistor schaltet durch, wenn das Floating Gate eine Ladung besitzt, ansonsten nicht.

5. 7. 2. Vor- und Nachteile

Vorteile:

- Hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Erschütterung und Umwelteinflüssen
- Niedriger Energieverbrauch
- Kostengünstig
- Klein, leicht und leise

Nachteil:

- Kurze Haltbarkeit

5. 7. 3. Haltbarkeit

Ein Flash Datenspeicher soll bis zu 100 000 mal beschrieben und gelöscht werden können, bei intensiver Nutzung, also häufigen Zugriffen, sinkt jedoch die Lebensdauer des Datenträgers. Ohne Stromversorgung beträgt die Speicherzeit maximal zehn Jahre, dann reicht die Ladung in den Zellen nicht mehr aus, um die Daten zu rekonstruieren. (vgl. Apfelböck, 2008, S. 97)

5. 7. 4. Compact Flash

Den Standard für CompactFlash gibt es seit 1998. Compact Flash ist ein Schnittstellenstandard für digitale Speichermedien und findet vielfältige Verwendung bei Computern, Fotoapparaten und Tonaufzeichnungsgeräten. Die Schnittstelle von CF-Karten entspricht der IDE Schnittstelle, mit einem Adapter kann die Karte ohne zusätzliche Elektronik an einem PCMCIA oder IDE Festplatten-Controller angesteckt und betrieben werden. Normalerweise gibt es keine beweglichen Teile in einer CF-Karte, Ausnahme ist das „Microdrive“ von IBM. Dies sind stark verkleinerte Festplatten mit den Ausmaßen einer CF-Karte. Auf der Compact Flash Karte besteht aus dem wiederbeschreibbaren Speicher und dem Controller, der die Daten ausliest, das ermöglicht, dass neue Karten auch von älteren Geräten gelesen werden kann (Vgl. [28]).

5. 7. 5. SD-Karte

Die SD Karte wurde 2001 von SanDisc auf den Markt gebracht und ist eine Weiterentwicklung der MMC-Karte. SD steht für Secure Digital Memory Card, die Karte besitzt Funktionen für das Digital Rights Management (DRM), die das unrechtmäßige Abspielen von geschützten Daten verhindert. Sie finden Anwendung in Digitalkameras, MP3-Playern und als Speicher in PDAs (vgl. [36]).

5. 8. Archiv- und Produktionsmedien im Lauf der Zeit

	Schallplatte	Tonband	Festplatte	Compact Cassette
Gibt es seit	1887	1935	1956	1963
Aufzeichnungsverfahren	Mechanisch	Magnetisch	Magneto-optisch	Magnetisch
Lebensdauer	Je nach Lagerung und Abspielhäufigkeit mehrere Jahrzehnte	10-15 Jahre	8-10 Jahre	10-15 Jahre
Vorteile	• Leichte Handhabung • Schneller Plattenwechsel möglich	• Wieder verwendbar • Tonbandgeräte auch bei schlechter Witterung sehr robust	• Harddisk-Recording und • mehrseitiger Zugriff auf dieselbe Datei möglich	• Plastikkassette schützt vor Staub und Kratzern • Günstig • Leichte Handhabung
Nachteile	• Kurze Spieldauer • Abnützung bei jedem Abspielvorgang • Anfällig für Kratzer, Staub, Bruch oder Verrottung • Ständige Wartung der Abspielgeräte für optimalen Klang notwendig	• Bandgeschwindigkeit beim Aufzeichnen und Abspielen muss identisch sein – sonst Tonhöhenschwankungen • Komplizierte Handhabung (Bandschnitt)	• Fehler und Ausfälle können zum gesamten Datenverlust führen, daher redundantes System nötig	• Tonqualität ist dürftig

	CD	DAT	Minidisc	Flash
Gibt es seit	1982	1986	1988	Anfang der 90er Jahre
Aufzeichnungsverfahren	Optisch	Magnetisch	Magneto-optisch	Quanten-mechanisch
Lebensdauer	Selbstgebrannte CDs theoretisch bis zu 50 Jahre, in der Praxis 3-5 Jahre „gepresste“ Audio-CDs: 20-30 Jahre	Nicht mehr in Verwendung	30-50 Jahre	10 Jahre
Vorteile	• Leichte Handhabung • Kein sequentieller Zugriff – Titel können übersprungen werden ohne spulen zu müssen • Preiswert • Große Verbreitung von CD-Lesegeräten	• Längere Spieldauer gegenüber analogem Tonband • Plastikkassette schützt vor Staub und Kratzern	• Bedienfreundlichkeit • Wiederbeschreibbar • Kompakt und leicht – gut für mobilen Einsatz • Unempfindlich gegenüber Umwelt-einflüssen • Kein sequentieller Zugriff	• Hohe Widerstands-fähigkeit gegenüber Umwelteinflüssen • Leicht und kompakt • Niedriger Energieverbrauch
Nachteile	• Empfindlich gegenüber Sonnenlicht, Kratzern, Fingerabdrücken	• Sequentieller Zugriff • wenn Bandführung nicht gut justiert können die Daten nicht mehr gelesen werden • Geringe Lebensdauer der Schreib/Lese-Köpfe	• Verlustbehaftete Komprimierung • Keine bespielten Minidiscs	• Geringe Haltbarkeit

6. Langzeitarchivierung

Für die Langzeitsicherung von Daten gibt es zwei grundsätzliche Vorraussetzungen, die erfüllt werden müssen, um die Lesbarkeit von gespeicherter Information zu bewahren:

- **Die Erhaltung des Datenstroms**
  Das Speichermedium muss vor schädlichen Umwelteinflüssen, die die Information zerstören, durch entsprechende Lagerung geschützt werden. Physikalische Schäden und chemische Zersetzung kann den Speicherinhalt unwiederbringlich löschen.
- **Die Erhaltung der Benutzbarkeit**
  Bei jedem akustischem Speichermedium sind technische Systeme erforderlich, um die Information wiederzugeben. Die Lese- bzw. Abspielgeräte besitzen im Laufe der Zeit einen immer kürzeren Lebenszyklus. Ist die Form der Speicherung veraltet, wird auch die Produktion von Lesegeräten, Ersatzteilen und Leermaterial eingestellt. Dies betrifft ganz besonders digitales Audiomaterial, für das die verschiedensten Audiodateiformate existieren. Ist ein Format veraltet und wird durch eines mit besseren Eigenschaften ersetzt, muss dies für die Speicherung in ein aktuelles konvertiert werden.

Der Lauf der Geschichte zeigt, dass die Speichermedien immer flüchtiger und kurzlebiger werden. Gravierte Steinplatten sind bei günstigen Witterungsverhältnissen tausende Jahre bis noch erhalten und lesbar. Auch Papier überdauert Jahrhunderten oder ist zumindest rekonstruierbar, auch wenn das einen großen Aufwand bedeutet. Aber ein Historiker in einigen Jahrhunderten eine CD findet, wird er wohl kaum in der Lage sein, die gespeicherte Information jemals wieder herstellen zu können. Die verwendeten Materialien, aus denen moderne Speichermedien gefertigt sind, können unter günstigen Bedingungen nur maximal 100 Jahre bestehen. Ein Buchautor zum Thema digitale Langzeitsicherung, Jeff Rothenberg, kommt daher zu dem Schluss: „Digital information lasts forever – or five years, whichever comes first.“([37])

Trotz dieser pessimistischen Prognose verfügt die digitale Speicherung aber über eine Menge Vorzüge, auf die man heutzutage nicht verzichten kann: Die Daten sind schnell verfügbar, schnell und verlustlos zu kopieren, die Datenträger benötigen weniger Platz zum Lagern und lassen sich mühelos elektronisch verteilen oder weiterverarbeiten. Auch multimediale Objekte können digital in einheitlicher Weise gespeichert werden.

Ein Großteil der digitalen Datenmenge erzeugen nicht Unternehmen, sondern werden von Privaten produziert. Der aktuelle Datenbestand der Welt soll laut IDC 161 Milliarden Gigabyte betragen, bis 2010 bereits ein knappes Zettabyte, das sind 10^{21} Byte. (vgl. [38]) Man denke an die Mengen an Videos, Bildern und Musik, die auf der Festplatte eines Heim-PCs von jedem einzelnen Haushalt gespeichert sind. Aber kaum jemand macht sich darüber Gedanken, ob diese Daten in zehn Jahren auch noch lesbar sein werden.

Ein Großteil unseres Wissens und unseres Kulturgutes existiert nur noch digital, doch nur ein Bruchteil davon wird langfristig verfügbar bleiben. Das größte Problem stellt der rasante Wandel in dem Bereich der Datenspeicherung dar.
Der Technologien ändern sich und werden weiterentwickelt, sobald ein Speichersystem auf dem Markt ist, werden schon wieder bessere Verfahren entwickelt, die über noch größere Speicherdichte und Datensicherheit verfügen. Das betrifft nicht nur die Hardware, sondern auch Softwareprogramme und Dateiformate. Ist ein Format veraltet und nicht mehr gebräuchlich kann sich die Suche nach einem Programm zum Öffnen und Interpretieren als schwierig herausstellen. Obwohl die Bits physisch noch vorhanden und intakt sind, ist die Information verloren.

Im privaten Bereich ist es vielleicht bedauerlich, wenn auf ältere Dokumente nicht zugegriffen werden kann, bei digitalem Archivmaterial von Museen, wissenschaftlichen Einrichtungen oder auch Rundfunkbetrieben, die mit der Aufgabe betraut sind, wertvolles Kulturgut zu sichern, ist diese Situation verheerend.

Fälle von Datenverlust, die in der Öffentlichkeit bekannt wurden, betrafen sogar die US Regierung und die NASA. Die Daten der Volkszählung von 1960 in den USA wären fast verlorengegangen. Nach Umstellung des Datenformats konnte ein Großteil der Daten gerade noch gerettet werden. Auch Listen im Vietnamkrieg getöteter und vermisster Soldaten waren von diesem Fall betroffen. (vgl. Rathje, 2002, S. 117)
Den bekanntesten Fall von Datenverlust musste aber die NASA erleiden. Die Daten von drei Jahrzehnten amerikanischer Raumfahrt die auf 1,2 Milllionen Magnetbändern festgehalten sind, sind aufgrund mehrerer Faktoren unlesbar. Teilweise waren die Bänder unbeschriftet und konnten somit nicht mehr auf die einzelnen Weltraummissionen zugeordnet werden. Manche Bänder fielen auch schlechter Lagerung zum Opfer, versucht man die Bänder abzuspielen löst sich die datentragende Magnetschicht von dem Träger. Bei der jahrzehntelangen Lagerung wird auch das „Übersprechen“ zum Problem: Da die Bandspulen aneinanderliegen beeinflusst die Magnetisierung die benachbarten Stellen und machen die Daten unbrauchbar. (vgl. [39])

Auch in einem Hörfunkarchiv muss die Lesbarkeit auf einen großen Zeitraum gewährleistet sein, historisches Material soll auch späteren Generationen zugänglich sein. Dies stellt hohe Ansprüche an die Technik, aber auch organisatorisch und finanziell ist die nachhaltige Archivierung ein großer Aufwand. So müssen mit jedem neuen Speichersystem, das eingeführt wird, Strategien entwickelt werden, damit man auf die alten Daten auch noch zugreifen kann. Ein Projekt für die Langzeitsicherung wurde im Sommer 2007 im Landesstudio Niederösterreich durchgeführt: Alle eigenproduzierten Tonbänder, um die tausend Stück unterschiedlicher Länge, werden unter enormen Zeit- und Verwaltungsaufwand digitalisiert und auch die Metadaten erfasst. Dies war früher aufgrund der Kosten für Speicherplatz und der technischen Möglichkeiten nicht machbar, erst jetzt ist die Digitalisierung und Langzeitarchivierung auf Festplatte möglich.

6. 1. Probleme der Langzeitarchivierung

Ein Problem bei der Langzeitarchivierung stellt die begrenzte Lebens- und Einsatzdauer von Speichermedien und deren Lesegeräte dar. Das betrifft nicht nur die Hardware – die Gerätetypen werden in immer kürzer werden in immer kürzer werdenden Abständen obsolet – sondern auch die Software. Durch Wettbewerb und technischen Fortschritt gibt es eine Vielfalt an Programmen und Audioformaten, von denen die meisten ungewisse Zukunftsaussichten haben.

