3D-Audio: Agenda

- akustische Raumwahrnehmung:
  - Lautstärke- und Zeitdifferenzen
  - Klangdifferenzen, HRTF
  - Raumumgebung, Reflektionen, Hall

- Mehrkanalverfahren
- Stereo bis Dolby AC-3 und DTS

- Microsoft DirectSound
- Creative EAX
- Sensaura
- Miles Sound System Demo

277 speakers... [Physics Today Nov/99]

Akustische Raumwahrnehmung

Raumwahrnehmung beruht auf:

- Schallintensität am linken / rechten Ohr ILD (IID)
- Zeit- und Phasendifferenzen ITD
- Außenohr- und Kopfübertragungsfunktion HRTF
  "interaural level/intensity/time difference"

- Ankunftszeit der Schalls ("precedence effect")
- Reflektionen / Dämpfung des Schalls
- erwartete Postion der Quelle (z.B. Hundegebell: am Boden)

=> außerordentliche komplexe Verarbeitung im Gehirn

=> Nachbildung / Rekonstruktion mit Signalverarbeitung
=> Approximation durch Vielzahl von Lautsprechern

3D-Audio: Literatur

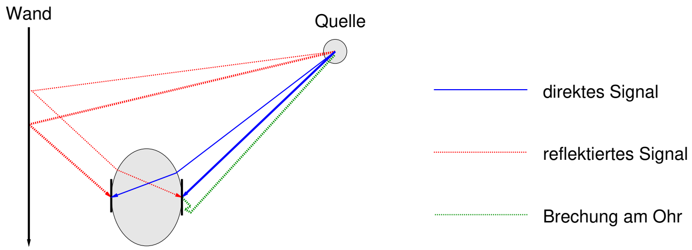
Blauert, Spatial Hearing
Raumwahrnehmung: www.aip.org/pt/nov99/locsound.html

Dolby Labs Whitepaper, www.dolby.com/tech/
DTS, www.dtstech.com

B. Bargen and P. Donnelly, Inside DirectX, MS Press, ISBN 3-86063-436-4
Microsoft DirectSound Docs (im DirectX7 / DirectX8 SDK)
MIDI Manufacturers Association, Interactive 3D Audio Rendering Guidelines

Creative EAX 1.0 und EAX 2.0, developer.soundblaster.com
Miles Sound System, www.smacker.com/mss3d.htm
Sensaura 3D-Audio Dokumentation, www.sensaura.com

Akustische Raumwahrnehmung

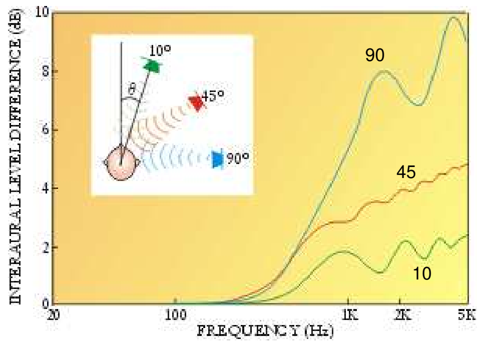


- direktes Signal
- reflektierte Signale

- jeweils mit Beugung um den Kopf herum
- jeweils mit Brechung an Ohr, Schultern, ...
- zusätzlich "obstruction" und "occlusion" für verdeckte Quellen ...

ILD: Lautstärkedifferenz

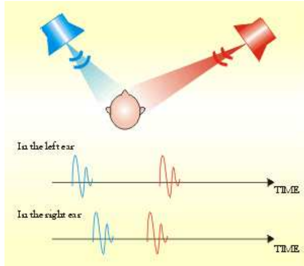
interaural level difference:



[Physics Today Nov. 99]

- Welle kaum gestört, wenn Wellenlänge > Kopf
- daher kaum Effekt bei niedrigen Frequenzen
- Bässe schlecht ortbar

Ankunftszeit



[Physics Today Nov. 99]

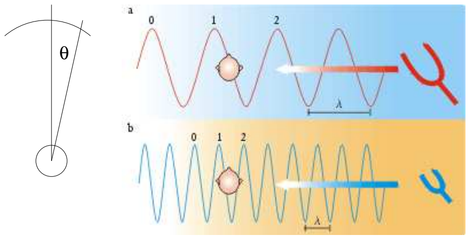
Experiment zum "precedence effect":

- ○ Wiedergabe eines Impulssignals
  über zwei Lautsprecher
  (Monosignal auf Stereoanlage)
- ○ linkes Signal am linken Ohr früher
- ○ rechtes Signal am rechten Ohr früher
- aber insgesamt linkes Signal früher
- sehr starker Einfluß auf die Interpretaion des Signals

=> Wahrnehmung als ein einzelnes Signal von links

ITD: Zeit- und Phasendifferenz

interaural time difference:



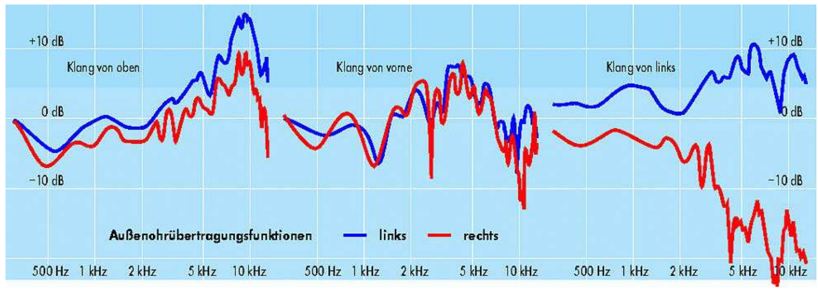
[Physics Today Nov. 99]

$$dt = \frac{3a}{c} \sin\,\theta$$

a = Kopfradius ~ 8.75 cm
c = Schallgeschw ~ 340 m/s

- 500 Hz Sinuston von vorne ortbar mit ca. 1 Grad Auflösung
  => ca. 13 ms Zeitauflösung
- mehrdeutig, wenn n* Wellenlänge ~= Kopfdurchmesser
- Ohr unempfindlich für Phaseninformation oberhalb ca. 1 KHz
- vgl. Hilbertfilter-Experiment

HRTF



[ct 04/97 160]

"head related transfer function": Außenohr/Kopf-Übertragungsfunktion

- Einfluß von Kopf, Schultern, Außenohr auf Schallsignale
- sehr komplexe Winkel- und Frequenzabhängigkeit
- Verbesserung der Ortung durch (kleine) Kopfbewegungen

HRTF: Messung

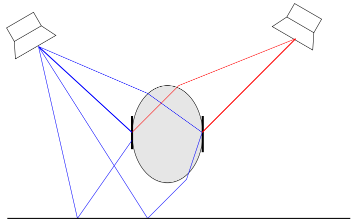
- Kleinstmikrophone
- Kunstkopf

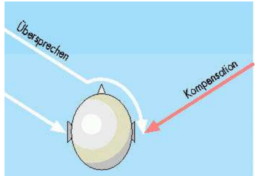
- im schalltoten Raum
- für alle Raumwinkel

- KEMAR-Experiment und Daten:
  sound.media.mit.edu/KEMAR.html

- oft Verwendung "gemittelter" HTRF (z.B. DirectSound)
- mit "typischen" Filterverläufen

