

Wer hören will muß  
fühlen:

MP 3 -  
Maximaler Minisound?

# Übersicht

1. MP 3 - was ist das?
2. Das Gehör
3. Schallübertragung
4. MP 3: Das Verfahren, die Beispiele
5. Folgen: technisch, ökonomisch, politisch

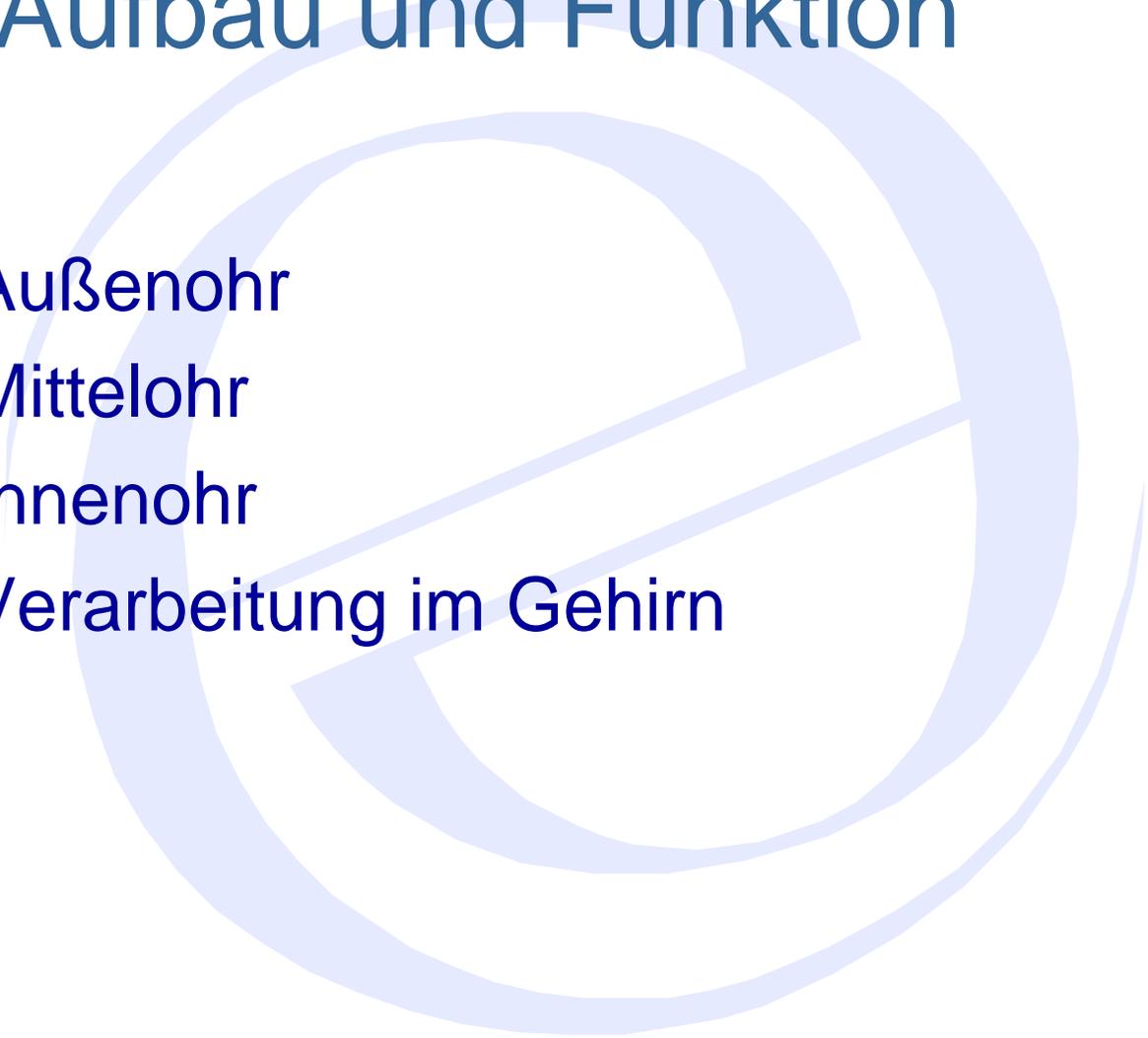
# Übersicht

1. MP 3 - was ist das?
  - Substandard des MPEG 1: Layer 3
  - Zweck: Komprimierung von Audiodaten
  - Entwickler: Fraunhofer-Institut
  - Verfahren: Perceptual audio coding
2. Das Gehör
3. Schallübertragung
4. MP 3: Das Verfahren, die Beispiele
5. Folgen: technisch, ökonomisch, politisch

