

4. Audiotechnik und Tonbearbeitung

- 4.1 Grundlagen der Audiotechnik
- 4.2 Analoge Audiotechnik
- 4.3 Raumklang
- 4.4 Digitale Audiotechnik 
- 4.5 Digitale Rundfunktechnik
- 4.6 CD und verwandte Speichertechnologien

Literatur:

- Th. Görne: Tontechnik, 2. Auflage, Hanser-Verlag 2008
- H. Raffaseder: Audiodesign, Fachbuchverlag Leipzig 2002
- B. Katz: Mastering Audio – The Art and The Science,
Focal Press 2002

Geschichte der digitalen Audiotechnik

1926: Erstes Patent für PCM-Abtastung
(P.M. Rainey, Western Electric)

1962: PCM-Übertragungssystem
(Bell Telephone)

1974, Sony: PCM-Audio digital auf Magnetband

ab 1975: Digitale Masterbänder in Tonstudios

1979, Philips: Erste digitale Audiodisc

1981, Philips/Sony: Compact Disc (CD)

1988 Verkaufszahlen von CDs über denen von LPs

1981: Standardisierung von MIDI (Synthesizer)

1990: DAT-Recorder (Digital Audio Tape)

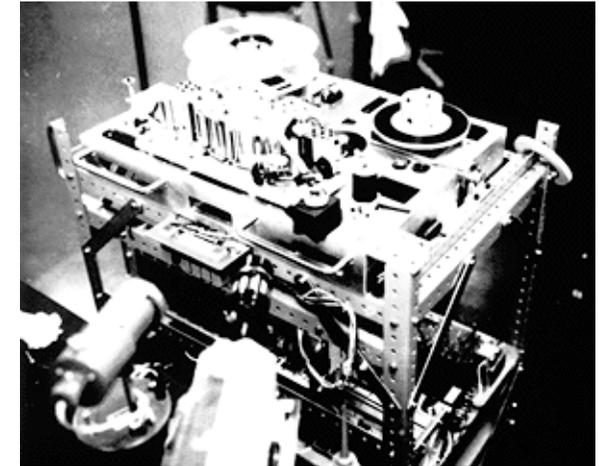
1990: CD-R

1992: Philips DCC und Sony MiniDisc (MD)

1999, Sony/Philips: Super Audio CD (SACD) und Direct Stream Digital

1999: DVD-Audio

2000+: Direct-to-disc Recording etabliert sich



Sony digital tape recorder 1974



DAT Tape (1990–2005)

Analog-/Digital-Wandlung

Abtastung

Diskretisierung (Abtastrate)

Quantisierung (Wortlänge)

Abtastraten:

32 kHz (Broadcast, Semi Professional)

44.1 kHz für CDs, Mastering und Aufzeichnung mit Videogeräten
der 625/50 Norm

44.056 kHz für Aufzeichnung mit Videogeräten der 525/59.94 Norm

48 kHz professionelle Studionorm für Recorder mit feststehenden Köpfen

96 kHz High End Mastering, DVD Audio

2.8224 MHz „Direct Stream Digital“ (z.B. für SACD = Super-Audio CD)

- Wortlängen:

16 Bit (Audio-CD)

24 Bit (Mastering)

Interne Wortlängen von Bussystemen und Effektgeräten oft höher

Digitale Pegel

Maximaler digitaler Audiopegel: 0 dBFS (dB Full Scale)

Maximal möglicher Wert in der gewählten Quantisierung

Prinzipiell unabhängig vom Spannungswert nach Analog-Konversion

Alle real auftretenden Pegelwerte sind negativ

1 Bit Wortlänge = Verdopplung des Dynamik-Wertebereichs = 6 dB

8 Bit Wortlänge = 48 dB (z.B. 00000000 = -48 dBFS)

16 Bit Wortlänge = 96 dB

24 Bit Wortlänge = 144 dB

Digitaler Headroom: Differenz zwischen Arbeitspegel und 0 dBFS

Mindestens -9 dBFS, oft höherer Abstand vorgeschlagen (z.B. -20 dBFS)

„Intersample Peaks“, optimaler Arbeitsbereich für analoge Verstärker

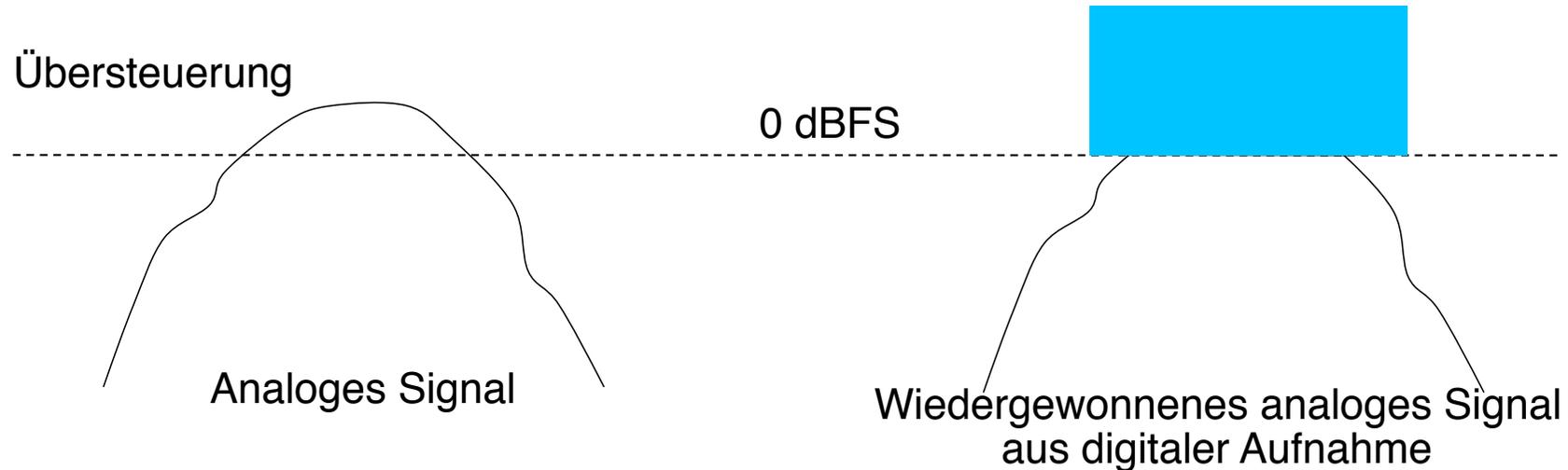
D/A-Wandlerpegel 6 dBu entspricht digitalem Arbeitspegel

Rauschen in der digitalen Bearbeitung:

A/D-Wandler: Rauschen bei ca. -104 dBFS

Digitale Mixer: Rauschen bei ca. -120 dBFS

Digitales „OVER“?



Signalanteile, die durch Übersteuerung bei der Aufnahme verloren gehen, sind für immer verloren („Clipping“)

„OVER“-Anzeige nur bei Aufnahme, nicht bei Wiedergabe!

Digitales Clipping

Akustisch wesentlich unangenehmer als bei analoger Übersteuerung

Rechteck-artige Schwingungen

OVER-Anzeige bei digitalen Peakmetern:

Folge von mehreren aufeinander folgenden 0 dBFS-Werten (z.B. 3)

Verzerrungen bei der Digitalisierung

Quantisierungsfehler:

Differenz zwischen "echter" Amplitude und nächstgelegener Quantisierungsstufe

Kann als additives Rauschen aufgefasst werden

Quantisierungsrauschen

Granularrauschen:

Z.B. einzelner Ton in extrem stiller Umgebung

Kleine Signale werden als Rechtecksignal wiedergegeben

Hochfrequente Obertöne hörbar als Klirrgeräusche

Schwankende Amplitude: "Flanger"-Effekt

Abhilfe: Dithering (siehe später)

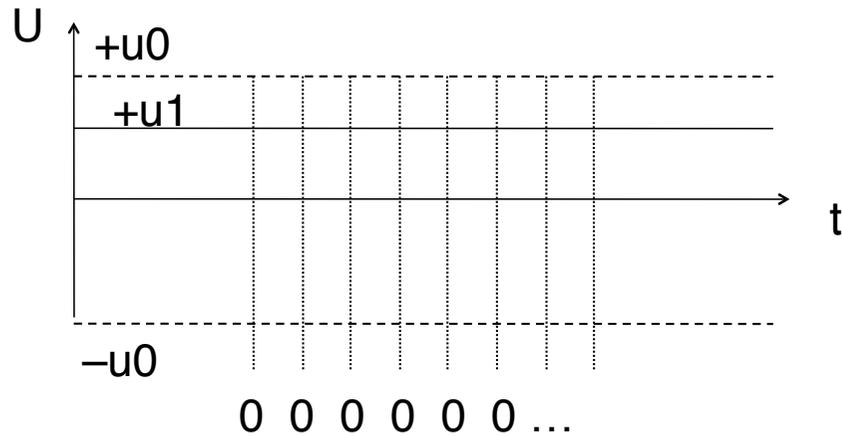
Rundungsfehler:

Rechnen mit Audio-Daten, z.B. bei Divisionen

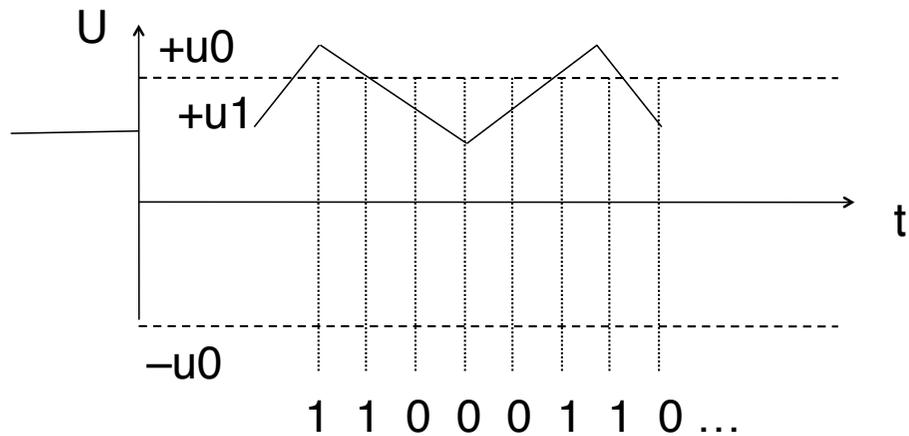
Abhilfe: Wortlängenmanagement (siehe später)

Audio example for Flanging
(Source Wikipedia)

Audio-Dithering



Annahme: Quantisierungsschwelle bei u_0
(LSB, Least Significant Bit)
Konstante Spannung u_1 unterhalb u_0 (z.B. $u_0/2$)
Sampling liefert Null-Werte



Weißes Rauschen (Zufallsignal) beigemischt
mit niedriger Amplitude ($u_0/2$)
Sampling liefert zufällige Wertereihe 0 und 1
*Durchschnitt (bei nachfolgender Glättung)
entspricht u_1 !*

Hinzufügen von Rauschen steigert Auflösung der Digitalisierung
Geringere Quantisierungsverzerrungen für extrem niedrige Pegel

Oversampling bei der A/D-Wandlung

Oversampling:

Vervielfachung der Abtastrate (im Vergleich zu der nach dem Nyquist-Theorem eigentlich ausreichenden Rate)

Meist um eine Zweierpotenz (2-fach, 4-fach, 8-fach)

Sowohl bei der Digitalisierung (A/D-Wandlung) einsetzbar als auch bei der Reproduktion (D/A-Wandlung)

Oversampling bei der A/D-Wandlung:

Beispiel: CD-Audio (Bandbreite bis 22,05 kHz)

Mindestabtastrate nach Nyquist 44,1 kHz

4-fach Oversampling: Abtastung mit 176,4 kHz

Tiefpassfilterung (Anti-Aliasing Filter) digital realisierbar
(analog: vor Abtastung auf 88,2 kHz oder
digital: nach Abtastung auf 22,05 kHz)

Dezimation: Reduktion der Abtastrate (Weglassen von Samples)

Vorteile:

Analoge Tiefpassfilter mit weniger steilen Flanken ausreichend

Digitales Signal basiert auf Analyse von mehr Information

Quantisierungsrauschen wird auf größeren Frequenzbereich verteilt

Noise Shaping

Grundidee:

Quantisierungsrauschen bei großen Frequenzen erhöhen und bei niedrigen Frequenzen verringern

Idealerweise: Anhebung außerhalb des Hörbereichs und Absenkung im Hörbereich

Analogie zu Floyd-Steinberg-Dithering bei Bildern

Noise Shaping ohne Oversampling:

Kann Quantisierungsrauschen in schlechter hörbare Bereiche verschieben

Noise Shaping mit Oversampling:

Kann Quantisierungsrauschen in Bereich zwischen höchster Signalfrequenz und Abtastgrenze verschieben, also unhörbar machen

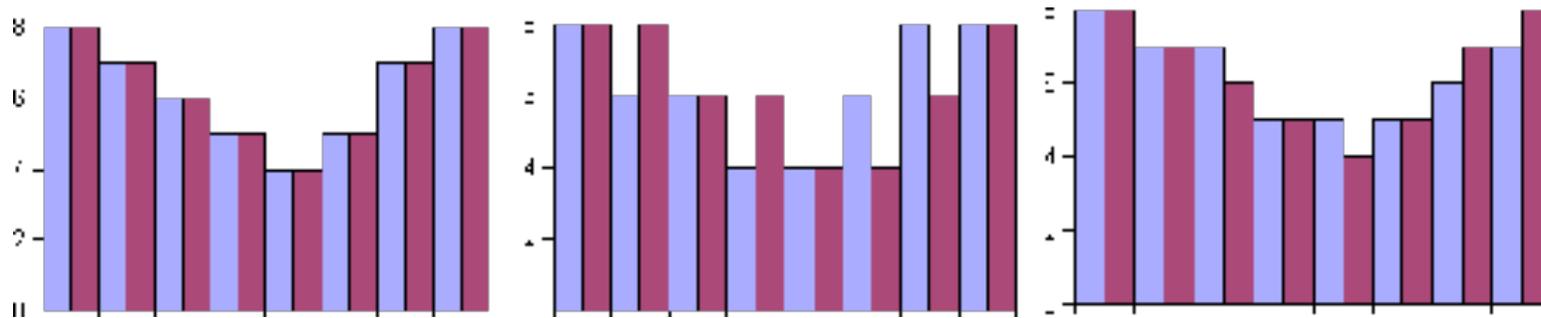
Realisierung:

Rückkopplung des Quantisierungsfehlers zum Quantisierer-Eingang
(auf ein oder mehrere Samples bezogen: "Ordnung" des Shapers)

Interne Verwendung höherer Auflösung und Wortbreitenreduktion

Setzt Grundrauschen voraus (kombiniert mit Dithering)

Oversampling bei der D/A-Wandlung



3-Bit-Wandler, 2 Bit-Wandler und
2-Bit Wandler mit gleitenden Mittelwerten

wwwex.physik.uni-ulm.de

Künstliche Erhöhung der Abtastrate:

Erhöhung der Abtastrate auf ein Vielfaches und Belegung der neuen Samples mit Nullwerten

Digitale Tiefpassfilterung zur Bandbegrenzung und Interpolation

Ermöglicht einen Teilschritt der D/A-Wandlung voll digital durchzuführen

"Oversampling DAC":

Zuerst Oversampling und Noise Shaping (durch Feedback),
dann D/A-Wandlung mit niedriger Bitauflösung (z.B. 1-Bit-DAC)

Wortlängenmanagement

Digitale Bearbeitung liefert größere Wortlängen

Berechnungsergebnisse in der Signalverarbeitung

Es ist sinnvoll, mit längeren Wortlängen zu arbeiten

Intern in digitalen Audiogeräten

In der digitalen Audio-Bearbeitungskette

Vermeiden der Akkumulation von Rundungsfehlern!

Rückführung auf Medienwortlänge (Rundung)

In einem einzigen Schritt, nicht mehrfach

Am Ende der Bearbeitungskette

Meist unter Verwendung von Dithering (Re-Dithering)

Digitale Audiotechnik

Klassifikationen digitaler Audiobausteine:

Hardware oder Software

Hardware notwendig für A/D- und D/A-Konversion

Hardware sinnvoll bei hohen Anforderungen an Latenzzeit

Hardware-Bedienelemente für Software-Lösungen
(z.B. digitales Mischpult)

Produktion oder Modifikation

Produktion: Synthesizer, Tongeneratoren, MIDI-Eingabegeräte

Modifikation: Mischung, Filter, Effekte

Live oder Postprocessing

Live: Aufnahmestudio, Live-Bühne, Rundfunk

Postprocessing: „offline“ Nachbearbeitung

Hauptunterschied: Latenzzeiten z.B. für Effekt-Rendering

Soundkarten



Bestandteile:

- Digitaler Signal-Prozessor (DSP)

- Digital-Analog-Converter (DAC)

- Analog-Digital-Converter (ADC)

- Speicher (z.B. für Wellenformen bei Klangsynthese und als Puffer)

Anschlüsse:

- Analoge und digitale Audio-Ein-/Ausgänge

- MIDI-Ein-/Ausgänge

- Raumklang- (Surround Sound-)Ausgänge

Einfache Soundfunktionalität heutzutage meistens "on board"

Geschichte:

- Xerox *Alto* Prototyp beherrscht einfache Audio-Verarbeitung (1972)

- Erster Audio-fähiger Kleincomputer für den Massenmarkt: Apple Macintosh (1982)

Digitales Mischpult



Digitales Mischpult
mit eigenem DSP (Digital Sound Processor)



Steuergerät für Software
(z.B. Cubase, Logic)
angeschlossen über FireWire oder USB