HRTF: Lautsprecher

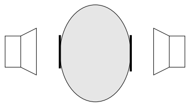




- Übersprechen zwischen den Lautsprechern
- Störung durch Raumreflektionen
- Head-Tracking erforderlich (Position und Richtung)

- wesentlich aufwendiger als über Kopfhörer
- aber im Ansatz möglich, z.B. www.sensaura.com

HRTF: Kopfhörer

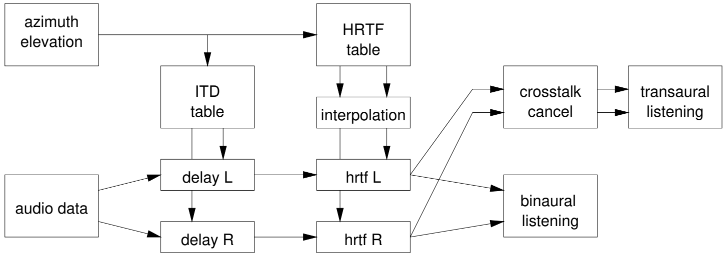


im Prinzip perfekter Raumklang erreichbar:

- direkte Schallübertragung zum Ohr, (rel.) Position des Hörers bekannt
- fast kein Übersprechen, keine externen Reflektionen
- durch HRTF perfekt kompensierbar
- aber generische HRTF reicht dazu nicht aus

- ideal wäre die Messung der einzelnen HRTF
- Tools / Geräte dazu ?!

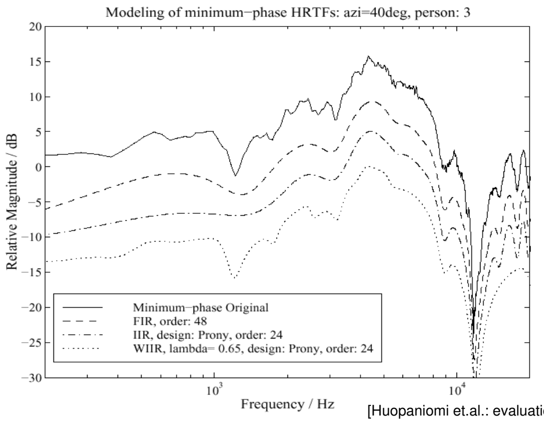
HRTF: Umsetzung



Signalverarbeitung kann alle Teilinformationen liefern:

- Lautstärke, Verzögerung, HRTF
- evtl. zusätzliche Unterdrückung des Übersprechens
- Details und Diskussion:
  Huopaniomi et.al.: evaluation of HTRF filter design" [CCRMA]

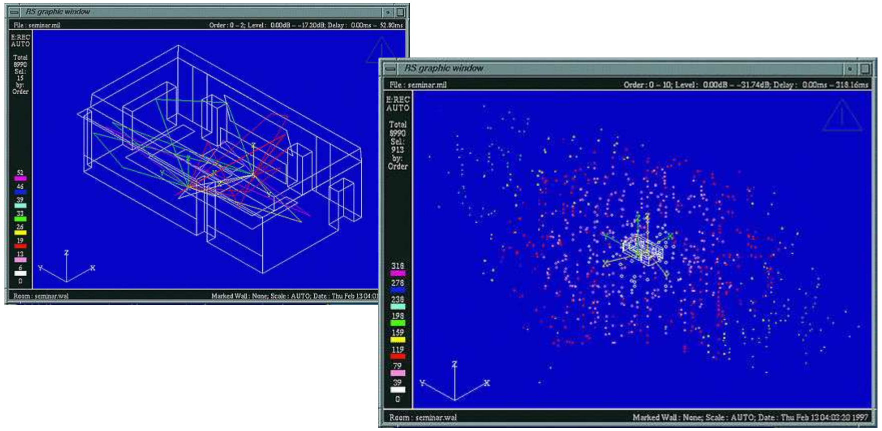
HRTF: Filter-Design



[Huopaniomi et.al.: evaluation of HTRF filter design]

- entsprechende Filterkurven für jeden Winkel notwendig (!)

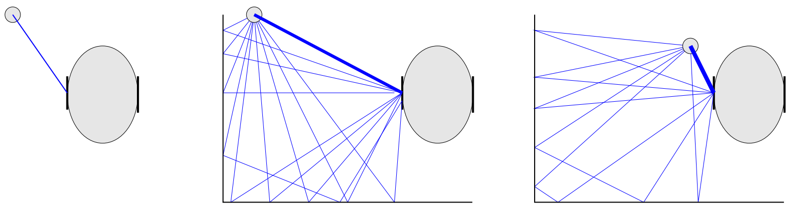
Spiegelquellen . . .



[ct 04/97 160]

- Modellierung von Konzertsälen etc.
- zu rechenaufwendig für Echtzeit

Reflektionen

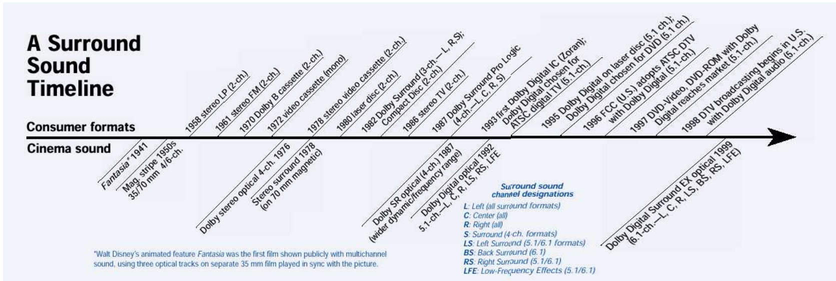


Reflektionen / Hall:

- abhängig von Raumgröße, -geometrie, Wandmaterial, ...
- sehr wichtig für "virtual reality": Zimmer, Bad, Tunnel, Kathedrale, ...
- indirekter Schall unabhängig von Entfernung Quelle/Hörer
- Entfernungsmessung über Anteil direkt/reflektierter Schall

- Modellierung über Spiegelquellen (=raytracing)
- oder pauschal über Hallparameter

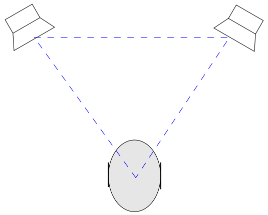
Mehrkanalton: Geschichte

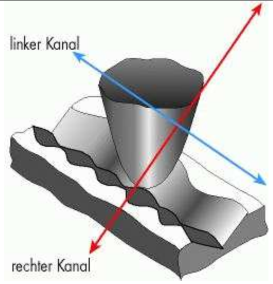


[Dolby Labs: Surround Sound: Past, Present, and Future]

- erste HRTF-Messungen ca. 1940 (?)
- DirectSound3D seit 1997 (DirectX5)
- Erweiterungen wie EAX und A3D seit 1998

Mehrkanalton: Stereo und LP





[ct 21/98 120]

Stereo:

- zwei unabhängige Kanäle für Aufzeichnung und Wiedergabe
- Tonaufnahmen seit ca. 1950, LPs und UKW ca 1960
- gute Wiedergabe typischer Konzertsituation
- benötigt nur zwei Lautsprecher
- optimale Hörposition oft sehr klein: "sweet spot"