Um eine nachhaltige, Archivierung zu gewährleisten, spielen mehrere Faktoren eine Rolle:

- **Begrenzte Lebensdauer der Datenträger**
  Die Speichermedien selber müssen intakt bleiben, damit die Bitströme verfügbar bleiben. Wird auf Massenspeichern wie CD und DVD gespeichert, muss vor der voraussichtlichen Lebensdauer auf einen neueren Datenträger umkopiert werden.

- **Begrenzte Lebensdauer der Lesegeräte**
  Wenn Lesegeräte kaum noch am Markt vorhanden sind muss rechtzeitig ein anderer Datenträger gewählt werden, auf den der alte Datenbestand umkopiert werden kann.

- **Speicherformate**
  Veraltete Formate müssen in ein anderes konvertiert werden, wenn die gestiegenen Anforderungen neue Eigenschaften erfordern

- **Metadaten**[7]
  Neben der Speicherung der Daten ist auch die Erstellung und Pflege der entsprechenden Metadaten von großer Bedeutung. Hat man riesige Datenmengen aber weiß nicht wo sich welche Datei befindet, ist das Archiv unbrauchbar.

[7] Metadaten sind „Daten über Daten“, sie beherbergen nur Informationen, die die Datei beschreiben.

6. 1. 1. begrenzte Haltbarkeit der Datenträger

Im Kapitel fünf wurden schon die Lebensdauer der Speichermedien und die Faktoren, die diese beeinflussen, behandelt. Generell gilt, dass jeder Datenträger, auch wenn er vor Schäden und Umwelteinflüssen geschützt wird, einem Alterungsprozess unterworfen ist und somit eine beschränkte Lebens- und Nutzungszeit hat. Um die Information langfristig zu erhalten ergibt sich die Notwendigkeit einer dynamischen Speicherung – die Daten müssen regelmäßig auf ein neues Medium übertragen werden.

6. 1. 2. begrenzte Haltbarkeit der Lesegeräte

Mit der Zeit wurden immer neue Verfahren zur Speicherung von Daten entwickelt mit steigender Speicherdichte und Datensicherheit. Leider war es so, dass die Systeme, die eingeführt wurden, selten aufeinander aufbauten. Die verschiedenen Formen der Speicherung verwenden unterschiedliche Technologien, die nicht miteinander kompatibel sind. Wenn sich ein neues System mit besseren Eigenschaften durchsetzt, bedeutet das meist das langsame Aussterben des alten Speicherverfahrens. Es gibt eine Zeitspanne, in der beide parallel verwendet werden bis das obsolete Produkt vom Markt verschwindet. Für die veralteten Speichermedien werden dann die Abspielgeräte rar, zur Reparatur erforderliche Ersatzteile sind nicht mehr erhältlich. Für die herstellende Industrie zahlt sich die Produktion für Komponenten bei geringen Stückzahlen nicht mehr aus und obwohl der Datenträger und die Information noch intakt sind, kann nicht mehr auf sie zugegriffen werden.
Dafür ein Beispiel: Wäre diese Diplomarbeit 25 Jahre älter, wäre eine elektronische Kopie vermutlich auf einer 5-1/4-Zoll Diskette abgespeichert worden. Für dieses ist am Markt kein Laufwerk mehr erhältlich und somit wäre heute nur mehr die gedruckte Version lesbar.

Vor diesem Problem können auch große Institute bzw. Rundfunkanstalten wie das Landesstudio Niederösterreich und das Funkhaus betroffen sein: Eine sehr kurzlebige Technologie, die dort verwendet wurde, um Audiodaten zu speichern, war das Digital Audio Tape (DAT). Nur wenige Jahre später wurde die CD eingeführt bzw. die elektronische Speicherung von Audiodaten auf Servern. Das DAT Band hat heutzutage kaum mehr gebräuchlich und hat deshalb auch bei dem Langzeitsicherungsprojekt des

ORF Priorität. Es werden kaum mehr Neugeräte auf dem Markt angeboten, zum Teil sind wichtige Ersatzteile zur Wartung und Reparatur gar nicht mehr erhältlich. Deshalb sollen die Daten gesichert werden, bevor die DAT-Geräte ihren Dienst quittieren.

6. 1. 3. Speicherformate

Die Computerindustrie ist eine dynamische Branche. Der technische Fortschritt bringt eine Menge Vorteile für die Archivierung, wie gestiegene Speicherplatzkapazität und schnelleren Zugriff aufgrund höherer Rechnerleistung. Die neuen Technologien unterliegen, wie wir schon im Bezug zu den Lesegeräten festgestellt haben, aber auch einen immer schneller werdenden Entwicklungs- und Alterungsprozess. Es ist sehr wahrscheinlich, dass dies auch für Audioformate gelten wird. Grundsätzlich unterliegen diese immer Beschränkungen in der Aufnahme und Speicherung. Es gibt eine feste Zahl Tonspuren, sowie einen im Vorhinein durch das Format bestimmten Ton- und Dynamikumfang. Es gibt mittlerweile eine Fülle von unterschiedlichen Formaten auf dem Markt, bei der Wahl nach dem Richtigen stellt sich die Frage, ob das Format noch in Zukunft unterstützt wird und künftige Software die Dateien lesen können. Wird keine Software mehr zum Interpretieren des Speicherformats angeboten, die auf einem aktuellen Betriebssystem läuft, ist die Information, obwohl noch erhalten, unlesbar geworden. Einzige Lösung des Problems: Rechtzeitiges Umkodieren in ein anderes, aktuelles Format.

Die Langzeitverfügbarkeit von digitalem Audioformaten, hängt davon ab, wie „offen“ es ist, also ob der Quellcode und eventuell eine Dokumentation öffentlich zugänglich ist. Handelt es sich um ein propriäteres Format eines Unternehmens, kann es sein, dass die Nutzung durch Lizenzen eingeschränkt ist. Weit verbreitete, erprobte Standardformate haben den Vorteil, dass viele Personen bzw. Firmen von einem Aussterben des Formats betroffen sind und eher entsprechende Lösungen zum Umkodieren angeboten werden.

6. 1. 4. Metadaten

Metadaten sind „Daten über Daten“, also den eigentlichen Inhalt beschreibende Informationen, die das Auffinden des gewünschten Datensatzes erleichtern. Je nach Verwendungszweck und Art des Tonmaterials sind andere Parameter, wie Titel, Länge, Genre, Autor, Komponist, Dirigent etc., interessant.
Viele Dateitypen erlauben es, Metadaten direkt in die Datei einzufügen, im Windowssystem findet man diese meist unter Datei –> Dateioptionen. Benutzerdefinierte Eingaben können unter MaxOs und Windows XP in den so genannten „erweiterten Attribute“ getätigt werden, durch die Datei- und Betriebssystemabhängigkeit eine wenig empfehlensweite Vorgangsweise. (vgl. Bárány, 2004, S. 84)
Es ist daher in der Praxis üblich, Metadaten extern zu speichern, für jedes gespeicherte Audiofile existiert dann eine Metadatendatei. Dieses System bietet den Vorteil, dass rasch nach dem Inhalt gesucht werden kann. Es wird auf die Datenbank der Metadaten zugegriffen und nur diese aufgerufen, und nicht das gesamte Tonmaterial durchsucht. Einige Datensätze (Erstellungszeitpunkt, Bearbeiter, Länge) können auch automatisch erstellt werden.. Bemerkungen oder Suchstichworte können in vernünftigen Grenzen eingegeben werden, auch der Name ist eine benutzerdefinierte Metadatei.

Ohne der zugehörigen Metadatenbank ist auch das Tonmaterial nutzlos - nicht nur die Audiodatei an sich muss bei allen Maßnahmen der Langzeitarchivierung berücksichtigt werden, sondern auch gleichermaßen die Metadaten. Bei einem Systemwechsel müssen diese auch dem neuen Bedingungen angepasst werden – dies erfordert Programmieraufwand, bzw. die nötigen Informationen müssen erst recherchiert und händisch in eine elektronische Datenbank eingegeben werden, wie dies im Landesstudio Niederösterreich bei der Digitalisierung der Tonbänder der Fall ist. Eine verantwortungsvolle, und auch zeitintensive Aufgabe. Würde schleißig gearbeitet und auf die Metadateneingabe bei einer Datei vergessen, würde man sie nicht mehr finden, wenn man später nach ihr sucht. Problematisch ist auch eine falsche Eingabe. Ein Redakteur muss sich darauf verlassen können, dass die beschreibende Information korrekt ist.

6. 2. Lösungsansätze gegen Datenverlust

Es gibt mehrere Vorgehensweisen, um den Zugriff auf gespeicherten Informationen zu verlängern. Diese Maßnahmen dienen zur Absicherung, stellen aber lediglich einen „Workaround“ dar. Die grundsätzlichen Probleme der Langzeitarchivierung werden dadurch nicht endgültig gelöst.

6. 2. 1. Aufbewahren der veralteten Lesegeräte

Eine einfache – sofern genug Platz zur Verfügung steht – aber langfristig nicht sinnvolle Art der Archivierung ist es, die alten Datenträger zusammen mit der Hardware-Peripherie und deren Unterlagen zur Bedienung und Wartung sowie eventuelle Software aufzubewahren. Es besteht jedoch immer die Gefahr, dass Komponenten fehlerhaft werden und ausgetauscht werden müssen. Hersteller bieten kaum Ersatzteile für veraltete Geräte. Auch wenn das Gerät nicht verwendet wird kommt es mit der Zeit zu einer Verschlechterung des Materials, also ist die Vorgehensweise, die Speichermedien mit den Abspielgeräten aufzubewahren, auch keine langfristige Lösung.

6. 2. 2. Umkopieren

Es gibt keine ewig haltbaren Datenträger, daher ist eine so genannte dynamische Speicherung essentiell für ein Langzeitarchiv. Das bedeutet, die Datensätze müssen regelmäßig auf neue Speichermedien umkopiert werden, damit altersbedingte Schwächen keine Informationen zerstören oder unlesbar machen.
Das Umkopieren von Informationen von alten Speichermedien auf neue bietet auch eine an sich einfache Lösung. Bei analogen Datenträgern ist jedoch eine Kopie qualitativ ein wenig schlechter als das Original, ein zusätzliches Rauschen kommt bei jedem Kopiervorgang hinzu. Daher ist es ratsam, möglichst am Ende der Lebenszeit die Information auf ein „frisches“ Medium zu überspielen. Der Zeitraum, in dem die Daten „aufgefrischt“ werden müssen, hängt von der individuellen Lebensdauer des Datenträgers ab. (vgl. Kapitel 5)

6. 2. 3. Standardisierte Dateiformate

Es ist von Vorteil, wenn man für die Speicherung von digitalen Daten verbreitete, offene Standards wählt. Bei diesen kann man allgemein mit einer höheren Lebensdauer rechnen. Generell soll man sich auf so wenig Formate bzw. Standards wie möglich beschränken, das verringert den Aufwand, wenn auf ein anderes Format umsteigt.

Bei digitalen Archivdaten wird allgemein empfohlen, auf erweiterbare Formate zurückzugreifen. damit ist gemeint, dass aus der aktuellen Sichtweise kein Stillstand in der Entwicklung abzusehen ist. Nur dann kann man davon ausgehen, dass zukünftige Software auch das ältere Format noch unterstützen wird.
Wenn man propietäre Formate verwendet, die von wirtschaftlichen Unternehmen standardisiert wurden, kann es sein, dass die technische Entwicklung durch kommerzielle Interessen eingeschränkt ist. Zu offene Standards, die noch dazu weit verbreitet sind, werden meist öffentlich zugängliche Dokumentationen angeboten

6. 2. 4. Migration

Migration bedeutet die Umwandlung von einem Format in ein anderes. Dies erfordert zum Beispiel die Umstellung auf eine neue Software, die ein anderes Speicherformat braucht, um die Dateien lesen zu können. Auch Große digitale Daten können automatisch an neuere Umgebungen, wie Betriebssystem, angepasst werden, der Erfolg wird vom System automatisch überprüft.

Diese Methode geht davon aus, dass sich immer neue Formate durchsetzen werden, die die notwenigen Eigenschaften der vorigen und noch zusätzlichen Vorteile bieten. Bei Dateiformaten, die einem gängigen Standard entsprechen, ist dieser Vorgang einfacher zu bewältigen. Zur Überprüfung wird der Vorgang reversiert und ein neuerlicher Wechsel in das alte Format durchgeführt. Anschließend werden die Ergebnisse mit dem Original verglichen. Die ursprünglichen Dateien sollen aus Gründen der Langzeitsicherung aufgehoben werden, dies sollte dank der steigenden Speicherkapazität digitaler Medien kein Problem darstellen.

