



# Mehrkanaltechnik

## Audio Postproduction / Mastering

*Vortragender:*

*DI Markus Noisternig, [noisternig@iem.at](mailto:noisternig@iem.at)*

## Überblick

- **Postproduction / Mastering**
  - Grundlagen (Produktionsprozess, Normen)
  - Processing - Techniken
  - Theorie und Praxis
- **Digitale Audioeffekte**
  - Grundlagen (Allgemein, t.c. M6000)
  - Anwendungsbeispiele
  - Synchronisation / Routing im Studio
- **Filmton**
  - Grundlagen Filmproduktion (von Set bis Foley)
  - Konzepte der Postproduction
  - Beispiel: Forrest Gump

## Produktionskette

- **CD-Projekt: Konzeption bis Fertigung**
  - Konzeption
  - Recording: *Multitrack-Master (Tracking)*
  - Mixdown: *2 - 6 Track-Stem*
  - Premastering: *Premaster (Tape / Disc / File)*
  - Quality Control (QC)

### CD Presswerk

- Glass Mastering: *Glass Master*
- 1. Plating: *Father*
- 2. Plating: *Mother*
- 3. Plating: *Stamper*
- Pressing / Moulding: *Raw Plastic Disc*
- Metallization / Spin Coating
- Label / Printing / Packaging
- Final CD and QC

## Mastering Ausgabe Formate

- Vier akzeptierte Ausgabemedien für Glass-Mastering
  - DLT (Digital linear tape)
    - spezifiziert für DVD / DVD-A
  - DDP (Disc Description Protocol, Exabyte 8mm)
  - CD-R (Orange Book, write-once media)
  - [Sony PCM - 1630 / PCM - 9000]
  
- **CIRC (Crossed Interleaved Reed-Solomon Code)**
  - zweistufige Fehlerkorrektur (C1, C2)
  - C1: kurze zufällige Fehler (E11, E21, E31)
  - C2 : lange Ausfälle, Bursts (E12, E22, E32)
  - E21, zwei Byte Fehler, detektiert in Level 1
  - E32, unakzeptabler Fehler  
stoppt Produktionsprozess beim Glass-Mastering

## PQ Listen

- Subcode einer CD
- **P flag**: indiziert den Beginn eines neuen Tracks
- **Q flag**: komplexer
  - timing, program length
  - copy prohibit / permit
  - emphasis
  - ISRC codesgespeichert im TOC der CD
- PQ logs sind redundant, im Ausgabemedium elektronisch gespeichert
- Presswerke verlangen meist zusätzlich schriftliche PQ logs (Kontrollstruktur)
  
- Beispiel eines PQ logs

# Mehrkanaltechnik



## Organisation Einleitung

```

LABEL:   Boa Music                      DATE   November 24, 2001
TITLE:   Alma De Buxo                  SOURCE DIG   ANALOG X
ARTIST:  Susana Seivane                 FORMAT DDP, v.1.0, PQ @ Head
CD NO.   10002028                       MASTER  X   SAFETY
NO EMPHASIS X   EMPHASIS                SAMPLING FREQ. 44.1 KHz
DIGITAL HEADROOM 0/0 dB                 MASTERING ENG: BK
This master was created on Sonic Solutions V5. All levels, fades & PQ times are client
approved. Please do not alter in any way. Please refer all technical questions to
Digital Domain at (407) 831-0233.
UPC/EAN CODE : 0804071020727
T-X  TITLE/ISRC  COPY EMPH  NO OFFSET  OFFSET  OFFSET  CD
      TIME       TIME       DURATION  TIME
      hh:mm:ss:ff hh:mm:ss:ff hh:mm:ss:ff mm:ss:ff
-----
1    ES6080132801 OFF  OFF  A
0    Pause          -00:00:00:19 -00:00:00:29 00:00:02:00 00:00:00
1    1/Vai De Polcas 00:00:01:11 00:00:01:01 00:03:48:04 00:02:00
                        TOTAL: 00:03:50:04
-----
2    ES6080132802 OFF  OFF  A
1    2/A Farándula 00:03:49:10 00:03:49:05 00:02:53:16 03:50:10
                        TOTAL: 00:02:53:16
-----
3    ES6080132803 OFF  OFF  A
1    3/Sainza-Riofrio 00:06:42:26 00:06:42:21 00:04:04:02 06:43:50
                        TOTAL: 00:04:04:02
-----
4    ES6080132804 OFF  OFF  A
0    Pause          00:10:46:21 00:10:46:23 00:00:03:14 10:47:55
1    4/Roseiras De Abril 00:10:50:12 00:10:50:07 00:03:59:23 10:51:15
                        TOTAL: 00:04:03:07
-----
5    ES6080132805 OFF  OFF  A
0    Pause          00:14:49:28 00:14:50:00 00:00:02:02 14:50:72
1    5/Xoaniña       00:14:52:07 00:14:52:02 00:02:58:00 14:53:02
                        TOTAL: 00:03:00:02
-----
6    ES6080132806 OFF  OFF  A
0    Pause          00:17:50:00 00:17:50:02 00:00:02:21 17:51:02
1    6/Rumba Para Susi 00:17:52:28 00:17:52:23 00:04:28:08 17:53:55
                        TOTAL: 00:04:30:29
-----
7    ES6080132807 OFF  OFF  A
1    7/Vals Bretón-Muiñeira Pica00:22:21:06 00:22:21:01 00:04:51:06 22:22:00
                        TOTAL: 00:04:51:06
    
```

## DAW Digital Audio Workstations

- Auswahlkriterien
  - Eignung für Mastering
    - PQ editing, Audioqualität, Samplerates
    - Dithering, Rechengenauigkeit, ...
    - Algorithmen
  - SW / HW Zuverlässigkeit
  - SW / HW Support
  - Erweiterbarkeit: DVD-A, SACD, ...
  
