

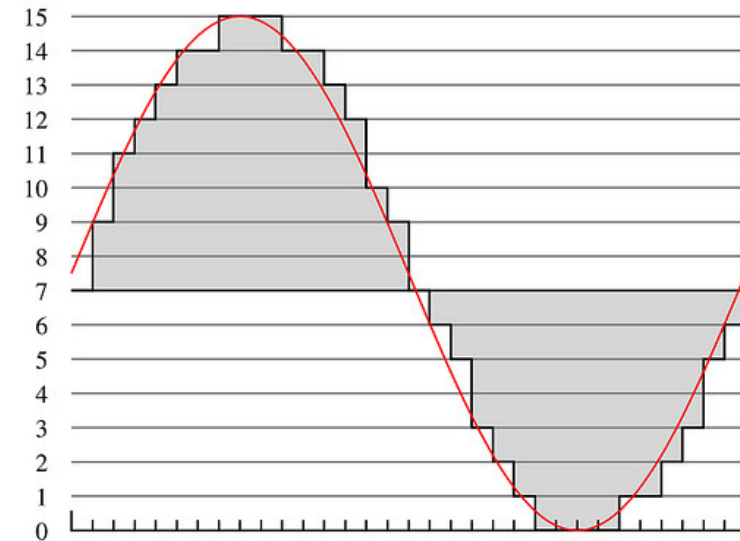
AV-Netzwerktechnik

Töne und Digitalisierung

Benny Platte



**HOCHSCHULE
MITTWEIDA**
University of Applied Sciences



hs-mittweida.de



Echtzeit-Audio/Video-Netzwerke

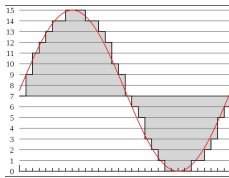
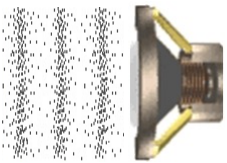
digitale
Übertragung

Töne
und deren
Digitalisierung

Grundlagen
Netzwerk-
technik



Themen



0	0	1	1	1	0	1	1	1
1	1	0	0	1	1	0	0	1
2	1	0	1	1	1	0	1	1
3	1	1	0	0	1	1	0	0
4	1	1	0	1	1	1	0	1



Schallwellen

- wie entsteht Schall
- Schalldruck, Einheit
- Umfang

Töne und deren Digitalisierung

- Quantisierungsstufen
- Bitreihenfolgen
- Samplerate
- Auflösung

Probehören mit ffmpeg und sox

- Testtöne
- Lieder mit verschiedenen Sampleraten

Kodierung von Sampledaten

- Frames, Subframes
- Metadaten und deren Unterbringung
- Beispiel CD
- Beispiel AES-3

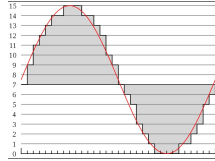
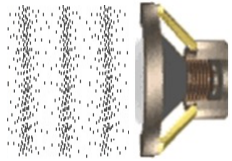
evtl: Dezibel

- warum notwendig
- Hörbereich von Menschen, Hörfläche
- Abschwächung, Faktoren
- maximaler Schalldruck





Sie können



0	0	1	1	1	0	1	1	1
1	1	0	0	1	1	0	0	1
2	1	0	1	1	1	0	1	1
3	1	1	0	0	1	1	0	0
4	1	1	0	1	1	1	0	1



Schallwellen

Beschreiben, wie der Schalldruck angegeben wird (leisestes Geräusch bei welcher Frequenz)
Den Hörumfang als Faktor angeben

Töne und deren Digitalisierung

- grob erklären, wie Töne zu Zahlen werden
- die Begriffe "Bittiefe" und "Abtastrate" erklären
- die Pulse-Code-Modulation beschreiben

Probehören mit ffmpeg und sox

- anhand der Dokumentation im Internet PCM-Formate konvertieren

Kodierung von Sampledaten

- die Kodierung von Informationen anhand von CD oder AES-3 beschreiben
- die Audio- sowie Metadatenrekonstruktion beim Empfänger grob skizzieren
- die Bitrate für unkomprimierte Übertragung bei gegebenen Parametern berechnen

Bonus: Dezibel





Fragen zu Musik

In welchen Formaten hören Sie Musik?
Mit welchen Qualitätseinstellungen?

.pcm

.flac

.alac

.dff

.aiff

.wav

.pls

.amr

.ape

.3ga

.mp3

.wma

.aac

.m4a

.ogg

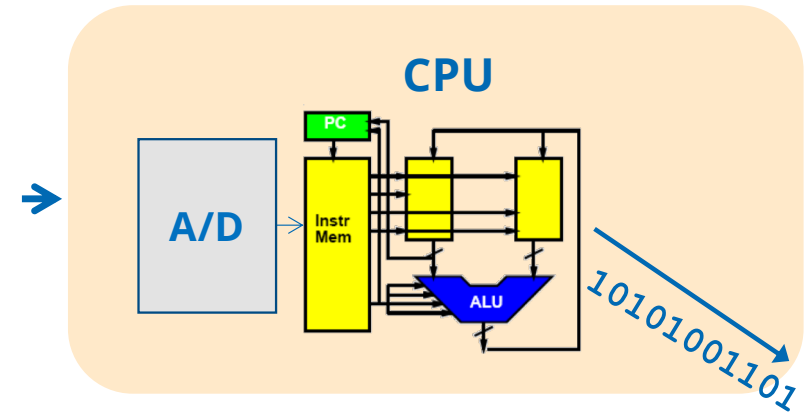
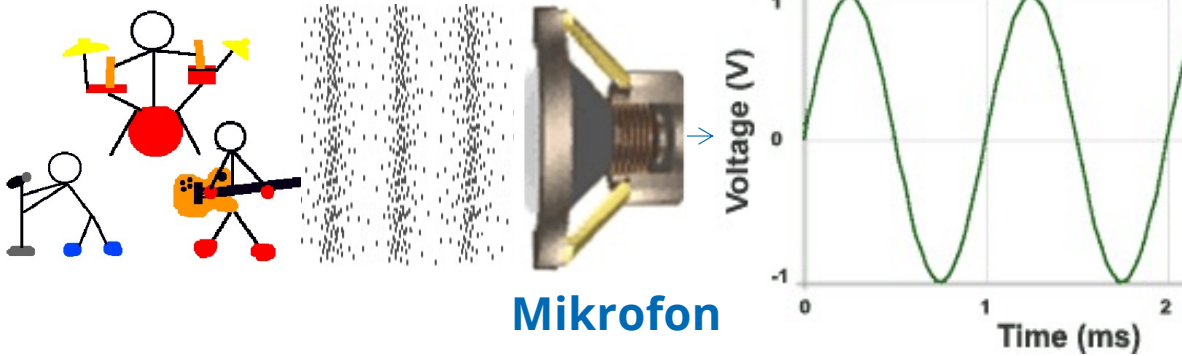
.dts