6. 2. 5. Emulation

Jeder Datenträger, der mit einem Rechner gelesen werden soll braucht zunächst ein funktionstüchtiges Lesegerät, Controller, Schnittstelle und Treiber. Bei älteren Dateiformaten tritt das Problem auf, das diese Software nicht mehr mit modernen Betriebssystemen kompatibel ist. Auch wenn die Hardware, sprich Datenträger und Lesegerät, noch vollständig intakt sind, fehlen die Schnittstellen um diese anzusprechen und zu steuern - schon der Transfer der Daten auf den Rechner scheitert.

Um ältere Software noch für längere Zeit verwenden zu können, werden Softwareemulatoren entwickelt. Schon zur Zeit der Großrechner gab es diese Maßnahmen, um bei einem Wechsel zu einer neuen Hardware die alten Programme und Dateien weiter verwenden zu können.
Beispiele für Emulatoren: Bochs, Qemu, PearPC, Basilisk, Simh, Virtual PC, Parallels Desktop.
Auch hier kann die Nutzung quelloffener Betriebssysteme, wie Linux in ferner Zukunft von Vorteil sein.

6. 2. 6. Restauration von altem Tonmaterial

Es gibt grundsätzlich zwei Arten von Störungen, die in alten Tonaufnahmen vorkommen:

- **Unregelmäßige Störgeräusche**
  können als Knackser in alten Schallplatten, Dropouts bei Tonbändern oder digitale Verzerrungen aufgrund von Übersteuerung auftreten.
- **Regelmäßige Störgeräusche**
  wie beispielsweise Knistern, Brummen oder Rauschen erstrecken sich meist über die gesamte Aufnahme.

Für diese Störgeräusche gibt es Plug-Ins für Tonbearbeitungssoftware, die nach bestimmten Algorithmen das Störsignal vermindern.

- **Declicking – Reduzierung von vereinzelten, kurzen Störgeräuschen**
  Dieser Algorithmus kann unregelmäßige Fehler im Tonmaterial reduzieren, die durch Kratzer auf einer Schallplatte oder Dropouts bei Tonbändern vorkommen. Zuerst muss definiert werden, wie der Signalverlauf eines „Clicks“ aussieht, nach diesen Angaben lässt man dann das Sound File absuchen. Laute, kurze Stellen können aber auch von Perkussioninstrumenten stammen und mit den „Clicks“ verwechselt werden. Professionelle Audio-Software, wie Sonic Solution, überlässt daher dem Anwender die Änderung: es listet alle verdächtige Stellen auf damit überprüft werden kann, ob es sich wirklich um Clicks handelt. Liegt ein Störgeräusch vor, muss die Stelle ersetzt werden, dazu wird das Signal davor und das danach analysiert und ein Übergang errechnet. (Dickreiter, 1997, S. 403)

- **Denoising – Reduzierung von Rauschen**
  Um das Rauschen zu reduzieren braucht man eine Stelle, auf der das Rauschen ohne Nutzsignal vorhanden ist. Aus dieser Stelle wird die Zusammensetzung des Frequenzspektrums ausgewertet. Danach wird das Tonsignal analysiert. Liegt der Pegel über dem zuvor ermittelten Rauschpegel, wird nichts bearbeitet, da genügend Nutzsignal vorhanden ist.

Ist der Pegel in einem Frequenzband aber ähnlich dem Rauschpegel, kann angenommen werden, dass kein nennenswertes Nutzsignal vorhanden ist. Der Pegel in diesem Frequenzband wird heruntergesetzt und das Rauschen im Tonmaterial vermindert.
Diese Algorithmen können allerdings nicht zwischen Nutz- und Störsignal unterscheiden, in leisen Passagen können störende Nebengeräusche auftreten.

- **Reduzierung von Brummen**
  Brummen kann mit schmalbandigen Filtern reduziert werden. Meist enthält das Brummen auch Obertöne, die auch beachtet werden müssen, da sonst Störungen auftreten. (Raffaseder, 2002, S. 222)

- **Decrackling – Reduzierung von Knistern auf alten Schallplatten**
  Bei alten, verstaubten Schallplatten kann ein Knistern auftreten. Das Audiosignal wird von vielen aufeinanderfolgenden Signalspitzen überlagert. Das Dekrackling entfernt aus dem Klangbild die vielen kleinen Knackser. Auch bei digitale Aufnahmen können Knackser aufgrund von Übersteuerung auftreten, die mittels Decrackling behoben werden können (Dickreiter, 1997, S. 402)

7. Das Archivsystem im ORF Landesstudio NÖ

7. 1. Allgemeines zum Archiv

Ein Archiv ist eine Abteilung oder Institution, welche für Speicherung, Lagerung und die Bereitstellung von Daten verantwortlich ist. Die Information aber nur einmal auf einen Datenträger abzuspeichern und zu lagern ist jedoch nicht genug. Wie schon erwähnt haben sowohl Speichermedien als ihre Abspielgeräte ein Ablaufdatum, und so muss ein Archiv von Zeit zu Zeit auf neue, langlebige Systeme umstellen.

Gründe für ein Hörfunkarchiv

Beim Radio fallen im laufenden Betrieb riesige Massen an Audiomaterial an. So kann zum Beispiel im Katastrophenfall innerhalb von kurzer Zeit hoher Bedarf an Speicherplatz bestehen, wie beispielsweise beim Hochwasser in Niederösterreich im August 2002. Hier wurden nach Bekanntwerden und Einschätzung der Bedrohung zwischen 20 und 22 Uhr des ersten Katastrophentages 120 Stunden Speicherplatz auf den Audioservern benötigt. Doch nicht jede Rohaufnahme muss vollständig archiviert werden und sämtliches Rohmaterial, das im Radiobetrieb anfällt, für die Nachwelt zu erhalten würde nur unnötige Speicherplatz beanspruchen. Nur ein Bruchteil des erzeugten und aufgezeichneten Tonmaterials ist für die Langzeitsicherung vorgesehen, beim Landesstudio sind es nur ca. 10 % vom Gesamtaufkommen.
Der durchschnittliche Speicherplatzbedarf ist durch die laufenden dynamischen Schwankungen in der täglichen Berichterstattung wenig relevant und auch kaum zu ermitteln.

Der ORF als öffentlich rechtlicher Sender hat die Aufgabe, kulturelles Erbe auch für die nachfolgenden Generationen zu erhalten. Wie Bibliotheken und Museen handelt es sich um einzigartiges Material, das nachhaltig und langfristig bewahrt werden soll.

7. 2. Die geschichtliche Entwicklung im Tonarchiv des Landsstudio NÖ

In den Anfängen des Rundfunks wurde mittels Tiefenschrift auf Schellackplatten aufgezeichnet. In den 30er Jahren kamen dann Tonbänder auf den Markt und brachten durch kompaktere Speicherung und weniger Verschleiß beim Abspielen auch Vorteile für die Tonarchivaren. Die selbstproduzierten Schallplatten wurden später auf Tonbänder umkopiert um diese vor dem Verfall zu retten und um weitere Jahrzehnte haltbar zu machen. Ab 1982 kamen die ersten CDs auf den Markt und das Musikprogramm wurde mehr und mehr von CD gespielt.
Mit dem Umzug des Landesstudio NÖ vom Funkhaus Wien nach St. Pölten 1998 wurde der gesamte Sendungsbetrieb im Landesstudio auf digitale Signalwege und -verarbeitung sowie Serverstrukturen umgestellt. Analoge Tonbänder werden seitdem kaum mehr verwendet, Musikbeiträge und Jingles wurden von CD gespielt. Der Serverbetrieb war aber erst mit dem Betriebssystem Windows NT möglich, da erst ab dieser Version das System stabil genug war und nicht die Gefahr bestand, dass die Musik auf Sendung stockt oder unterbricht. Auch die DAT-Kassetten hielten Einzug im Landesstudio, das digitale Tonband diente aber nur für ungefähr zehn Jahre als Datenträger. Es wurde sowohl als Archivmedium als auch für Konzertmitschnitte im Regiewagen eingesetzt.

Im Außeneinsatz wurden anfangs noch analoge, mobile Tonbandgeräte von einem Tontechniker bedient. Erst Anfang der 80er Jahre wurde es üblich, dass der Radioredakteur ohne Tontechniker im Außeneinsatz tätig ist - die einfache Bedienung der Compact Cassette machte dies möglich. In den 90er Jahren wurde diese dann von der Minidisc abgelöst und ein weiteres Jahrzehnt später verdrängten die Flash Speichertechnologien Compact Flash und SD-Karten die Minidisc wegen der kompakten Größe im Außeneinsatz.

Der Umstieg auf das server- und netzwerkbasierte Archiv war einen Meilenstein in Bezug auf rasche Verfügbarkeit und einfacher Suche nach Tonmaterial – nicht nur für den Archivar sondern auch für den Benutzer. Durch die Erfassung von umfangreichen Metadaten kann jeder, einfach und gezielt, benötigtes Audiomaterial schnell finden und der Redakteur bekommt ohne aufwändige Recherche relevante Informationen zur Datei.

Auch große Mengen an Material lassen sich effektiv und übersichtlich digital verwalten. Die Information wird elektronisch gespeichert, so können beliebig viele Kopien verlustfrei und um das vielfache schneller als Echtzeit erstellt werden, im Gegensatz zu analogen Medien. Eine archivierte Sendung ist nur mit wenigen Mausklicks abspielbar, ohne dass davor ein Datenträger eingelegt werden muss. Doch geht von diesem System auch ein gewisses Risiko aus. Früher wurden zur Archivverwaltung Karteikästen und Listen angelegt, die keine technischen Hilfsmittel brauchen, um sie zu interpretieren. Heute ist die Abfrage aus einer Datenbank immer an einen Rechner gebunden. Gehen diese Datensätze verloren, ist der gesamte Archivbestand auf einen Schlag unbrauchbar.

Ein weiterer Vorteil des digitale Musik- und Tonarchivs ist die automatische Sendeplanung. Der gesamte Radiotagesablauf ist programmiert und wird übersichtlich grafisch dargestellt. Nicht nur das Musikprogramm ist erfasst, auch ganze Blöcke wie Werbespots werden automatisch aus dem digitalen Archiv gespielt. Das voraufgezeichnete Nachtprogramm läuft ebenfalls vollautomatisch, ohne dass die Arbeit von einem Tonabwicklungstechniker erforderlich wäre. Der digitale Audioschnitt ermöglicht noch mehr Effizienz bei der Bearbeitung von Tonmaterial. Audiosoftware ermöglicht es den Redakteuren ihre Beiträge selbst zu schneiden und Musik und Effekte dazu zu mischen. Journalisten sind immer mehr auch technisch gefordert auch in anderen Medien wie dem Fernsehen. Im Fernsehen sollen Videojournalisten in Zukunft die Arbeit von gleich drei Personen übernehmen: Redakteur, Kameramann/frau und Cutter. Es wäre vorstellbar, dass anhand der Digitalisierung sowohl der Beruf des Abwicklungstechnikers beim Radio als auch viele Posten im Archiv in Zukunft überflüssig werden.

On Air ist ein schneller Zugriff auf die Audiodateien des laufenden Betriebs sowie die Stabilität des Computersystems Grundvorraussetzung. Doch als Abspielsystem ist ein Rechner natürlich viel komplexer als vergleichsweise ein Plattenspieler – und somit auch störanfälliger. Bei schwerwiegenden Systemabstürzen bleibt oft keine andere Wahl, auf den zweiten Tonstudio zu wechseln um auf Sendung zu bleiben.

Je älter das Material im Rundfunk, desto weniger wichtig ist eine rasche Verfügbarkeit, sondern es zählt eine nachhaltige, effektive Langzeitsicherung. Auch in der Datenerhaltung stehen die technischen Entwicklungen nicht still. In immer kürzer werdenden Abständen

kommen neue Speichermedien, -systeme und -formate auf den Markt. Sowohl Unternehmen als auch Privatleute haben einen immer größer werdenden Speicherbedarf. Die Elektronikindustrie reagiert darauf mit immer größeren Speicherkapazitäten und –dichten. Kein Vorteil ohne Nachteil: kleine Beschädigungen verursachen natürlich einen größeren Schaden, wenn die Information sehr dicht beieinander gespeichert ist. Bei modernen Speichermedien wird versucht, dies durch eine aufwändige Fehlerkorrektur zu kompensieren.