# Übersicht

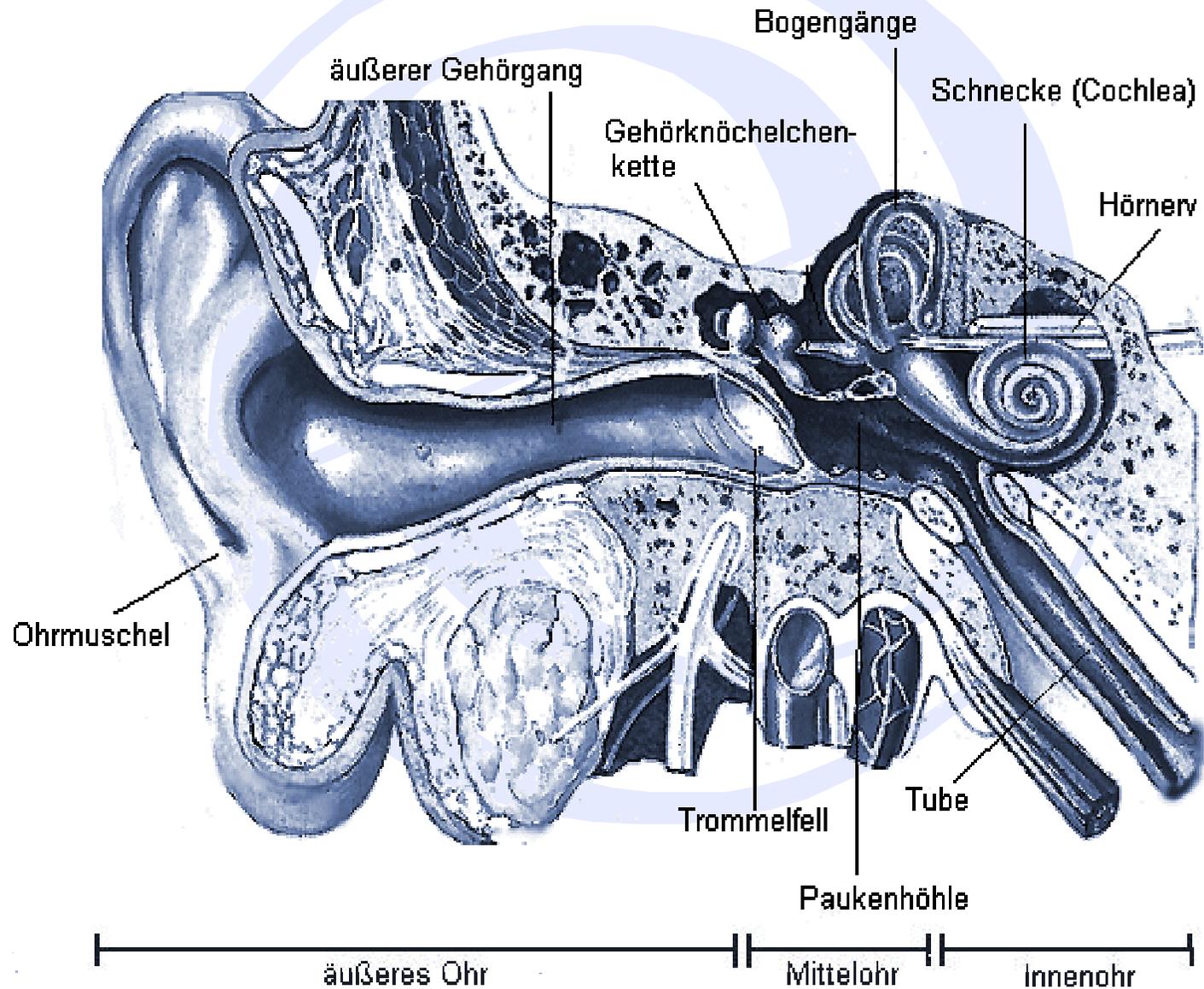
1. MP 3 - was ist das?
2. Das Gehör
  - Ohr: Aufbau und Funktion
  - Eigenschaften
  - Reiz und Wahrnehmung
3. Schallübertragung
4. MP 3: Das Verfahren, die Beispiele
5. Folgen: technisch, ökonomisch, politisch

# Ohr: Aufbau und Funktion



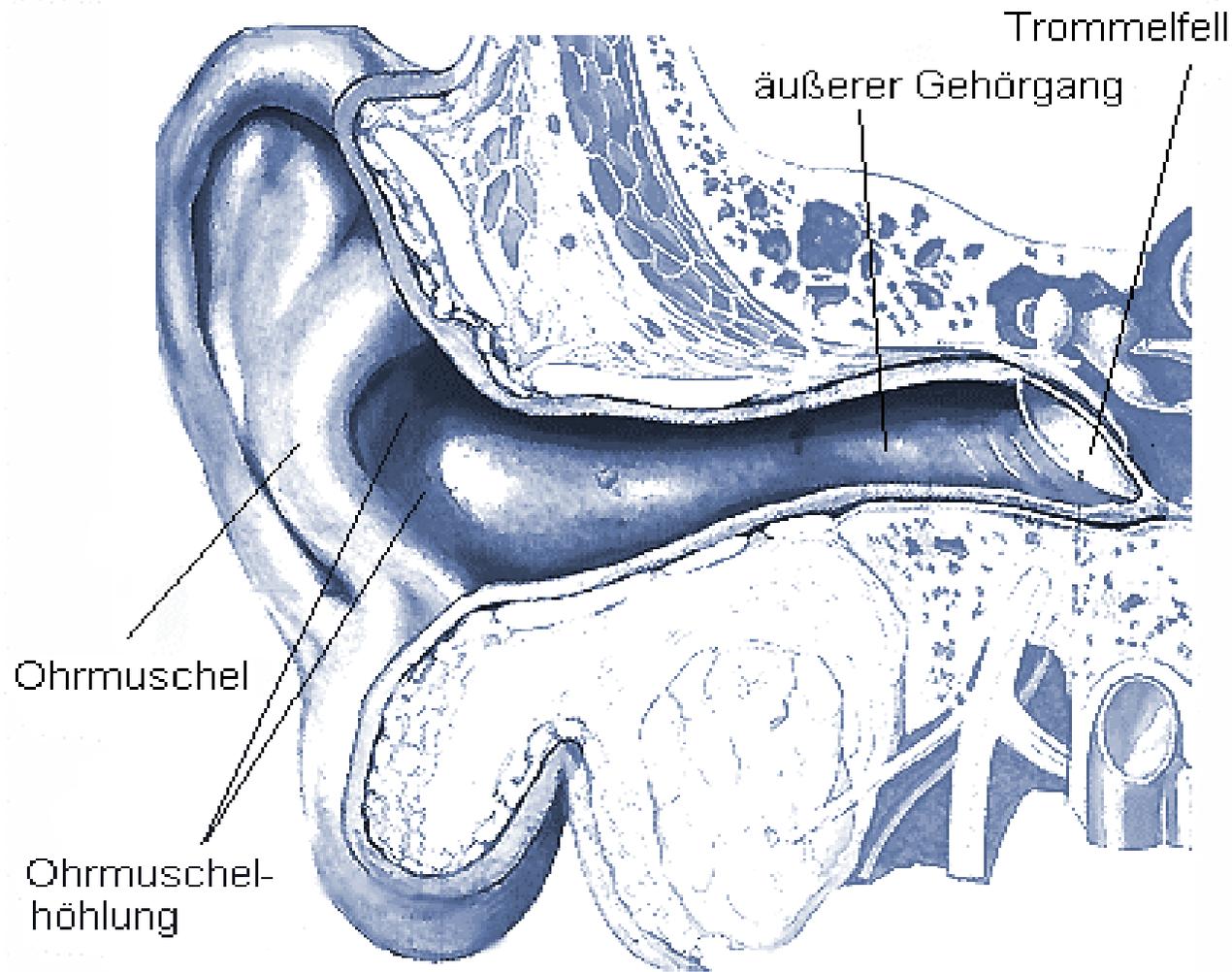
1. Außenohr
2. Mittelohr
3. Innenohr
4. Verarbeitung im Gehirn

