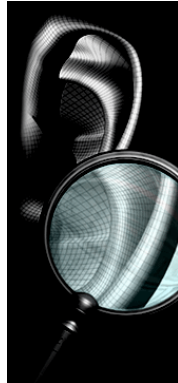


Audio: Agenda

- Einführung
- digitale Signalverarbeitung

- Audiowiedergabe
- AC97 / AMR
- virtuelle Studios

- DirectSound | ALSA
- 3D-Audio



PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

Leerseite

PC-Technologie

Leerseite

PC-Technologie

Leerseite

PC-Technologie

Audio: Anwendungen

Wozu PC-Audio?

- | | |
|---|-----------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Musik/Videos abspielen • Sprachausgabe / -eingabe | CD, DVD MP3, AC3, MD, ... |
| <ul style="list-style-type: none"> • Streaming-Media, Telephonie • Modem-Funktionen | RA & Co
AC97, AMR, CMR |
| <ul style="list-style-type: none"> • Musikaufnahme / -produktion • Musikinstrument, Synthesizer | virtuelle Studios |
| <ul style="list-style-type: none"> • 3D-Audio für virtual reality | Spiele, VR-Anwendungen |
- => höchst unterschiedliche Anforderungen
Bandbreite/Rechenleistungen von KB/s bis GB/s

PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

Audio: Trends

- Moore's Law: Rechenleistung steigt 50% / Jahr:
 - immer bessere DSP-Algorithmen
- => Ersetzen externer HW-Geräte durch SW
AC97-Codec statt Soundkarte
- => Highend-Soundkarte statt Tonstudio
low-cost HD-Recording
virtuelle Tonstudios, volle Audio/MIDI-Integration
- => völlig neue Möglichkeiten
bessere Tonqualität (24 bit, 96 KHz), Surround 5.1, etc.
3D-Audio statt Stereo oder 5.1
Echtzeitmanipulation von Audiodaten
(z.B. Autotune zur Gesangskorrektur)



PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

Sie sehen gut aus, aber Ihr Gesang ist lausig?

ANTARES AutoTune und ATR-1: Perfekter Gesang aus der Box

Sie sehen gut aus, aber Ihr Gesang ist lausig? Kein Problem, denn mit ANTARES Auto Tune als Software oder dem ATR-1 Hardwarerack wird Ihre Aufnahme trotzdem perfekt!

- 19" Gehäuse
- Datenformat 20 bit linear, 56 bit intern
- Samplingfrequenz 46,875 kHz
- AD-Wandlung 20 bit (103 dB Dynamic Range)
- DA-Wandlung 24 bit (105 dB Dynamic Range)
- liveTauglich durch MIDI-Steuerung
- Inputs und Outputs:
XLR symmetrisch,
Klinke symmetrisch/unsymmetrisch
- Display: 2 x 20 Zeichen LCD,
Korrektur-Indikator 10 x LED,
Input-Level 6 x LED

Softwareversionen erhältlich für:
• Stand alone, TDM und VST für Mac
• DirectX für IBM-kompatible PCs

DM 1.998,-
unverändliche Preissampfobung

hy per act ive

ANTARES
REALLY COOL STUFF FOR MAKING MUSIC

Hyperactive
Audioteknik
GmbH
Silberbachstraße 9
85272 Tumbasheim
Tel. (0 81 28) 98 23 27
Fax (0 81 28) 98 23 28
hyperactive@t-online.de
Mitglied im VVM e.V.
Fördermitglied des VOT

[Echtzeitkorrektur von Gesang / Instrumenten, seit Q1/1999]

PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

Audio: Literatur

- | | |
|---|---|
| developer.creative.com | (Soundblaster Infos, EAX Specs und SDK) |
| developer.intel.com/design/idf/ | (Intel Developer Forum 2000, AC97/3D Audio) |
| developer.intel.com/ial/scalableplatforms/audio | (Intel Audio roadmap, AC97 und AMR specs) |
| www.microsoft.com/directx | (Microsoft DirectX homepage und download) |
| www.opensound.com | (Linux Opensound Treiber) |
| www.alsa-project.org | (Advanced Linux Sound Architecture) |
| www.sensaura.com | (Sensaura 3D Audio) |
| www.dolby.com | (Dolby Labs, AC3 specs usw.) |
- diverse c't Artikel
- Bargen, Donnelly: Inside DirectX, Microsoft Press, 1998
- Savell: EMU10K1 digital audio processor, IEEE Micro 02/1999
- Zeitschriften Keyboards, Keys, ...

PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

Audio: typische Datenformate

- Beispiele für verbreitete Formate (ohne Kompression):

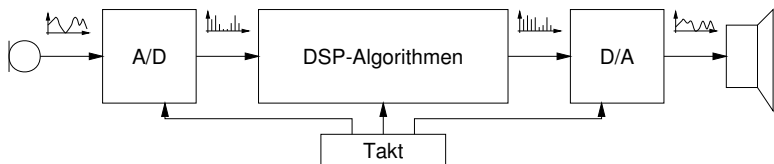
Sun .au:	8 KHz, 8 bit, mono	8 KB/s
CD-DA:	44.1 KHz, 16 bit, stereo	176 KB/s
ADAT:	48 KHz, 16 bit, 8 Kanäle (4 stereo)	768 KB/s

- für DVDs:

	PCM	Dolby Digital	MPEG-Audio	DTS	SDDS
Verfahren	linear	AC3	MP1L3, MP2L2	APT	ATRAC
Sample-frequenz	44.1K, 48K, 96K	48K	48K	48K	48K
Datenrate bis	6 Mb/s	448 Kb/s	640 Kb/s	768 Kb/s	1.28 Mb/s
Kanäle	8	5.1	7.1	7.1	5.1
DVD-Player					
PAL	ja	ja	MPEG1	optional	optional
NTSC	ja	ja	optional	optional	optional

PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

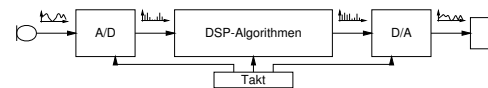
Prinzip digitaler Signalverarbeitung



- analoge Eingangssignale (zeit- / wert-kontinuierlich)
 - analog/digital-Wandlung (zeit- / wert-diskret)
 - digitale, diskrete Verarbeitung
 - digital/analog-Wandlung (Tiefpaßfilter)
 - analoge Ausgangssignale (zeit- / wert-kontinuierlich)
- Nyquist-Theorem für Abtastrate
 - Hörbereich bis ca. 20 KHz (=> >40 KHz Abtastrate)

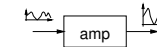
PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

DSP: Verstärker, Mixer



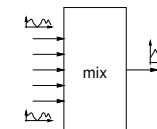
- digitaler Verstärker

```
output[t] = input[t] * gain;
```



- digitaler Mixer:

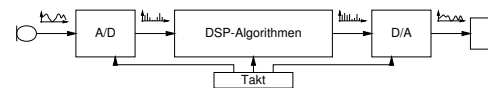
```
output[t] = 0.0;
for( int i=0; i < n_inputs; i++) {
    output[t] += input[i][t] * gain[i];
}
```



- viele MAC-Operationen (multiply-accumulate)
- Overflow beachten, saturation arithmetic

PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

DSP: Echo, Hall, und mehr



- Verzögerung: auf alte Abtastwerte zurückgreifen

```
delay[t] = input[t]*gain + input [t-t2]*gain2;
```

- Rekursion möglich: Echo, Hall

```
hall[t] = input[t]*gain + hall[t-t2]*gain2;
```

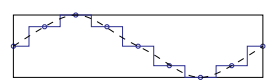
- Algorithmen für viele Anwendungen: Verzögerung, Echo, Hall, Overdrive, Verzerrung, ... Filter, Formatfilter, Tonhöhenänderung, Tempoänderung, ...

PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

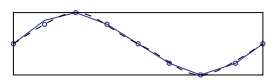
DSP: Sampling

- Sampling: Abtastwerte abspeichern

```
sample[t] = input[t];
```

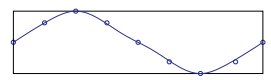


- Samples direkt abspielbar (CD, Spiele)



- "Wavetable"-Synthesizer:

```
output[t] = sample[t*pitch]
            interpolate( sample[] )
            filter( interpolate( sample[] ) )
            effects( filter( interpolate( sample[] ) ) )
```



Interpolation: nearest / linear / splines / ...