7. 3. Das Tonarchiv des Landestudio NÖ heute

7. 3. 1. Kurzzeitiges Archiv:

Das kurzfristige Archiv im Landestudio Niederösterreich mit bis zu einem Jahr Vorhaltung wird von der Software Digas (vgl. 7.4.1) verwaltet, dazu zählen alle Tondateien, die im Haus produziert, eingespielt oder bearbeitet wurden. Im Gegensatz zum langfristigen Archiv findet man hier die aktuellen Datenbestände, die sofort verfügbar sein müssen. Die maximale Speicherkapazität beträgt 30 GB. Nur ein Bruchteil dieses Datenaufkommens wird aber tatsächlich langfristig archiviert.

Ein großer Teil des zeitlich begrenzt gespeicherten Materials stellt der *Dauermitschnitt* dar. Das Radioprogramm wird kontinuierlich aufgezeichnet und vorschriftsmäßig aufbewahrt. Die Auskunfts- und Aufzeichnungspflichten sind im Rundfunkgesetz geregelt. Jeder Hörfunkbetrieb hat die Pflicht alle Sendungen aufzuzeichnen und mindestens 70 Tage aufzubewahren. Es muss jeden, der ein rechtliches Interesse an den Archivdaten aus diesem Zeitraum hat, Einsicht gewährt werden. (vgl. Rundfunkgesetz, §30, Absatz 1).

Auch das *Rohmaterial* hat einen beansprucht einen beträchtlichen Anteil der Speicherkapazität. Jede Aufnahme, die auf einem Regieplatz oder in einer Tonkammer aufgezeichnet wird, wird im Ordner Rohmaterial abgelegt und wird für sieben Tage gespeichert.

Beiträge für Sendungen werden meist in einem Ordner gespeichert, der nach der Sendung, in der sie gespielt werden, benannt ist wie *GuMo* (Guten Morgen NÖ), *RadioCafe* oder *Aktueller Dienst*, auf die nur einen Monat zugegriffen werden kann.
Die Tondateien Ordner *Produktion* und *Promo* haben eine längere Speicherfrist. Hier finden sich alle Werbebeiträge und Teaser, die im Landesstudio gestaltet wurden. Trailer, die für jährliche Ereignisse produziert werden (zB. Für den Radio NÖ Schlagerdampfer, der jeden Sommer auf die Reise geht) müssen so nicht jedes Jahr neu erfunden werden. Dieses Tonmaterial wird 14 Monate aufbewahrt.

Ein spezieller, nichtflüchtiger Teil des kurzfristigen Archivs ist die „Cartwall“ (vgl. Kapitel 7.4.2). Audiomaterial, das täglich oder wöchentlich benötigt wird, sogenannte Carts, müssen ebenfalls sofort verfügbar und abspielbereit sein. Eine Radiosendung hat mehrere eigene, typische Sendungselemente, wie Musikbett, Drop In oder Bumper (die später noch im Kapitel 7. 4. 2. erwähnt werden). Kurzfristige Verfügbarkeit ist auch bei Soundeffekten (zB zerspringendes Glas, Applaus, Gähnen) und für jede Stimmung und Gelegenheit passende instrumentale Hintergrundtitel gefragt. Auf dieses Material greifen sowohl Abwicklungstechniker als auch Moderatoren live während einer Sendung zurück. Die digitale Bereitstellung von Daten in einem Netzwerk macht das Audiomaterial für mehrere Benutzer gleichzeitig zugänglich und ist für einen modernen Radiobetrieb nicht mehr wegzudenken.

Ein wichtiger Punkt des digitalen Systems ist hier die generelle Sicherung vor unabsichtlicher oder unbefugter Löschung. Da viele Personen Zugriff auf die digitale Archivdatenbank haben, muss gewährleistet sein, dass gespeicherte Beiträge nicht von jedem gelöscht oder verändert werden können. Im Landesstudio NÖ sind nur Netzwerkadministratoren dazu berechtigt, normale Benutzer wie Redakteure oder Tontechniker dürfen das im Regelfall nicht tun. Um eine Datei als Benutzer aus dem System zu entfernen, braucht man das entsprechende Kennwort, welches aber keine besonders hohen Sicherheitskriterien erfüllt.

Die Audiodatei ist damit aber noch nicht endgültig verloren, nur der Verweis auf das Tonmaterial wird entfernt. Auf der Benutzeroberfläche von Digas wird die Datei nicht mehr angezeigt, alle Vorgänge sind in den Log-Files[8] ersichtlich.

7. 3 .2. Langfristiges Archiv:

Beiträge, die langfristig archiviert werden sollen, kann jeder Benutzer ohne Einschränkung im Digas entsprechend markieren. Wenn so viele Daten vorhanden sind, dass sie eine CD füllen (800 MB) werden sie im MUSICAM® -Audio-Format samt zugehörigem Datenbankeintrag (Datei mit der Endung .dbe) auf CD geschrieben. Danach werden die Audiodateien aus der Digas-Datenbank gelöscht und nur die Metadaten bleiben im System gespeichert. Nach dem archivierten Titel kann im Programm gesucht werden, will man ihn verwenden, teilt das Programm mit, auf welcher Archiv-CD die gewünschte Datei vorhanden ist. Nach dem Einlegen des Datenträgers wird dieser in die Datenbank übernommen und kann weiter verarbeitet werden.

7. 3. 3. Musikarchiv

Alle Industriedatenträger, das sind an die tausend Musik-CDs und auch noch einige Schallplatten werden von der Musikredaktion verwaltet. Es kommt noch vor, dass in Musiksendungen oder zu einem aktuellen Anlass Titel außerhalb des eingeschränkten digitalen Musikrepertoire des Radiomax befindet, wird dieser ins Digas übertragen und dort meist in eine vorproduzierte Sendung gemischt.

Generell erfolgt die Programmierung der Musikbeiträge in der Musikredaktion automatisch mit dem Programm Powergold, das auf eine ausgeglichene Quote von deutschen und fremdsprachigen Titeln und auf eine nicht zu hohe Rotation/Wiederholungsrate von einem Musikstück achtet. Diese Liste wird dann von der Musikredaktion durchgesehen, und eventuell Korrekturen vorgenommen (vgl. Kapitel 7. 4. 4. Powergold)

[8] Log-Files werden vom System automatisch erstellt und dokumentieren alle Vorgänge im System

7. 4. Die Softwareprogramme des Landesstudio NÖ

Auf den folgen Seiten sollen die im Landesstudio zurzeit verwendeten Systeme zur Kurzzeitverfügbarkeit von Daten vorgestellt werden. Für die Ausfallssicherheit des serverbasierten Archivs sorgt ein Raid-System. In regelmäßigen Abständen wird der Datenbestand auch auf DLT-Bändern gesichert, diese Magnetbänder sind für die Datensicherung (Backup) und Archivierung digitaler Daten konzipiert.
Der Wortspeicher stellt das Datenmanagementsystem Digas dar. Das „normale“ Musikprogramm wird mit dem Radiomax-System gespeichert und verwaltet, in dem auch die Sendungslisten erstellt werden und die Sendeabwicklung erfolgt.

7. 4. 1. Radiomax

Diese Software wird zur Programmplanung, -koordination, -abwicklung aber auch zur digitalen Archivierung des Musikarchivs verwendet. Benutzerfreundliche Workflows sollen eine reibungsfreie Abwicklung gewährleisten, die Bedienung ist einfach und übersichtlich - mehrere einzelne Applikationen können unter einer Benutzeroberfläche integriert werden, um die Anzahl an offenen Fenstern klein zu halten.

Die Software ist jedem Mitarbeiter des ORF mit Zugang zum Netz frei zugänglich Da eine Unternehmenslizenz erworben wurde fallen durch weitere Installation keine Gebühren an. Jeder Benutzer hat Zugriff auf das gesamte Archiv und kann Einträge daraus ins Digas-System kopieren um sie zu bearbeiten. Eine Berechtigung ist nur in besonderen Fällen notwendig, wie zum Archivieren und für die Aufgaben der Programmkoordination, Sendeleitung und –abwicklung.

Der Softwarehersteller Radiomax bietet neben dem Hauptsystem, den *Radiomax Manager*, auch noch andere Applikationen, die sich gut integrieren lassen. Dazu zählen Sendeablaufsteuerung (*OnAir*) sowie Beitrags- und Sendeplanung, aber auch andere Programme, die im Landesstudio NÖ nicht in Verwendung sind, wie *Cartmax*. Diese erfüllt eine ähnliche Funktion wie die *Cartwall* von Digas, auf die in Kapitel 7.4.3 noch eingegangen wird. Das Softwaresystem kann auch als Schnittstelle zu anderen Applikationen dienen, wie das bei der Musikplanung mit dem Programm Powergold der Fall ist.

7. 4. 1. 1. Sendungsabwicklung

Das Modul *OnAir* sorgt für reibungslosen Sendebetrieb und steuert den Ablauf der Sendungen. Es gibt auch Plug ins um die Daten für die AKM[9] zu erfassen oder für die Werbeprotokollierung. Für andere wie 5.1. Mehrkanalunterstützung oder Jingle Player findet das Landesstudio noch keine Verwendung, auch die Bereitstellung von Zusatzdaten mittels RDS wurde nur kurze Zeit eingesetzt.

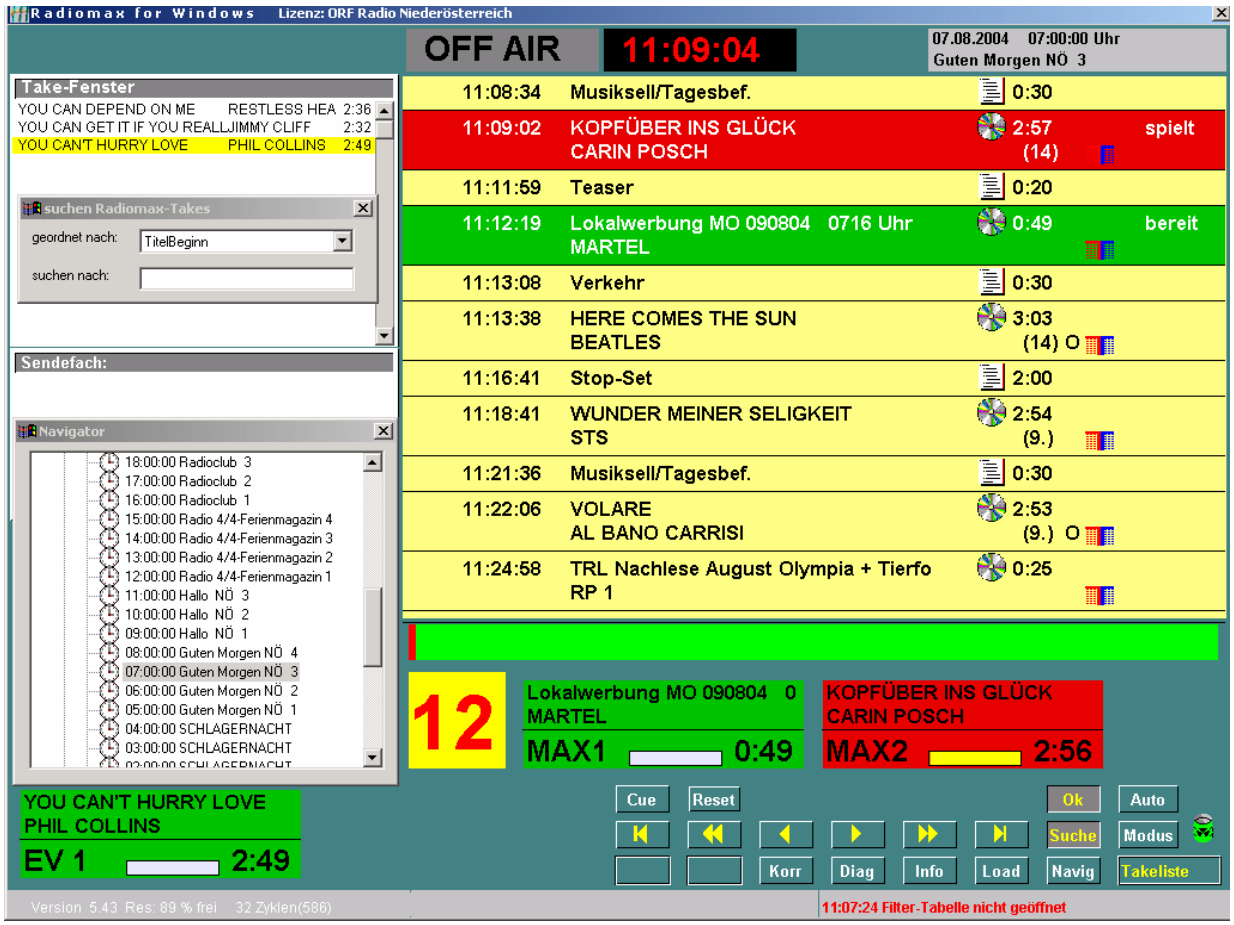


Abb. 7.1.: Screenshot von Radiomax im Studiobetrieb. Auf der Liste rechts oben sieht man den Programmablauf, rot und grün markiert ist der Musiktitel der gerade bzw. als nächstes gespielt wird.