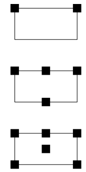
Kino: Überblick

Film als "Erlebnis" erfordert "Eintauchen":

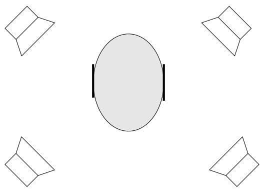
- möglichst gute Übereinstimmung von Bild und Ton
- Surround-Signale für Umgebungsgeräusche
- problematische Hörpositionen für die meisten Zuschauer
- Übersteigerung statt virtueller Realität:
  - LFE: low frequency effects, Infraschalleffekte
  - Beeinflussung durch emotional belegte Klänge
  - verhältnismäßig hohe Lautstärke

=> Trendsetter für Mehrkanalton
=> diverse erfolgreiche Verfahren, seit ca. 1980

- X.Y Notation: X vollwertige Kanäle, Y LFE-Kanäle
- typisch ist 5.: L/C/R, SL/SR, LFE

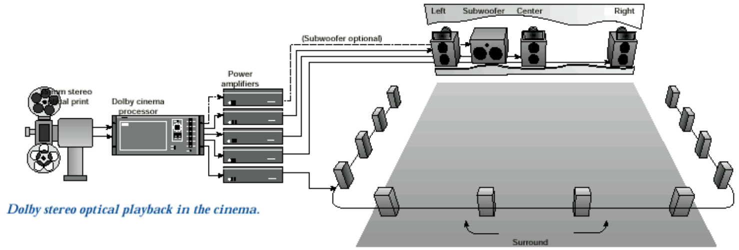


Mehrkanal: Quadrophonie



- Wiedergabe von vier Kanälen
- mit LP nicht möglich, daher kaum erhältlich
- "surround"-Signal enthält nur die "live" Störsignale ...
  - für Musik / Konzerte nicht allzu nützlich
  - anders als für Wiedergabe von Filmen / 3D-Spielen

Kino: Mehrkanalton



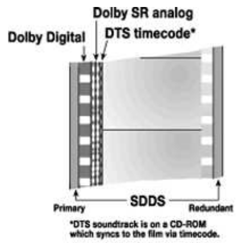
Film als Erlebnis:

[www.dolby.com/tech]

- Übereinstimmung von Bild und Ton erforderlich
- Stereo unzureichend: "sweet spot" zu klein
- zusätzlicher Center-Kanal für Stimmen
- verbesserte "Immersion" durch Surround-Signale
  aber wohin mit den Tonspuren?
- Lichtton optisch, direkt neben den Bildern
- zusätzliche Magnetspuren auf dem Film (teuer)

Dolby Surround

- erstes Surroundformat für 35mm Film
- zwei Lichttonspuren neben dem Bild
- statt bisheriger Monospur
- Dolby-A Rauschunterdrückung



Current soundtrack formats

[www.dolby.com/tech]

"Matrix"-Kodierung

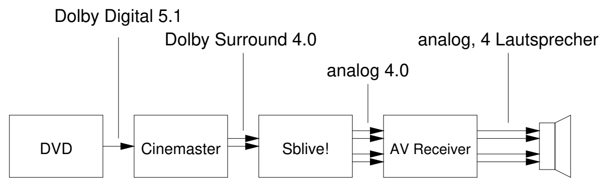
- vier Eingangssignale:
  links, rechts, center, surround
- auf Stereo-Ausgangssignal

- Audioqualität (technisch) nicht optimal
- aber besseres Kinoerlebnis
- Stereo- und Mono-kompatibel

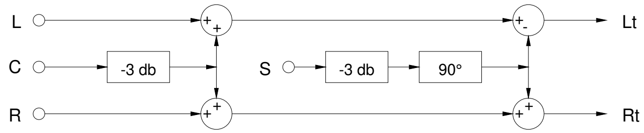
Dolby Surround: Demo

- Audioformat auf vielen älteren DVDs
- z.B. englisch in Dolby Surround, andere Sprachen mono ...

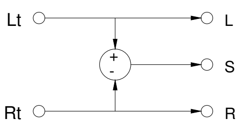
- auch als Notlösung für PC Software-DVD Player:
- Signalfluß: (suboptimal)



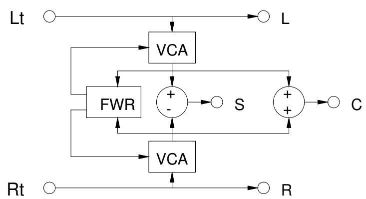
Dolby Surround: Prinzip



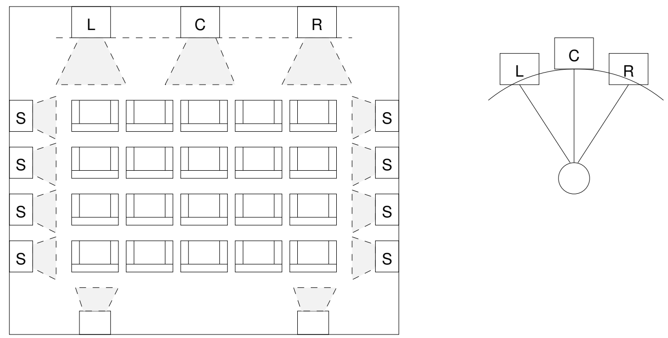
- Center-Kanal wird auf L/R zugemischt (Stereo/Mono-kompatibel)
- Surround-Kanal phasengedreht zugemischt (off center)
- Surround-Kanal zusätzlich bandbegrenzt (100 .. 7 KHz)



passiver Decoder

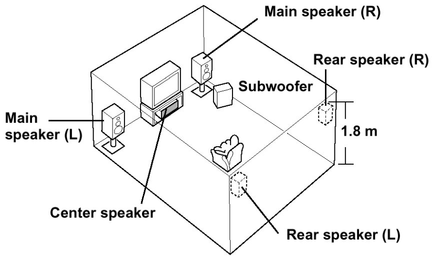


Dolby: Speaker Placement



- Frontlautsprecher ideal in gleicher Höhe
- Centerlautsprecher nach hinten versetzt (gleicher Hörabstand)
- Surroundlautsprecher links und rechts, diffuse Abstrahlung
- Subwoofer nach Bedarf, oder gute Frontlautsprecher

Dolby: Speaker Placement



Aufstellung zuhause:

- Hauptlautsprecher "normal"
- Center direkt über/unter dem Bild
- Surroundlautsprecher seitlich oder an der Rückwand
- Subwoofer seitlich vorne

- auch für 3D-Spiele gut geeignet
- Vorführung mit Creative Sblive! Experience Demo

Dolby Digital: Bitstrom und Decoder

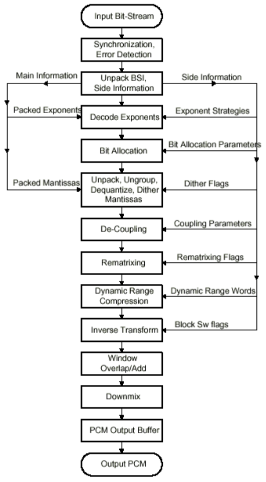


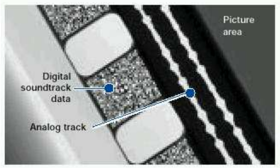
Figure 6.1. Flow diagram of the decoding process.