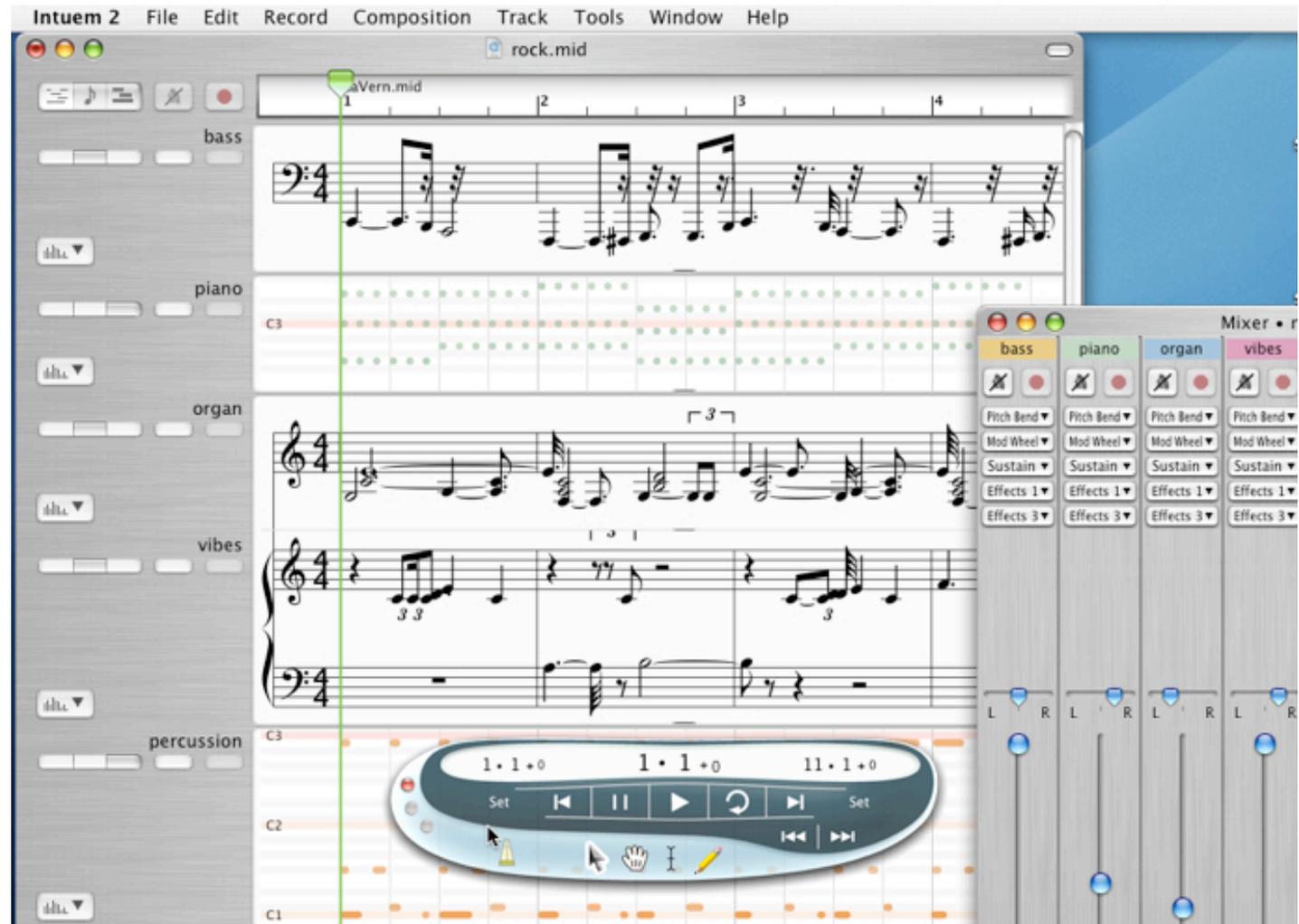
Reine Softwarelösung,
Steuert u.U. Hardware (z.B. spezielle Soundkarten)

Software: Sequencer

Aufnahme und Erstellung (Komposition) von MIDI-Daten

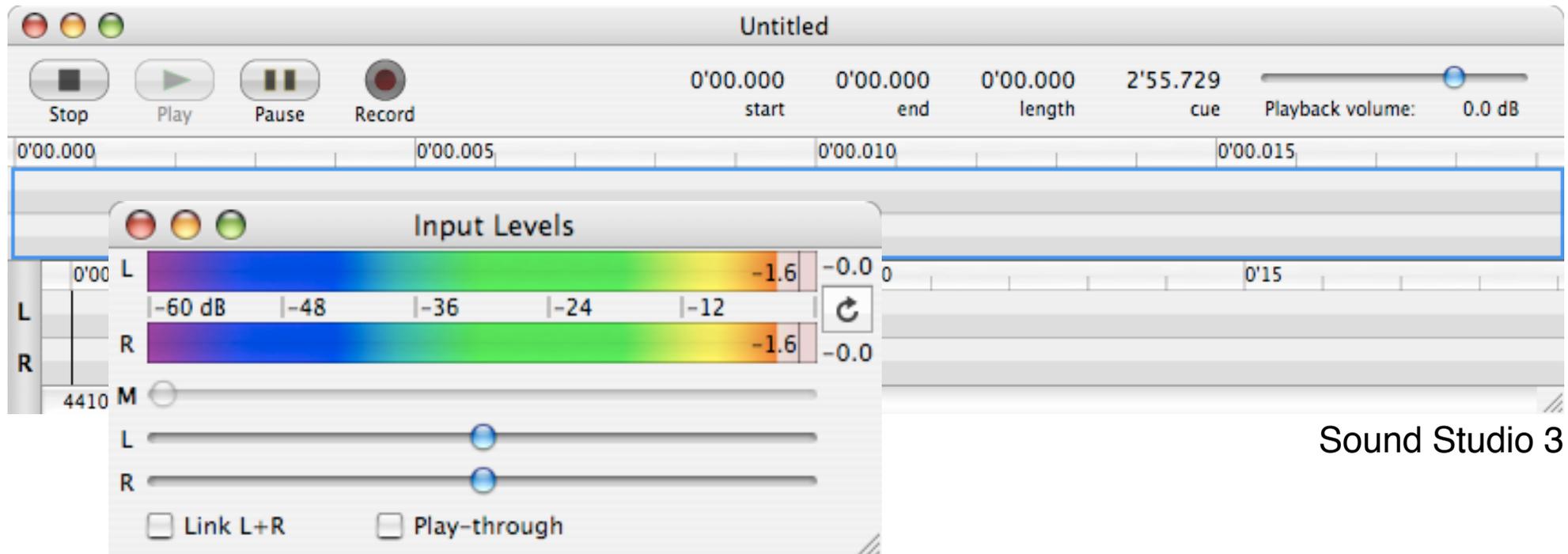
Mischen von
MIDI-Spuren
und
digitalisierten
Audio-Daten
(virtuelles
Mischpult)

Digitale Effekte



Intuem

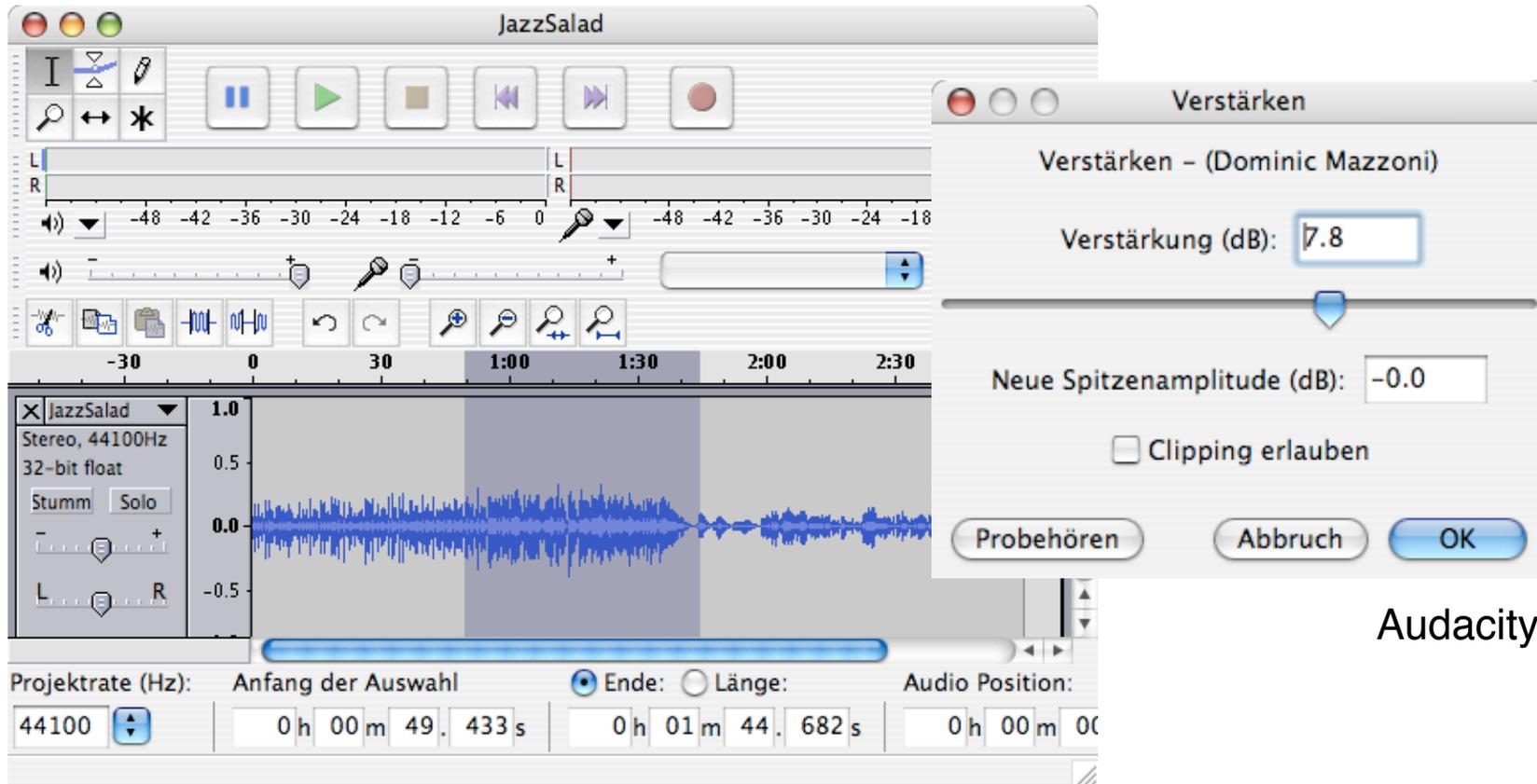
Software: Audio-Aufnahme



Sound Studio 3

- Zugriff auf Eingabegeräte (Mikrofone, Mischpult)
- Fortschrittsanzeige
- Aussteuerungsanzeige und -Kontrolle
- Speicherung in diversen Formaten
- Oft kombiniert mit anderen Funktionen (z.B. Postprocessing)

Software: Audio-Bearbeitung



Audacity

Import diverser Audio-Formate

Misch- und Schnittfunktionen

Nachbearbeitung von Klangspektrum und Pegel

Anwendung von Audio-Effekten

Bearbeitung der Amplitude (1)

Verstärken, Dämpfen, "Normalizing":

nachträgliche Anpassung des gesamten Signalpegels

Z.B. Einstellen auf Standard-Durchschnittspegel („Normalizing“)

bei Verstärkung werden auch unerwünschte Effekte
(z.B. Rauschen, Nebengeräusche) mitverstärkt!