[9] Die AKM ist eine Genossenschaft und steht für Autoren, Komponisten und Musikverleger. Sie ist betraut mit der Einhebung und Aufteilung von Tantiemen die aufgrund von Musiknutzung entstehen. Jeder, der Musik an öffentlichen Orten aufführt, muss Gebühren an die AKM abliefern.

Radiomax unterstützt einen Großteil der aktuellen Formate: MPEG, Broadcast Wave Format BWF, MPEG, das Mehrkanalformat RIFF64 und Dolby Digital, im Landesstudio wird aber ausschließlich MPEG 1 Layer 2 verwendet. Dies wird umgangssprachlich auch Musicam® genannt, der Name einer amerikanischen Firma, die dieses Fileformat als erste kommerziell verwendet hat.

7. 4. 1. 2. Programmplanung, -koordination

Im Landesstudio Niederösterreich wird der gesamte Tagesablauf der Sendungen in einem Zeitraster programmiert. Jede regelmäßige Sendung hat einen bestimmten Aufbau, zu Beginn Nachrichten, anschließend Moderation mit mehreren Musiktitel, Werbung, etc. Änderungen in der Sendungsplanung kann nur von Personen mit besonderen Rechten durchgeführt werden.

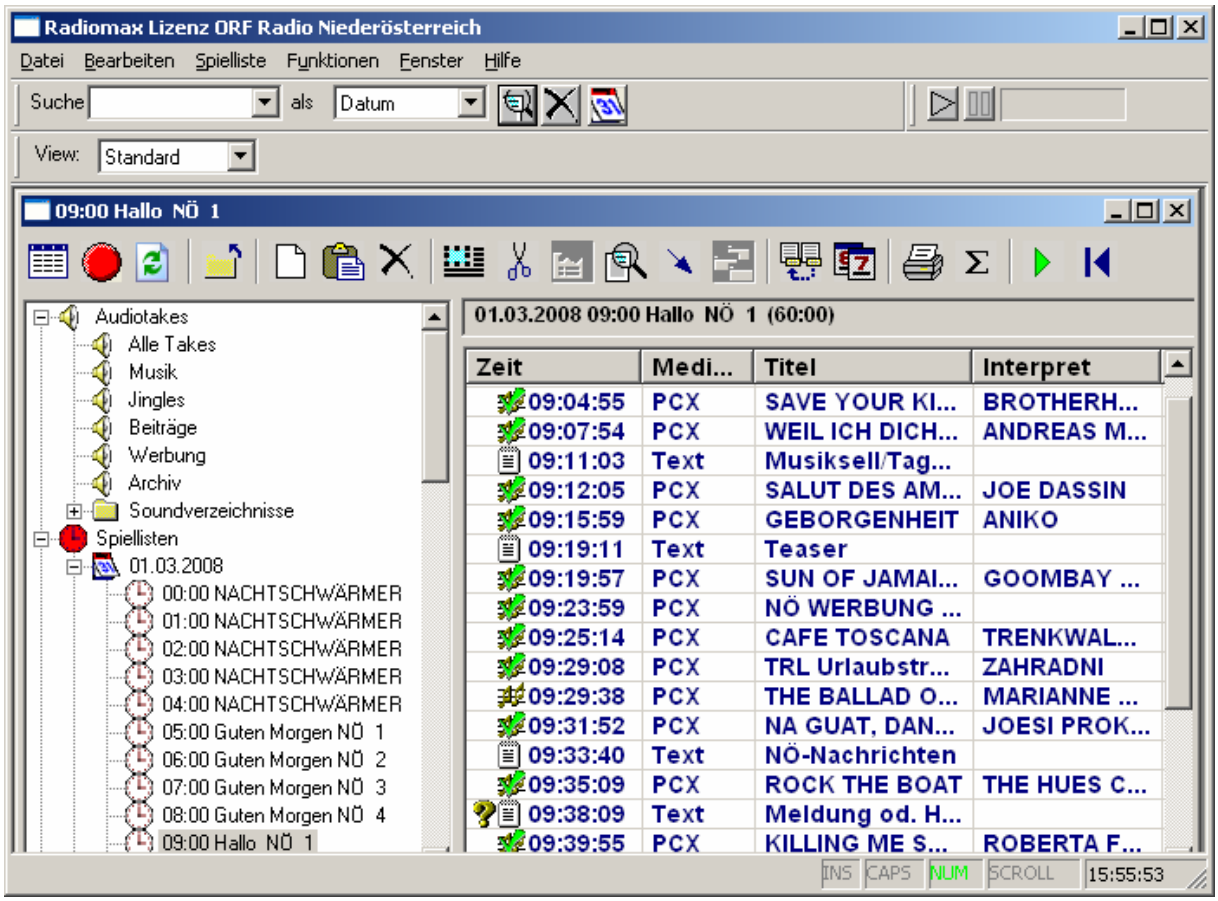


Abb. 7. 2.: Screenshot von Radiomax Manager: Hier findet man im Landesstudio Musiktitel, Radiospots und Trailer, auch der Sendungsablauf wird hier gesteuert. Die grünen Haken zeigen an, dass alles erfolgreich auf Sendung gegangen ist

Das Nachtprogramm von Radio Niederösterreich wird ebenfalls vollautomatisch über Radiomax abgewickelt. Die Moderation mit der Ansage der Musiktitel wird ein paar Tage im Vorhinein aufgezeichnet, die Musiktitel dazugemischt und hin und wieder eine Signation dazugemischt, in dem der Sendungsname, Sendername oder der Name des Moderators vorkommt. Die knapp unter einer Stunde lange Sendung wird vom Digas in den Radiomax eingefügt. Zu jeder vollen Stunde erfolgt zeitgesteuert die Übertragung der Nachrichten aus dem Funkhaus in Wien.

Den programmierten Sendungsablauf findet man unter dem Punkt Sendungsadministration. Die Auswahl der Musiktitel erfolgt in der Musikredaktion mit dem Programm Powergold, welches darauf achtet, dass nach klaren Regeln rotiert wird.

7. 4. 1. 3. Datenmanagement/Metadaten

Alle sende- und protokollrelevanten Informationen für Musik und Beiträge aus der Redaktion werden in der Datenbank erfasst und zur Verfügung gestellt
Dies betrifft Daten für die AKM, Moderationstexte, Cue-, Fade- und Intro-Informationen, auch die Eingabe von benutzerspezifischer Informationen sind möglich.

Diese kleinen Dateien – eine fasst nicht mehr als ein Kilobyte – sind mit dem dazugehörigen Audiofile verknüpft und können über Radiomax Koko auch an externe Systeme weitergegeben werden. Bei Radio Niederösterreich wird die Möglichkeiten Radiomax als Schnittstelle genutzt und erlaubt Zugriff auf bestimmte Informationen via Internet: Mit dem Radio Niederösterreich Musikservice (siehe [40]) kann der interessierte Hörer Interpreten und Titel eines Musikstücks erfragen, der zum aktuellen oder vergangenen Tag auf Sendung war.

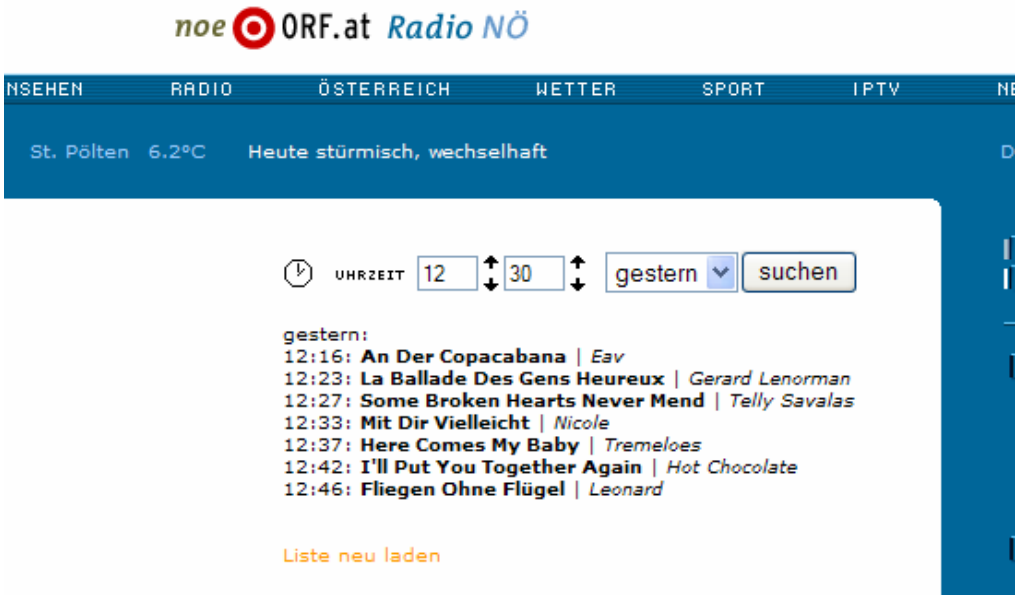


Abb. 7. 3.: Titelabfrage mit dem RNÖ Musicservice

7. 4. 2. Digas Database Manager

7. 4. 2. 1. Datenmanagement/Metadaten

Zur Produktion, Bearbeitung und Archivierung der Wortbeiträge des Landesstudio Niederösterreich wird zurzeit Digas Database Manager, ein Produkt der D.A.V.I.D. GesmbH, verwendet. An den meisten Workstations der zwölf Radiostationen des ORF, denen für Mittel-, Kurz- und Langwelle, den Außenstellen und Übertragungswagen kann man dieses Softwaresystem verwenden. Kurze Zugriffsgeschwindigkeit, die Vernetzung mehrerer Stützpunkte, einfache Bedienung und Bearbeitung von Tonmaterial zeichnen dieses Programm aus.