Bitstom-Syntax:

- siehe AC3 Spezifikation
- dort ebenfalls S/PDIF-Format

- Konzept entspricht MP3
- Psychoakustik:
  www.dolby.com/tech/ac3flex.html
  Painter&Spanias review paper

Dolby Digital (AC-3)



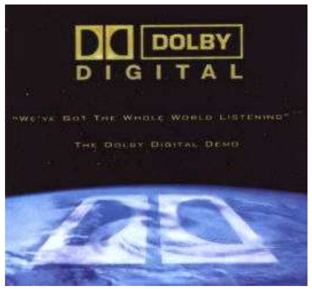
Dolby Digital prints feature both digital and analog soundtracks.

- digitale Aufzeichnung auf 35 mm Film
- zwischen den Transportlöchern
- zusätzlich Dolby Surround Spuren

- psychoakustische Aufzeichnung
- ähnliches Konzept wie MP3
- fünf Audiokanäle plus LFE-Kanal: 5.1
- Bitrate 320 .. 384 kbps
- begrenzt durch opt. Auflösung des 35 mm Films

- deutlich bessere Qualität als Dolby Surround
- zwei separate Surroundkanäle, ideale Kanaltrennung
- dominierendes Audioformat für aktuelle DVDs
- Erweiterung auf 6.1 als Dolby Digital ES (1999)

Dolby Digital: Demo



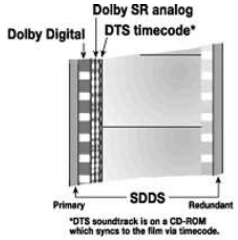
Vergleich: Stereo / Dolby Surround / Dolby Digital:

- Man-in-Black, Szene 9 (Surround-Effekte)
- Arthaus Musik-Sampler (Klassik, Konzert und Oper)
- Lola rennt (Techno)

DTS

Mehrkanalsystem von "Digital Theatre Systems"

- geringere Kompression als Dolby AC3
- im Prinzip bessere Klangqualität
- direkter Vergleich derzeit kaum möglich



Current soundtrack formats
[www.dolby.com/tech/]

Kino:

- Audiodaten auf CD-ROM
- Synchronisation über Timecode auf dem Film

DVD:

- DTS-DVDs mit 768 kbps (selten 1.5 Mbps)
- zusätzliche Tonspur, z.B. Stereo oder Dolby Stereo 2.0
- wird von allen DVD-Playern unterstützt

THX:

Lucasfilm THX, www.thx.com:

- kein eigenes Audioformat
- sondern Richtlinien für Klang (-abstimmung)
- THX-Logo nur bei Erfüllen aller Anforderungen

- Liste getesteter Geräte (decoder, amps, speaker, ...)
- getrennt für Profi (=Kino) und Home-Markt
- THX-Klang für Musikwiedergabe weniger geeignet

- THX-Demo DVD leider nur für "licencees" verfügbar

MPEG-2: AAC

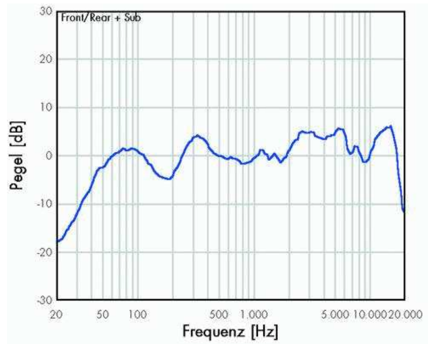
diverse MPEG Audioformate:

- MPEG-1 layer 1-2-3: Stereosignale
- MPEG-2 BC: wie MP3, aber Mehrkanalfähig
- MPEG-2 AAC: "advanced audio coding"
  - verbesserte Kodierung
  - (niedrigere Bitraten)
  - Mehrkanal bis 24.7
  - für DVDs bis 7.1 vorgesehen (bisher selten verwendet)

  Details zu Algorithmen und Bitstreams: siehe perceptual coding

- MPEG-4:
  - structural audio: portable Synthesealgorithmen

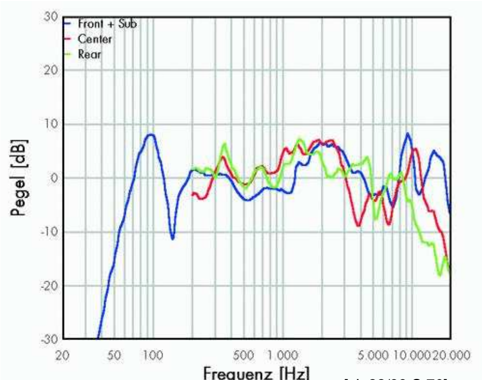
Lautsprecher: Beispiel Crossfire



[c't 26/99 S.70]

- Videologic "Crossfire" System
- Subwoofer mit 4 Satelliten

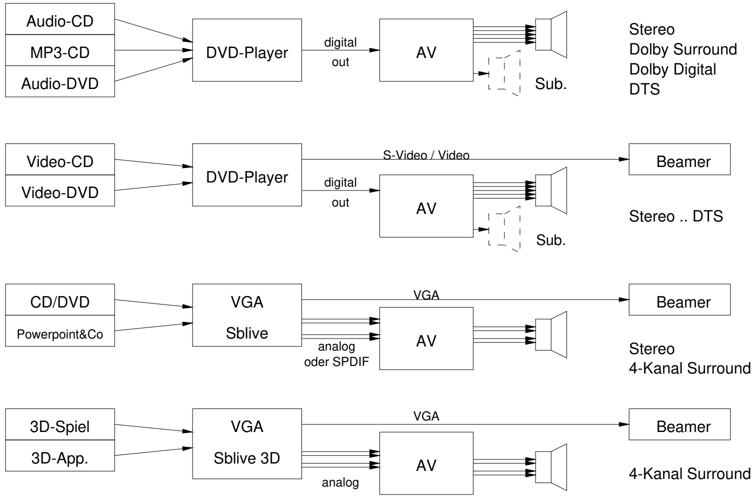
Lautsprecher: Beispiel Digi Theatre



[c't 22/99 S.76]

- Digi Theatre 5.1

F334: Multimedia-Optionen



Mehrkanalton: Raum F334

Geräte:

- Beamer — Epson 7350
- AV-Receiver — Yamaha RX596
- DVD-Player — Aiwa XD DV 370

Lautsprecher:

- Front — Canton CT-220
- Center — Canton AV-950
- Surround — Canton CT-220
- Subwoofer — Canton AS-25

- normale statt "Dipol"-Surroundlautsprecher
- Aufstellung / Ausrichtung noch nicht optimiert

AV-Receiver: Yamaha RX-596

"typischer" Home AV-Receiver:

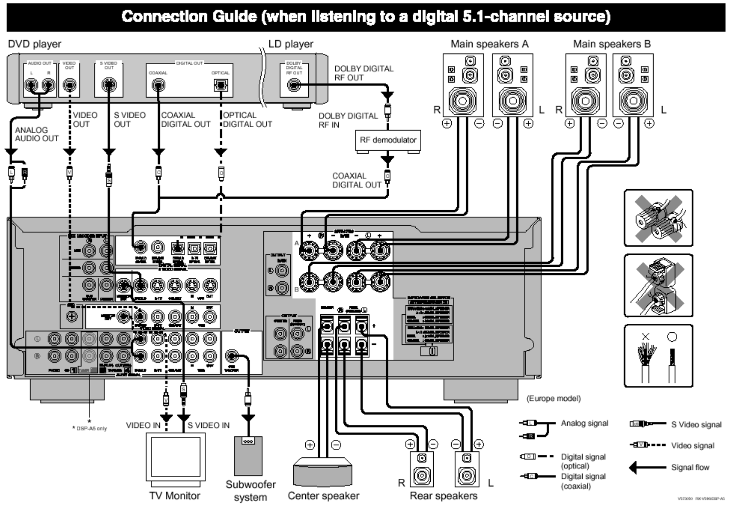
- Verstärker mit 5 x 100 W
- Subwoofer-Ausgang

- Stereo, Dolby Surround, Dolby Digital, DTS
- externer Decoder (5.1) möglich
- Digitaleffekte ("Movie spectacle", "sound fields")
- Sharc DSP

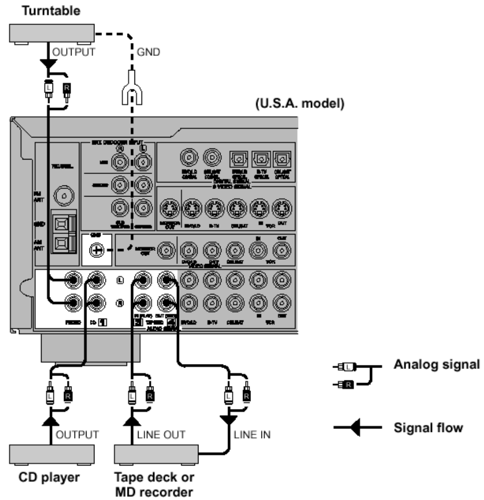
- Video-Umschalter
- insgesamt 5 Video- und 3 zusätzliche Audioeingänge

- ca. DM 1000.00

RX-596: Anschlüsse

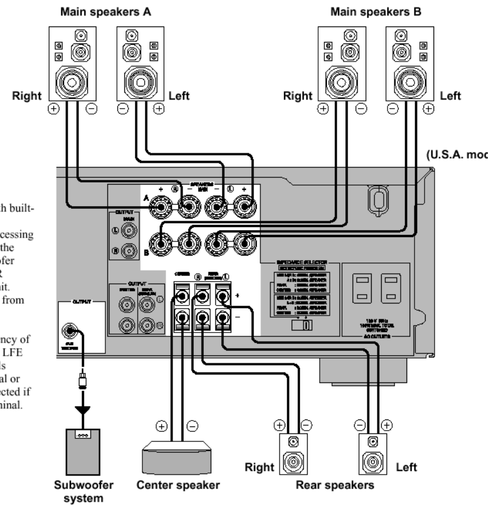


RX-596: Audio

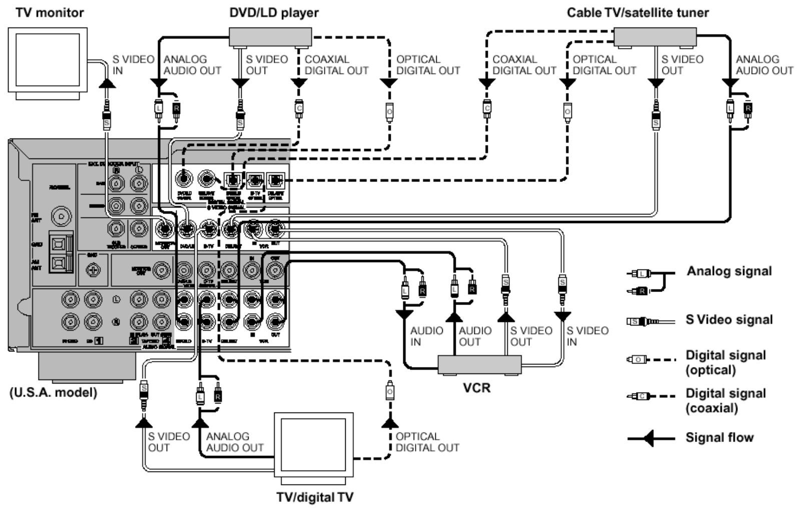


RX-596: Lautsprecher

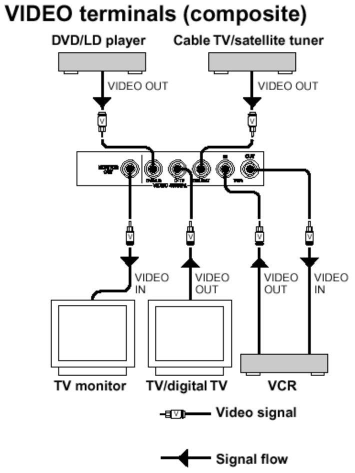
Subwoofer connection
When using a subwoofer with built-in amplifier, including the YAMAHA Active Servo Processing Subwoofer System, connect the input terminal of the subwoofer system to the SUBWOOFER OUTPUT terminal of this unit. Low bass signals distributed from the main, center and/or rear channels are directed to this terminal. (The cut-off frequency of this terminals is 90 Hz.) The LFE (low frequency effect) signals generated when Dolby Digital or DTS is decoded are also directed if they are assigned to this terminal.



RX-596: Video



RX-596: Composite Video



If your video components do not have "S" video terminals, they can be connected to this unit's VIDEO terminals. Be sure to connect the input (IN) and output (OUT) properly.

Note

- If video signals are input from both the S VIDEO input and composite input terminals, the signals will be directed to their respective output terminals.

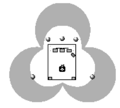
RX-596: Soundfields

CINEMA DSP: Dolby Surround + DSP/Dolby Digital + DSP/DTS + DSP

■ **Dolby Pro Logic + 2 digital sound fields**

Digital sound fields are created in both the presence and rear surround zones of the Dolby Pro Logic-decoded sound field. They create a wide acoustic environment and emphasize the surround effect in the room, letting you feel as much presence as if you were watching a movie in a popular Dolby Stereo theater.

■ **Dolby Digital or DTS + 3 digital sound fields**

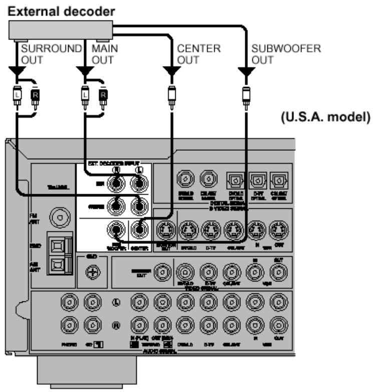


Digital sound fields are created in the presence zone and independently on the left and right surround zones of the Dolby Digital-decoded or DTS-decoded sound field. They create a wide acoustic environment and strong surround effect in the room without losing high channel separation. With the wide dynamic range of Dolby Digital or DTS sound, this sound field combination lets you feel as if you were watching a movie in the newest Dolby Digital theater or DTS-installed theater. This is the most ideal home theater sound at the present time.