Audio: Soundblaster

- erste verbreitete Soundkarte, ISA-Bus, 8-bit D/A
- spätere Erweiterungen: 16-bit, OPL3, MPU401, ...
- keine API, direkte Registerzugriffe
- belegt sehr viele ISA-Ressourcen (bis 2 IRQ, 2 DMA, Ports)
- aber de-facto Standard
- Kompatibilität wird auch in AC97 Spec noch gefordert
- stirbt (mit DOS-Spielen) langsam aus

(leider bisher keine Abbildung gefunden)

Audio: AC 97

AC97: Intel Vorschlag für PC-Audio

- zwei Chips: Controller (digital) und Codec (analog)
- Analog-Codec klein und billig, Gehäuse definiert
- AC-Link Interface zwischen Controller und bis zu vier Codecs
- 16-bit stereo, full duplex, 48 KHz Abtastrate
- Rauschabstand: S/N besser als 90 dB
- vier Stereoeingänge (CD, Video, Line In, Aux)
- zwei Mikrophoneingänge
- Stereoausgang, zusätzlich Monoausgang für PC-Lautsprecher
- Power-Management
- optional bis 20 bit Auflösung
- optional Klangregelung, Loudness, 3D-Basisverbreiterung
- optional Kopfhörerausgang

Audio: AC 97 Architektur

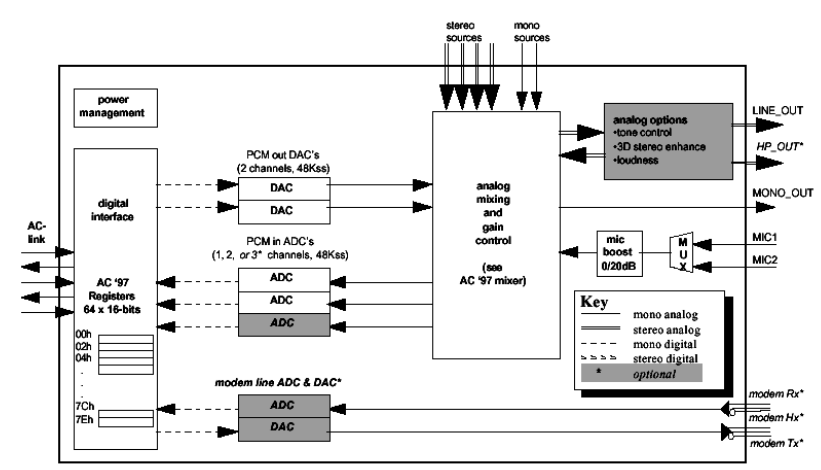
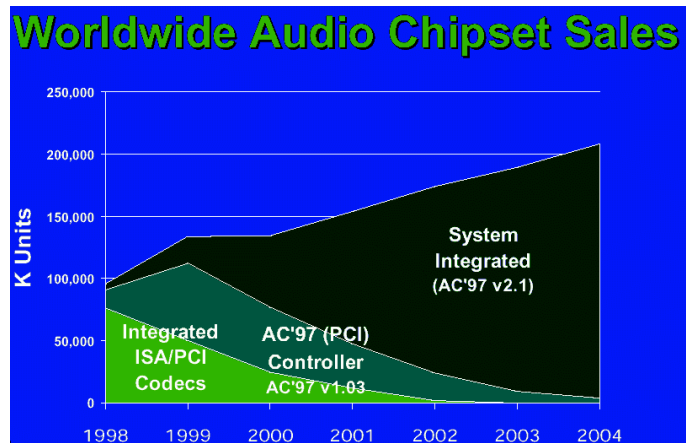