.ac3

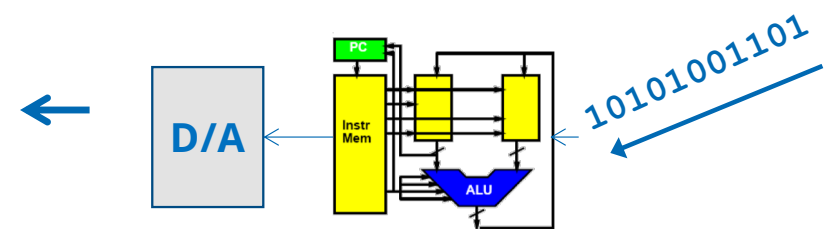
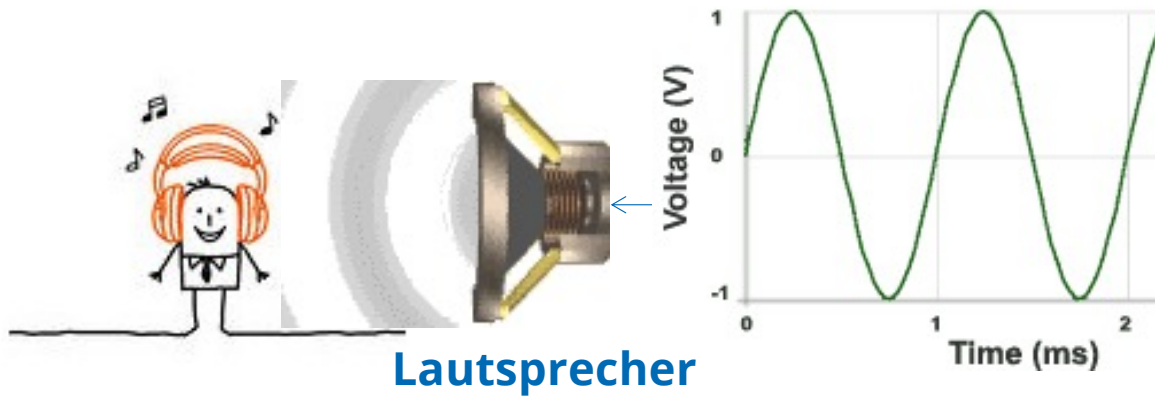