- Gängige DAWs
  - Audiocube
  - Pyramix
  - SADiE
  - Sequoia
  - Wavelab
  - ProTools (Film)

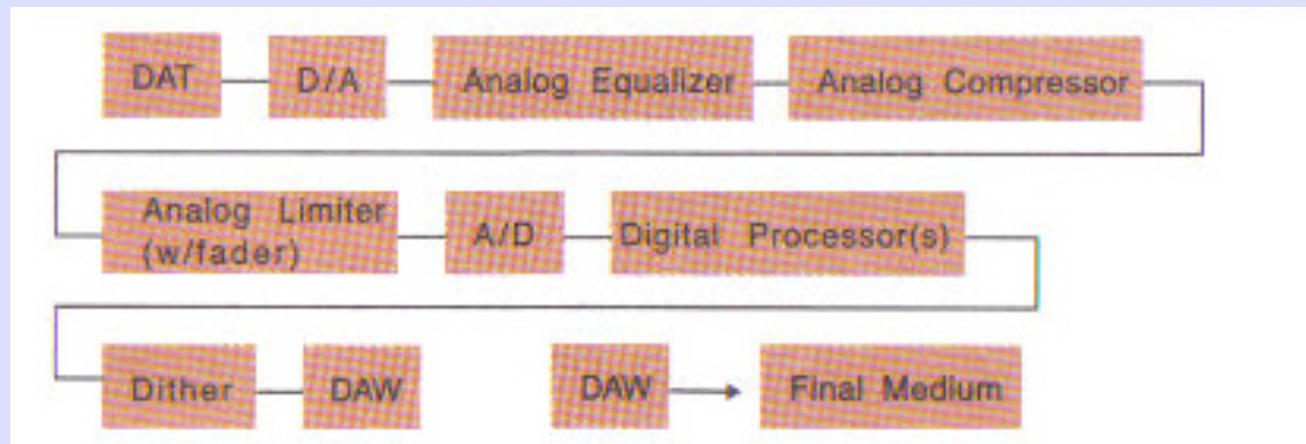
# Mehrkanaltechnik

Organisation

Einleitung

## Arbeitsablauf Mastering

- beinhaltet folgende Tätigkeiten:
  - editing,
  - cleanup,
  - processing
  - output to final medium
  
- **Szenario 1: „Laden in Echtzeit“**

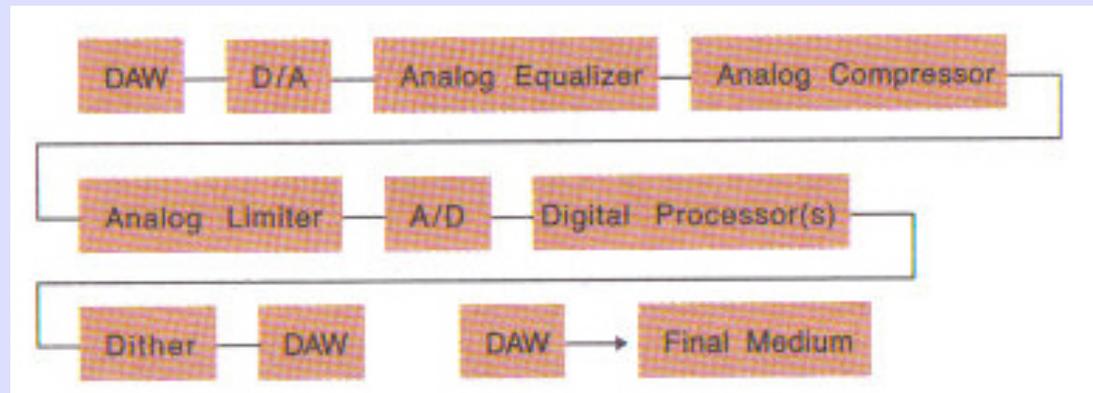


# Mehrkanaltechnik

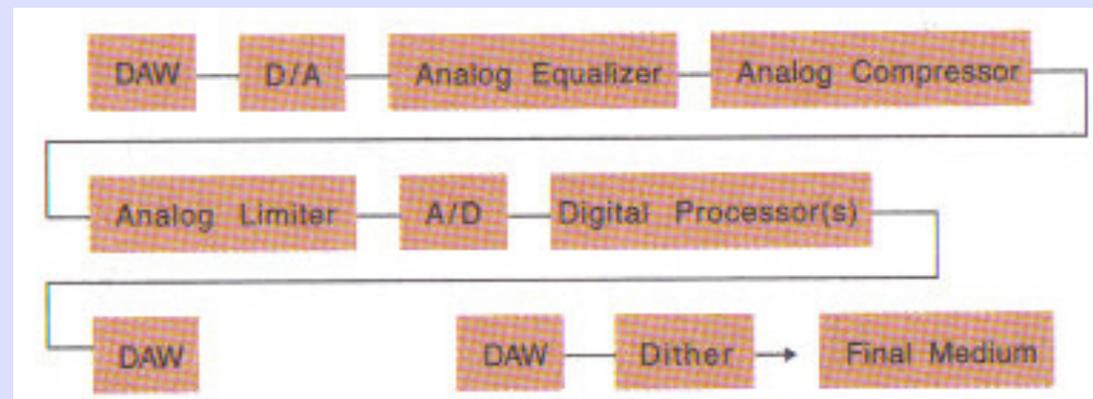
Organisation  
Einleitung

## Arbeitsablauf Mastering

- Szenario 2:

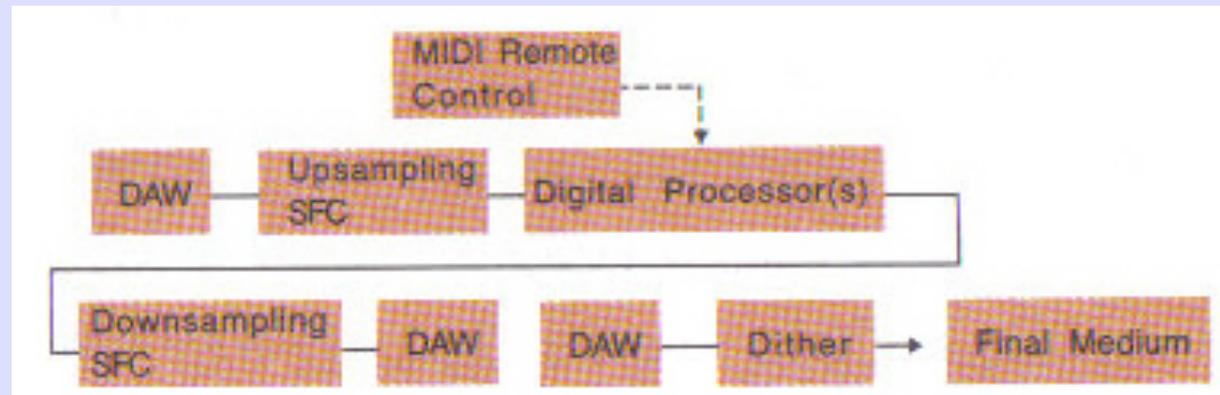


- Szenario 3:



## Arbeitsablauf Mastering

- Szenario 4: „State of the Art“



- Volle digitale Signalverarbeitung
- Upsamplen um Verzerrungen durch Digitale Signalprozessoren gering zu halten
- Speichern unter 24Bit/48kHz für Archivierung
- Dither + Downsampling um CD Master zu erstellen
- Revision: Non-Destructive  
Alle Parameter-Settings archivierbar
- Wichtig: DAW für multiple Abtastraten

## QC Quality Control

### Subjektive Kontrolle - „Hören“

- Mastering Studios - eigene Abteilung
- Letzte Kontrollinstanz vor Vervielfältigung
- Detektion von Störgeräuschen
  - Time-Code wird notiert
  - Entscheidung ob neu gemastert werden muss
- Überprüfung Track Reihenfolge und PQ
  - Bei DVD durch Authoring sehr zeitaufwändig

### Objektive Kontrolle / Error check

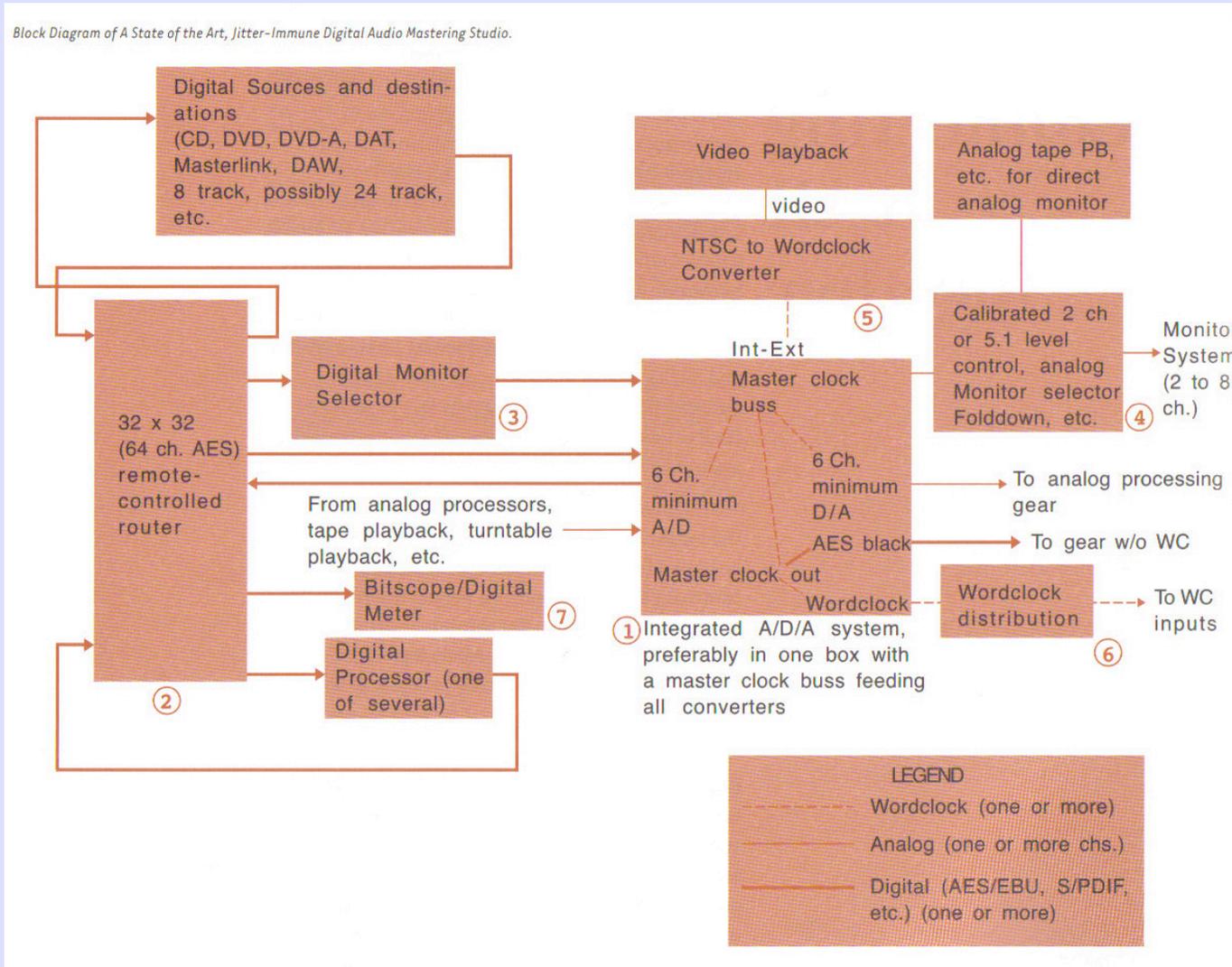
- Dropouts erzeugen clicks, glitches, ...
- CRC (cyclic redundancy check)
  - behebbare Fehler (soft errors)
  - CRC Raten Akzeptanz zw. 50 und 200 / min. (Qualitätsanspruch)
- BLER (block error rate)
  - Presswerke verweigern Master Tapes mit BLER > 100 bzw. wenn E32
- Player:
  - Fehlerkorrektur (error correction)
  - Fehlerverschleierung (error concealment) - Interpolationsalgorithmen

## Backup / Archive

### Strategien

- Daten auf HDD DAW bis Master akzeptiert
- Logs, Midi Dumps, Parametersettings usw. speichern
- **In-house backup:**
  - Falls Revision zur schnellen Datenwiederherstellung
  - Labels verlangen Backup auf vereinbartem Medium (meist Sonic Solution Exabyte tapes, bzw. DLT)
  - Lagerung in klimatisierten Räumen
- **Archiv**
  - Lagerungszeitraum > 30 Jahre
  - Problem bei digitalen Formaten mit Reproduzierbarkeit
    - kurze Lebenszyklen von SW / HW
    - Abwärtskompatibilität
  - Keine Normen
  - Konsortien mit Vorschlägen (vgl. dazu pdf Standard)