# Ohr: Aufbau und Funktion



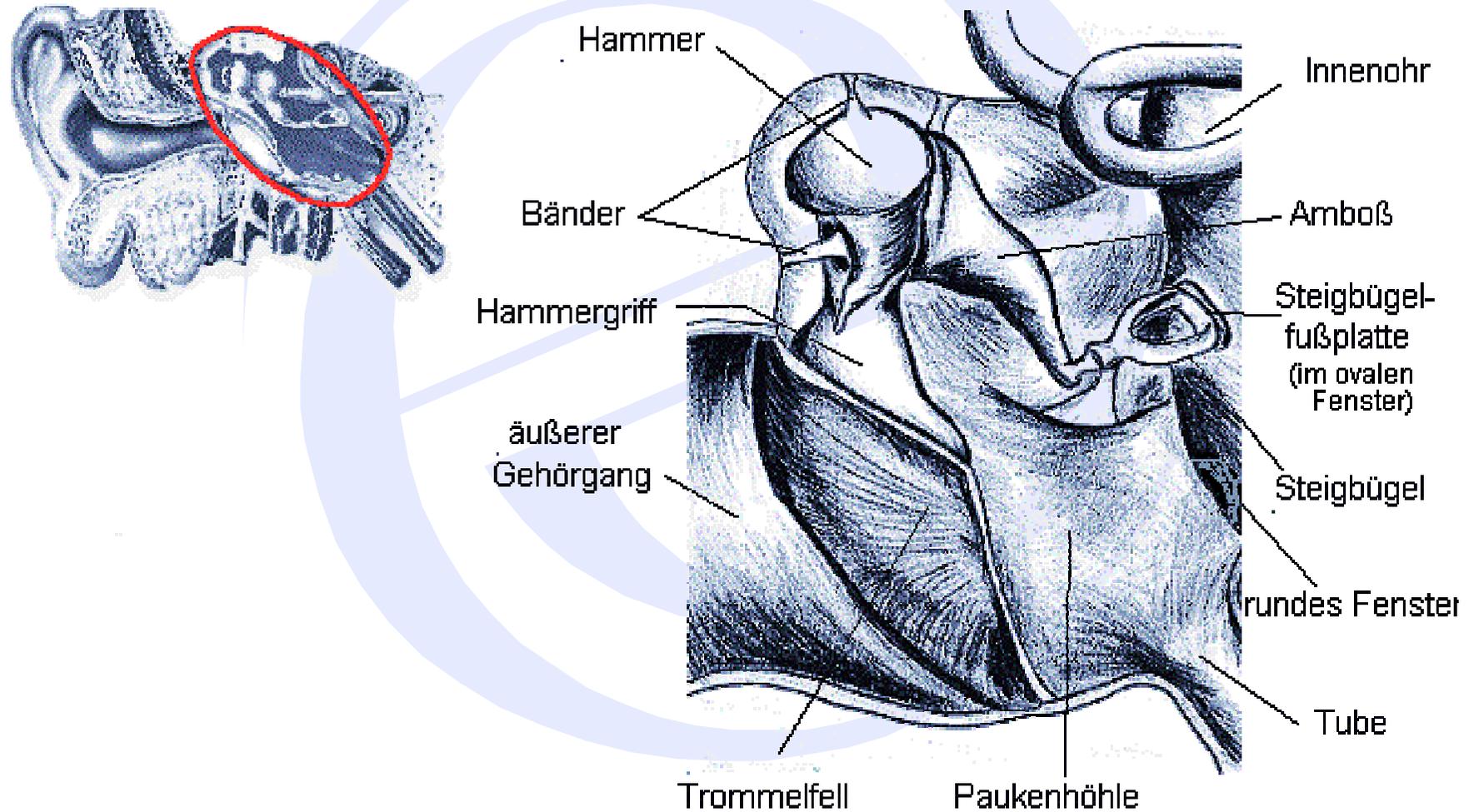
# Ohr: Aufbau und Funktion

## 1. Außenohr



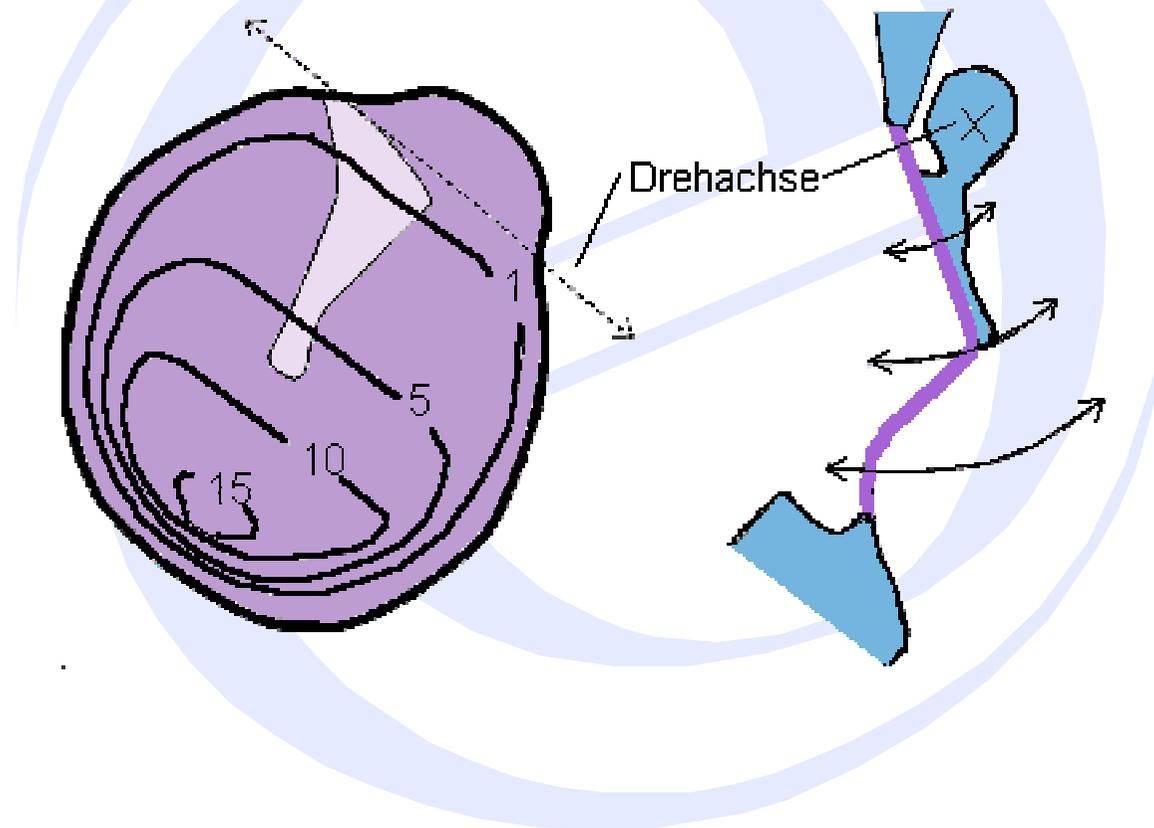
# Ohr: Aufbau und Funktion

## 2. Mittelohr