Schallwellen



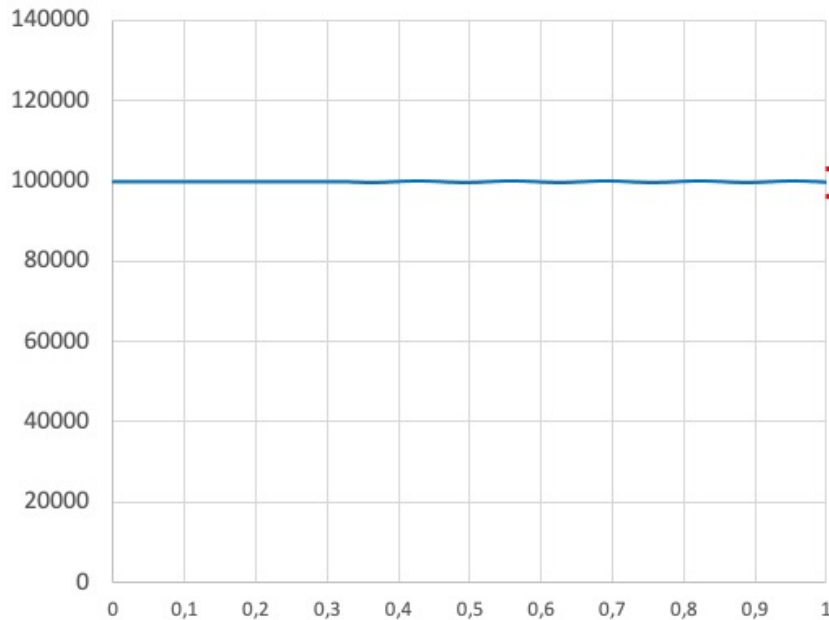
Übertragung



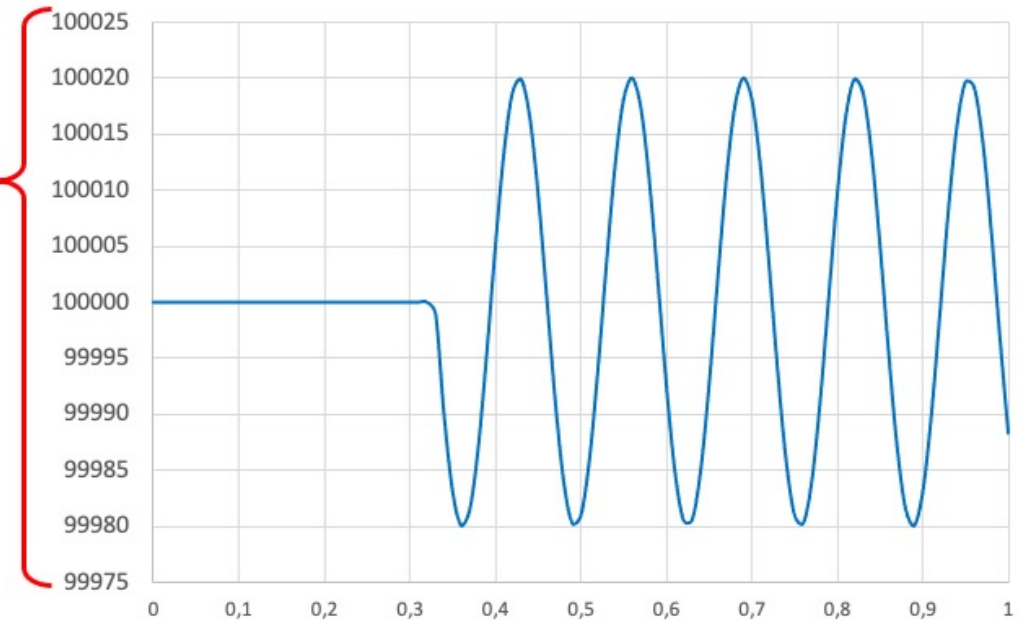


Schallwellen sind Druckschwankungen

atmosphärischer Luftdruck



überlagerte Dichteschwankung mit Schalldruck an unangenehm-Grenze.



Hörbereich

Wir messen Schalldruck in Pascal.

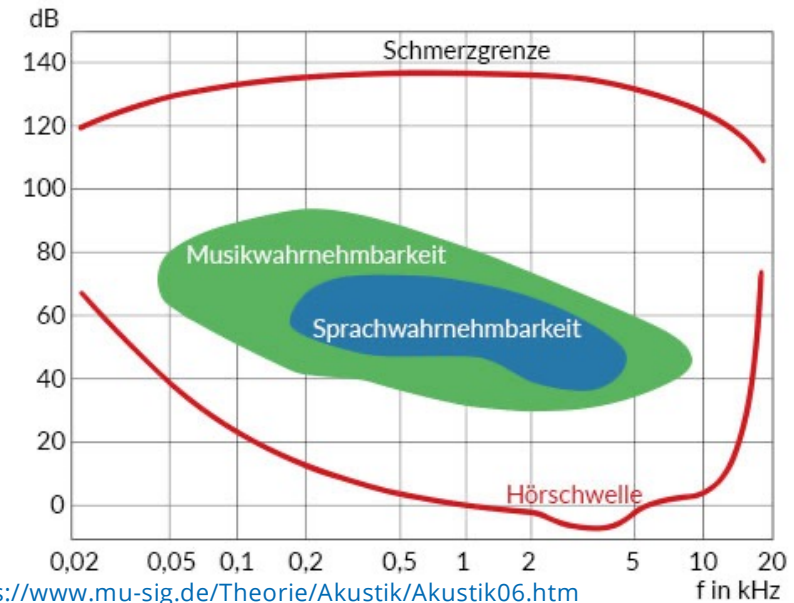
lokale Druckänderung vom Mittelwert des
Atmosphärendrucks verursacht durch eine Schallwelle

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$



Leisestes

lautestes

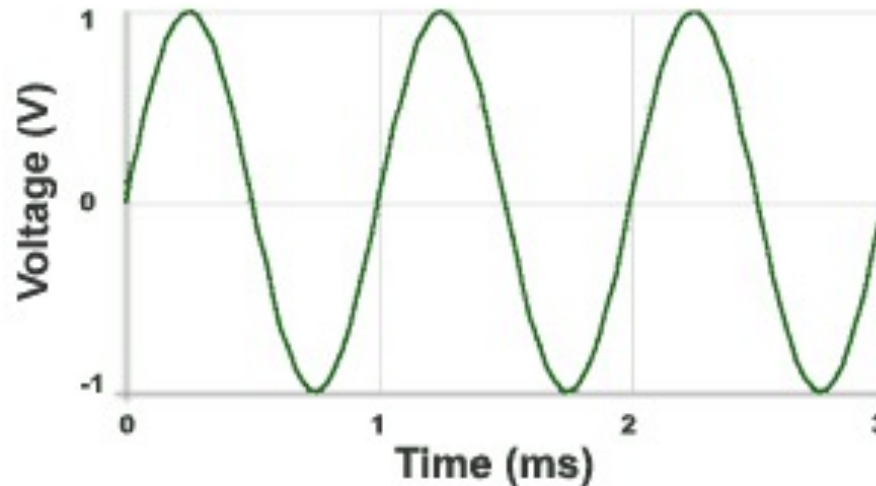
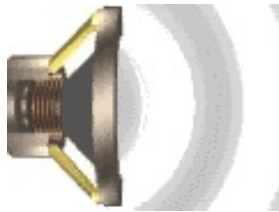




