

**Patrick Grögler**

Das MP3-Kompressionsverfahren.  
Theoretische Grundlagen und praktische  
Anwendung

**Diplomarbeit**

# BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei [www.GRIN.com](http://www.GRIN.com) hochladen  
und kostenlos publizieren



### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

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

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

### **Impressum:**

Copyright © 2000 GRIN Verlag  
ISBN: 9783668593954

### **Dieses Buch bei GRIN:**

<https://www.grin.com/document/185549>

**Patrick Grögler**

**Das MP3-Kompressionsverfahren. Theoretische Grundlagen und praktische Anwendung**

## **GRIN - Your knowledge has value**

Der GRIN Verlag publiziert seit 1998 wissenschaftliche Arbeiten von Studenten, Hochschullehrern und anderen Akademikern als eBook und gedrucktes Buch. Die Verlagswebsite [www.grin.com](http://www.grin.com) ist die ideale Plattform zur Veröffentlichung von Hausarbeiten, Abschlussarbeiten, wissenschaftlichen Aufsätzen, Dissertationen und Fachbüchern.

### **Besuchen Sie uns im Internet:**

<http://www.grin.com/>

<http://www.facebook.com/grincom>

[http://www.twitter.com/grin\\_com](http://www.twitter.com/grin_com)

Patrick Grögler

# MP3

Diplomarbeit  
im  
Studiengang  
Ton- und Bildtechnik  
an der  
Fachhochschule Düsseldorf

# Vorwort

Danken möchte ich all jenen, die mir bei der Fertigstellung dieser Diplomarbeit geholfen haben.

Prof. Dr. Dieter Braun für hervorragende Betreuung während der gesamten Arbeit.

Dipl.-Ing. Maria-Theresia Herbrand für die Übernahme des Ko-Referates und ihr Interesse.

Allen Teilnehmern an meinem Hörversuch für deren Unterstützung und Interesse.

Karl-Heinz Schaak von der Firma Audio Export für seine freundliche Hilfe und die unkomplizierte Bereitstellung der Monitore für den Hörversuch.

Dipl.-Ing. Frank Meuter für Unterstützung im Rahmen des Hörversuchs.

Gerald Steuler für die Boxenstative und den Vorverstärker für den Hörversuch.

Und schließlich meinen Eltern, die mich während des gesamten Studiums unterstützt haben.

Düsseldorf, im Oktober 2000

Patrick Grögler

# Inhalt

Vorwort.....	2
Inhalt.....	3
1 Einleitung.....	4
2 Grundlagen.....	7
2.1 Was ist MP3?.....	7
2.1.1 Historie.....	8
2.1.2 Verlustfreie und verlustbehaftete Codierung.....	9
2.1.3 Audiodateien in MP3.....	10
2.1.4 Audio-Streaming in MP3.....	11
2.2 Wie funktioniert die Komprimierung?.....	11
2.2.2 Digitaltechnische Grundlagen.....	15
2.2.3 Funktion der MP3-Codierung.....	15
2.2.4 Funktion der Decodierung.....	24
2.2.5 Komprimierung in Stereo.....	25
3 Praxis.....	29
3.1 Encoder.....	29
3.1.1 MP3-Software-Encoder.....	29
3.1.2 MP3-Hardware-Encoder.....	30
3.2 Decoder.....	31
3.2.1 MP3-Software-Decoder.....	31
3.2.1 MP3-Hardware-Decoder.....	32
4 Hörtest.....	34
4.1 Beschreibung des Hörtests.....	34
4.2 Der Fragebogen.....	37
4.3 Durchführung des Hörtests.....	47
4.3.1 Bedingungen, unter denen der Hörtest vorbereitet wurde.....	47
4.3.2 Bedingungen, unter denen der Hörtest stattfand.....	48
4.4 Auswertung des Hörtests.....	50
4.4.1 Allgemeines.....	50
4.4.2 Statistische Grundlagen.....	50
4.4.3 Entscheidungsgrundlagen.....	53
4.5 Ergebnisse.....	55
4.5.1 Allgemeines.....	55
4.5.2 Teilnehmer.....	56
4.5.3 Reliabilität.....	57
4.5.4 Validität.....	58
4.5.5 Die Ergebnisse im Einzelnen.....	58
4.6 Schlüsse aus dem Hörtest.....	74
5 Anwendungen.....	75
5.1 MP3 beim Rundfunk.....	75
5.1.1 Audiodateien auf den File-Servern.....	75
5.1.2 Audio-Streaming via ISDN.....	75
5.1.3 Digitales Satelliten-Radio.....	76
5.2 MP3 im Internet.....	77
5.2.1 Audiodateien zum Download.....	77
5.2.2 Audio-Streaming.....	83
6 Anhang.....	85
6.1 Quellenverzeichnis.....	85
6.1.1 Literatur.....	85
6.1.2 Internet.....	87
6.2 Urliste des Hörtests.....	88
6.3 Kommentare der Versuchsteilnehmer.....	109