"Klangfeldprogramme":

- künstlich erzeugte Raumakustik, z.B. Nachhall
- Presets für "enhanced Dolby", "movie theater", "disco", ...
- wie Stereo-Basisverbreiterung / Super-Bass / etc.

RX-596: External Decoder



This unit has additional 6-channel audio signal input terminals for connecting an external decoder to this unit. Connect the 6-channel audio signal output terminals of the decoder to the EXTERNAL DECODER INPUT terminals of this unit.

Notes

- When a source connected to these terminals is selected, the digital sound field processor cannot be used.
- The settings of "CENTER SP", "REAR SP", "MAIN SP" and "BASS OUT" on the SET MENU have no effect on a source connected to these terminals. The setting of "MAIN LVL" is effective. (Refer to pages 36 and 37 for details.)
- Adjustment of the output level of the center speaker, rear speakers and subwoofer is effective when a source connected to these terminals is selected as the input source. (Refer to page 39 for details.)

Direct Sound: Übersicht

DirectSound: www.microsoft.com/directx/

- Microsoft API zur Audioverarbeitung
- als Ersatz für direkte SB16 Registerprogrammierung
- Abspielen und Mischen von beliebig vielen .wav Quellen
- automatische Verwaltung der benötigten Puffer

- erkennt und benutzt vorhandene Hardware-Funktionen
- Hardware-Emulation in Software, wenn notwendig
- automatische Samplerate-Konvertierung
- 3D-Funktionen inklusive HRTF
- (bisher nur) ein (Stereo-) Ausgang

- entwickelt hauptsächlich für Spiele
- für "Profi"-Anwendungen (Tonstudios) weniger geeignet
- MIDI-Funktionen mittlerweile (DX7) über DirectMusic

Direct Sound: Prinzip

- basiert auf Microsoft's COM Objektmodell
- Objektbasiert, aber Zugriff über "nacktes" C
- Gerätehersteller liefert die notwendigen low-level Treiber

- DirectSound-Applikation:
    - DirectSound-Objekt anlegen
    - gewünschte Hardwaregeräte auswählen
    - Lautsprecherkonfiguration auswählen (Aufstellwinkel)
    - benötigte Soundpuffer anlegen
    - WAV-Daten in die Soundpuffer schreiben

    - Mischen und Ausgabe wird von DirectSound erledigt

DirectSound: HW vs. SW

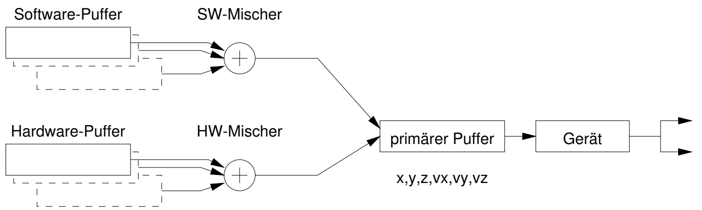
- DirectSoundEnumerate() liefert Liste aller Audiogeräte
- inklusive der unterstützten Funktionen
- Anwendung wählt ein Gerät für den primären Puffer aus

- Abspielen der .wav-Daten
- Streaming (kleine Puffer für große Dateien), Daten werden blockweise nachgeladen
- Sampleratenkonvertierung
- Mischen der Daten

- Umschaltung und Kooperation zwischen mehreren Apps.

- optional 3D Funktionen
- nicht von HW unterstützte Funktionen werden in SW emuliert

DirectSound: Mixer



primärer Puffer

- Abstraktion des "Hörers"
- Samplerate, Wortbreite, optional Position und Richtung
- je ein primärer Puffer pro Audiogerät (Soundkarte)

sekundäre Puffer

- Abstraktion einer Schallquelle
- Samplerate, Wortbreite, Position, Richtung, Schallkegel
- beliebig viele sekundäre Puffer, notfalls in Software

DirectSound: IDirectSound3DListener

```
//
// IDirectSound3DListener
//

DEFINE_GUID(IID_IDirectSound3DListener, 0x279AFA84, 0x4981, 0x11CE,
            0xA5, 0x21, 0x00, 0x20, 0xAF, 0x0B, 0xE5, 0x60);

DECLARE_INTERFACE_(IDirectSound3DListener, IUnknown)
{
    // IUnknown methods
    STDMETHOD(QueryInterface)           (THIS_ REFIID, LPVOID *) PURE;
    STDMETHOD_(ULONG,AddRef)            (THIS) PURE;
    STDMETHOD_(ULONG,Release)           (THIS) PURE;

    // IDirectSound3DListener methods
    STDMETHOD(GetAllParameters)         (THIS_ LPDS3DLISTENER) PURE;
    STDMETHOD(GetDistanceFactor)        (THIS_ LPD3DVALUE) PURE;
    STDMETHOD(GetDopplerFactor)         (THIS_ LPD3DVALUE) PURE;
    STDMETHOD(GetOrientation)           (THIS_ LPD3DVECTOR, LPD3DVECTOR) PURE;
    STDMETHOD(GetPosition)              (THIS_ LPD3DVECTOR) PURE;
    STDMETHOD(GetRolloffFactor)         (THIS_ LPD3DVALUE) PURE;
    STDMETHOD(GetVelocity)              (THIS_ LPD3DVECTOR) PURE;
    STDMETHOD(SetAllParameters)         (THIS_ LPCDS3DLISTENER, DWORD) PURE;
    STDMETHOD(SetDistanceFactor)        (THIS_ D3DVALUE, DWORD) PURE;
    STDMETHOD(SetDopplerFactor)         (THIS_ D3DVALUE, DWORD) PURE;
    STDMETHOD(SetOrientation)           (THIS_ D3DVALUE, D3DVALUE, D3DVALUE, D3DVALUE,
                                         D3DVALUE, D3DVALUE, DWORD) PURE;
    STDMETHOD(SetPosition)              (THIS_ D3DVALUE, D3DVALUE, D3DVALUE, DWORD);
    STDMETHOD(SetRolloffFactor)         (THIS_ D3DVALUE, DWORD) PURE;
    STDMETHOD(SetVelocity)              (THIS_ D3DVALUE, D3DVALUE, D3DVALUE, DWORD);
    STDMETHOD(CommitDeferredSettings)   (THIS) PURE;
};
```