Schallwellen

Periodendauer = 1 kompletter Sinus

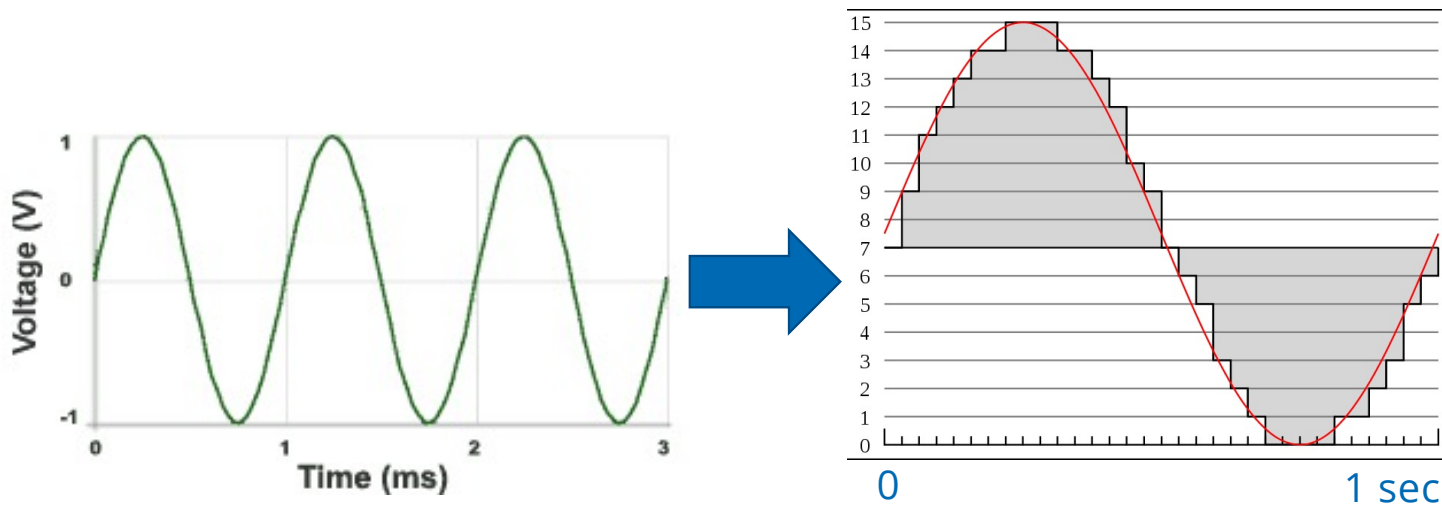
1Hz = 1 Schwingung/s



```
ffmpeg -f lavfi -i "sine=frequency=1000:duration=5" -autoexit
```



Diskretisierung in Zeit und Amplitude



Beispielbild:

16 Stufen

32 Messwerte pro Sekunde



Bit →

0	1	0	1
---	---	---	---

Speicheradresse → 0 1 2 3

Bit-Wertigkeit → 8 4 2 1

entspricht unserer
Darstellung der
Uhrzeit:

22:48:23

Stunde Sekunde
 Minute

entspricht unserer
Darstellung des
Datums:

1	0	1	0
---	---	---	---

0 1 2 3

1 2 4 8

24.02.2022

Tag Jahr
 Monat

Bit-Reihenfolge

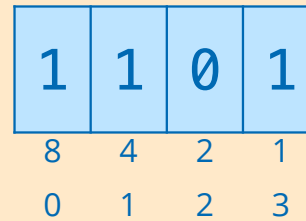
„MSB“ = „Most Significant Bit“

Speicherung



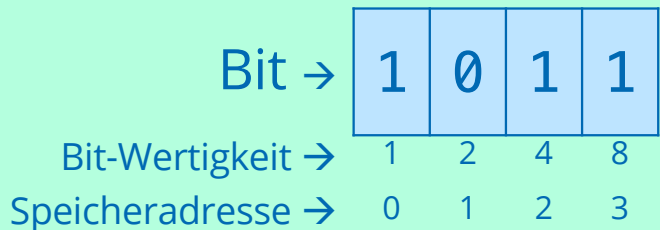
Big Endian

Transport

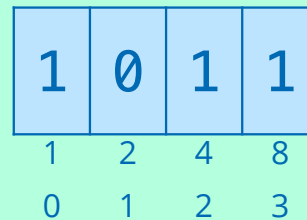


„Big Endian“
 „MSB first“
 „LSB last“

<https://en.wikipedia.org/wiki/AES3>



Little Endian



„Little Endian“
 „MSB last“
 „LSB first“

Begriffe

0	0	1	1	1
1	1	0	0	1
2	1	0	1	1
3	1	1	0	0
4	1	1	0	1
5	1	1	1	0
6	1	1	1	0
...	1	1	1	1
31	0	0	0	0

Kodierung (hier „Big Endian“)

Bit →

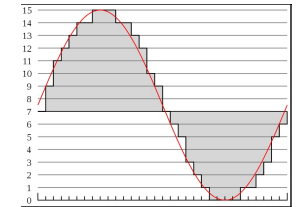
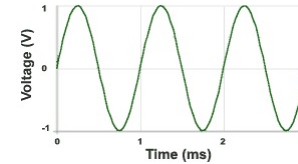
0	1	0	1
---	---	---	---

Bit-Nummer → 3 2 1 0

Bit-Wertigkeit → 8 4 2 1



<https://ffmpeg.org/>



Vorb

<http://sox.sourceforge.net/>

FFmpeg

About

News

Download

Documentation

Community

- Mailing Lists
- IRC
- Forums
- Bug Reports
- Wiki

Developers

- Source Code
- Contribute
- FATE
- Code Coverage

More

- Donate
- Hire Developers
- Contact
- Security
- Legal

FFmpeg

A complete, cross-platform solution to record, convert and stream audio and video.

SoX - Sound eXchange | Home Page Print Version | Search Site

Home Page
Features
FAQ
Documentation
Mailing Lists
Links

Project Page
Browse git

Hosted by

Welcome

Welcome to the home of SoX, the Swiss Army knife of sound processing programs.