Figure 1. AC '97 1.0 Block Diagram

Audio: AC 97



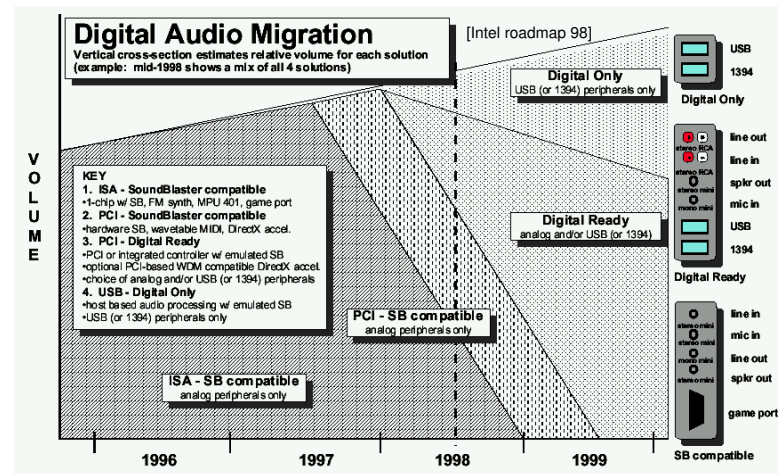
- externe Soundkarten sterben aus [IDF 2000]

Audio: Intel Roadmap

Audio '98 Roadmap:

- Hardware:
Audio-Controller Funktionen im Chipsatz
analoger Codec durch USB/1394 Geräte ersetzt
- Software:
weitere DirectSound Funktionen
Hardwarebeschleunigung für Mixer, Synth, 3D
Verzicht auf Soundblaster-Kompatibilität

Audio: Digital Audio Migration



- Verspätung: bisher (Q2/2000) kaum rein digitale Systeme

virtuelles Studio: Konzept

virtuelles Studio

- Mikrophone
- AD-Wandler mit Verstärker
- SW-Sampler/Synthesizer
- SW-Mischpult
- SW-"Plugins"
- Festplatten (HD-Recording)
- Einstellungen:
SW-Patchfelder / MIDI
reproduzierbar (total recall)
speicherbar und automatisierbar
- Cubase / Logic / ProTools / . . .

herkömmliches Studio

- Mikrophone
- Vorverstärker
- Sampler/Synthesizer
- Mischpult
- Effektgeräte
- Tonbandmaschine
- Patchkabel / via MIDI
- nicht reproduzierbar
- nicht speicherbar

virtuelles Studio: Emagic Werbung



PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

virtuelles Studio: HD-Recording

Tonaufnahme direkt auf Festplatte:

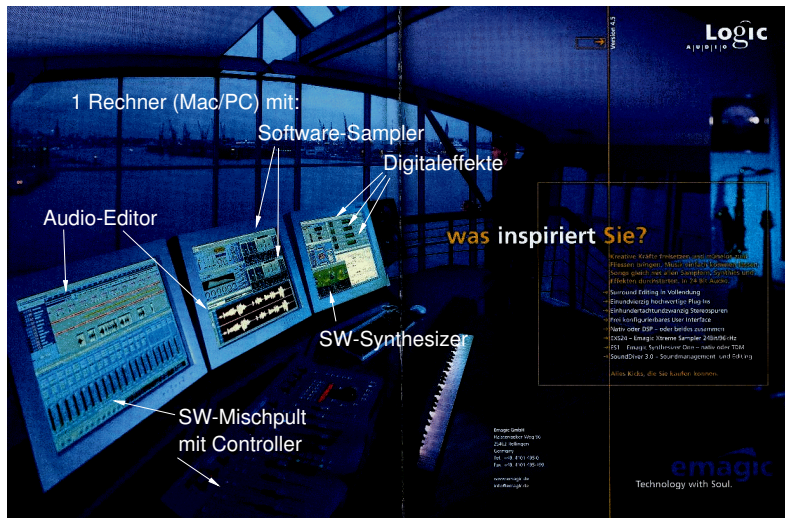
- 16 bit, 48 KHz: ~ 100 KB/s pro Spur
- HD-Dauertransferrate ~ 5 .. 10 MB/s
- HD-Kapazität ~ 10 .. 20 GB

- => 50 .. 100 Tonspuren pro Platte
- => Aufzeichnungsdauer ~ 4000 Sekunden (50 Spuren)
- ~ 5 Stunden (10 Spuren)

- geringere Kosten als Magnetbänder (!)
- direkter Zugriff, kein Umspulen
- nichtlineare Aufzeichnung, einfaches Editieren
- Mixdown auf DAT / direkt auf CDR

PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

virtuelles Studio: Emagic Werbung



PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

virtuelles Studio: Steinberg VST-2

Steinberg VST2:

[www.steinberg.de]

- Schnittstelle zwischen virtuellen Geräten
- Audio- und MIDI-Funktionen, samplegenau
- Integration in Cubase / andere Hostapplikationen
- realisiert als C++ Basisklasse, implementiert für PC/Mac/SGI
- 32-bit Gleitkomma für alle Datenoperationen
- ISSE-Optimierung
- zusätzliche GUI-Wrapper für Oberfläche der Plugins
- minimaler Overhead, optimale Performance
- als Standard etabliert

siehe Beispiel:

PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

virtuelles Studio: VST-2 Plugin

```
#include "AGain.hh"

AGain::AGain( audioMasterCallback audioMaster )
    : AudioEffectX( audioMaster, 1, 1 ) // 1 program, 1 parameter
{
    fGain = 1.0;           // default gain 0 dB
    setNumInputs( 2 );    // stereo in
    setNumOutputs( 2 );  // stereo out
    setUniqueID( "AGain" ); // unique name for this plugin
    canMono();           // ok to feed with input with same values
    canProcessReplacing(); // accumulate / overwrite
    strcpy( programName, "default" );
}

void AGain::setParameter( long index, float value )
{
    fGain = value;
}

...

void AGain::process( float **inputs, float **outputs, long n_samples )
{
    float *in1 = inputs[0]; float *out1 = outputs[0];
    float *in2 = inputs[1]; float *out2 = outputs[1];

    while( --n_samples >= 0 ) {
        (*out1++) += (*in1++) * fGain; // accumulating: Mixer
        (*out2++) += (*in2++) * fGain; // should use ISSE/3Dnow
    }
}

...
```

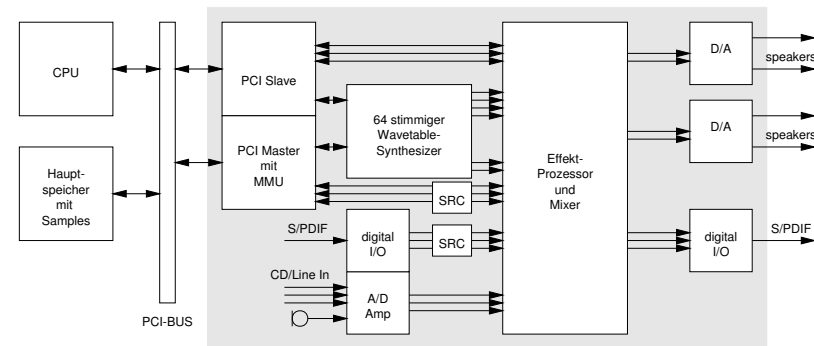
Audio: Soundblaster Live

Beispiel Soundblaster-Live:

[www.sblive.com, www.emu.com]

- state-of-the-art PC-Soundkarte
- Wiedergabe und Mixer mit 16 bit, 48 KHz
- 6 analoge Eingänge, 4 analoge Ausgänge
- S/PDIF Digitaleingang und -ausgang
- 64-stimmiger Synthesizer/Sampler (3 MIDI-Kanäle)
- reserviert (max.) halben PC-Hauptspeicher für Samples
- hochwertige Digitaleffekte
- Hardwareunterstützung für 3D-Audio
- unterstützt alle aktuellen Softwareschnittstellen
- digitaler Signalprozessor EMU10K1
- zusätzlich einige Analogbauelemente
- ca. DM 100,00 - Profi-Variante DM 1.000,00 (bessere Wandler)

Audio: Emu 10K1 Blockschaltbild



- PCI-Busmaster mit eigener MMU
- bis zu 32 MByte Samples im Hauptspeicher
- vier analoge Ausgänge, digital S/PDIF inklusive 5.1

Audio: FM-Synthese

Frequenzmodulation als Syntheseverfahren

- X.Y (Stanford, 19XX)
- "typische" Klänge, z.B. "glockige" E-Pianos
- berühmt durch Yamaha DX-7 Synthesizer
- Yamaha OPL3-Chip auf vielen Soundkarten
- oft als GM Tonerzeugung mißbraucht
- PC I/O-Mapping:

0x388	Indexregister
0x389	Datenregister

$$FM(t) = A1 * \sin(f1*t + A2 * \sin(f2*t))$$

Direct Sound: Übersicht

DirectSound:

- 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
- Sample rate conversion
- 3D-Funktionen inklusive HRTF
- (bisher nur) ein Stereo-Ausgang
- nicht für "Profi"-Applikationen geeignet

PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

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

PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

Direct Sound: Features

externe Dokumentation:

- DirectSound Dokumentation (.doc)
- DirectSound Headerdateien
- Quelltext für DirectSound Beispielprogramme

PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

Direct Sound: 3D-Audio

- internes Koordinatensystem
- DirectSound3DListener Position und Ausrichtung des Hörers
- DirectSound3DPuffer eine 3D-Schallquelle
- Abschwächen der Lautstärke als Funktion der Entfernung
- Balance links/rechts abhängig von der Richtung
- Zeitverzögerung zwischen linkem/rechtem Ohr
- Ausrichtung der Schallquellen (Ausbreitungstrichter)
- Dämpfung von Schallquellen hinter dem Hörer
- Doppler-Effekt für bewegte Schallquellen
- generische HRTF
- vollautomatisch

PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

3D-Audio: Motivation

Stereo ist Anachronismus:

- Stereoaufnahmen seit ca. 1940
- Schallplatten erlauben höchstens zwei Spuren
- Mehrspur-Magnetbänder sehr teuer
- Audio-CD "nur" stereo wegen Kompatibilität
- Kino mit Surround, aber nicht individuell

Verbesserungen:

- optimale Klangqualität inklusive Raum"staffelung"
- virtual reality, Spiele

=> 3D-Modelle der Gehörwahrnehmung notwendig

PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

3D-Audio: Physiologie

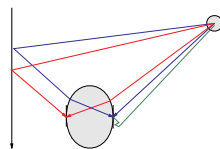
Ortung von Schallquellen:

- Lautstärkedifferenz linkes/rechtes Ohr
- Ankunftszeit linkes/rechtes Ohr
- Differenz direkter / gebrochener Schall
- Reflektion / Beugung im Außenohr
- Ortserwartungen (Hubschrauber oben vs. Hundegebell am Boden)
- Lautstärkeerwartung (tickende Uhr vs. Preßlufthammer)

=> Effekte individuell unterschiedlich

- HRTF: "Head related transfer function"
- jahrelanges Training
- Messung aufwendig: EAX/DirectSound/etc: gemittelte HRTF

=> Online-Training?! => Studien-/Diplomarbeit



PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

3D-Audio: Literatur

Details zu 3D-Audio:

- www.sensaura.com
- AD / Sensaura Präsentation Intel Developer Forum 2000
=> tech-www

PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

Leerseite

PC-Technologie

Linux:

- Linux OSS (open sound system), www.opensound.com
- Advanced Linux Sound Architecture, www.alsa-project.org
- low-level (Audio-) Treiber für viele Soundkarten
- rudimentäre Unterstützung weiterer Funktionen
- leider kaum gute Audiosoftware
- inhärente Latenzprobleme im Unix-Kernel (!)
- Streaming problematisch
- neue Betriebssysteme notwendig?! (BeOS, MidiShare: www.grame.fr)

```
"Because of non real-time character of a time-shared system
like Linux the driver offers a queue in the kernel
which is needed to prevent events to be scheduled too late.
This queue introduces big latency in event processing.
```

```
This [...] issue restricts building midi oriented applications
that can perform on-par with applications on Apple Macintoshes
and Atari ST's regarding real-time response." [ALSA Docs]
```

PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

Linux: ALSA Interfaces

ALSA-Architektur:

- Audio-Treiber als Kernel-Module
 - zentrale low-level ALSA Kernel-API
 - anwenderfreundlichere ALSA Library-API
-
- Information Interface /proc/asound
 - Control Interface /dev/snd/controlCX
 - Mixer Interface /dev/snd/mixerCXDX
 - PCM Interface /dev/snd/pcmCXDX
 - Raw MIDI Interface /dev/snd/midiCXDX
 - Sequencer Interface /dev/snd/seq
 - Timer Interface /dev/snd/timer

PC-Technologie | SS 2001 | 18.214

Leerseite

PC-Technologie

Leerseite

PC-Technologie