## Digital Audio Mastering Studio



## Digital Audio Mastering Studio

### Block Diagramm und Verkabelungsplan

- Detailliertes Block Diagramm mit Kabelnummern (externe Liste)
- Einstreuungen / Brumm
  - Summen-Erdung (Stern)
  - Kabelverlegung / -parallelführung / Interferenzen durch Clock
  - Analoges Equipment zusammenfassen
    - große Entfernung zu Clock
    - kurze Analog-Kabelwege
    - keine Transformator-Spulen
  - Analoge Patchbays vermeiden bzw. hohe Qualität
- Meist kein Mischpult sondern Direct Routing
  - Z-Sys Routing + t.c. 6000 + digital monitor switch
  - Routing mit DAW

## Gehörbildung

- menschliche Hörwahrnehmung
  - Hörsinn beim Menschen hoch entwickelt
    - Dynamikumfang,
    - Frequenzauflösung
    - usw.
  - hoch sensibles Messgerät
  - beste **REFERENZ**
- Training
- Technisches vs. musikalisches Hören
- Mixing vs. Mastering Engineer
- Passive vs. aktive Gehörbildung
  - **Passiv**
    - Analyse täglicher Umgebungsgeräusche / -sounds
    - Analyse von Referenzaufnahmen
  - **Aktiv**
    - Koordination „hand to ear“
    - Effiziente Bedienung von Equipment
- Zu intensive Gehörbildung: Überforderung!

## Dithering: Wortbreitenreduktion

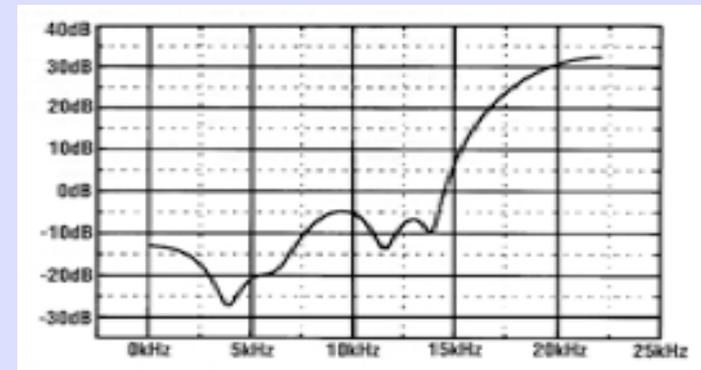
- DAW 24 Bit / CD 16 Bit
- Wortbreiten-Reduktion erzeugt Verzerrungen
  - THD/N (total harmonics distortions plus noise)
- Abhilfe: Dithering
  - Hinzufügen von Rauschen in Größe des LSB (least significant bit)
  - Linearisierung und Kodierung von Werten kleiner als LSB möglich
  - SNR Reduktion um 5dB, d.h. bei 16Bit = 91dB
- Funktionsweise:
  - Signalwerte <LSB ergeben bei Kodierung NULL
  - Dither: Rauschen mit Mittelwert 0, Amplitude <LSB
  - Signal+Rauschen alteriert LSB periodisch
  - Mittelwert ergibt Signalamplitude
- Psychoakustik:
  - Menschl. Hörwahrnehmung reagiert in der Lautstärkenempfindung auf Mittelwerte
  - Signale unter der Noise Amplitude hörbar (nicht maskiert)
  - Wahrgenommener Dynamikbereich somit größer als kodierbarer Dynamikbereich

## Re-Dithering: Linearisierung DSP

- Digitale Signalverarbeitung
  - Rückgekoppelte Multiplizierer: Filter, EQ, Kompressor
  - Rundungsfehler durch begrenzte Rechengenauigkeit
  - Tradeoff: Rechengenauigkeit vs. DSP Leistung
- Linearisierung mittels Re-Dithering
  - Hinzufügen von digitalem Dither
  - Information kleiner LSB soll erhalten bleiben

## Advanced Dithering

- Frequenzverzerrung des Dither Signals zur Minimierung der Wahrnehmbarkeit
  - Hörwahrnehmung im Bereich 1kHz-3kHz besonders empfindlich (ELC [Fletcher, Munson])
  - Noise Shaping: Hauptenergie des Dithersignals außerhalb dieses Bereichs
  - Klangfärbungen möglichst neutral
- Üblich:
  - POW-R (type3), Apogee UV-22, Waves L1/L2 Ultramaximizer, Prism,...



## Dithering in der Praxis

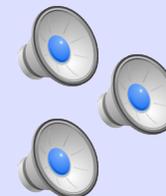
- Wortbreitenreduktion immer MIT Dither
  - z. B. von 24 Bit (DAW) auf 16 Bit (CD)
- Vermeidung mehrmaliger Wortbreitenreduktion
  - Gesamte Signalverarbeitung in 24 Bit
  - Bouncen (Sub-Mixdowns) immer in 24 Bit
  - Reduktion auf 16 Bit erst beim CD-Master
- Unterschiedliche „noise shapes“ klingen auch unterschiedlich
- Samplerate Konvertierung VOR Dithering
  - Beim Mastern zuerst Samplerate Konvertierung auf 44.1 kHz
  - dann Konvertierung auf 16 Bit
- Kumulatives Dithering auf 16 Bit vermeiden
  - Kombination von pre-mastered (+dithered) Klangmaterial mit neuem Material (undithered, 24 Bit)
  - Auto-dither: Dithering nur wenn Ziel-Wortbreite kleiner als ursprüngliche Wortbreite
  - Auto-black: Schaltet Dither aus, wenn über gewissen Zeitraum Pegel unter einem Schwellwert liegt. Wichtig bei Einfügen von Stille.

## Metering

- VU-Meter vs. Peak-Meter
- Mittelungskonstante
  - VU-Meter:  $\sim 300\text{ms}$
  - Peak Meter: samplegenau
  - Psychoakustik:  
Lautstärkenwahrnehmung durch Mittelung
  - d.h. Peak-Meter sagt nichts über Gesamtlautstärke aus
- Abhilfe: Dual-Skalen mit *Peak* und *Average*
- Kalibrieren beim Metering
  - Musik:  $Peak/Mean = 12\text{dB}$  (*crest factor*)
  - Sinus mit  $-14\text{ dB}_{\text{FS}} = 0\text{dB}_{\text{VU}}$  beim VU-Meter
  - Klassik / Jazz / unkomprimierte Musik  
Sinus mit  $-20\text{ dB}_{\text{FS}} = 0\text{dB}_{\text{VU}}$  beim VU-Meter  
Problem: darstellbarer Wertebereich überschritten
- Hörwahrnehmung ist wichtigstes Kriterium
  - *Meter* sind im gegensatz zur Hörwahrnehmung nicht frequenzselektiv (vgl. dazu Bark Skala, Lautheit [Trautmüller, Zwicker/Feldtkeller])
  - Anzeige von  $0\text{dB}_{\text{VU}}$  liefert ja nach Musikstil unterschiedliches Lautstärkeempfinden