SoX is a cross-platform (Windows, Linux, MacOS X, etc.) command line utility that can convert various formats of computer audio files in to other formats. It can also apply various effects to these sound files, and, as an added bonus, SoX can play and record audio files on most platforms.

The screen-shot to the right shows an example of SoX first being used to process some audio, then being used to play some audio files.

For the list of all file formats, device drivers, and effects supported in the latest release, [click here](#). To see the complete set of SoX documentation, [click here](#).

If you find SoX to be useful, please consider supporting the project with a donation. We can accept PayPal donations through the SourceForge donation system, although currently a SourceForge login ID (or an openID), is required. Creating a SourceForge ID takes only a few seconds—click on the Paypal logo below to make a donation.

```

$ sox track1.wav track1-processed.flac remix - norm -3 highpass 22
gain -3 rate 48k norm -3 dither

Input File : 'track1.wav'
Channels : 2
Sample Rate : 44100
Precision : 16-bit
Duration : 00:02:54.97 = 7716324 samples = 13123 CDDA sectors
Sample Encoding: 16-bit Signed Integer PCM
Endian Type : little

Output File : 'track1-processed.flac'
Channels : 1
Sample Rate : 48000
Precision : 16-bit
Duration : 00:02:54.97 = 8398720 samples " 13123 CDDA sectors
Sample Encoding: 16-bit FLAC

sox: effects chain: input 44100Hz 2 channels 16 bits (multi)
sox: effects chain: remix 44100Hz 2 channels 16 bits (multi)
sox: effects chain: norm 44100Hz 1 channels 16 bits
sox: effects chain: highpass 44100Hz 1 channels 16 bits
sox: effects chain: gain 44100Hz 1 channels 16 bits (multi)
sox: effects chain: rate 44100Hz 1 channels 16 bits
sox: effects chain: norm 48000Hz 1 channels 16 bits
sox: effects chain: dither 48000Hz 1 channels 16 bits
sox: effects chain: output 48000Hz 1 channels 16 bits (multi)

$ play *.ogg

01 - Summer's Cauldron.ogg

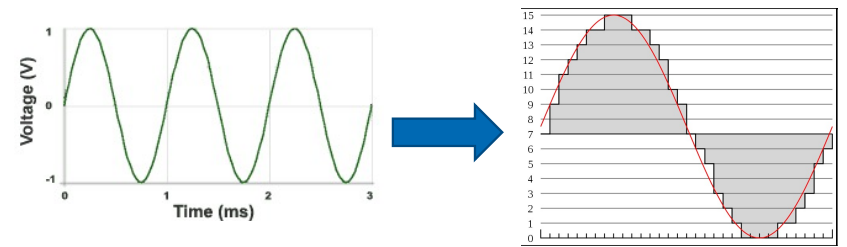
Encoding: Vorbis
Channels: 2 @ 16-bit Track: 01 of 15
Samplerate: 44100Hz Album: Skylarking
Album gain: -7.8dB Artist: NYC
Duration: 00:03:19.99 Title: Summer's Cauldron
In:20.8% 00:00:41.61 [00:02:38.38] Out:1.84H [====|=====] Clip:0

```

An example SoX session

Samplerate ändern

Dok: <https://ffmpeg.org/ffmpeg.html>



Informationen einholen

```
ffmpeg -i Daya_HideAway.mp3
```

```
Gussed Channel Layout for Input Stream #0.0 : stereo
Input #0, wav, from 'output.wav':
Duration: 00:03:12.38, bitrate: 705 kb/s
Stream #0:0: Audio: pcm_u8 ([1][0][0][0] / 0x0001), 44100 Hz, stereo, u8, 705 kb/s
```

Audio Encoder

Bitrate

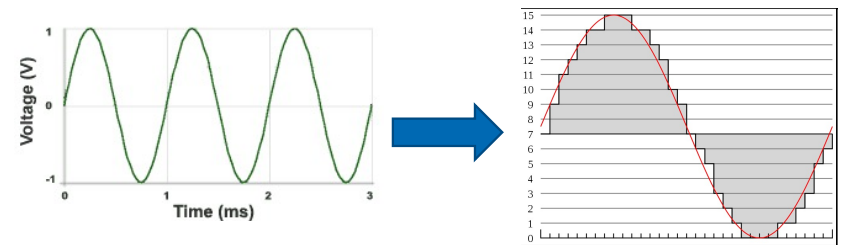
Samplerate ändern und output schreiben

```
ffmpeg -i Daya_HideAway.mp3 -ar 4000 output.wav
```



Bittiefe ändern

Dok: <https://ffmpeg.org/ffmpeg.html>



Vorb

mögliche Encoder:

```
ffmpeg -encoders
```

mögliche Sampleformate:

```
ffmpeg -sample_fmts
```

ffmpeg kodiert WAV nicht mit 8 bit

```
ffmpeg -i Daya_HideAway.mp3 -c:a pcm_s8 -ar 44100 output.wav
```

```
[wav @ 0x7f85eb812000] Codec pcm_s8 not supported in WAVE format  
Could not write header for output file #0 (incorrect codec parameters?): Function not implemented  
Error initializing output stream 0:0 --  
Conversion failed!
```

Tool für Conversion "krummer" Formate (hier mit 8 Bit per Sample)

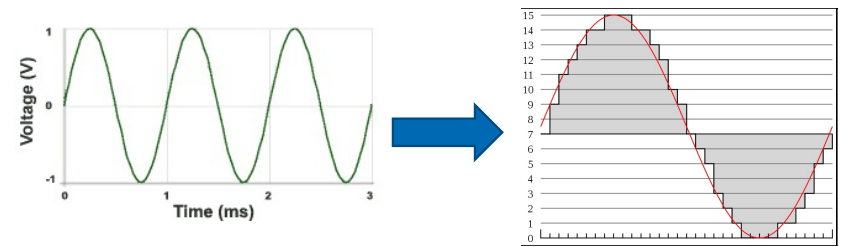
```
sox Daya_HideAway.wav -r 44100 -b 8 output.wav
```