Normalizing:

Relativ zu welchem Standard?

Bsp.: Abmischen eines Albums:

Auf keinen Fall einzelne Titel auf Standard-Pegel „normalisieren“

Sinnvoller: Normalizing des Gesamtalbums
(Charakter der Einzelsongs bleibt erhalten)

Bearbeitung der Amplitude (2)

Bearbeiten der Hüllkurve:

Ein- und Ausblenden (*fading*)

Typen von Fadern:

linear

logarithmisch

exponentiell

diverse Zwischenformen

Kompensation von "DC-Offset"

Signal genau auf die gewünschte Null-Linie einstellen

Unerwünschten "Gleichspannungsanteil" abziehen

Vorsicht beim Zusammenmischen verschiedener Signale:

Gesamtpegel beachten! Signale werden meistens additiv
zusammengeführt

Digitale Übersteuerung führt zu *Clipping*, welches nachträglich nicht
mehr korrigiert werden kann

Abhilfe: Einzelne Signale/Spuren vorher entsprechend abschwächen

Dynamik

Unterschied zwischen lauten und leisen Passagen

Höchster minus kleinster Amplitudenwert in einem Zeitfenster

Mikrodynamik

Kleine Zeitfenster (Sekundenbruchteile)

Eigenschaften von Instrumenten

Z.B. Schlagzeug hat hohe Mikrodynamik

Bearbeitung der Dynamik eines Einzelkanals vor der Abmischung

Makrodynamik

Große Zeitfenster (Sekunden bis Minuten)

Eigenschaften von Songs bzw. Szenen

Z.B. pianissimo bis fortissimo

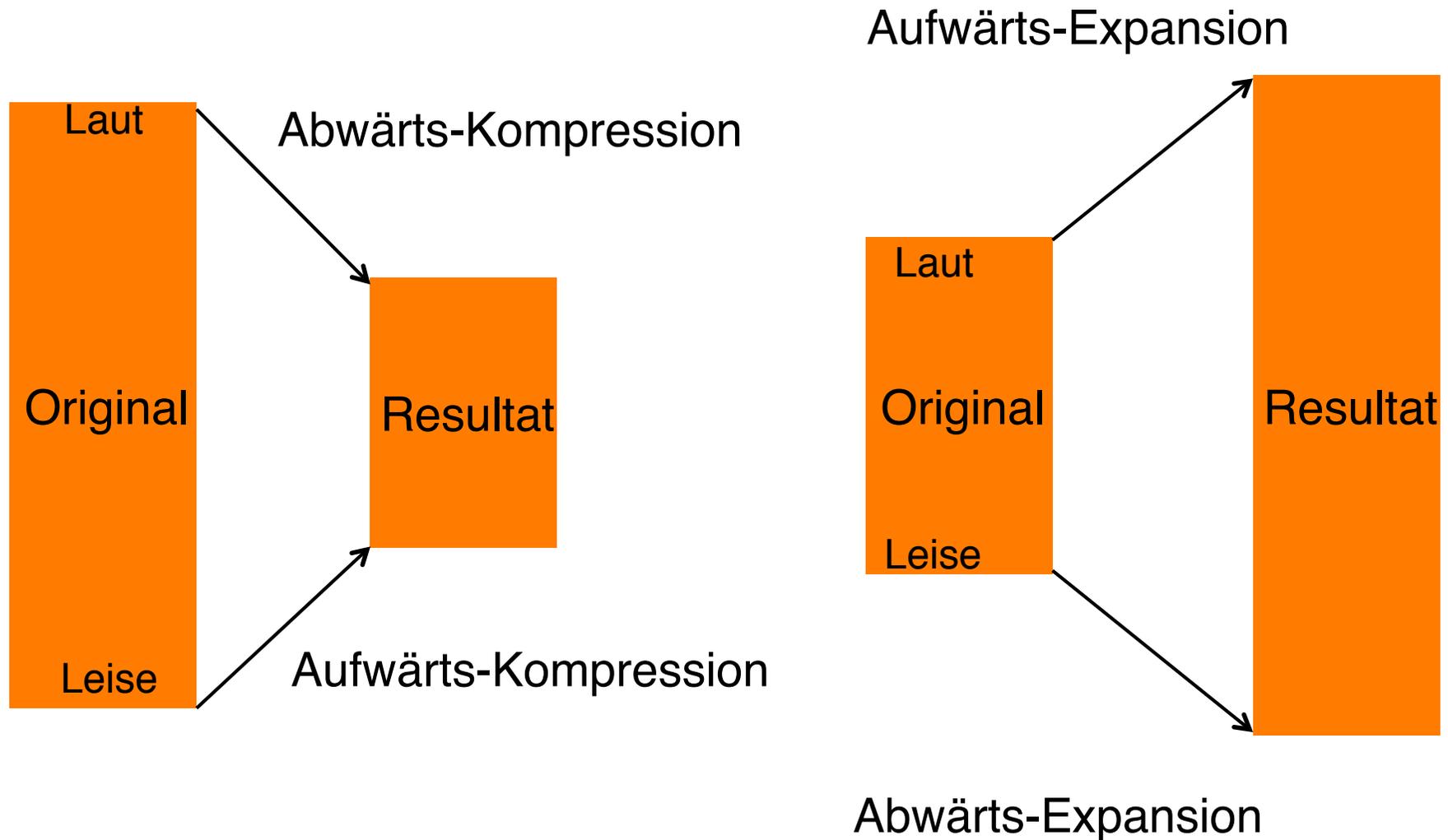
Bearbeitung der Gesamtdynamik eines längeren Abschnitts

Probleme mit Dynamik:

Übersteuerung bei Wiedergabe

Unhörbarkeit durch Hintergrundgeräusche

Varianten der Dynamik-Modifikation



Bearbeitung der Dynamik (1)

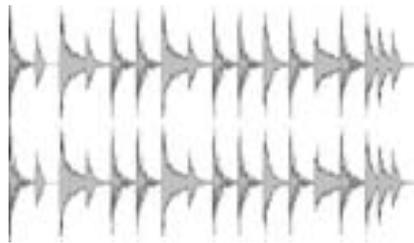
Kompressor:

Schwelle (*threshold*): Amplitudenwert, ab dem die Reduktion einsetzt

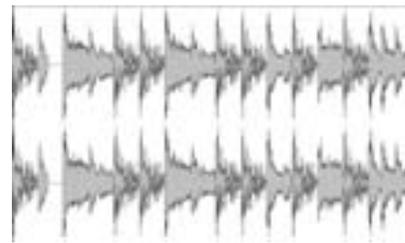
Faktor (*ratio*): Stärke der Reduktion

Einsatz (*attack*) und Ausklingen (*release*): Übergangszeiten

Beispiel:



unkomprimiert



komprimiert
Threshold -10dB
Ratio 10.0
Attack 10 ms
Release 100 ms

Bearbeitung der Dynamik (2)

Multiband-Kompressor

Aufteilung des Signals in Frequenzbänder

Jedes Frequenzband einzeln komprimiert

Geeignet zur selektiven Veränderung des Klangbilds

Expander:

Umkehrfunktion zum Kompressor (Dynamikerhöhung)

Limiter:

Schneidet Signal oberhalb der Schwelle auf festen Pegel ab

Vermeidet Übersteuerung

Gate:

Schneidet Signal unterhalb des Schwellwertes ab

Kann zur Rauschunterdrückung oder zum Ausschalten von Nebengeräuschen dienen

Bearbeitung des zeitlichen Verlaufs (1)

Schneiden von Audio-Material

Früher wirklich mit der Schere (am Tonband)!