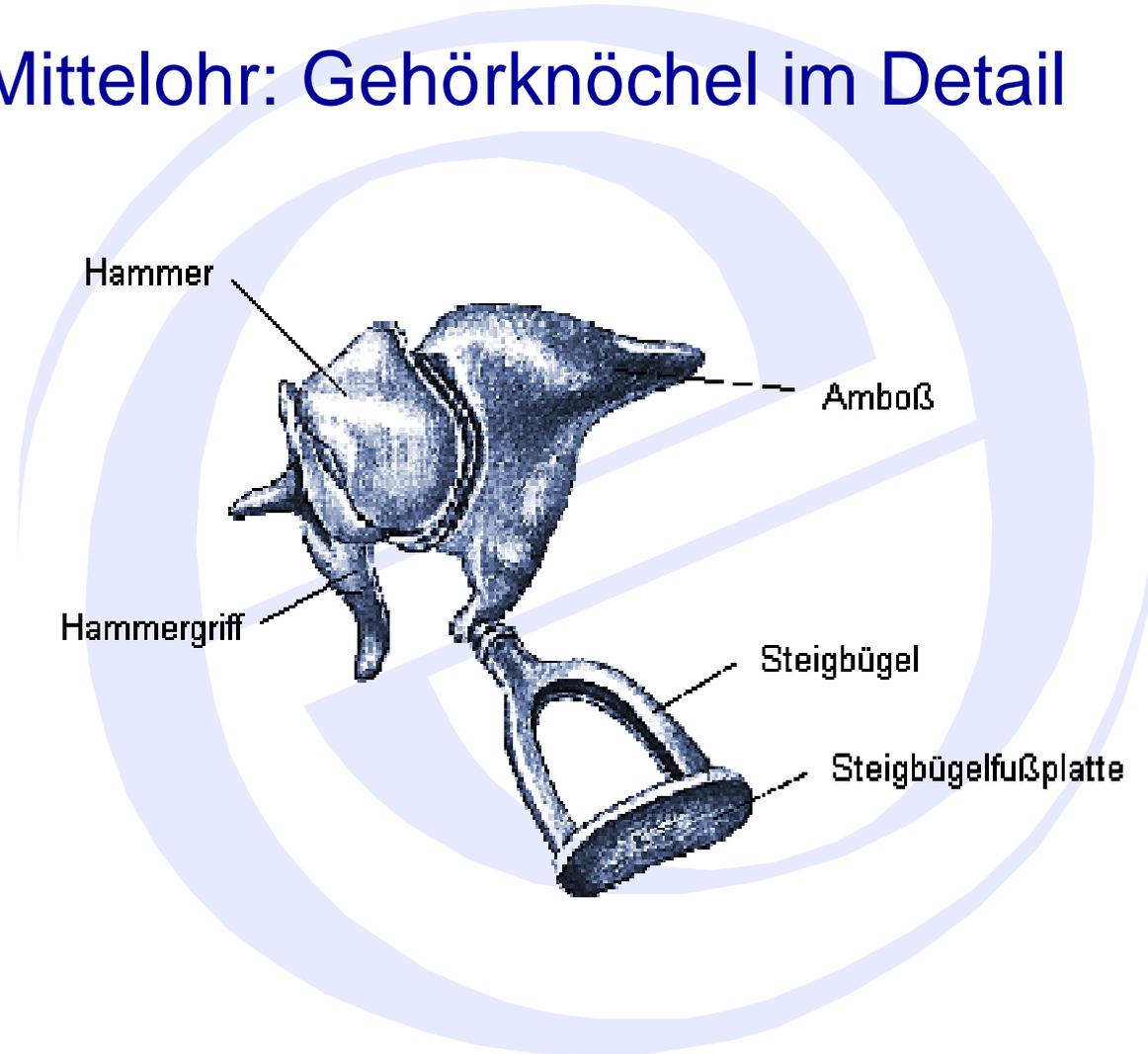
# Ohr: Aufbau und Funktion

## 2. Mittelohr: Trommelfell Schwingungen



# Ohr: Aufbau und Funktion

## 2. Mittelohr: Gehörknöchel im Detail



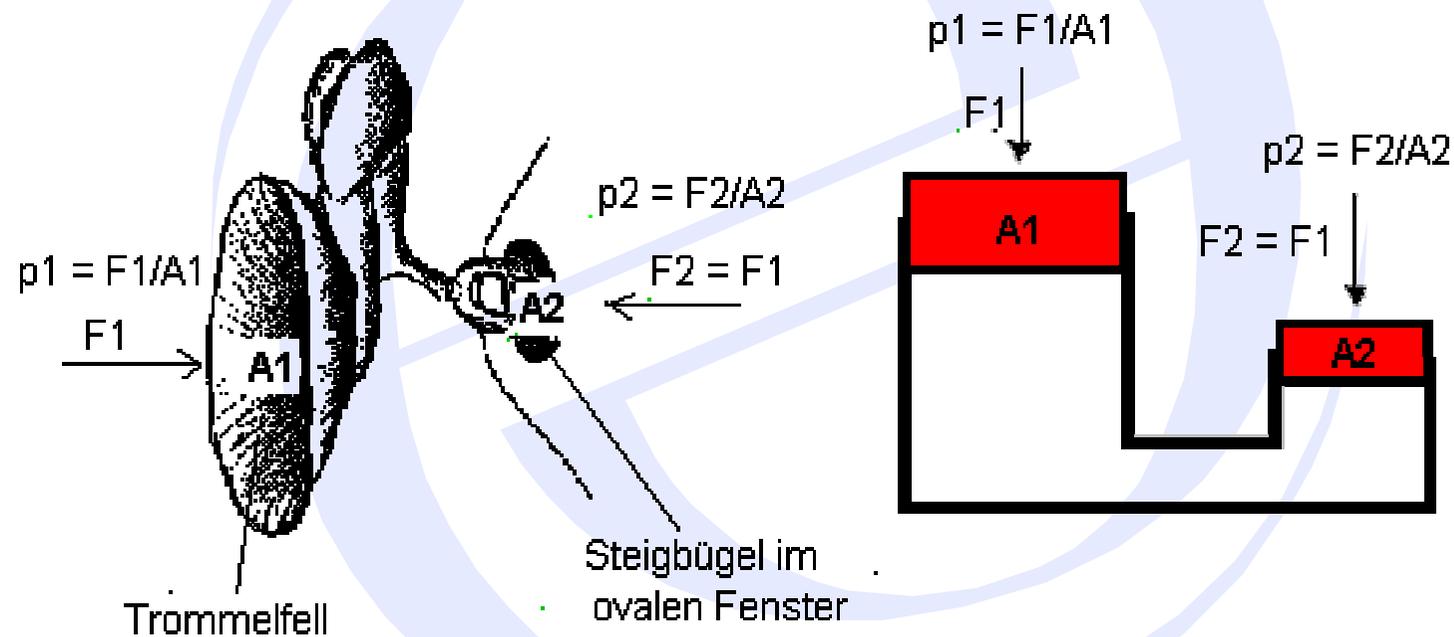