Spektrum

Ausgabe als Bild:

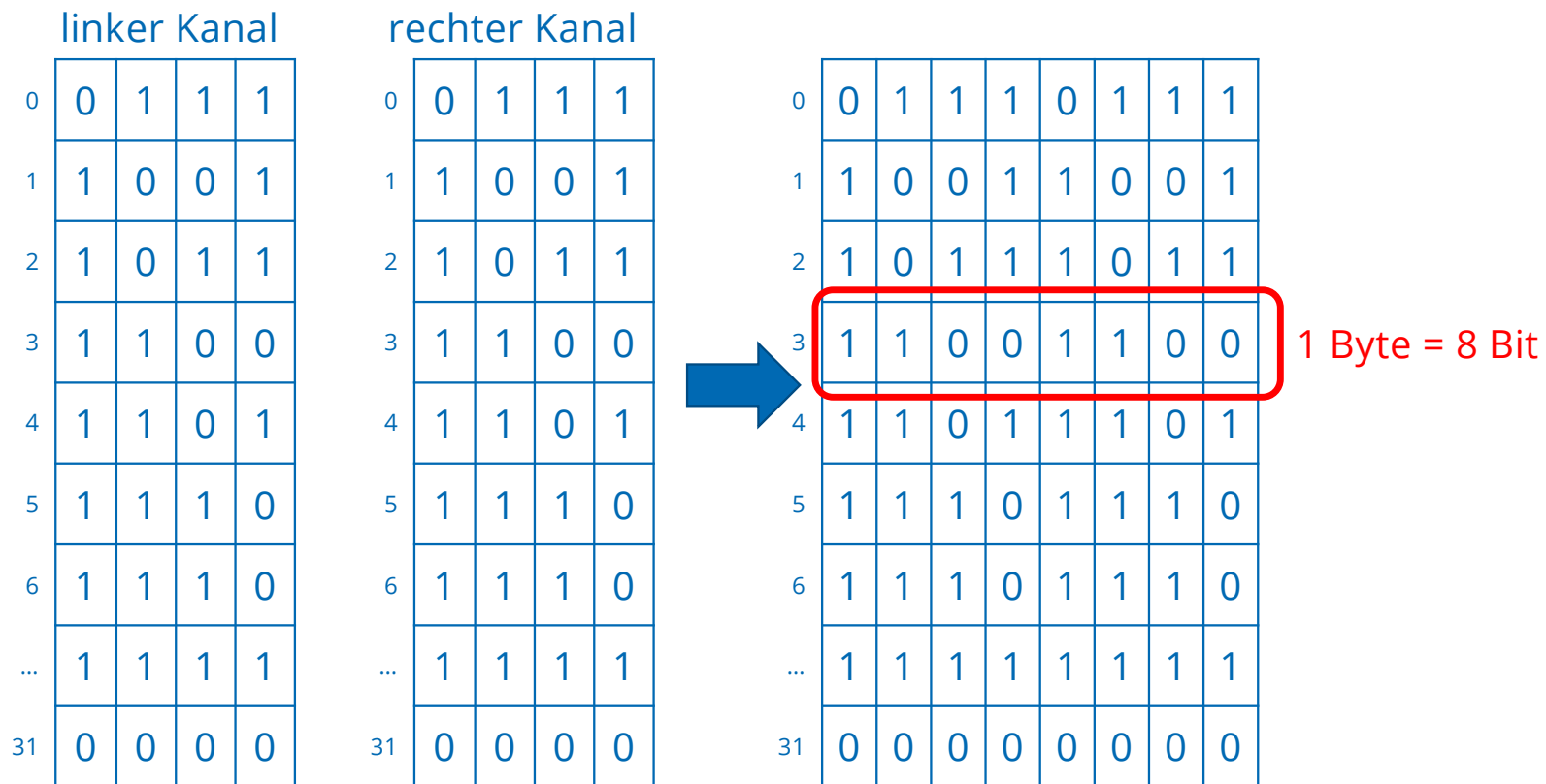
```
ffmpeg -i violin-g5.wav -lavfi showspectrumpic=s=hd720: violin-g5.wav.jpg
```



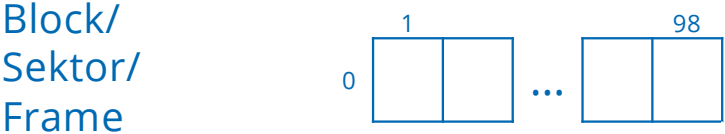
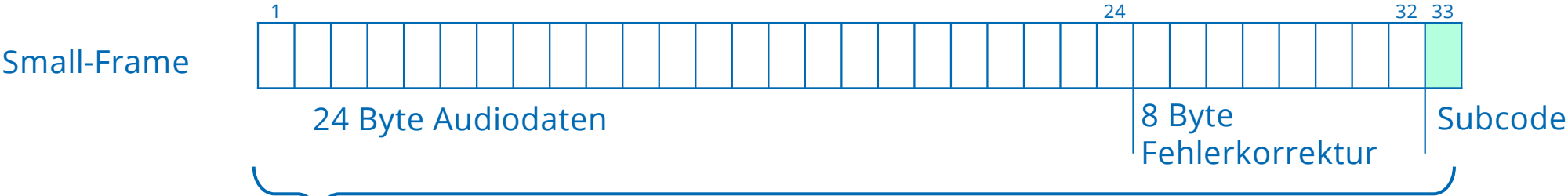
Vorb