# 1 Einleitung

„MP3“ ist das meisteingegebene Wort bei den großen Suchmaschinen im Internet. Damit löste es 1999 das bis dahin meisteingegebene Wort „SEX“ ab. MP3 ist vor allem bei jungen Leuten das Thema Nr.1 im Netz. Auf unzähligen Seiten werden legal, häufig jedoch auch illegal Songs im MP3-Format angeboten. Jüngstes Beispiel für die Popularität aber auch die Umstrittenheit von MP3-Angeboten im Internet ist die Musiktaschbörse „Napster“, gegen die einige große Schallplattenfirmen gerichtlich vorgehen, was von der ganzen Welt mit Spannung verfolgt wird.

Die vorliegende Arbeit soll zunächst einige **Grundlagen** klären: Was ist MP3 überhaupt? Und wie funktioniert dieses Verfahren? Dann sollen konkret Programme und Geräte aus der **Praxis** vorgestellt werden, mit denen MP3-Signale erzeugt und auch wieder zurückgewandelt werden können. Das Kernstück dieser Arbeit bildet der **Hörtest**, der untersucht, wann und unter welchen Bedingungen eine MP3-Komprimierung hörbar wird bzw. wann und unter welchen Bedingungen eine MP3-Komprimierung unhörbar bleibt. Schließlich sollen noch die populärsten **Anwendungen** von MP3, nämlich beim Rundfunk und im Internet aufgezeigt und aufgrund der Ergebnisse des Hörtests kritisch beurteilt werden.

Beim Verfassen dieser Arbeit kamen einige **weitergehende Fragestellungen** und Themen auf, die den Rahmen der vorliegenden Arbeit gesprengt hätten, die aber Inhalt zukünftiger Diplomarbeiten sein könnten. Dies wäre zum Beispiel eine messtechnische Untersuchung von MP3-Signalen. Auch ein Vergleich von MP3 mit anderen Audio-Komprimierungsverfahren in Theorie und Praxis wäre interessant. Außerdem wäre ein Vergleich verschiedener MP3-Encoder denkbar. Schließlich wäre ein Hörversuch mit ausgewählten, besonders qualifizierten Teilnehmern, die zuvor geschult werden, sich intensiv in das Audio-Material einhören können und beliebig oft zwischen dem originalen und dem komprimierten Signal hin- und herschalten dürfen denkbar, um die Frage zu klären: „Wann, wenn man es darauf anlegt, kann eine MP3-Komprimierung wahrgenommen werden?“

An dieser Stelle sollen nun noch in Kürze und als Überblick **andere Audio-Komprimierungsverfahren** vorgestellt werden. Der Autor hält dies für sinnvoll, um eine Einordnung von MP3 in die Vielzahl von Audio-Komprimierungsverfahren zu ermöglichen.

MPEG 2 ist ebenfalls aus 3 Layern aufgebaut und ist zu MP3 vorwärts- (d.h. ein MPEG 2 – Decoder spielt auch MPEG 1) und rückwärtskompatibel (d.h. ein MPEG 1 – Decoder spielt auch MPEG 2). MPEG 2 unterstützt LSF (= Low Sampling Frequencies), nämlich 24, 22,05 und 16 kHz. Bei kleinen Bitraten bringt dies Vorteile, da bei kleinerer Zeitauflösung die Frequenzauflösung verbessert werden kann. Außerdem sind mehr als nur 2 Kanäle und damit mehrkanalige Soundformate möglich.