# Ohr: Aufbau und Funktion

## 2. Mittelohr: Gehörknöchel schwingend



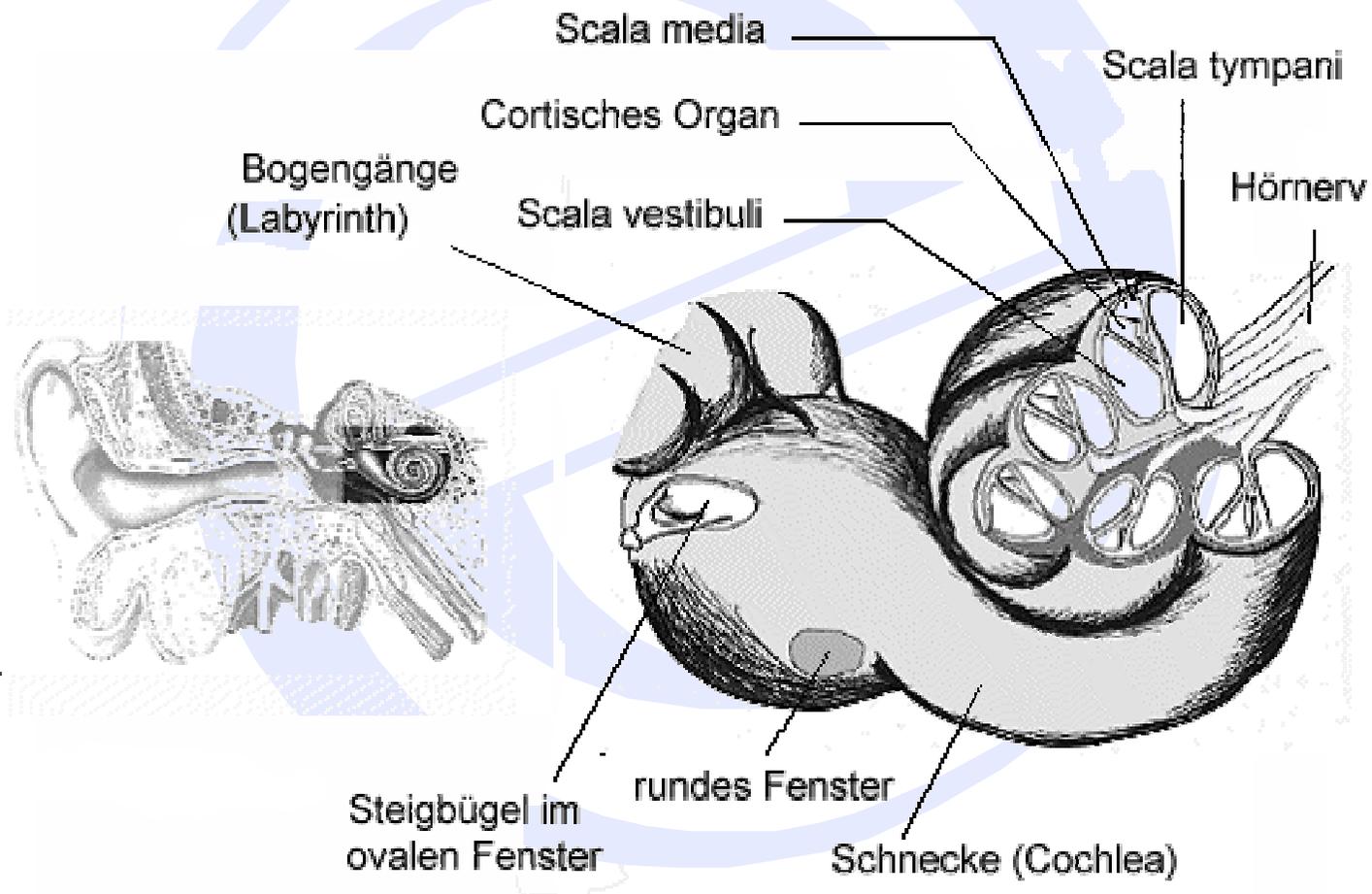
# Ohr: Aufbau und Funktion

## 2. Mittelohr: Gehörknöchel