## Metering - Clipping / Over

- **ADC:** Analoges Eingangssignal überschreitet 0dBFS
  - Abschneiden der Signalform (Clipping): Verzerrungen
- Digital Audio Meter:  
Unterscheidung von 0dB und Over Detektion
  - 0dB: PCM-Wert überschreitet 0dBFS
  - Over: PCM-Wert überschreitet 0dBFS über mehrere aufeinander folgende Abtastwerte
- **DAC:** Intersample Peaks
  - Studie von TC Electronic zeigt Signalverzerrungen zwischen Abtastwerten (zurückzuführen auf Anti-Aliasing Filter)
  - auch bei z.B. Samplerate-Converter
  - werden von Metern nicht erfasst
  - max. +3dBFS
  - max. Aussteuerung mit -3dBFS
- Sound-Beispiele (TC) bei -0.2dBFS
  - a) Ausgangssignal
  - b) Professioneller Sample-Rate Converter +DAC
  - c) Consumer Product DAC



## Metering - Clipping / Over

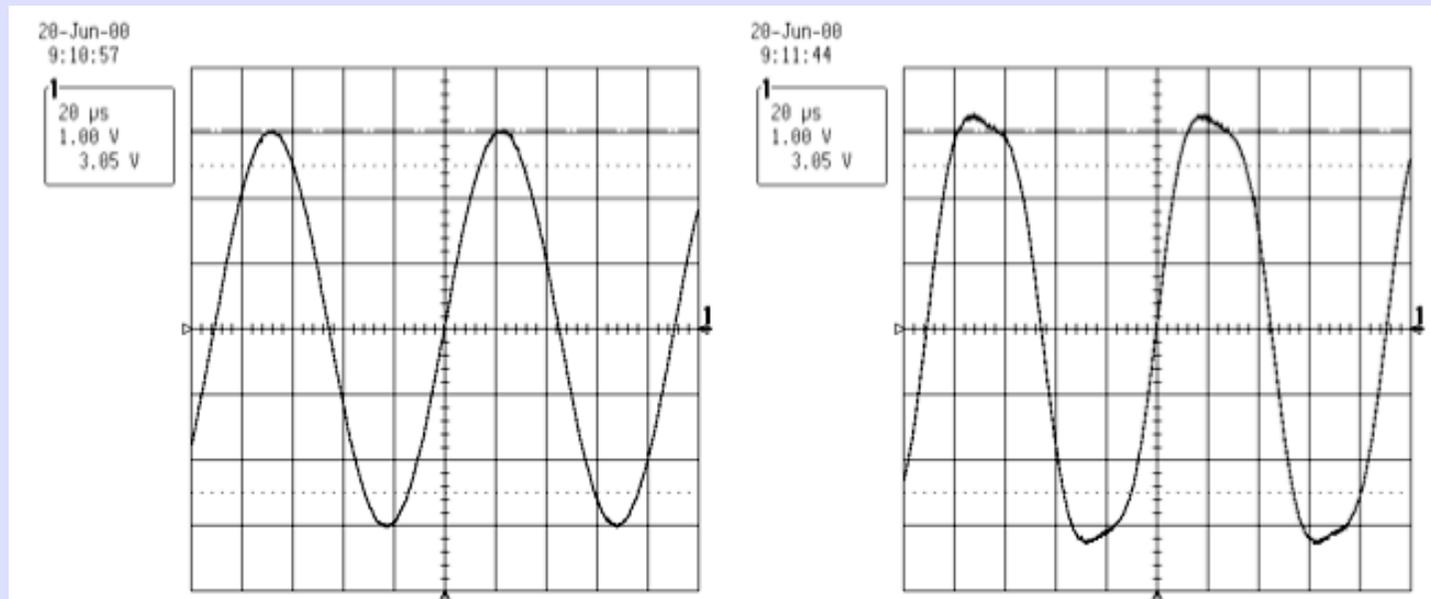


Figure 1

Figure 2

11025 Hz sine waves at full scale (0 dBFS) sampled @ 44.1 kHz.

Example shows consumer CD player, NAD C 520, measured on LeCroy 9350A digital oscilloscope.

Figure 1: Starting phase of 90°. Analog and digital peak values are identical.

Figure 2: Starting phase of 45°. Analog peak value should be +3 dBFS. Notice the clipping.

## Metering - Clipping / Over

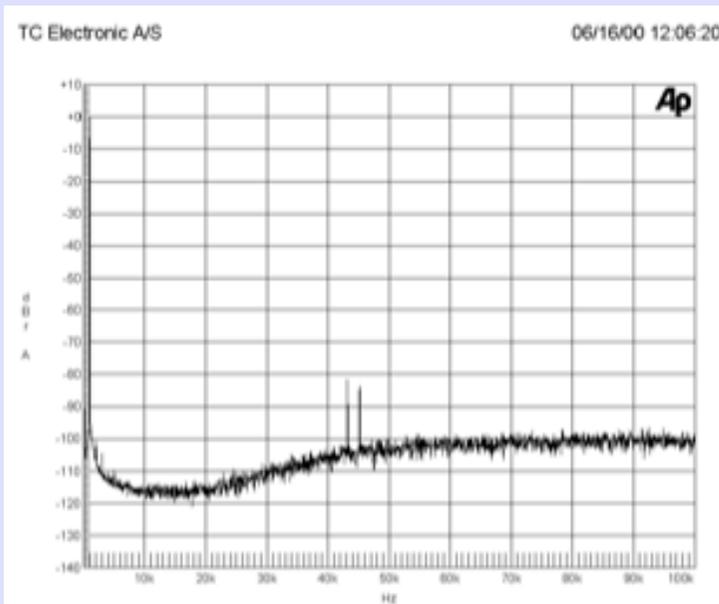


Figure 7

997 Hz @ 0dBFS sampled @ 44.1 kHz. 0 dB = Reference level for Sine Distortion Tests.  
20 Hz to 100 kHz FFT on AP Cascade.