DirectSound: IDirectSound3DBuffer

```
// IDirectSound3DBuffer
//
DEFINE_GUID(IID_IDirectSound3DBuffer, 0x279AFA86, 0x4981, 0x11CE,
            0xA5, 0x21, 0x00, 0x20, 0xAF, 0x0B, 0xE5, 0x60);

DECLARE_INTERFACE_(IDirectSound3DBuffer, IUnknown)
{
    // IUnknown methods
    STDMETHOD(QueryInterface)       (THIS_ REFIID, LPVOID *) PURE;
    STDMETHOD_(ULONG,AddRef)        (THIS) PURE;
    STDMETHOD_(ULONG,Release)       (THIS) PURE;

    // IDirectSound3DBuffer methods
    STDMETHOD(GetAllParameters)     (THIS_ LPDS3DBUFFER) PURE;
    STDMETHOD(GetConeAngles)        (THIS_ LPDWORD, LPDWORD) PURE;
    STDMETHOD(GetConeOrientation)   (THIS_ LPD3DVECTOR) PURE;
    STDMETHOD(GetConeOutsideVolume) (THIS_ LPLONG) PURE;
    STDMETHOD(GetMaxDistance)       (THIS_ LPD3DVALUE) PURE;
    STDMETHOD(GetMinDistance)       (THIS_ LPD3DVALUE) PURE;
    STDMETHOD(GetMode)              (THIS_ LPDWORD) PURE;
    STDMETHOD(GetPosition)          (THIS_ LPD3DVECTOR) PURE;
    STDMETHOD(GetVelocity)          (THIS_ LPD3DVECTOR) PURE;
    STDMETHOD(SetAllParameters)     (THIS_ LPCDS3DBUFFER, DWORD) PURE;
    STDMETHOD(SetConeAngles)        (THIS_ DWORD, DWORD, DWORD) PURE;
    STDMETHOD(SetConeOrientation)   (THIS_ D3DVALUE, D3DVALUE, D3DVALUE, DWORD) PURE;
    STDMETHOD(SetConeOutsideVolume) (THIS_ LONG, DWORD) PURE;
    STDMETHOD(SetMaxDistance)       (THIS_ D3DVALUE, DWORD) PURE;
    STDMETHOD(SetMinDistance)       (THIS_ D3DVALUE, DWORD) PURE;
    STDMETHOD(SetMode)              (THIS_ DWORD, DWORD) PURE;
    STDMETHOD(SetPosition)          (THIS_ D3DVALUE, D3DVALUE, D3DVALUE, DWORD) ;
    STDMETHOD(SetVelocity)          (THIS_ D3DVALUE, D3DVALUE, D3DVALUE, DWORD) ;
};
```


DirectSound: 3D-Effekte

Basisfunktionen:

- Position, Geschwindigkeit, Ausrichtung des Hörers
- Position, Geschwindigkiet, Ausrichtung der Schallquelle(n)
- Schallkegel einer Schallquelle

berechnete Effekte:

- Dämpfung (rolloff): Abstand zwischen Quelle und Hörer
- Dopplereffekt: relative Geschwindigkeit Quelle vs. Hörer
  muß explizit gesetzt werden
  (wird nicht aus dX(x,y,z)/dt berechnet)

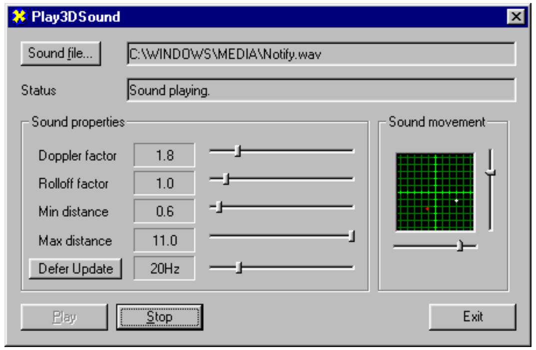
- Lautsprecherkonfiguration
- HRTF wenn in HW vorhanden, nicht emuliert

DirectSound: Codebeispiel

```
VOID SetParameters( FLOAT fDopplerFactor, FLOAT fRolloffFactor,
                    FLOAT fMinDistance,   FLOAT fMaxDistance )
{
    // Every change to 3-D sound buffer and listener settings causes
    // DirectSound to remix, at the expense of CPU cycles.
    // To minimize the performance impact of changing 3-D settings,
    // use the DS3D_DEFERRED flag in the dwApply parameter of any of
    // the IDirectSound3DListener or IDirectSound3DBuffer methods that
    // change 3-D settings.
    // Then call the IDirectSound3DListener::CommitDeferredSettings
    // method to execute all of the deferred commands at once.
    DWORD dwApplyFlag = ( g_bDeferSettings ) ? DS3D_DEFERRED : DS3D_IMMEDIATE;

    g_dsListenerParams.flDopplerFactor = fDopplerFactor;
    g_dsListenerParams.flRolloffFactor = fRolloffFactor;

    if( g_pDSListener )
        g_pDSListener->SetAllParameters( &g_dsListenerParams, dwApplyFlag );

    g_dsBufferParams.flMinDistance = fMinDistance;
    g_dsBufferParams.flMaxDistance = fMaxDistance;

    if( g_pDS3DBuffer )
        g_pDS3DBuffer->SetAllParameters( &g_dsBufferParams, dwApplyFlag );
}
```

- OOP: Objekte initialisieren, Elementfunktionen aufrufen

DirectSound: DX7 SDK Demo



- Beispiel für eine "minimale" DirectSound3D-App.
- lädt und spielt eine .wav-Datei ab
- Effekte interaktiv einstellbar

DirectSound: typ. 3D-Shooter

[counter-strike]

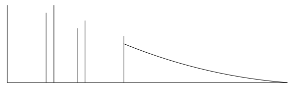
- 3D-Listenerobjekt für den Spieler
- 3D-Schallquellen für jeden Gegner (Schritte, Waffen, Gespräche)
- Schallquellen für die Umgebung (Türen, Fabrikgeräusche, usw.)
- Schallquellen für Waffen und Exposionen

EAX: Konzept

- Reflektierter Schall maßgeblich für Raumempfindung
- Raumgröße, Art des Raums, Material der Wände, ...
- auch rein akustisch: "im Dunkeln"

- weitgehend einstellbar über Hall-Parameter:

  Verzögerung, Intensität der frühen Reflektionen
  Dichte, Spektrum, Dauer der Hallfahne



- Presets für typische Situationen
- individuell einstellbare Parameter zur Feinkontrolle

EAX

Creative Labs "Environmental Audio Extensions":

- Erweiterung für DirectSound
- über neue IDirectSound-SubInterfaces
- nutzt Hardware (z.B. Soundblaster live!) oder Software

- Einstellung von Echo- und Halleffekten
  - global für den primären Audiopuffer
  - oder für einzelne DirectSound Sources
  - HW-Unterstützung für occlusion / obstruction

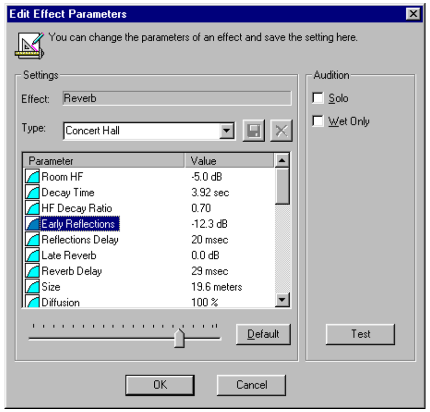
- modelliert die akustische Umgebung
- entscheidende Verbesserung der Audioqualität
- diverse Presets, z.B. "concert hall" oder "bathroom"

EAX: Einbindung in DirectSound

- DirectSound-API unterstützt "property sets"
- Anwendung kann die Attribute abfragen und setzen
- EAX als zusätzliche Attribute für IDirectSound:

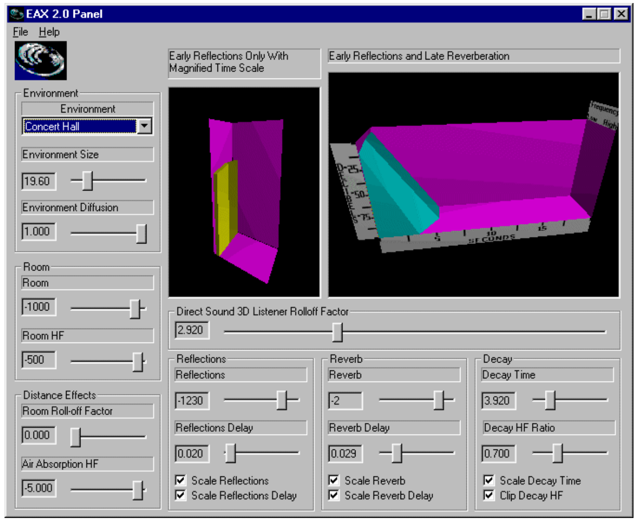
```
... // declarations omitted
EAXDirectSoundCreate( NULL, &pDirectSoundObj, NULL );
pDirectSoundObj->SetCooperativeLevel( hWnd, DSSCL_EXCLUSIVE );
pDirectSoundObj->CreateSoundBUffer( &desc, &pPrimaryBuf, NULL );
pPrimaryBuf->QueryInterface( IID_IDirectSound3DListener, &pListener );
pDirectSoundObj->CreateSoundBuffer( &desc, &pSecondaryBuf[i], NULL );
pSeconaryBuf->QueryInterface( IID_IDirectSound3DBuffer, &p3DBuf[i] );
...
p3DBuf[0]->QueryInterface( IID_IKsPropertySet, &pEAXListener );
p3DBuf[i]->QueryInterface( IID_IKsPropertySet, &pEAXSounrce[i] );
...
LONG Reverb = -600;
pEAXListener->Set( DSPROPSETID_EAX_ListenerProperties,
    DSPROPERTY_EAXLISTENER_REVERB | DSPROPERTY_EAXLISTENER_DEFERRED,
    NULL, 0, &Room, sizeof(LONG) );
...
```

EAX: Sblive Hall-Parameter



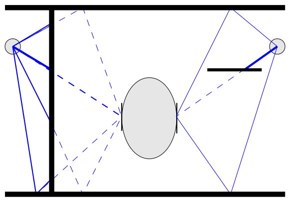
- Vielfalt vergleichbar mit professionellen Hallgeräten
- geeignete Presets für viele Apps. und Spiele

EAX: SDK Demo



EAX: "obstruction"

obstruction:



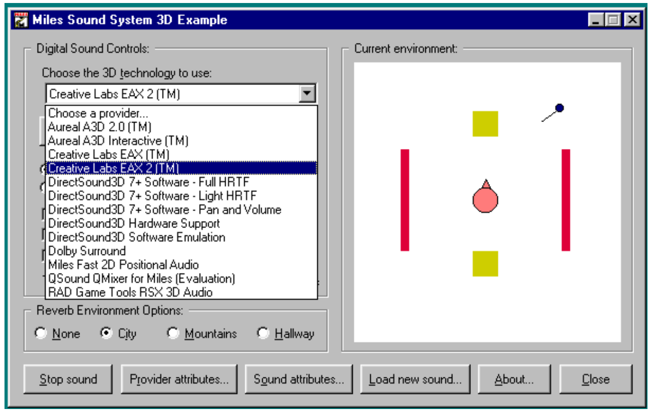
- Quelle hinter Hindernis im selben Raum
- direkter Schall ist gedämpft
- indirekter Schall unverändert

occlusion:

- Schallquelle hinter einer Wand in separatem Raum
- Dämpfung entsprechend Wanddicke und Material
- sowohl direkter als indirekter Schall sind gedämpft

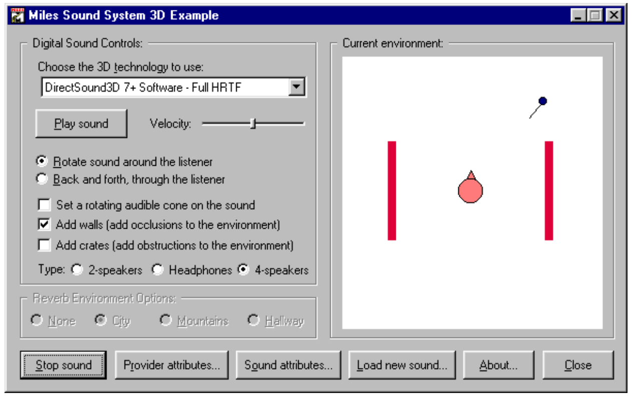
- Realisierung über Tiefpaßfilterung
- quantitativ in: IASIG "interactive 3D audio rendering guidelines"

Miles Sound System: 3D Provider



- www.smacker.com/mss3d.htm, erlaubt Vergleich der Verfahren:
- DirectSound / A3D / EAX / RSX / ...

Miles Sound System: DirectSound + HRTF



- generische HRTF, am besten via Kopfhörer
- Obstruktion ja, aber keine Reverb-Effekte

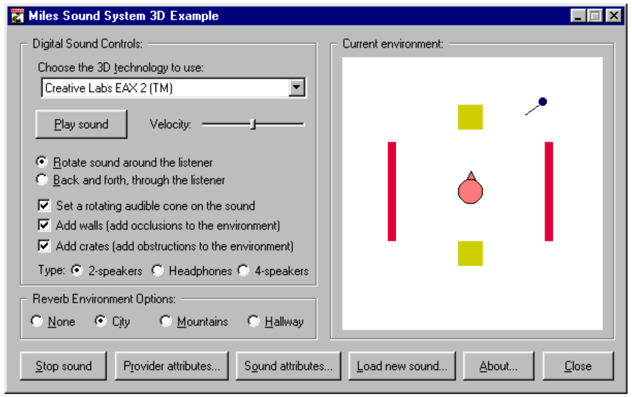
OpenAL

OpenAL: the "open audio library"

- [...] joint effort — derzeit: Creative Labs, Loki Interactive
- vendor-neutral — portabler Code
- cross-platform — derzeit: BEOS, Mac, Linux, Windows
- open API — open source, LGPL
- for interactive, primarily spatialized audio

- Spezifikation für OpenAL 1.0 im September 2000
- erster Code und CVS unter www.openal.org bzw. cvs.lokigames.com

Miles Sound System: EAX 2.0



- voller Funktionsumfang von DirectSound
- plus Effekte der Sblive!, inklusive Reverb

3D-Audio: Status, Ende 2000

- 3D Musikaufnahmen bisher kaum erhältlich
- SACD und DVD-Audio gerade in der Markteinführung
- Musikaufnahmen zunehmend als "Videoclips" mit AC3-Ton

- Mehrkanalton im Kino unverzichtbar
- auch auf DVDs
- Formate: Dolby Digital, DTS, MPEG-2

- Mehrkanal-Soundkarten etabliert
- z.B. Sblive 5.1 (6 analoge Ausgänge)

- 3D APIs verfügbar
- insbesondere DirectSound + EAX
- für 2 oder 4 Lautsprecher oder Kopfhörer