Impedanzanpassung



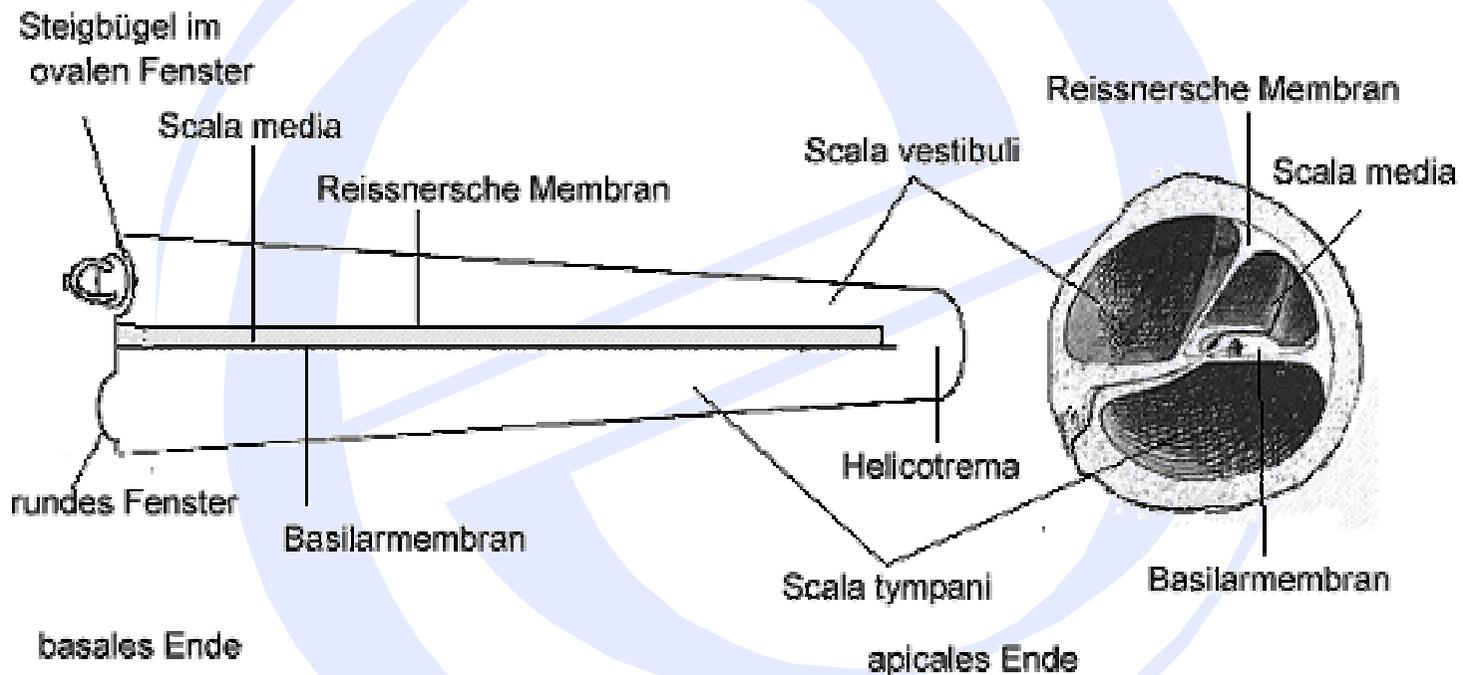
# Ohr: Aufbau und Funktion

## 3. Innenohr



# Ohr: Aufbau und Funktion

## 3. Innenohr: Schnecke



# Ohr: Aufbau und Funktion

## 3. Innenohr: Wanderwellentheorie



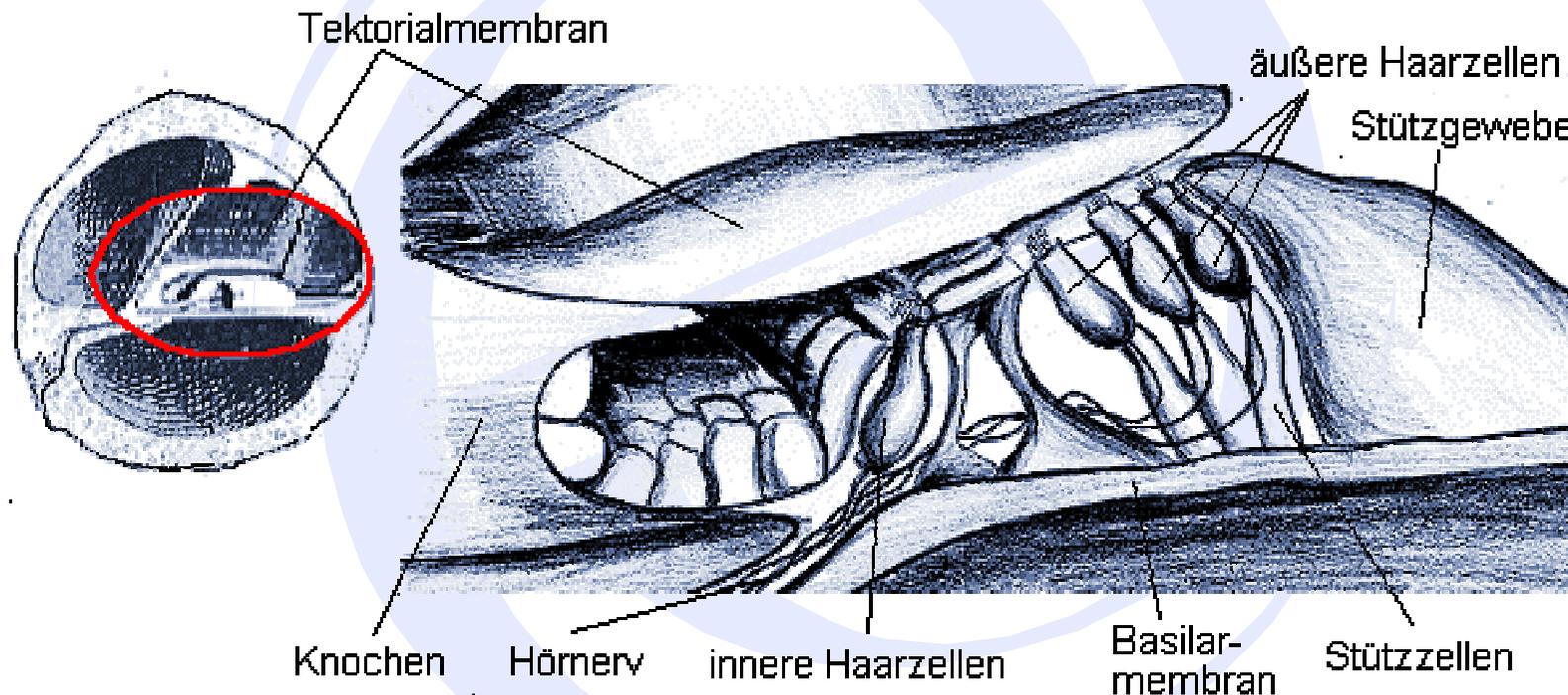
# Ohr: Aufbau und Funktion

## 3. Innenohr: Wanderwelle: Ausprägung



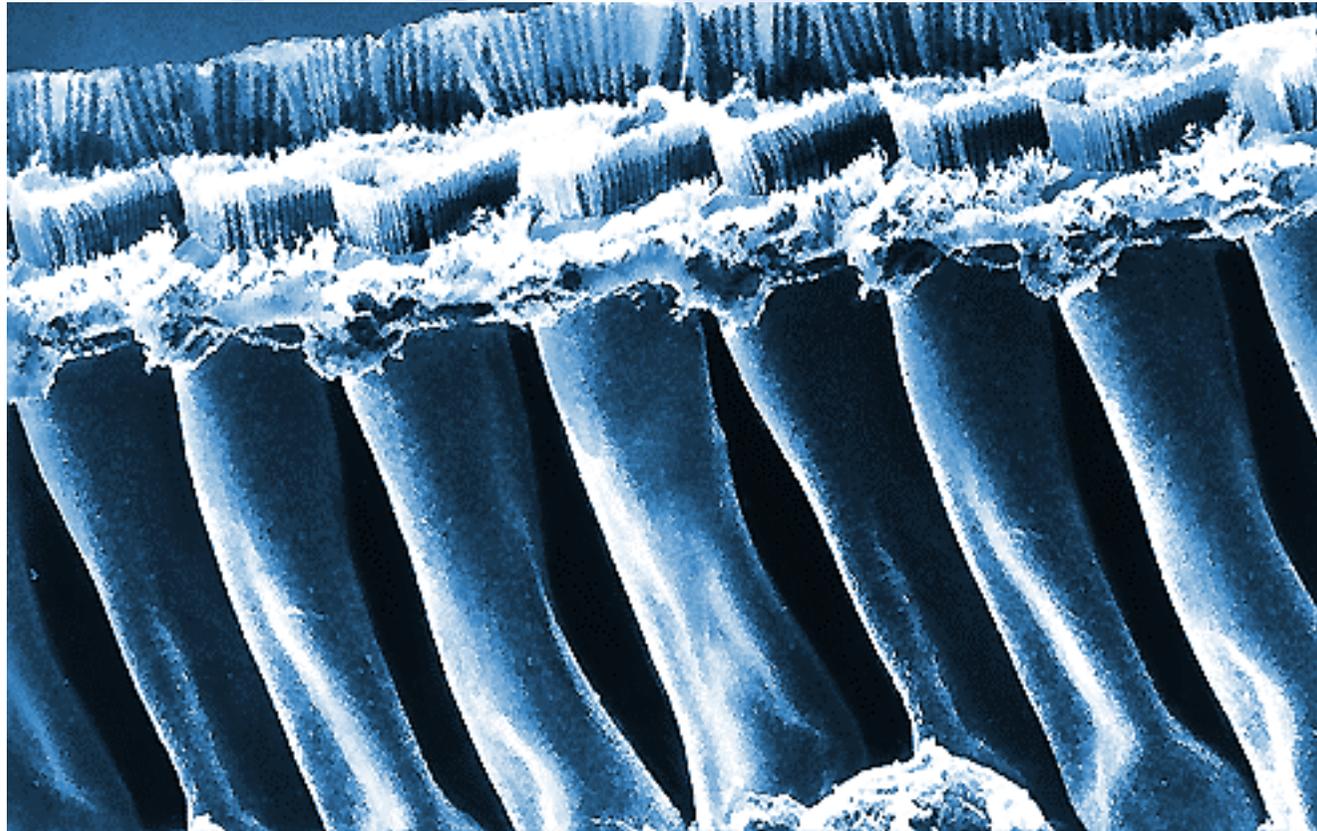
# Ohr: Aufbau und Funktion

## 