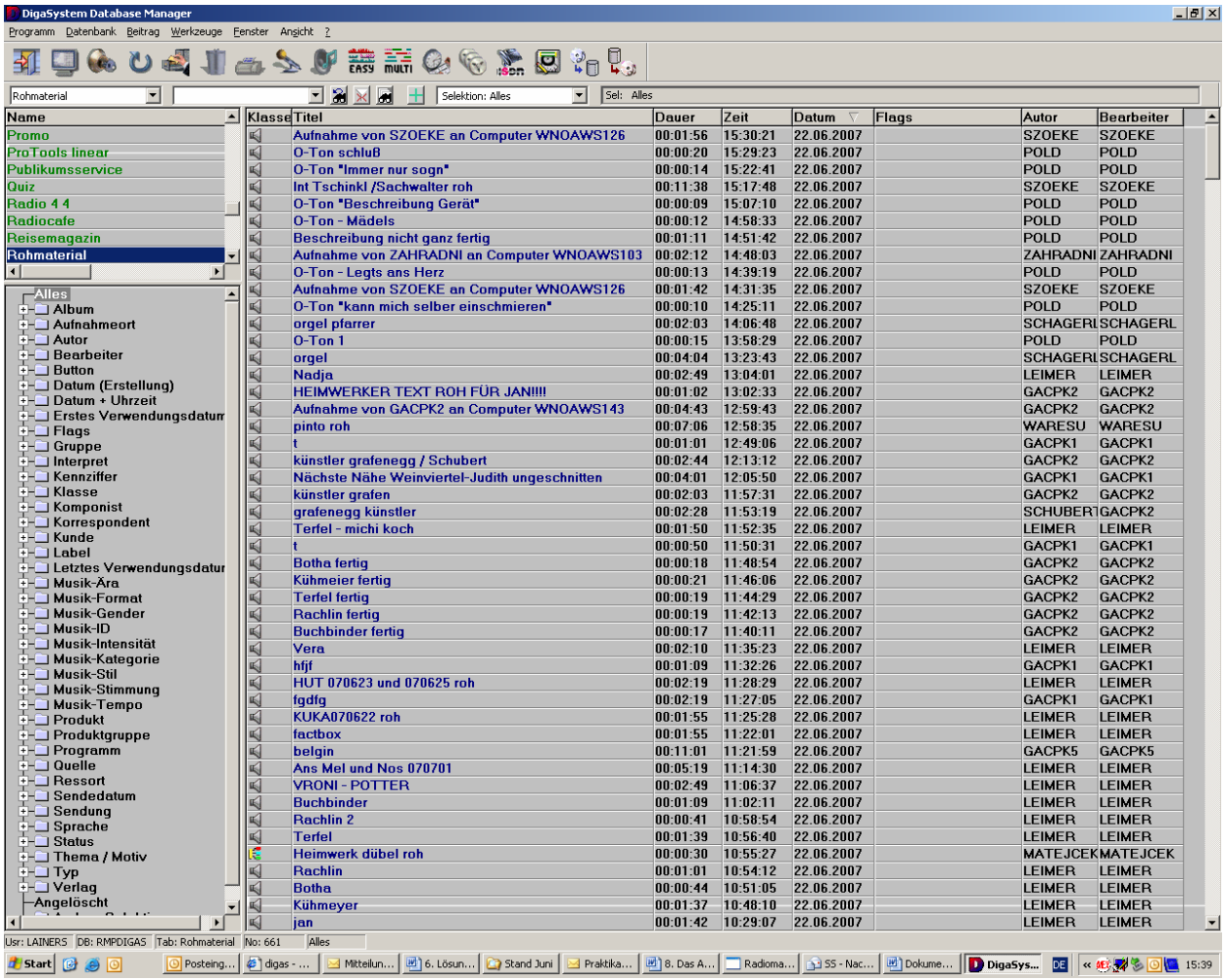


Abb. 7.4: Benutzeroberfläche des DigaSystem Database Managers

Auf der linken Seite befinden sich die einzelnen Ordner des Wortarchivs, die alle relevanten Beiträge des Landesstudios zu einer bestimmten Kategorie in chronologischer Reihenfolge auflisten. Ältere Beiträge werden nach einer für jeden Ordner variierenden Zeitspanne aus dem System entfernt. Der am häufigsten verwendete Ordner ist Rohmaterial, in dem alles, was erst von Redakteuren durchgehört und geschnitten werden muss, erst einmal abgespeichert wird. Jede regelmäßige Sendung hat ihren eigenen Ordner. Eine Besonderheit stellt der ORF-Pool dar. Alle Digas-Systeme der acht Landesstudios, das Funkhaus Wien Argentinierstraße, Ö3 und das Studio am Küniglberg sind miteinander vernetzt. Jeder Standort hat seine eigene Datenbank, in der er seine Audiodateien verwaltet. Im ORF-Pool kann jeder ORF-Redakteur Beiträge, die auch für andere interessant sein könnten, hineinstellen und anderen zugänglich machen. Originaltöne, ganze Beiträge oder auch Musiktitel können per Drag and Drop in den Ordner gestellt werden und jeder Mitarbeiter des ORF kann dann auf den Titel und andere Metadaten zugreifen. Will man das Audiomaterial in die eigene Datenbank übertragen, kann der Beitrag im Kontextmenü „bestellt“ werden.

7. 4. 2. 2. Produktion, Schnitt und Bearbeitung von Tonmaterial

Sprachaufnahmen werden digital in MPEG 1 Layer 2 Format in Digas (Musicam®) aufgezeichnet und können dort gleich bearbeitet werden. Dafür stehen zwei verschiedene Anwendungen zur Verfügung, Easy- und Multitrack. Die übersichtliche Darstellung des Tonmaterials in Treppenform erlaubt auch Personen, die keine Erfahrung mit Audioschnitt haben, effizient mit dem Programm zu arbeiten.

Die einfachere Version, EasyTrack, erlaubt es, drei Tonspuren zu bearbeiten. Um Stellen zu editieren, werden diese mit der Maus markiert um In- und Out-Punkte zu setzen. Dieser eingegrenzte Bereich kann je nach Bedarf separiert, kopiert, dupliziert oder ausgeschnitten werden. So sind Korrekturen wie das Löschen von Pausen, Husten oder Räuspern einfach und schnell möglich. Werden nur Einzelteile aus einem Interview etc. benötigt, können diese in eine Zwischenablage des Projekts kopiert werden, mit unterschiedlichen Farben der Elemente lassen diese strukturieren. Der Multitrack bietet schon typischerweise 2 bis 8 Spuren.

Die Audiodatei bekommt eine fortlaufende Nummer, in einer externen Datenbank werden die Metadatensätze gespeichert. Bei der Auflistung muss das System nicht das gesamte Audiomaterial abrufen, sondern nur die wesentlich kleineren Textdateien durchsuchen, die auf die zugehörigen Audiodatensätze verweisen.

7. 4. 2. 3. Archivierung

In Digas wird auch die Langzeitsicherung der Daten übernommen. Die beiden Sendungen „Nahaufnahme“ und „Im Gespräch“, die auch im Internet zum Download bereitstehen, werden automatisch archiviert. Sonst gilt, dass der oder die verantwortliche RedakteurIn entscheidet, ob eine Sendung archiviert werden soll, dazu setzt er oder sie ein Archivierungs-Flag.

Sobald genügend markierte Titel für die Archivierung vorhanden sind, kann eine CD mit dem Inhalt beschrieben werden. Der Metadatensatz im Softwaresystem bleibt erhalten, die dazugehörigen Audiodatensätze werden von der Festplatte gelöscht.

Wird ein bereits archivierter Beitrag benötigt, gibt Digas jedem autorisierten Benutzer die fortlaufende Nummer des Speichermediums und die Titelnummer bekannt. Die gewünschte Archiv-CD muss dann ins Laufwerk eingelegt werden damit der Titel wieder auf Festplatte zurückgespielt und zur weiteren Verwendung bearbeitet werden kann.

7. 4. 3. Digas Cartwall

Abb. 7.5.: Auf dem Bildschirm sieht man die Benutzeroberfläche von Digas Cartwall im Studiobetrieb.

Die „Cartwall“ ist ein eigenes Tonarchiv und speichert verschiedene akustischen Elemente, die einer bestimmte Sendung zugehören, aber auch Soundeffekte, O-Töne und spezielle Musiktitel die nicht im eingeschränkten Musikprogramm zu finden sind.
Die Carts können nach Kategorie, Moderator oder Typ des Elements aufgelistet werden, eine Suche nach Stichworten steht ebenfalls zur Verfügung. Die Elemente können in einen von vier Stacks per Drag & Drop gezogen werden, das entspricht den vier Abspielkanälen des Mischpults die dem Moderator während der Sendung zur Verfügung stehen. Werden mehr als vier Elemente benötigt, muss man diese in der richtigen zeitlichen Reihenfolge auf einen oder mehreren „Stacks“ stapeln.

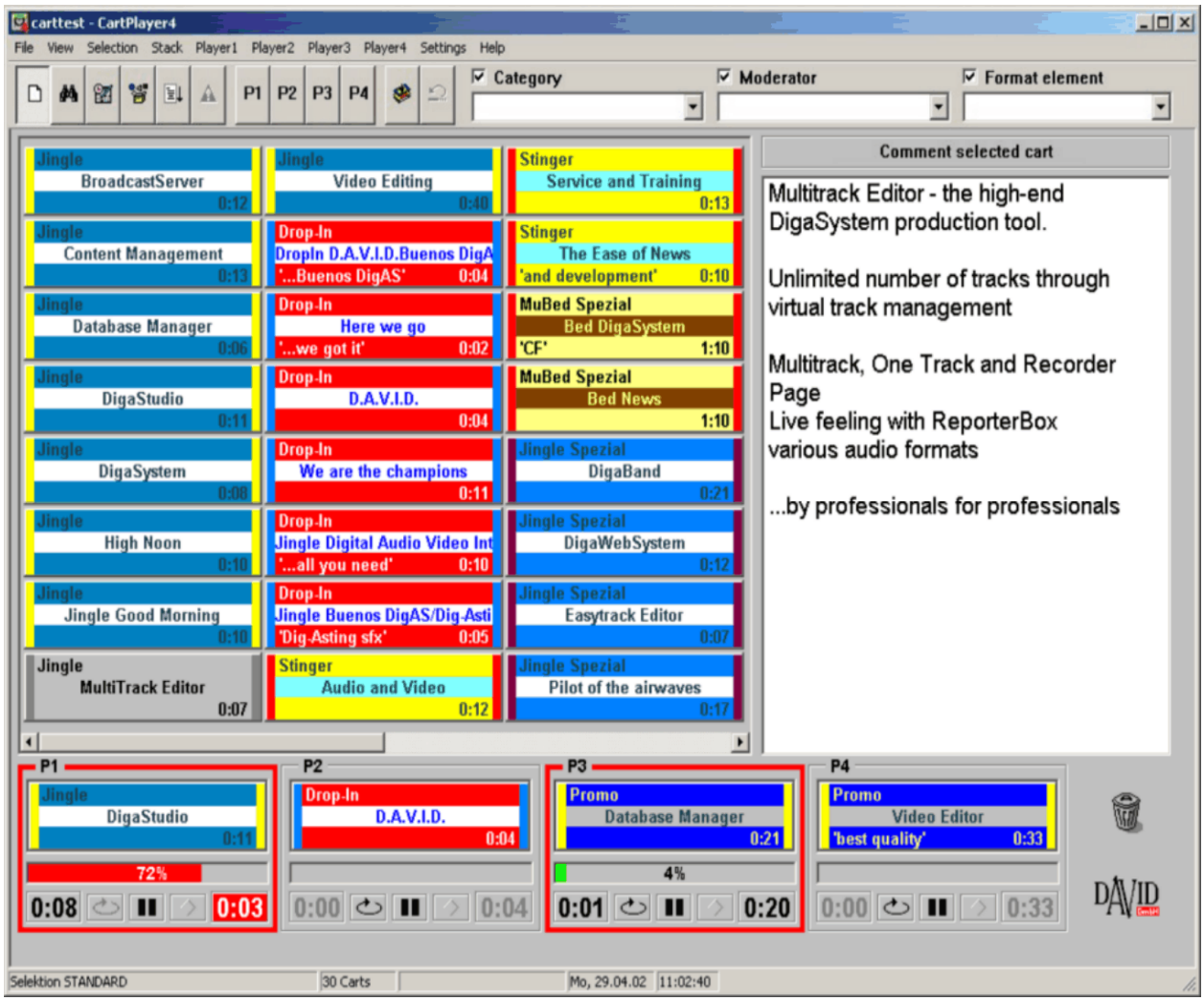


Abb. 7.6: Screenshot der Cartwall: Per Drag & Drop konnen Elemente in den Player gezogen und auch bei Bedarf hintereinander gestapelt werden

Signations

Besonders wichtig im Geräuscharchiv sind die für den Sendungsablauf wichtige Signations. In diesen wird der Sender, die Sendung oder und gegebenenfalls auch der Moderator erwähnt, dies soll die Hörer auf die Radiostation aufmerksam machen und eine Bindung erzeugen.

> ***Bumper:*** abgeschlossene Musikelemente, die beispielsweise zwischen zwei Musiktiteln gespielt werden können. Diese nehmen Bezug auf Sender, die Sendung- und/oder den Moderator

Opener: Zu Beginn einer Moderation wird meist zur Einleitung die Kennung der Sendung in der auch der Moderator erwähnt sein kann, gespielt, das darauffolgende Musikbett ist lang genug für die Moderation.

Musikbett: Die Hintergrundmelodie der Sendung ist auch ganz ohne Senderkennung als längeres Musikstück in der Cartwall verfügbar

Stinger: bilden den akustischen Abschluss eines Musikbetts oder Openers

Drop in: Aufnahmen der Studiovoice zum Sender wie „Radio Niederösterreich – da bin ich daheim“ oder „Guten Morgen Niederösterreich – mit Andreas Hausmann“, die live in andere Musikbetten oder zu Beginn von Musiktiteln eingespielt werden können. Ein Produktionstechniker steht während der quotenstärksten Sendung, dem Morgenprogramm, dem Moderator zur Seite, um bei Bedarf aktuelle Opener zu gestalten. Diese nehmen dann Bezug zu einem Beitrag, der Jahreszeit, dem Wetter um den Hörer auf das Folgende einzustimmen. Auch Aufnahmen von Prominenten, die die Hörer grüßen, selbstverständlich mit Erwähnung der Radiostation werden hier gespeichert.

FX - Effektklänge

Die Cartwall umfasst auch viele verschiedene Soundeffekte wie zerspringendes Glas, menschliche Schreie, Applaus die für Trailer oder humoristische Einlagen on Air verwendet werden können.

Musikbetten von rockig bis klassisch, fernöstliche Klänge aber auch heimische Musiktitel finden sich in dieser Sammlung. Auch berühmte Musikstücke, die nicht im gewöhnlichen Musikprogramm vorhanden sind, kann man hier finden.