Heute mit Cut, Copy und Paste im Audio-Editor

Möglichst in Pausen schneiden

Immer im Nulldurchgang schneiden (sonst Knacken hörbar)

Schnitte zu ähnlichem Signal sind relativ problemlos

Schnitte von leisem zu lautem Signal sind relativ problemlos

Schwierig sind Schnitte innerhalb eines kontinuierlichen Signals

Überblenden:

Bearbeiten der Hüllkurven und Zusammenmischen

Kreuzblende (langsam) und Sturzblende (rasch)

Schleifen (*loop*):

Verlängern eines akustischen Ereignisses durch Wiederholen

Schnittregeln an der Nahtstelle zu beachten

Bearbeitung des zeitlichen Verlaufs (2): Resampling

Andere Wiedergabegeschwindigkeit als Samplingrate
Ändert die Zeitdauer und gleichzeitig alle Tonhöhen

Beispiel:

Original

Resampling * 0,7

Resampling * 1,4

Beispiel: Erzeugung neuer Töne

Kugel auf Teller

1/16 Resampling

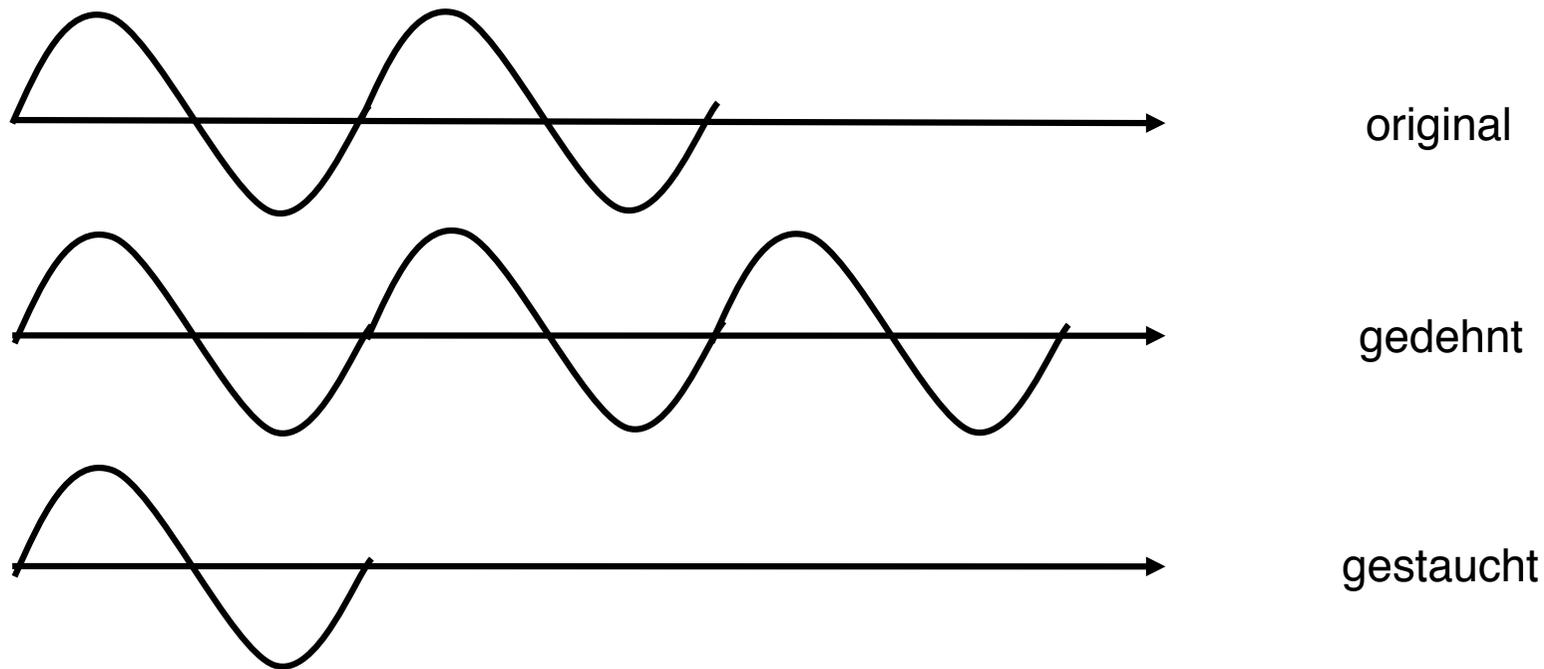
1/64 Resampling

Bearbeitung des zeitlichen Verlaufs (3): Timestretching

Zeitkorrektur ohne hörbare Tonhöhenveränderung

nur in begrenztem Umfang möglich

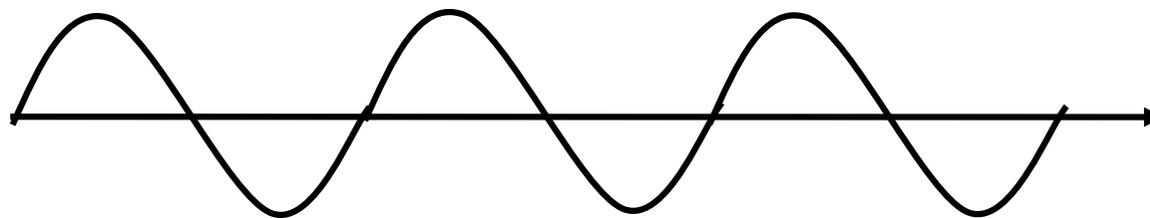
Idee: Wiederholung kleiner periodischer Abschnitte



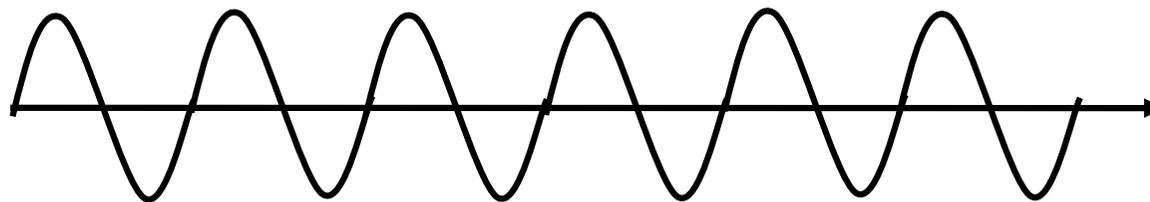
Bearbeitung des zeitlichen Verlaufs (4): Pitchshifting

Tonhöhenkorrektur bei gleicher Spieldauer

Zusammensetzbar aus Timestretching und Resampling



Original



tiefer

höher

Raumorientierte Bearbeitung: Echo und Hall

Echo:

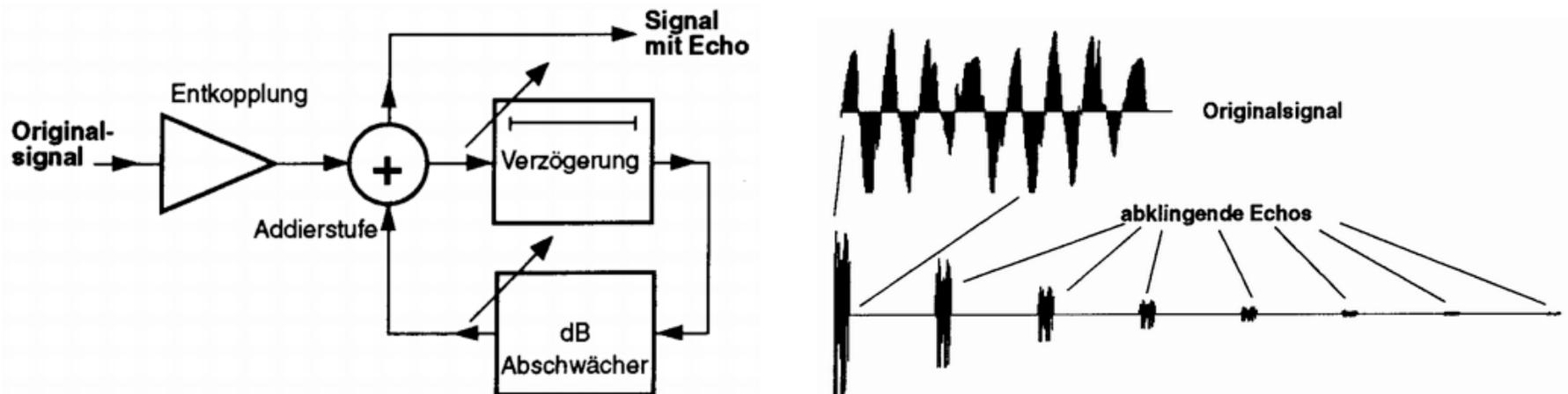
Signal einmal verzögert und abgeschwächt zurückgeführt

Parameter: Verzögerung, Abschwächung

Hall:

Signal vielfach (unendlich oft) mit verschiedenen Verzögerungszeiten zurückgeführt

Halleinstellungen können sehr komplex sein



Echoprinzip

Schallausbreitung im geschlossenen Raum

Direktschall:

gerade Linie zwischen Quelle und Hörer
kürzester Weg

Erstreflexionen:

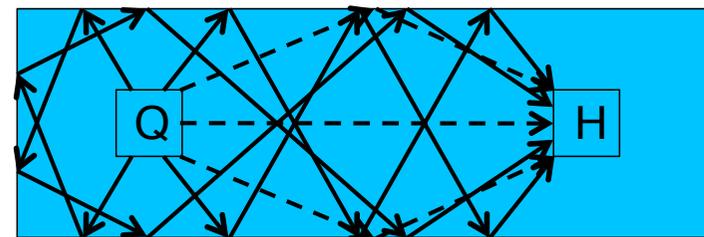
längerer Weg, längere Laufzeit
als unterschiedliches Signal wahrnehmbar (Echos)

Mehrfachreflexionen:

als einheitliches "Hall-" Signal wahrgenommen
klingt mit der Zeit ab



Erstreflexionen



Mehrfachreflexionen

Impulsantwort

Verhältnis von Direktschall, Erstreflexionen und Nachhall kann experimentell ermittelt werden:

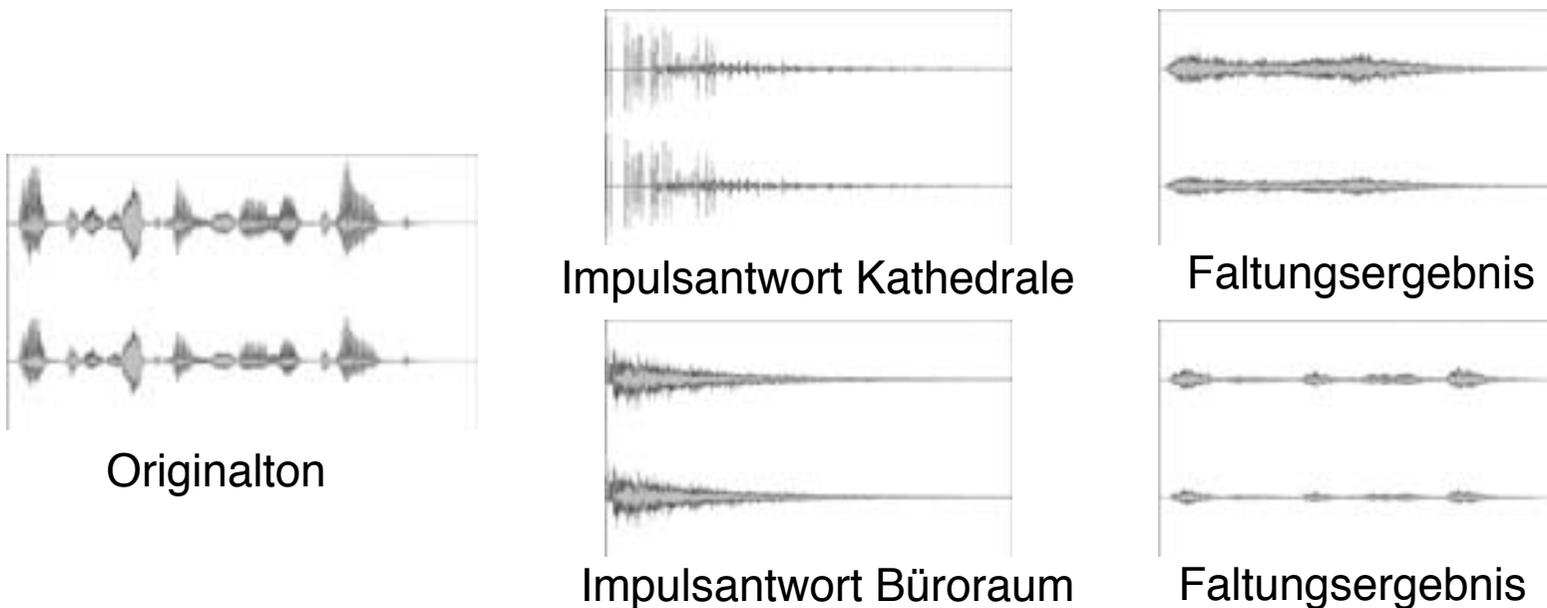
Kurzer Impuls bestimmter Frequenz (Klatschen, Schuss)

Spektrum des reflektierten Signals beschreibt Übertragungseigenschaften des Raums (*Impulsantwort*)

Mathematische Berechnung der Raumwirkung:

Faltung (convolution) des Eingangssignals mit Impulsantwort

Beispiel:



Phasenorientierte Bearbeitung

Sehr kurze Verzögerungen (unter 30 ms) werden als Phasenveränderungen wahrgenommen und beeinflussen den Gesamtklang

Chorus:

Sehr schnelle, minimal in der Höhe veränderte Signalarückführung
Lässt Klang voller erscheinen

Flanging:

Noch kleinere Verzögerungszeit (8 ms)
Tonhöhe konstant - Überlagerung mit Originalsignal
Feedback: Effektsignal wird an Eingang zurückgeführt
Verwendung z.B. bei Gitarrenklängen

Phasing:

ähnlich zu Flanging, aber ohne Feedback
synthetischer Klang

Restauration

Fehler auf alten Tonträgern:

Rauschfehler (*Noise, Hiss*)

Clickfehler (*Clicks*)

Knistern (*Crackles*)

Denoising:

"Fingerprint" (Spektrum) des Rauschens wird bestimmt
dann exakt diese Frequenzen ausgefiltert

Declicking:

Signallücke durch Interpolation (oder zweiten Stereokanal) ersetzen

Decracking:

Wiederholtes Declicking, auch automatisch ausgeführt

4. Audiotechnik und Tonbearbeitung

4.1 Grundlagen der Audiotechnik

4.2 Analoge Audiotechnik

4.3 Raumklang

4.4 Digitale Audiotechnik

4.5 Digitale Rundfunktechnik

4.6 CD und verwandte Speichertechnologien



Literatur:

Politische Absichtserklärungen

Berlin/Brüssel, 24.05.2005 um 16:38

"Die Europäische Kommission hat die Mitgliedstaaten heute dringend aufgefordert, den Übergang vom analogen zum digitalen Rundfunk zu beschleunigen. [...]

Die Kommission erwartet, dass der Übergang zum digitalen Rundfunk 2010 weit fortgeschritten sein wird. Als Frist für die Abschaltung des herkömmlichen analogen terrestrischen Rundfunks schlägt sie Anfang 2012 vor. Zudem fordert die Kommission ein koordiniertes Konzept, um die frei gewordenen Frequenzen EU-weit verfügbar zu machen."

<http://www.eu-kommission.de/html/presse/pressemeldung.asp?meldung=5655>

"Angeichts der Tatsache, dass aktuell mehr als 350 000 Ultrakurzwellen (UKW)-Geräte am Markt sind, gestaltet sich jedoch der Digitalisierungsprozess äußerst kompliziert und wird wahrscheinlich bis weit über das Jahr 2015 hinausgehen."

<http://www.bundesregierung.de>, Medien- und Kommunikationsbericht 2008

Digital Audio Broadcast DAB/DAB+: Technik

Verlustbehaftete Kompression

DAB: MUSICAM-Verfahren

MPEG-Audio-Vorläufer, entspricht MPEG-Audio Layer II

DAB+ (neu): HE AAC Verfahren (niedrigere Datenraten)

Transport-Multiplex

192, 384, 768 oder 1536 Träger im COFDM-Verfahren

Quadraturamplitudenmodulation (4-DPSK) der Träger

„Schutzintervall“ reduziert Effekt von Echos

Kanal-Bandbreite 1,75 MHz, Trägerabstand 1 kHz

Bandbreite netto ca. 1,5 Mbit/s für (ca. 9 DAB-Signale und Datendienste)

Prinzipiell *auch Video* (ca. 5 Signale bei moderner Kompression) denkbar

Datendienste:

Programmbegleitend (*programme associated data PAD*)

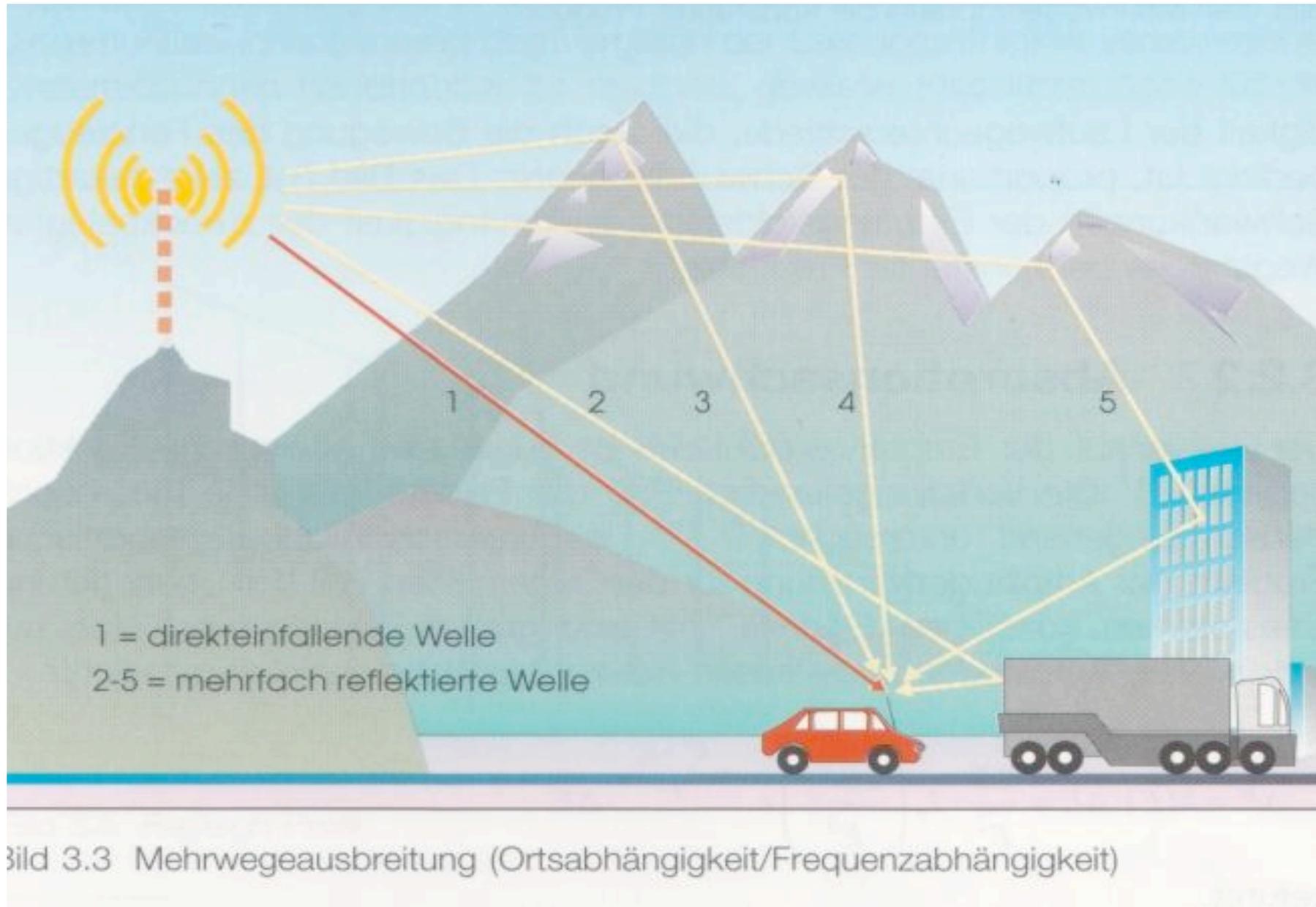
Text oder Bilder

Nicht programmbegleitend (*non programme associated data NPAD*)