Figure 7: Yamaha CDX390 consumer CD player

Figure 8: Sony D50 consumer CD player (portable)

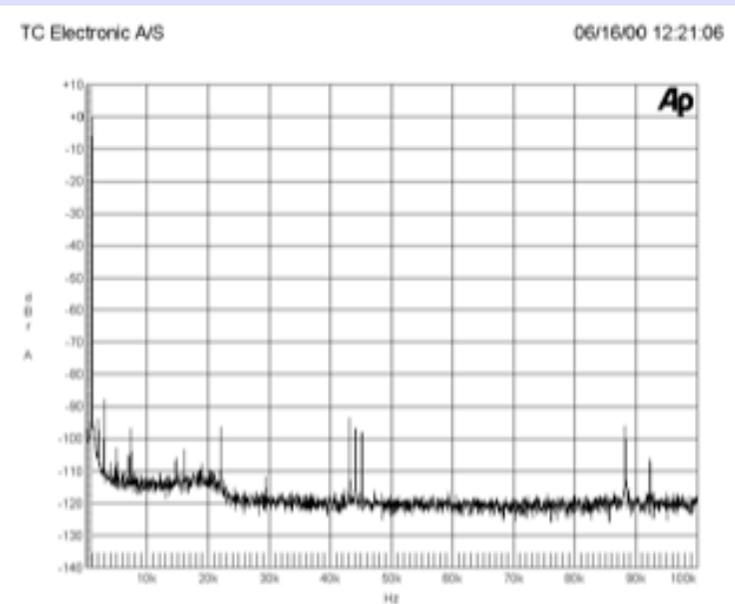


Figure 8

## Metering - Clipping / Over

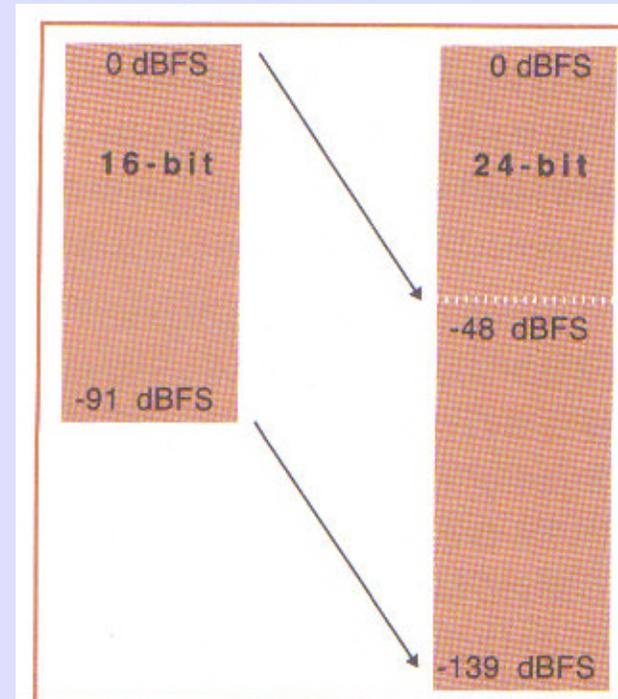
Bandwidth of the THD+n measurements is 20 Hz - 80 kHz.

	997 Hz sine Peak = 0.0 dBFS	5512.5 Hz sine Peak = +0.69 dBFS	7350 Hz sine Peak = +1.25 dBFS	11025 Hz sine Peak = +3.0 dBFS
Denon DCD725	-61.3 dB	-34.8 dB	-27.0 dB	-18.1 dB
Marantz CD4000	-58.8 dB	-36.6 dB	-30.7 dB	-20.7 dB
NAD 514	-74.3 dB	-30.6 dB	-24.9 dB	-17.2 dB
NAD 520	-67.9 dB	-30.4 dB	-25.8 dB	-19.3 dB
Sony C11	-78.1 dB	-30.2 dB	-24.6 dB	-16.8 dB
Sony D50	-82.9 dB	-65.0 dB	-59.3 dB	-29.0 dB
Yamaha CDX390	-70.9 dB	-33.9 dB	-26.4 dB	-18.3 dB

Table 1. THD+n comparison

## Metering: Peak Level

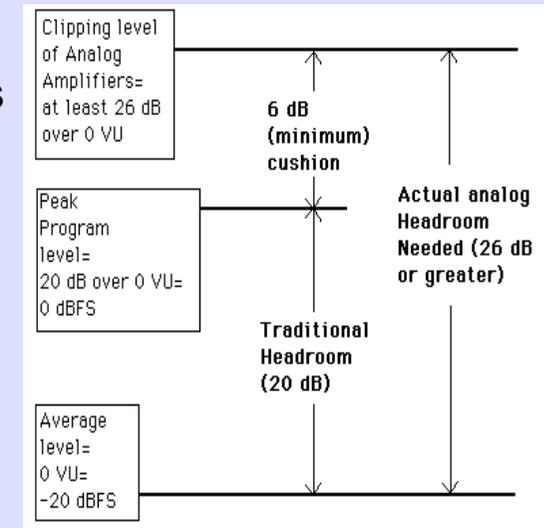
- Ausreichend Headroom um Clipping / Verzerrungen zu vermeiden (kleiner -3dBFS peak level)
- CD Produktion: 24 Bit / 16 Bit
  - SNR 139dB / 91dB
  - Headroom 48dB ohne Signalqualität durch Quantisierungsrauschen zu beeinflussen
  - Signalverzerrungen durch Clipping beeinflussen Aufnahme stärker
    - Mind. -10dBFS peak level
- ADC mit build in compressor
  - vermeidet Clipping / Verzerrungen
  - Komprimierung des Signals
- Analog vs Digitale Aufnahme
  - analog: *peak/mean* = ~12 - 14 dB (da built in compressor bei Bandmaschinen!)
  - digital: *peak/mean* = ~20 dB



A 24-bit recording would have to be lowered in level by 48 dB in order to reduce it to the SNR of 16-bit. The noise floors shown are with flat dither.

## Metering: Studio-Level

- Vermeidung von Signalverzerrungen vor / bei ADC
- Referenzlevel dBu ist 0.775V
- Symmetrischer Studio-Level +4dBu (=1.23V)
  - entspricht mean-Level 0VU
  - Digitaler Reference-Level -20dBFS
- Clipping bei analogen Konsolen
  - high end: +24dBu / low end: +20dBu
  - Verzerrungen meist vor Erreichen des Clip-Levels
    - OPamps bei 6dB unter Max.
    - Verzerrungen höherer Ordnung (sehr störend)
  - Definitionen:  
 $Headroom = meterClippoint - avgLevel$   
 $Cushion = opampClippoint - peakLevelSignal$
- Abhilfe:
  - OPamps tauschen (?!)
  - VU Meter rekalisieren auf 0dBu = 0VU (-4dB)
- Signalübergang von symmetrisch auf unsymmetrisch reduziert Clippoint um 6dB - Verwendung nicht symmetrierter Geräte vermeiden!