Notprogramm

Um in Notfällen, wie einem Absturz des Radiomax Systems, schnell reagieren zu können findet man in der Cartwall auch Titel aus dem normalen Musikprogramm, die schnell mit Stichworten gefunden und auf Sendung gehen können.

Nach dem Bekanntwerden eines Trauerfalls, wie der Tod eines hohen Politikers oder nationalen Berühmtheit, kann mit den „schwarzen“ oder „grauen“ Titel in der Cartwall rasch auf ein gedämpftes, dem Anlass entsprechendes ruhigeres Musikprogramm umgestellt werden.

7. 4. 4. Powergold

Das Programm Powergold ist nicht für die Speicherung von Audiodaten zuständig sondern für deren Organisation. Es erstellt Musikspiellisten nach bestimmten Vorgaben, wie das Verhältnis von englisch- und deutschsprachigen Musiktiteln oder die Häufigkeit, mit der ein Musikstück gespielt werden darf.

Diese automatische Programmierung soll menschliches Fehlverhalten ausschließen, dass einzelne Titel oder ganze Genres sich zu oft im Musikprogramm finden. Auch wenn die Spiellisten zu einem Großteil programmiert werden, muss der „Feinschliff“ noch von menschlicher Hand gemacht werden, die letzten 10 % werden von Mitarbeitern der Musikredaktion angepasst.

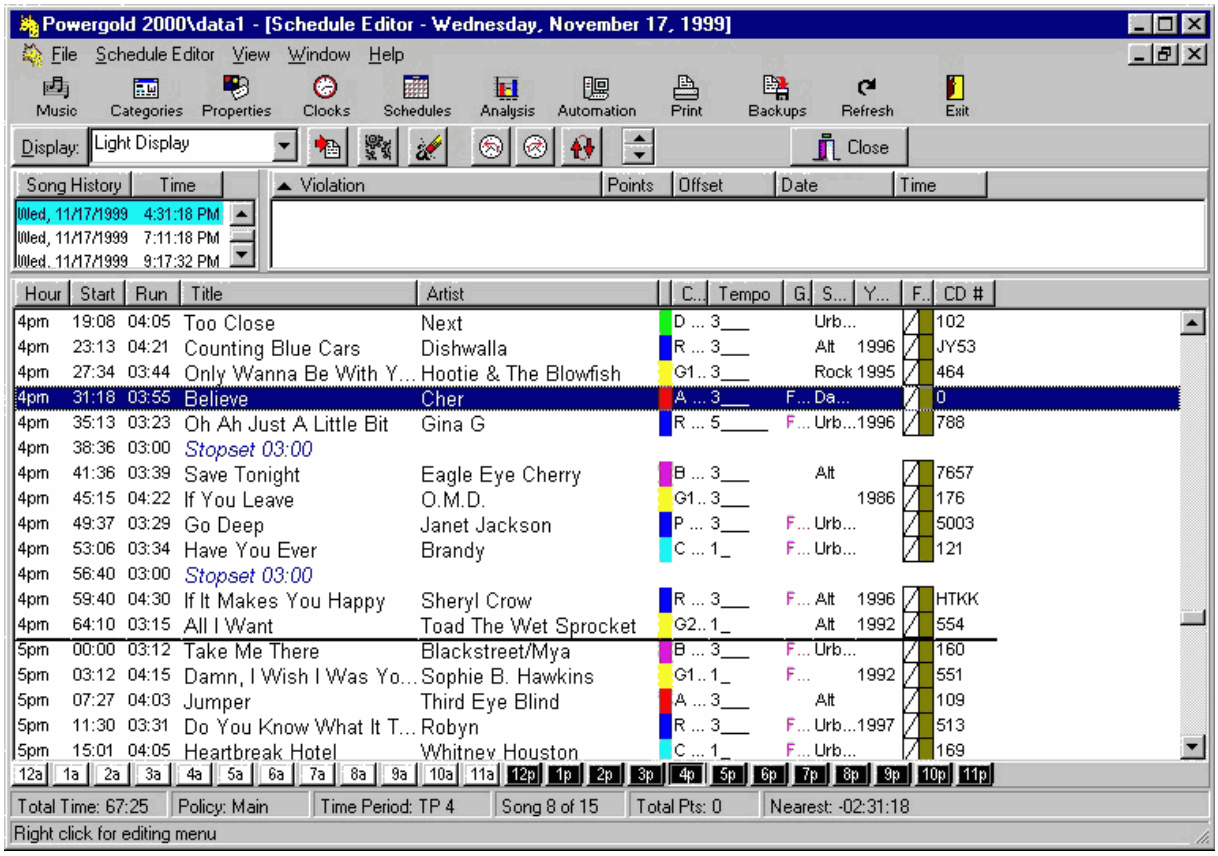


Abb. 7.7.: Benutzeroberfläche von Powergold

7. 4. 5. Notfallszenarien

In manchen Notfällen kann das Softwaresystem des Landesstudios diese automatisch erkennen und entsprechend darauf reagieren.

- Das Landesstudio verfügt über einen **Modulations-Wächter**, der erkennt, ob ein Pegel auf der Ausgangsleitung anliegt. Wenn ein technisches Gebrechen vorliegt und folglich kein Signal ausgestrahlt wird, wird der Not-Max aktiviert, eine vorprogrammierte Musikspielliste. Wenn dies aus irgendeinem Grund nicht möglich ist, wird nach 40 Sekunden auf Ö3 umgeschaltet. Das liegt daran, dass dieser als populärster Sender über das stärkste Sendenetz und die beste technische und redaktionelle Absicherung verfügt.
- Auch für den äußerst unwahrscheinlichen Fall, dass alle technischen Arbeitsplätze ausfallen und gar nichts mehr funktionieren sollte (als Ursache für so ein Szenario wäre vollständiger Brand des Landesstudios denkbar), gibt es noch einen **Notfalls-CD-Player** im Geräteraum. Dieser baulich besser geschützte Abschnitt sollte im absoluten Katastrophenfall am längsten überleben, sollte dieser jemals zum Einsatz kommen erwartet den interessierten Zuhörer 80 Minuten heitere Schlagermusik.
- Aber auch für wenig drastische, unerwartete Fälle ist gesorgt. Um Ausfällen in der Nacht, wenn das Landesstudio im Normalfall nicht besetzt ist auszuschließen, läuft parallel zum Nachtmax2 eine weitere Spielliste (**Nachtmax1**). Wenn die reguläre Spielliste unterbricht, wird auf die Ersatzliste zurückgegriffen.
- Auch internationale und heimische **Trauerfälle** stellen Ereignisse dar, auf die besonders reagiert werden muss. Je nach Betroffenheit werden diese Notfälle in zwei Kategorien eingeteilt: die graue Liste enthält gedämpfte Musik, die schwarze Liste traurige Musik. Fälle für die schwarze Liste waren in der Vergangenheit der Anschlag auf das World Trade Center am 11. September 2001, Tod des Papstes Johannes Paul II. am 2. April 2004 und Bundespräsident Thomas Klestils am 6. Juli 2004. Ein Beispiel für einen grauen Trauerfall wäre, wenn eine prominente politische Person in Deutschland versterben würde.

Über Einsatz dieser Listen bzw. andere Maßnahmen entscheidet die Geschäftsführung.

7. 5. Die vollständige Digitalisierung der ORF Tonarchive

Mit der Problematik der Kurzlebigkeit von physischen Speichermedien beschäftigt sich natürlich auch der ORF ausführlich. Seit ein paar Jahren hat man im größten Audioarchiv im Funkhaus Wien Argentinierstraße damit begonnen, alte Tonbänder systematisch vor dem Verfall zu retten. Im Sommer 2007 gab es auch im Landesstudio ein Projekt, in dem der gesamte Archivbestand an eigenproduzierten Tonmaterial auf Bändern digitalisiert und nun auf Servern gespeichert.

7. 5. 1. Digitalisierung im Landesstudio NÖ

Das Überspielen des Tonmaterials ist ein sehr personalaufwändiger Prozess, da viele Arbeitschritte nötig sind, die nicht automatisiert stattfinden können. Außerdem ist der Vorgang nur in Echtzeit möglich, das bedeutet der Übertragungsprozess dauert um einiges länger, als die Gesamtspieldauer der Datenträger. Innerhalb von drei Monaten wurde der gesamte Bestand an eigenproduzierten Material im Archiv des Landesstudios Niederösterreich auf Schmalspurbändern und DAT in linearer Form aufgezeichnet und archiviert. Ein Großteil von dem Material schien vorher weder in einem Softwaresystem noch auf Listen auf und wird zum ersten Mal archivarisch erfasst. Vier Praktikanten werden in zwei Schichten diese Aufgabe erledigen, bei der große Sorgfalt, besonders bei der Eingabe der Metadaten gefordert wird.

Mit der Digitalisierung wird erst jetzt begonnen, da es früher technisch nicht möglich war, das Audiomaterial linear, also verlustlos, zu speichern. Die Aufzeichnung auf Festplatte erfolgt ohne jede weitere Bearbeitung. Generell sollen die archivierten Daten unangetastet und unverfälscht bleiben, auch wenn beim Überspielen Fehler auffallen. Wenn nötig, kann man im Nachhinein noch immer versuchen, die Tonqualität der Aufnahmen zu verbessern. Bei alten Originaltönen erwartet der Hörer schließlich auch keine kristallklare Tonqualität, die charakteristischen Fehler oder Rauschen werden eher als Zeichen der Authentizität angesehen. Der höhere Speicherplatzbedarf des linearen Formats wird mit dem zeitintensiven Aufwand des Kopierprozesses gerechtfertigt.

7. 5. 2. Quervergleich zur Digitalisierung im Funkhaus Argentinierstraße

Noch ca. 2/3 der Archivbestände des Landesstudio Niederösterreich lagert im Funkhaus Wien. Dort hat man schon ein paar Jahre früher begonnen, bei ca. 100 000 Tonbändern im Funkhausarchiv hat man auch schließlich keine Zeit zu verlieren. Die drei Radiostationen Radio Wien, Ö1 und FM4 haben im Funkhaus ihren Sitz, das umfangreichste Archiv hat mit Abstand der Kultursender Ö1. Auf den für diesen Zweck eingerichteten Workstations digitalisieren nicht nur Mitarbeiter, die dem Projekt zugeteilt sind, sondern es werden auch Abwicklungstechniker mit dieser Aufgabe betraut, eventuelle Stehzeiten zum Digitalisieren zu nützen. Der Moderator ist nicht länger auf einen Techniker angewiesen sondern übernimmt auch die technische Abwicklung im Studiobetrieb. Durch die „selbstfahrenden“ DJ-Sendestudios sind Abwicklungstechniker nicht mehr so ausgelastet, und werden auf das System und die Erfassung von Metadaten geschult. Zur Überspielung wird Radiomax Koko verwendet, da das gesamte Archivsystem demnächst auf die neue Software umgestellt wird.
Nach dem Einspannen des Tonbands in das Lesegerät überprüft ein Sensor das Tonband auf ausreichende Magnetisierung. Erkennt der Sensor einen Fehler, meldet er diesen an das Softwareprogramm. Zu jeder digitalisierten Audiodatei wird ein Protokoll erstellt, das auch durch Algorithmen Fehler wie Knackser oder Pausen im Tonmaterial dokumentiert. Dieses Protokoll wird auch in den Metadaten des Audiofiles verknüpft, damit Probleme bei der Aufnahme des Tonbandes auch später noch nachvollziehbar sind.
Danach folgt die Eingabe von beschreibenden Informationen über die Sounddatei, wie Titel, Entstehungsjahr. Diese Metadaten werden mit dem Soundfile verknüpft. Der digitalisierte Datenträger wird dann zu weiteren Archivierung gesondert gelagert.

Der Abschluss des Projekts ist bis 2013 geplant, es ist aber zu befürchten, dass dieser aufgrund von Mangel an Ressourcen nicht realisiert werden kann. Es ist nicht so, dass von alt nach neu systematisch überspielt werden könnte. Im laufenden Betrieb braucht die Redaktion, meist recht kurzfristig, digitalisiertes Archivmaterial. Diese außerplanmäßige Digitalisierung von Tonmaterial soll effektiver mit dem Softwaresystem gestaltet werden. Es soll vermieden werden, Aufträge nicht zeitgerecht erfüllt werden können.