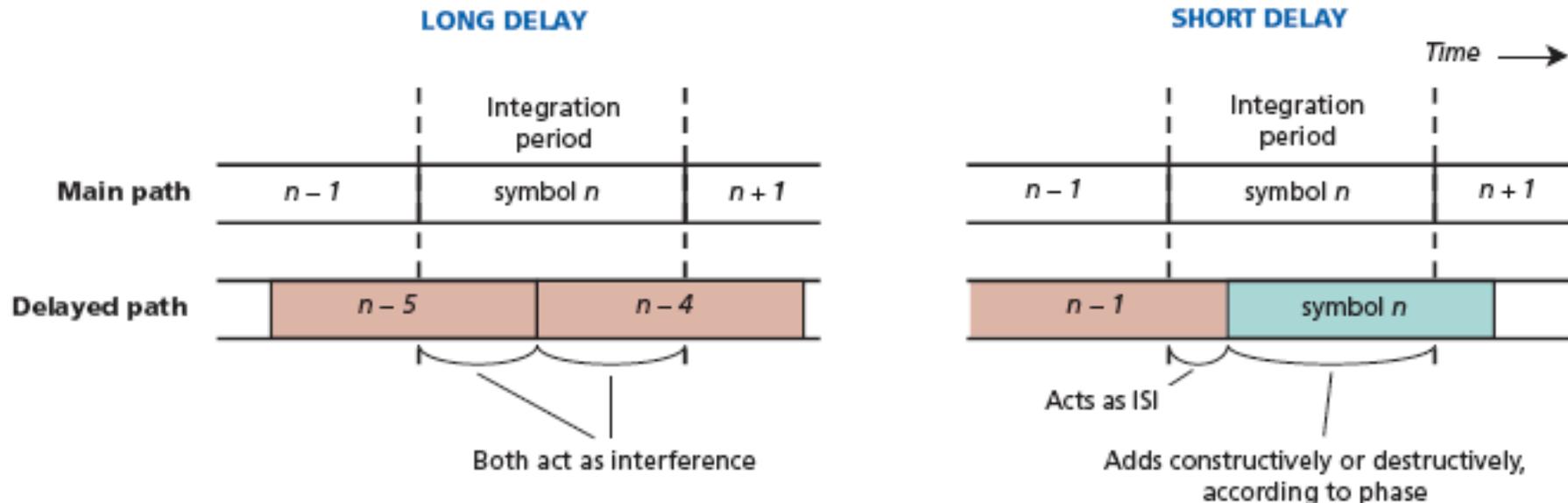
Meist reine Textinformationen (Wetter, Verkehr etc.)

Bitratenmanagement

Mehrwegeausbreitung (*multipath transmission*)



Mehrwegeausbreitung und Signallänge



Um Mehrwegeausbreitung digitaler Signale gut behandeln zu können:
Symbolübersprechen (*Inter-Symbol Interferences* ISI) reduzieren
Verzögerung sollte kürzer sein als Symbollänge -> relativ große Symbollängen
Einzelfrequenz nicht ausreichend, also viele Frequenzen
Frequency Division Multiplex (FDM)

J.H. Stott (BBC): http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev_278-stott.pdf

Orthogonalität

Potentielle Probleme bei vielen Trägerfrequenzen:

Viele Demodulatoren benötigt?

Hohe Bandbreite benötigt?

Idee: Unterbänder in ganzzahligen Vielfachen der Symbolfrequenz

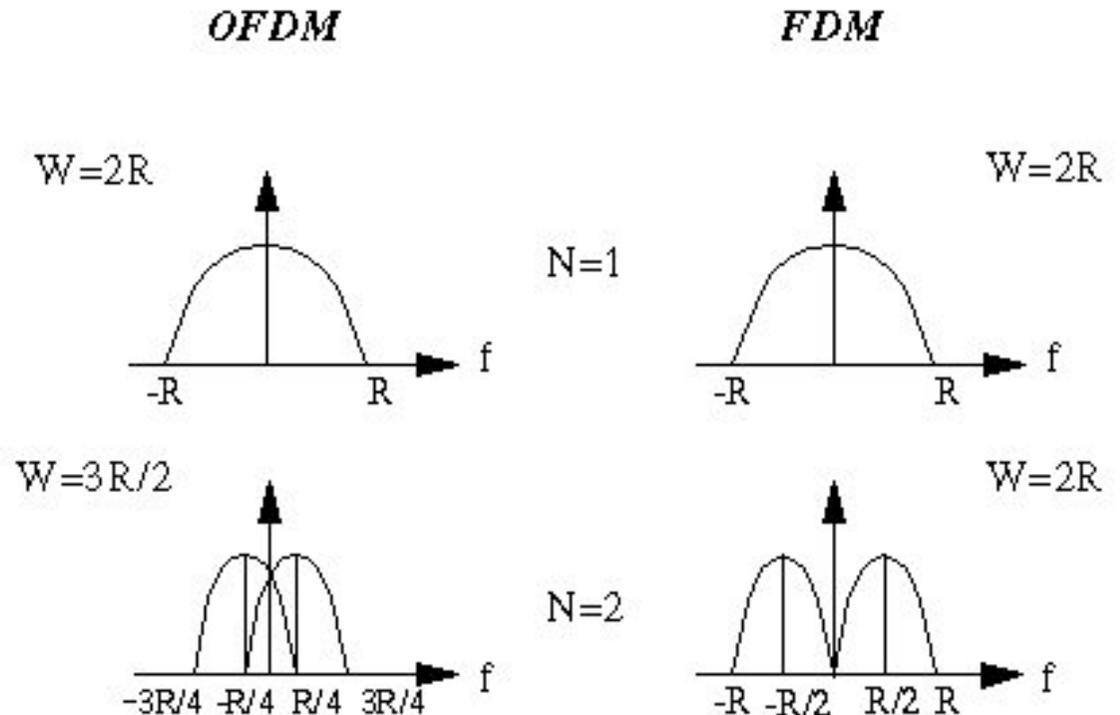
Symbolfrequenz = Inverse der Dekodierzeit eines Symbols

Orthogonalität:

Mathematisch: Skalarprodukt verschiedener Funktionen ist gleich 0

Praktisch:

Bandbreitensparnis durch Überlappung benachbarter Bänder



<http://www.palowireless.com/ofdm/tutorials.asp>

COFDM-Übertragung

COFDM = Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex

COFDM ist Basis aller aktuellen digitalen Rundfunkstandards

Auch von DVB-T (Digital Video Broadcast Terrestrial)

COFDM u.a. auch verwendet in ADSL- und Powerline-Übertragung

Mehrwegesignale:

Führen zu Störungen (Geisterbilder) bei analogem TV und Radio

Stören bei COFDM nicht, sondern führen zu Signalverstärkung

Signal wird auf viele, dicht nebeneinander liegende Trägerfrequenzen verteilt (bis zu 6817 bei DVB-T)

Träger haben minimalen Abstand, beeinflussen sich aber gegenseitig nicht (Orthogonalität)

Fehlerkorrektur („C“) ermöglicht verlustfreie Übertragung auch bei Störung von Einzelfrequenzen (*frequency interleaving*)

http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev_278-stott.pdf

Gleichwellennetz

Analoger Rundfunk:

Benachbarte Sender grundsätzlich auf verschiedener Frequenz, um Interferenzen auszuschließen

Gleichwellennetz (*single frequency network*):

Zeitlich genau synchronisierte Ausstrahlung auf der gleichen Frequenz bei allen Sendern (auch bei überlappendem Empfangsbereich)

Wesentlich effektivere Frequenzbandnutzung

Im Lang- und Mittelwellenbereich verbreitet, aber Interferenzstörungen möglich (z.B. Bayerischer Rundfunk 801 kHz)

Digitale Übertragungsverfahren nach COFDM unempfindlich gegen Laufzeitdifferenzen, deshalb Gleichwellennetz möglich

DAB (Digital Radio): Verbreitung

In mehr als 40 Ländern im Einsatz:

UK, Deutschland, Deutschschweiz, Südtirol, Belgien, Norditalien, Teile Kanadas, ...