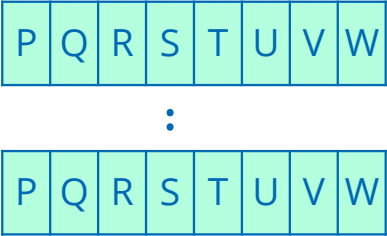
Datenkodierung (Data Encoding)



Datenkodierung CD



laut Spezifikation pro CD max 360000
Sektoren

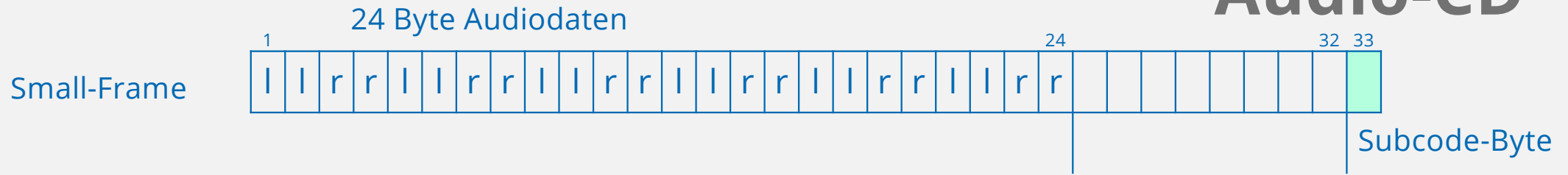


„P“ = Pause-Flag

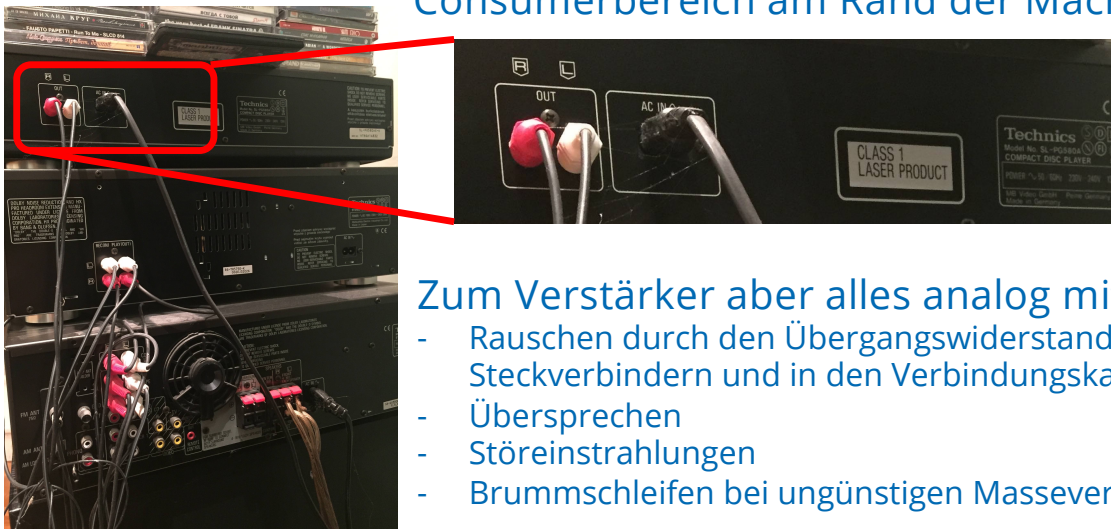
Bits des Subcode-Byte.
Aufeinander folgende
bilden „Subchannel“.
CD nutzt nur P und Q

Datenkodierung (Data Encoding)

Audio-CD



Bei Einführung der CD war die Digitaltechnik im Consumerbereich am Rand der Machbarkeit.



Zum Verstärker aber alles analog mit:

- Rauschen durch den Übergangswiderstand in den Steckverbindern und in den Verbindungskabeln
- Übersprechen
- Störeinstrahlungen
- Brummschleifen bei ungünstigen Masseverbindungen

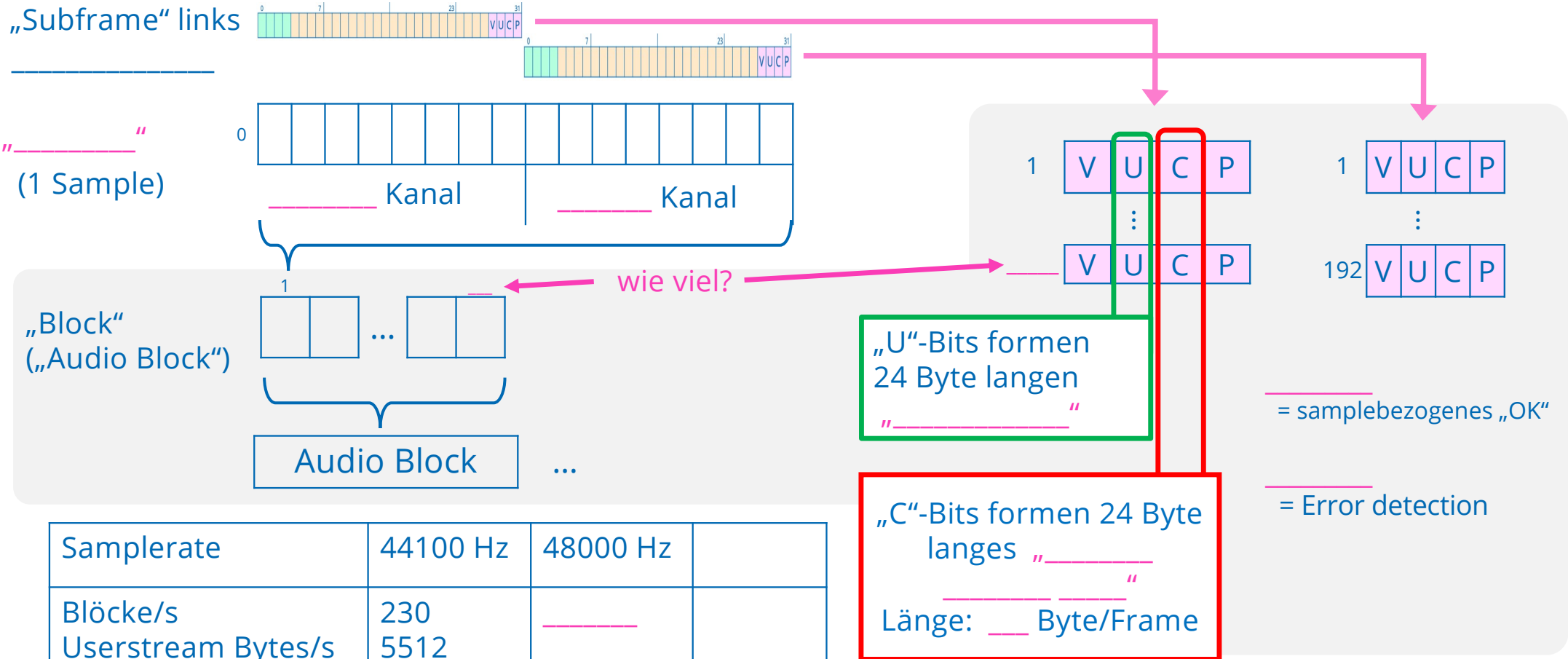
Philips und Sony spezifizierten Digitalübertragung:

AES-3
für professionellen Einsatz, Standard IEC 60958

S/PDIF
als abgespeckte Consumerversion, Standard IEC 60958 Typ 2



Datenkodierung AES-3 - zum Ausfüllen



Samplerate	44100 Hz	48000 Hz	
Blöcke/s	230	_____	
Userstream Bytes/s	5512	_____	
Audiodaten Byte/s	176400	_____	

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/AES/EBU>

Mögliche Prüfungsfragen

```
ffmpeg -i Daya_HideAway.mp3
```

```
Gussed Channel Layout for Input Stream #0.0 : stereo
Input #0, wav, from 'output.wav':
  Duration: 00:03:12.38, bitrate: 705 kb/s
  Stream #0:0: Audio: pcm_u8 ([1][0][0][0] / 0x0001), 44100 Hz, stereo, u8, 705 kb/s
```

Welche Auflösung bzw. Sampletiefe kommt bei der aufgeführten Datei zum Einsatz?

Wie groß ist die Datei (Angabe in kBytes)?

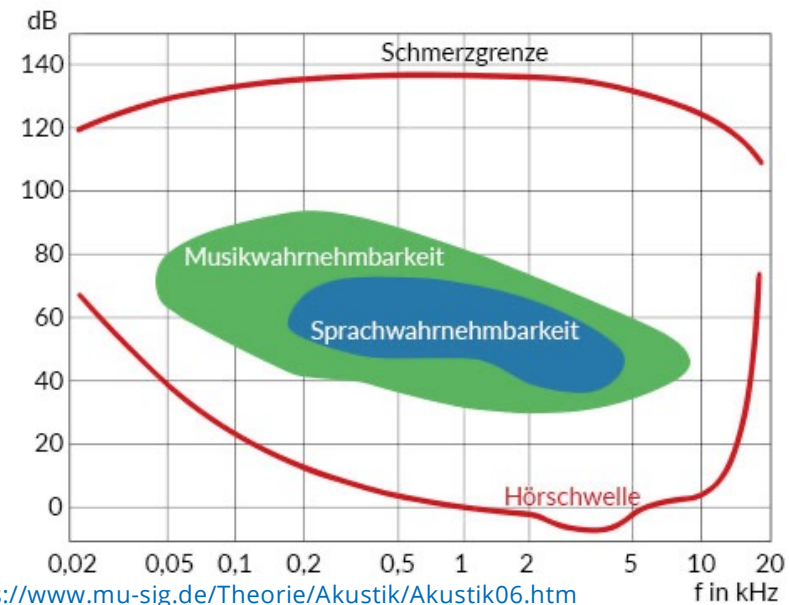
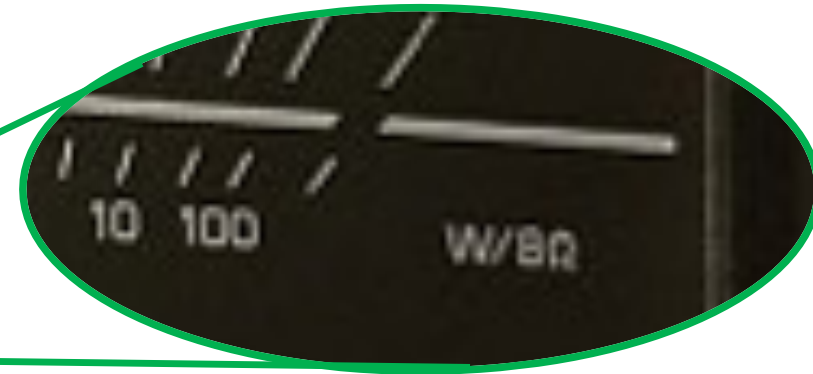
Wie viele Zustände/Werte lassen sich mit 16 Bit darstellen?

Wieviel Byte User Stream lassen sich auf einer CD während einer Spieldauer von 4 Minuten unterbringen?



<https://bildungsportal.sachsen.de/opal/auth/RepositoryEntry/34474557445/CourseNode/1647314759872395005>

Hörbereich: Was ist "dB"?



Schallwellen sind Druckschwankungen

atmosphärischer Luftdruck
100 hPa = 100000 Pa

überlagerte Dichteschwankung mit Schalldruck
an unangenehm-Grenze.
Amplitude: 20 Pa