## Monitoring / Abhörraum

- Mastering benötigt hochauflösende Audio Monitor Systeme
  - Nahfeld-Monitore meist unzureichende Qualität
  - Mastering Engineer muss mit Monitoren *vertraut* sein um Klang „objektiv“ beurteilen zu können
  - Verstärker + Monitor:
    - flacher Amplitudengang
    - geringe THD+N
    - großen Headroom
- Abhörraum (akustisch eingemessen)
  - Ruhegeräuschpegel im Mastering Raum NC30 (besser NC20)
  - Keine reflektierenden / abschattenden Flächen zwischen Lautsprecher und Abhörposition
  - Early Reflections frühestens nach >20ms mit >-15dB
  - ausreichende Dimension um stehende Wellen im Bassbereich zu vermeiden (Absorber, Helmholtz Resonatoren)
  - Ausreichender Abstand der Lautsprecher zu Wänden (Surround)
  - Decke nach hinten ansteigend
- Elektronische Signalketten auf maximale Transparenz optimiert

## Monitoring / Abhörraum

- Subwoofer unbedingt notwendig
  - untere Grenzfrequenz bis in den Infraschallbereich um Störgeräusche zu identifizieren (z.B. Vibrationen durch Straßenbahn)
  - Wichtig: richtiges Abstimmen und Einmessen der Subwoofer
  - Abhörlautstärke relevant für Wahrnehmung im Bassbereich (ELC, equivalent loudness countour)
    - zu hohe Abhörlautstärke zu geringer Bassanteil wenn leiser wiedergegeben
- Monitor EQ / Main EQ
  - Entzerren des Signalweges Lautsprecher-Abhörposition unbedingt notwendig
  - Messtechnisches Erfassen (MLS, TDS, Swept Sine)
  - Subjektive Beurteilung durch Referenz-Signale / -aufnahmen
  - Vor Verwendung von EQs
    - Raumakustik modifizieren
    - gesamten Signalpfad korrigieren (Verstärker, Kabelkapazitäten usw.)
    - wenn nötig Verwendung hochwertiger EQs (phasentreu)
- Kontrolle
  - Überprüfen des Resultats auf unterschiedlichen Monitor-Systemen
  - Consumer-Products bis P.A. Anlagen
- Resultat bei hervorragenden Abhörbedingungen übertragbar!!

## Monitoring / Kalibrierung

- Media Center:  
Ein Gerät für DVD, DVD-A, SACD, mp3, ...
- Beurteilung der absoluten Lautstärke mit Gehör
- Kalibrieren der Studio Monitore auf SMPTE RP 200 Standard für Verstärkung und Frequenzgang
  - Referenz-/Kalibriersignal  $0\text{dB}_{\text{Speker\_Gain}} = 83\text{dB}_{\text{SPL}} @ 1\text{m}$  mit Rosa Rauschen
  - Aufnahmepegel Referenzsignal  $-20\text{dB}_{\text{FS\_RMS}}$
  - Crestfaktor Musik  $\sim 10\text{-}18\text{dB}$ , d.h. Clipping wird vermieden
  - Monitor Gain ist direkt proportional zu Headroom  
d.h.  $-6\text{dB}$  Monitor Gain =  $14\text{dB}$  Headroom (Crest Faktor)
- Kalibrieren nach SMPTE RP 200: (Gehörschutz verwenden!)
  - RTA (real time analyzer) mind. mit Terzbändern
  - 1/8" Messmikrofon
  - Mess-Signal Rosa Rauschen
  - Monitor Gain auf  $0\text{dB}$
  - Terzbänder auf  $68.2\text{dB}_{\text{SPL}}$  (flat) = Summenpegel von  $83\text{dB}_{\text{SPL}}$
  - Amplituden Ripple max.  $3\text{dB}$
  - 5.0 Surround: Alle Kanäle ON,  $+7\text{dB}$  ( $\pm 1\text{dB}$ ) ansonsten Polaritäten falsch

## Monitoring / Sub+LFE Kalibrierung

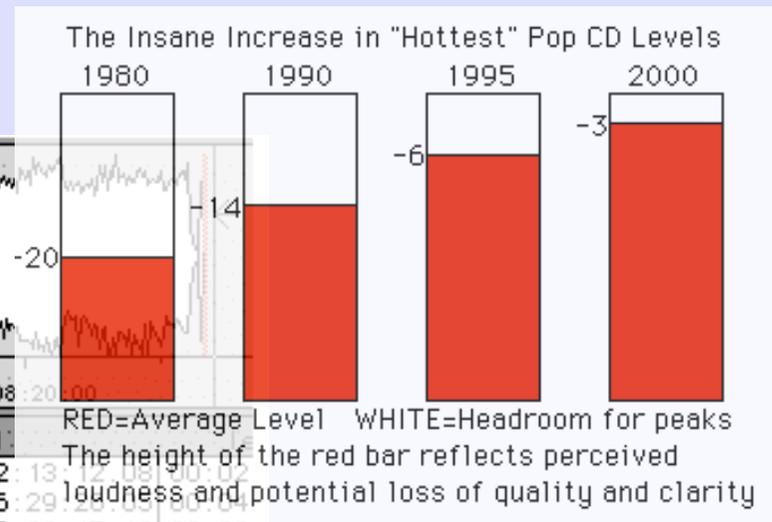
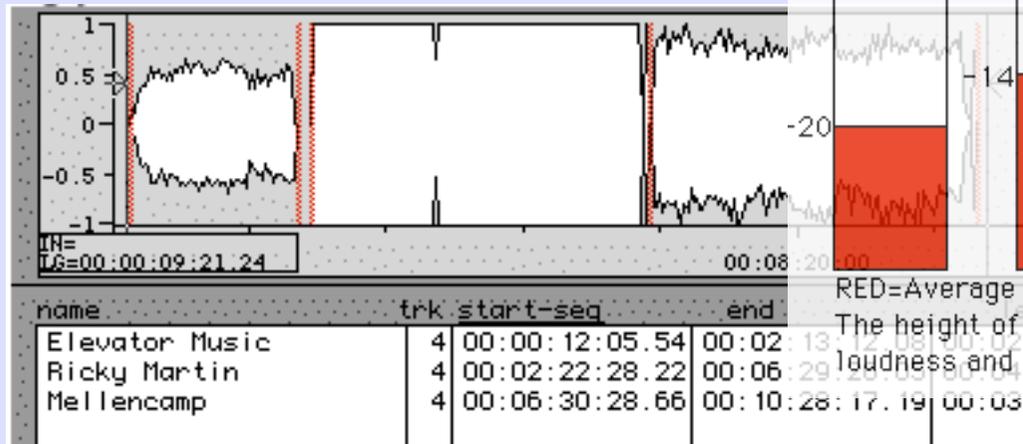
- Full Range 2 Channels
  - Messignal: unkorreliertes Rosa Rauschen  $-20\text{dB}_{\text{FS\_RMS}}$
  - LFE möglichst im Bereich der hohen Frequenzen
  - Wichtig: Übergangsbereich
  - Parameter zur Optimierung:
    - Subwoofer Position (je näher an der Wand desto höher Amplitude)
    - Phase des Ansteuersignals
    - Frequenzweiche Cross over Frequency
    - Bassabsorber / Bassfallen
- Center und Surround
  - siehe L/R Monitore, gleiche Prozedur für Center
  - Surround Signale werden auf Monosignal summiert
- LFE (.1) Gain
  - unterstützender Kanal für zusätzlichen Bass
  - SMPTE RP 200 Standard
    - LFE Band (50Hz, 63Hz) 10dB höher als 1kHz Band, d.h.  $78\text{dB}_{\text{SPL}}$
- Kino: Spezielle Messvorschriften Dolby beachten