USA und Japan favorisieren Alternativsysteme

Finnland und Schweden stellen DAB-Versuche wieder ein

Weltweit ca. 12 Millionen DAB-Empfänger verkauft

In Deutschland seit 1999 im Regelbetrieb

Generell geringe Akzeptanz wegen unklarem Mehrwert

Verfügbarkeit von Frequenzen:

Drei „Bedeckungen“ im Fernsehband III (VHF, 174-230 MHz) verfügbar seit der *Regional Radio Conference 2006* (RRC-06)

Zwei Bedeckungen im L-Band (1,5 GHz) verfügbar

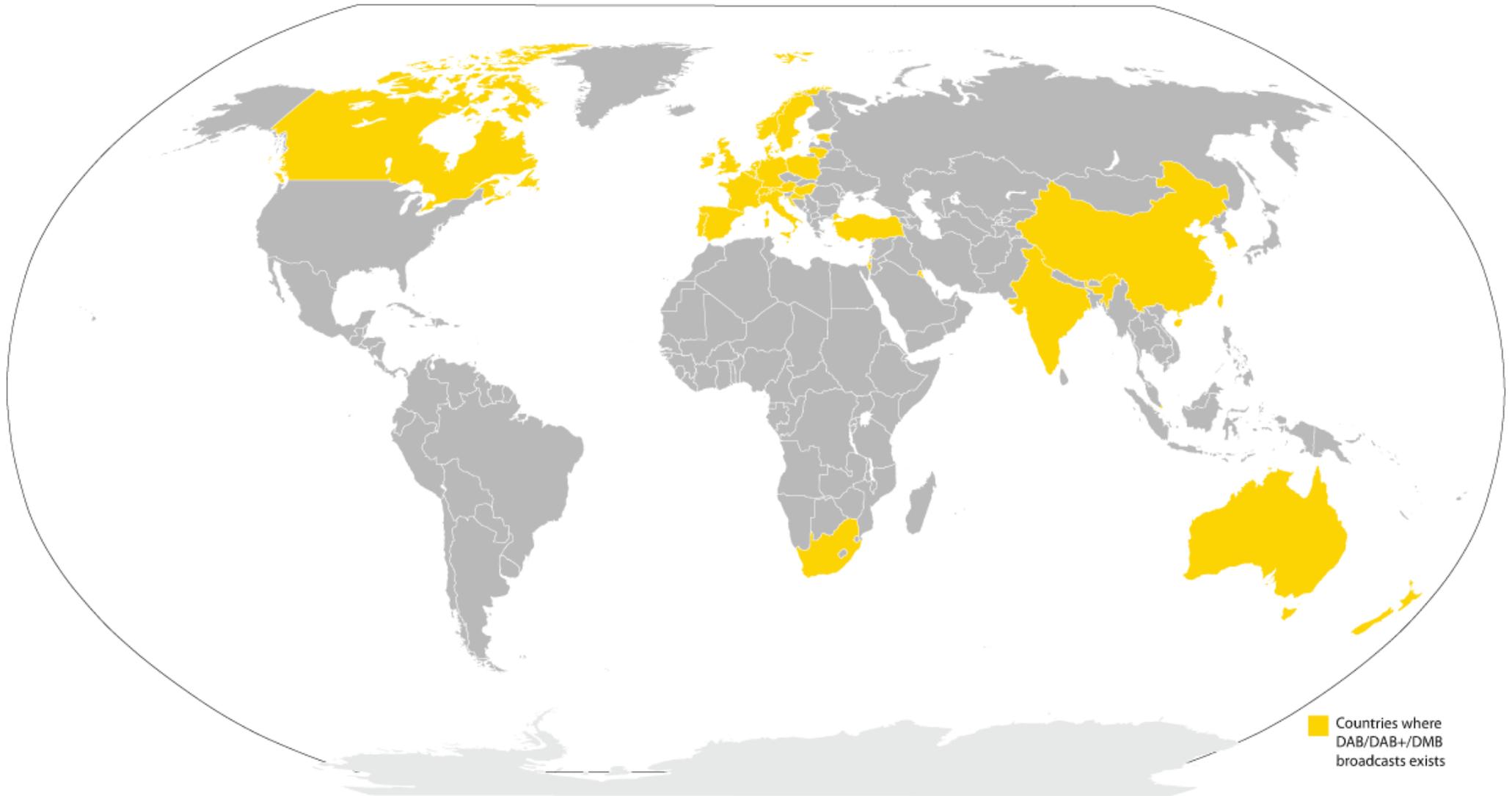
Flächenabdeckung in Deutschland ca. 80% (Fernsehsender 12)

„in-house“ problematisch wegen Sendeleistung

2010 Zweites DAB-Netz in Bayern (BR, auf Kanal 11)

Begriff "Digital Radio": Marketing-Begriff wegen Belegung von „DAB“

DAB Verbreitung weltweit



Source: http://worldadab.org/country_profile.php

Datendienste in DAB

MOT (Multimedia Object Transfer):

Push-Broadcast-Verfahren zur Übertragung von Dateien

Optimiert auf unidirektionale Verbindung (Wiederholungen)

Anwendung: BWS (Broadcast Web Site)

Übertragung eines HTML-Baums mit Startseite und interaktiven Elementen

Übertragung als NPAD oder PAD

DLS (Dynamic Label Service)

Ähnlich Radiotext

Interpret etc. als PAD zu Audiodaten

TMC (Traffic Message Channel)

Komprimierte Verkehrsinformationen (aus RDS übernommen)

TPEG (Transport Protocol Experts Group)

Multimediale Verkehrs- und Reiseinformationen

Digital Video Broadcast DVB

DVB: Industrie-Konsortium, 270 Rundfunksender, Hersteller, Regulierungsbehörden etc. aus 35 Ländern

<http://www.dvb.org>

Standard-Familie:

DVB-T: Terrestrisch

DVB-C: Kabel

DVB-S (und -S2): Satellit

DVB-H: Handheld

MHP: Multimedia Home Platform

Kanalbandbreite DVB-T, DVB-H: 8 MHz

wesentlich breiter als DAB/DMB

Mobilität:

DVB-T „portabel“

DVB-H „echt mobil“
(Empfang in Bewegung)

The logo for Digital Video Broadcast (DVB) consists of the letters 'DVB' in a bold, black, sans-serif font. The letters are slightly stylized, with the 'V' having a unique shape.

THE STANDARD OF THE DIGITAL WORLD

DVB-T im Handy

Vereinzelte Geräte:
DVB-T Empfänger im
Mobiltelefon integriert

Problem:
Energieverbrauch

Zukunft für DVB-H
äußerst ungewiss (2010)



CECT/Anycool T828+
TV-Handy (DVB-T)
(Bild: Amazon)

Ihre Suche nach "dVB-H handy" ergab in der Kategorie Elektronik, Foto & PC keine Treffer.

Digital Multimedia Broadcast DMB

Weiterentwicklung von DAB für Video und Multimedia

Abwärtskompatibel zu DAB

Mischung DAB/DMB problemlos möglich

Besonders verbreitet in Süd-Korea

Hersteller: LG, Samsung u.v.a. (neuerdings auch Blaupunkt)

China experimentiert mit Übernahme (Peking, Guangdong, Shanghai)

Kompression:

MPEG-4 AAC für Audio

H.264 AVC für Video

Ca. 16 Audiosignale pro Kanal möglich

Deutschland:

Vereinzelte Pilotprojekte
seit 2006



Neustart 2011 mit DAB+ in Deutschland

Technik:

DAB+ arbeitet mit
HE AAC Codierung
(höhere Bandbreiten-
Effizienz)

Verbreitung:

Bundesweites Angebot

Programme:

ARD
Deutschlandradio
10 private Programme
Teilweise nicht über UKW

Zusatzdienste:

"Kontextmenü" zum
Radioprogramm
(Bilder, Links etc.)

Radio-Info

Digitalradio-Neustart im August: „Lehren aus der Vergangenheit sind gezogen“

Digitalmagazin im Gespräch mit Thomas Wächter, Leiter Produktentwicklung Hörfunk bei Media Broadcast

15.04.2011



Für den Neustart des digitalen Radios am 1. August laufen derzeit die Arbeiten an der ersten Ausbaustufe. „Sie umfasst Errichtung und Betrieb von 27 Senderstandorten. Damit erreichen wir bereits zum Start 38 Millionen Hörer per Inhaus-Empfang. Zudem können wir rund 50 Prozent der Fläche Deutschlands mit Digitalradio per Mobilempfang versorgen“, erklärt Thomas Wächter, Leiter Produktentwicklung Hörfunk bei Media Broadcast, im Digitalmagazin-Interview.

2014/15 soll das Netz dann in einer zweiten Stufe mobil zu 90 Prozent in der Fläche verfügbar sein. Für Wächter jedenfalls ist klar: Dieser Digitalradio-Neustart muss gelingen. „Einen dritten Anlauf können wir uns nicht mehr erlauben“.

<http://www.infosat.de/Meldungen/?msgID=62985>

Digital Radio Mondiale DRM

Digitalradio-Standard für längere Wellenlängen

Seit 1996

Kurzwelle, Mittelwelle, Langwelle (< 30 MHz, erweitert auf < 120 MHz)

Weiträumige, teilweise weltweite Empfangbarkeit

Daten-Zusatzdienste

Reife der Technologie für ca. 2007-2009 geplant

BR-Kurzwellensender Ismaning seit Mai 2006 auf DRM umgestellt

Verwendet bestehende Frequenzbänder (Amplitudenmodulation AM)

Skalierbare Signalbandbreiten (4,5 kHz bis 20 kHz)

Kompression:

MPEG-4 AAC (moderner und effizienter als bei DAB)

Alternativ MPEG4 CELP (für Sprache) oder HVCX (für Sprache mit einfacher Qualität)

DRM+: Weiterentwicklung als Standard für lokale Verbreitung

Besser für kleine Einzelsender geeignet als DAB

<http://www.drm.org>

Terrestrische digitale Systeme im Vergleich

System	Broad- cast?	Übertragungs- Kapazität	Mobilität	Versorgungs- gebiet
GPRS	nein	100 kbit/s	Sehr gut	landesweit
UMTS	nein	2 Mbit/s	Geringer bei höherer Geschwindigkeit	Ballungsräume, Autobahnen
WLAN	nein	54 Mbit/s	portabel	In-House
DAB/DMB	ja	1,2 Mbit/s	Sehr gut	landesweit
DRM	ja	40 kBit/s	eingeschränkt	länderübergreifend
DVB-T	ja	13 Mbit/s	Niedrige Geschwindigkeiten	Ballungsräume
DVB-H	ja	6-12 Mbit/s	Niedrige Geschw., Günstigere Leistungs- aufnahme als DVB-T	Ballungsräume

Quelle: bmt