Voraussetzung dafür ist, dass die Redakteure Bescheid geben wann sie welches Material brauchen. Diese Aufträge werden dann in einer Liste zum „Abarbeiten“ aufgelistet mit der festgelegten Deadline, die mindestens eine Woche in der Zukunft liegen sollte. Damit soll gewährleistet werden, dass die Abteilung Digitalisierung für Transport der Medien aus dem Archiv und für eine rechtzeitige Bearbeitung sorgen kann.

7. 6. Ausblick auf das Archiv in 20 Jahren

In wenigen Jahren steht dem Landesstudio Niederösterreich eine Softwareumstellung bevor. Zurzeit wird für die Sendeablaufsteuerung Radiomax, für den Austausch und die Bearbeitung von Tonmaterial Digas, und zur Erfassung der Moderations- und Redaktionstexte das von APA und ORF gemeinsam entwickelte Programm RedSys[10] verwendet. Diese Aufgaben soll in Zukunft der Radiomax Nachfolger Radiomax KoKo übernehmen. Im ORF Funkhaus Argentinierstraße wird KoKo beim Digitalisieren analoger Tonbänder zur Erfassung der Metadaten verwendet.

Aufgrund der Tatsache, dass auch große Speicherkapazitäten auf Festplattensystemen leistbar geworden sind soll auf Audiokompression innerhalb der nächsten Jahre im Landesstudio NÖ verzichtet werden. Auf das verlustbehaftete Audioformat Musicam® wurde nur deshalb zurückgegriffen, weil Ende der 90er Jahre Speicherplatz noch zu kostspielig war, und die gängige Software nicht mit verlustlosen Audioformaten umgehen konnten. Mit Radiomax KoKo ist das kein Problem mehr, und daher werden alle Musicam® -Dateien auf ein PCM Format umgerechnet werden. Das bringt natürlich keinen Qualitätsverbesserung mehr, aber es ist einfacher, wenn im gesamten Landesstudio ein einheitliches Format verwendet wird.

Auch für die Archivierung auf CD soll bald Schluss sein. Die Archivdatensätze auch auf Servern gespeichert werden. Die sofortige Verfügbarkeit muss bei diesen Daten nicht gewährleistet sein wie aktuelles Material, deshalb werden sie auf einem Archivserver ausgelagert. Wäre das gesamte Tonmaterial auf einem Server gespeichert, hätte das Einbußen in der Zugriffszeit zur Folge.

[10] Mit der Applikation RedSys werden die redaktionellen Inhalte verwaltet. Es handelt sich dabei um Texte für Beiträge und/oder zugehörige Antexter für den Moderator auf Sendung.

In Radiomax KoKo scheinen die Metadaten zum Audiofile noch auf. Wer auf Archivmaterial zurückgreifen möchte, muss es (ähnlich wie beim ORF-Pool) anfordern, damit es wieder hergestellt wird.

Auch an die Musikweitergabe von Musikverlegern an die Radiostationen wird innerhalb der nächsten Dekade immer öfter via Internet anstatt auf Audio-CD per Postweg geschehen. Das bringt Vorteile für beide Seiten: Der Musikverlag spart sich die Kosten für den Datenträger und die Versandkosten, die Radiostation muss können die gewünschten ohne Umweg über einen Datenträger heruntergeladen und ins System übertragen werden.

8. Literatur- und Abbildungsverzeichnis

- Apfelböck, Hermann
  2008, So lange leben Ihre Daten.
  in „PCWelt“. H. 4/08, S. 96-98

- Bárány, Balázs
  Informationsverlust durch die Digitalisierung
  2004, Universität Wien

- Daser, Barbara Christine
  Wie's ihm ums Herz ist". Hörfunk als Motor des NS-Staates. Radio in Österreich bis 1945 (Diplomarbeit)
  2001, Universität Wien

- Dickreiter, Michael
  Handbuch der Tonstudiotechnik
  1997 KG Saur München

- Dussel, Konrad
  Deutsche Rundfunkgeschichte
  2004 UVK Verlagsgesellschaft mbH

- Ergert Viktor, Andics Hellmut, Kriechbaumer Robert
  50 Jahre Rundfunk in Österreich, 4 Bände
  1974-1985 Residenz Verlag

- Kirchmayr, Karin
  2007, Digitale Gedächtnisübung,
  in „Österreich forscht“, H. 1, S. 42

- Klages, Thorsten
  Medium und Form - Musik in den (Re-)Produktionsmedien
  2002 Epos

- Koboltschnig, Anne-Gret
  Radio zwischen den Zeiten. Das Wort-Programm der Ravag
  von 1924 bis 1933 (Dissertation)
  1993 Universität Wien

- Krieg, Bernhard
  Praxis der digitalen Audiotechnik
  1989 Franzis-Verlag GmbH

- Krieg, Bernhard
  Digitale Audiotechnik ohne Ballast
  1992 Franzis-Verlag GmbH

- Panek, Dr. Walter
  Konservierung akustischer Informationen
  2005, facultas wuv universitätsverlag

- Rathje, Ulf
  2002, Technisches Konzept für die Datenarchivierung im Bundesarchiv, in „Der Archivar“, H. 2, S. 117

- Stoll, Clifford
  Die Wüste Internet. Geisterfahrten auf der Datenautobahn
  1996, Frankfurt am Main

- Treiber Alfred (Hg.), Godler Haimo, Jochum Manfred, Schlögl Reinhard
  Vom Dampfradio zur Klangtapete – Beiträge zu 80 Jahren Hörfunk in Österreich
  2004 Böhler Verlag

Internetquellen

[1] http://mediaresearch.orf.at/index2.htm?radio/radio_nutzung_allg.htm - 24. 2. 2008

[2] http://www.mdw.ac.at/I101/iea/tm/scripts/jecklin/tt01geschichte.pdf- 15. 8. 2007

[3] http://www.focus.de/digital/multimedia/glasers_modernste_zeiten/alle-daten-des-planeten_aid_145545.html - 15. 2. 2008

[4] http://archives.arte-tv.com/hebdo/archimed/19990504/dtext/sujet1.html- 15. 8. 2007

[5] http://www.teslasociety.ch/TES_DOKU/Manuskript%20von%20Benjamin%20Seiler%20-%20Tesla%20Ein-unermuedlicher-Erfinder.doc.pdf- 15. 8. 2007

[6] http://homepages.uni-tuebingen.de/haeusermann/geschichte-hoerfunk-03-04.pdf - 15. 2. 2008

[7] http://oe1.orf.at/highlights/17754.html - 15. 8. 2007

[8] http://oe1.orf.at/highlights/17764.html- 15. 8. 2007

[9] http://gonline.univie.ac.at/htdocs/upload/File/import/613.pdf - 15. 8. 2007

[10] http://oe1.orf.at/highlights/109219.html - 13. 3. 2008

[11] http://www.rtr.at/de/komp/SchriftenreiheNr012003/5JahrePrivatradio.pdf - 15. 8. 2007

[12] http://www.privatradioinoesterreich.at/zeittafel/index.html - 15. 8. 2007

[13] http://mediaresearch.orf.at/c_radio/console/blank.htm?c_radio_nutzung_allg - 10. 3. 2008

[14] http://mediaresearch.orf.at/index2.htm?radio/radio_test.htm - 10 .3. 2008

[15] http://mediaresearch.orf.at/c_radio/console/console.htm?y=2&z=1 - 10. 3. 2008

[16] http://www.digitaler-rundfunk.at/ueber-antenne-dvb-t/einfuehrung/ - 10. 3. 2008

[17] http://www.ors.at/presse/20070423.pdf - 10. 3. 2008

[18] http://www.dab-digitalradio.ch/?lang=de&c=wasist - 10. 3. 2008

[19] http://www.digitaler-rundfunk.at/service/digitales-radio/digitales-radio-ueber-antenne/ - 10. 3. 2008

[20] http://www.digitalradio-suedwest.de/technik/wasistdr_system.html - 10. 3. 2008

[21] http://www.inue.uni-stuttgart.de/FMS/phase1/projekte/p_ii/p_ii_3/pii3_2/dig2.htm - 13. 3. 2008

[22] http://www.it-academy.cc/article/526/MP3+Das+beliebte+ Audiokomprimierungsverfahren.html - 10. 3. 2008

[23] http://www.digitalfernsehen.de/specials/df_47263.html - 13. 3. 2008

[24] http://www.planet-wissen.de/pw/Artikel ,,,,,,,C7731CE865EDF7D7E030DB95FBC310ED,,,,,,,,,,,,,,,.html - 13. 3. 2008

[25] http://www.theimann.com/Analog/History/Wege/index.html - 13. 3. 2008

[26] http://www.mabroselvisworld.com/MC/mc-geschichte.htm) - 13. 3. 2008

[27] http://de.wikipedia.org/wiki/Compact_Cassette - 15. 2. 2008

[28] http://www.e-teaching-austria.at/02_cont/03content/03_ainf/ - 13. 3. 2008 hsw/hsw_flashspeicher_an.doc - 15. 2. 2008

[29] http://www.tkhome.net/download/raid.pdf - 13. 3. 2008

[30] http://www.pc-erfahrung.de/hardware/hardware-raid.html - 13. 3. 2008

[31] http://www.mediabit.de/lexikon/herstellung_cd.html - 13. 3. 2008

[32] http://www.asbyon.com/lexikon/023/CD-RW.html - 13. 3. 2008

[33] http://www.pc-professionell.de/praxis/storage/article200704100142.aspx - 13. 3. 2008

[34] http://www.uni-muenster.de/Forum-Bestandserhaltung/kons-restaurierung/weisser.html - 13. 3. 2008

[35] http://atknoll1.informatik.tu-muenchen.de:8080/tum6/lectures/seminars/ss03/audio/v1-digitalaudio-2.pdf - 13. 3. 2008

[36] http://www.computerwoche.de/nachrichten/579837/index.html - 15. 2. 2008

[37] http://www.amibusiness.com/dps/rothenberg-arma.pdf - 13. 3. 2008

[38] http://www.stern.de/computer-technik/computer/:Studie-Der-Datenberg/583952.html - 13. 3. 2008

[39] http://www.friedewald-family.de/Publikationen/Elektronik16_1999.pdf - 13. 3. 2008

[40] http://hop.orf.at/trackservice/noe/ - 13. 3. 2008

Abbildungsverzeichnis

3.1. http://de.wikipedia.org/wiki/Phonograph- 11. 10. 2007

3.2. http://mediaresearch.orf.at/c_radio/console/console.htm?y=5&z=1 - 10.3. 2008

3.3. http://mediaresearch.orf.at/c_radio/console/console.htm?y=5&z=2 - 10.3. 2008

4.1. vgl. Dickreiter, 1997, S. 270

4.2. vgl. Dickreiter, 1997, S. 270

4.3. vgl. Dickreiter, 1997, S. 270

4.4. vgl. Dickreiter, 1997, S. 270

4.5. vgl. Dickreiter, 1997, S. 270

4.6. vgl. AWV, 1999, S. 64

4.7. vgl. http://www.itec.uka.de/seminare/rftk/mp3/ - 13. 1. 2008

4.8. Krieg, 1992, S. 12

4.9. http://www.ppvmedien.de/pdf/DT_95_102.pdf - 10. 3. 2008

5.1. vgl. Klages, 2002, S. 67

5.2. http://www.skbw.rv.bw.schule.de/arbeit/seminarkurs/aufnahmetechniken/schallplatte.html - 15. 2. 2008

5.3. Dickreiter, 1997, S. 8

5.4. Dickreiter, 1997, S. 12

5.5. http://de.wikipedia.org/wiki/Compact_Cassette - 8. 1. 2008

5.6. AWV, 1999, S. 18

5.7. Hillen/Schwerhoff, 1986, S. 21

5.8. http://www.asbyon.com/lexikon/023/CD-RW.html - 8. 1. 2008

5.9. http://www2.ak-tu-berlin.de/CBradter/labor2001/Band.pdf - 15. 2. 2008

5.10. http://www2.ak-tu-berlin.de/CBradter/labor2001/Band.pdf - 15. 2. 2008

5.11. Dickreiter, 1997, S. 326

5.12. http://atknoll1.informatik.tu-muenchen.de:8080/tum6/lectures/seminars/ss03/audio/v1-digitalaudio-2.pdf - 15. 2. 2008

5.13. http://www.answers.com/topic/flash-memory?cat=technology - 15. 2. 2008

7.1. Radiomax im Studiobetrieb

7.2. Screenshot Radio Manager

7.3. http://hop.orf.at/trackservice/noe/ - 13. 3. 2008

7.4. Benutzeroberfläche Digas System

7.5. Digas Cartwall

7.6. Screenshot Cartwall

7.7. http://www.proradio.ru/powergold/images/pg2000sch1.gif - 15. 2. 2008