MPEG 2.5 unterstützt zusätzlich Samplingraten von 12, 11,025 und 8 kHz und ermöglicht Bitraten bis hinunter zu 8 kBit/s.

MPEG 2 AAC (Advanced Audio Coding) hat einige Detailverbesserungen in der Codierung gegenüber MPEG 2. Es ist nicht kompatibel zu MPEG 2.

MPEG 4 existiert seit Ende 1998 und enthält zusätzlich Daten für multimediale Anwendungen, wie z.B. Daten für Synthesizer, Daten für Diaprojektoren oder Daten über Positionen von Klangquellen im Raum.

MPEG 7 erscheint Mitte 2001 und erweitert die multimedialen Möglichkeiten von MPEG 4.

MPEG 21 ist in Arbeit, ein Erscheinungstermin ist noch nicht abzusehen. Wiederum sollen die multimedialen Fähigkeiten erweitert werden.

ATRAC ist das Komprimierungsverfahren, das bei der MiniDisc zum Einsatz kommt. Die Bitrate beträgt ca. 280 kBit/s, was einem Kompressionsverhältnis von ungefähr 5 : 1 entspricht. Damit konkurriert ATRAC am ehesten mit dem 256 kBit/s-MP3-Signal.

MWM (= **M**icrosoft **W**indows **M**edia) ist das relativ neue Soundformat der Firma Microsoft. Ob es sich durchsetzen wird ist fraglich, da messtechnische Untersuchungen bereits Nachteile gegenüber MP3 zeigten. Die Endung der Dateien lautet .ASF, .ASX oder auch nur .AS (= Audio Soft).

Real Audio von Real Networks ist führend im Internet für Audio-Streaming. Dateien im Real Audio - Soundformat sind nicht vorgesehen. Die maximale Datenrate beträgt 96 kBit/s.

VQF oder auch TwinVQ von Yamaha ist angetreten, um im Internet MP3 den Rang abzulaufen. Ursprünglich vor allem fürs Audio-Streaming gedacht, wurden bald auch Dateien im VQF-Format ermöglicht. Der Anteil an Audio-Dateien im Internet im VQF-Format ist allerdings verschwindend gering.

AC-3 von Dolby wird bei der DVD und beim HDTV eingesetzt. Es ist als mehrkanaliges Soundformat angelegt. Die maximale Bitrate beträgt 640 kBit/s.

MP4 hat prinzipiell nichts mit MPEG oder MP3 zu tun und ist ein eigenständiges Audio-Komprimierungsverfahren, das von Global Music Outlet (GMO) Anfang 1999 herausgebracht wurde in Zusammenarbeit mit der Firma AT&T. MP4-Dateien sind keine Dateien im eigentlichen Sinne, es sind kleine eigenständig ausführbare Programme, die keinen Decoder, wie dies bei MP3-Dateien der Fall ist zum Abspielen benötigen. Sie sind also „selbst-decodierend“.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Was ist MP3?

MP3 ist ein Verfahren zur Komprimierung von digitalen Audiodaten, das unterschiedliche Ausgangsdatenraten und damit unterschiedliche Kompressionsverhältnisse zulässt.

Die vorgesehenen Datenraten und die zugehörigen (ungefähren) Kompressionsverhältnisse bei einem 44,1 kHz Eingangssignal sind:

32	kBit / s	entsprechend ungefähr	44 : 1
40	kBit / s		35 : 1
48	kBit / s		29 : 1
56	kBit / s		25 : 1
64	kBit / s		22 : 1
96	kBit / s		15 : 1
112	kBit / s		13 : 1
128	kBit / s		11 : 1
160	kBit / s		9 : 1
192	kBit / s		7 : 1
256	kBit / s		5,5 : 1
320	kBit / s		4,5 : 1

Als Eingangssignale sind PCM = **P**ulse **C**ode **M**odulation – Signale mit einer Wortbreite von 16 Bit und einer Samplingfrequenz von 32 kHz, 44,1 kHz oder 48 kHz zulässig.

MP3 ist ein reiner Bitstrom- und Decoder-Standard, was bedeutet, dass die Algorithmen für die Codierung nicht festgelegt sind und ständig weiterentwickelt und verbessert werden können.