# Mehrkanaltechnik

Organisation  
 Einleitung  
 Studio  
 Gehörb.  
 Dithering  
 Metering  
 Monitoring

## Metering (2): K-System (SMPTE)

- Psychoakustik:  
 Höherer Wiedergabepiegel vermittelt bessere Signalqualität  
 (vor allem wichtig im Rundfunk)
- Pop Produktionen kontinuierlicher Pegelanstieg
  - stärkere Komprimierung
  - Verminderung der Signalqualität

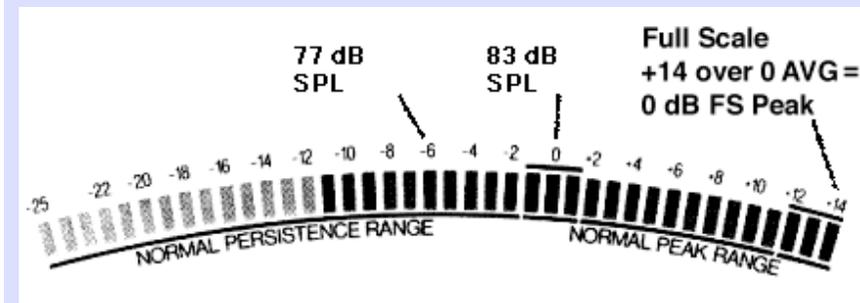
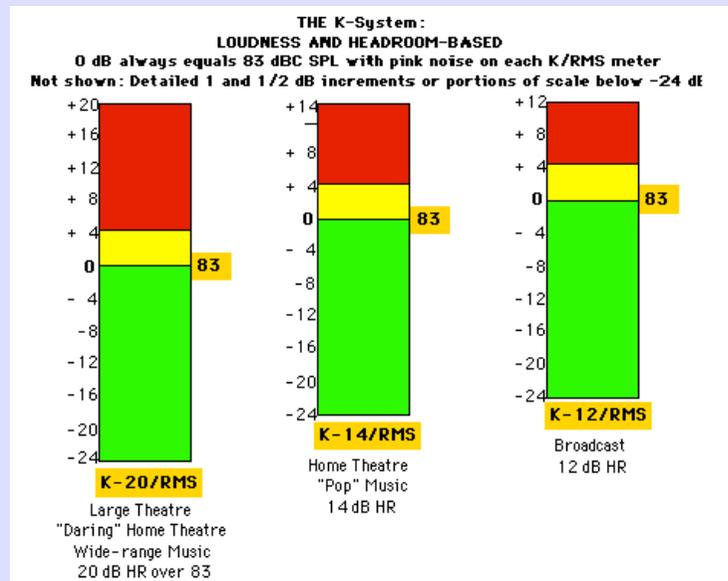


# Mehrkanaltechnik

- Organisation
- Einleitung
- Studio
- Gehörb.
- Dithering
- Metering
- Monitoring

## Metering (2): K-System (SMPTE)

- Weiterführung des Kino/DVD Standards für Audio Produktionen
- Voraussetzung:  
Kalibrierte Monitore, d.h.  $0\text{dB} = 83\text{dB}_{\text{SPL\_RMS}}$
- Normierter Pegel  
 $K-12, K-14, K-20: 12, 14, 20\text{dB} = 0\text{dB}_{\text{FSR}}$   
d.h. Master bei  $0\text{dB}_{\text{RMS}}$  nach K-14 klingen um 6dB lauter als Master nach K-20
- berücksichtigt Headroom Anforderungen unterschiedlicher Musik-Genres



## Metering (2): K-System (SMPTE)

### Anwendungsbereiche:

- Meter: 0dB entspricht immer  $83\text{dB}_{\text{SPL}}$
- Wahl der Skala nach Genre (Crest Faktor) u. Headroom
  - z.B. Klassik K-20, Broadcast K-12
  - Roter Bereich:  
+3dB / +4dB für *Fortissimo* bei Orchestern / Explosionen bei Film
  - Mastern im „roten Bereich“: Skala vs. Genre „falsch“ da zu geringer Headroom für Peaks (Clipping) bzw. zu große Kompression nötig
- Berücksichtigung der ECL Kurven
  - durch Kalibrierung immer gleicher Abhörpegel
  - kein Bassverlust (hoher Masteringpegel vs niedriger Wiedergabepegel)
- Multi-Purpose Control Rooms
  - Multimedia: Musik, Video, Film
- Klassik-Produktionen
  - Renaissance Musik hat geringen Crestfaktor
  - Peak bei FSR klingt unnatürlich, jedoch bei 16Bit SNR Verlust
  - SACD 24Bit Medium
- Pop Produktionen
  - Peak-Headroom vs. Gesamtlautstärke
  - stetigen Anstieg vermeiden