3. Innenohr: Cortisches Organ



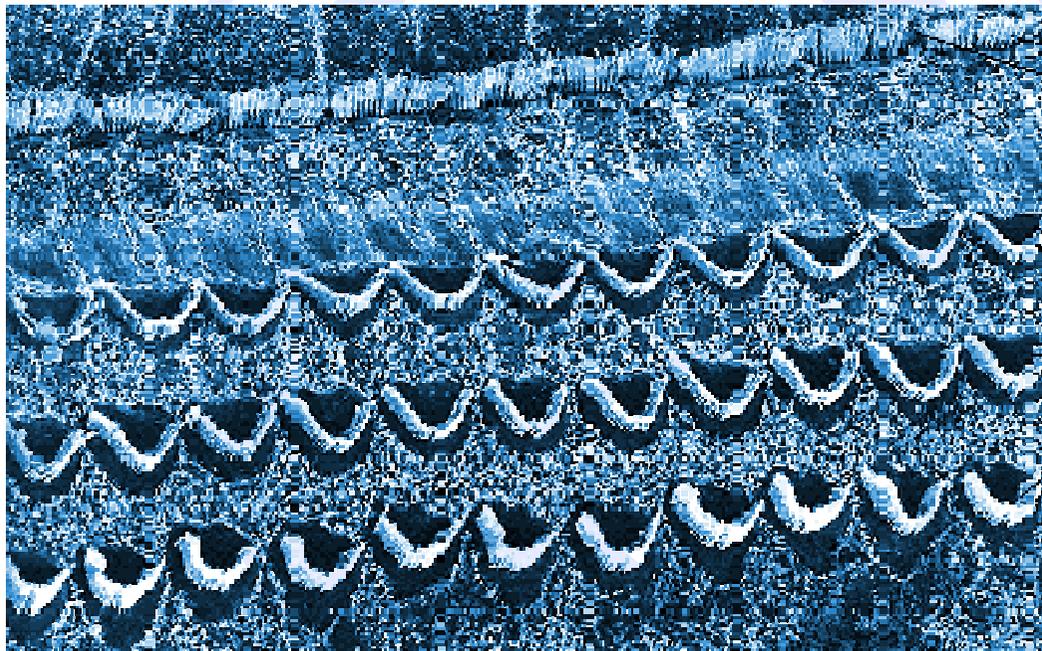
# Ohr: Aufbau und Funktion

## 3. Innenohr: Haarzellen, groß



# Ohr: Aufbau und Funktion

## 3. Innenohr: Haarzellen, Anordnung

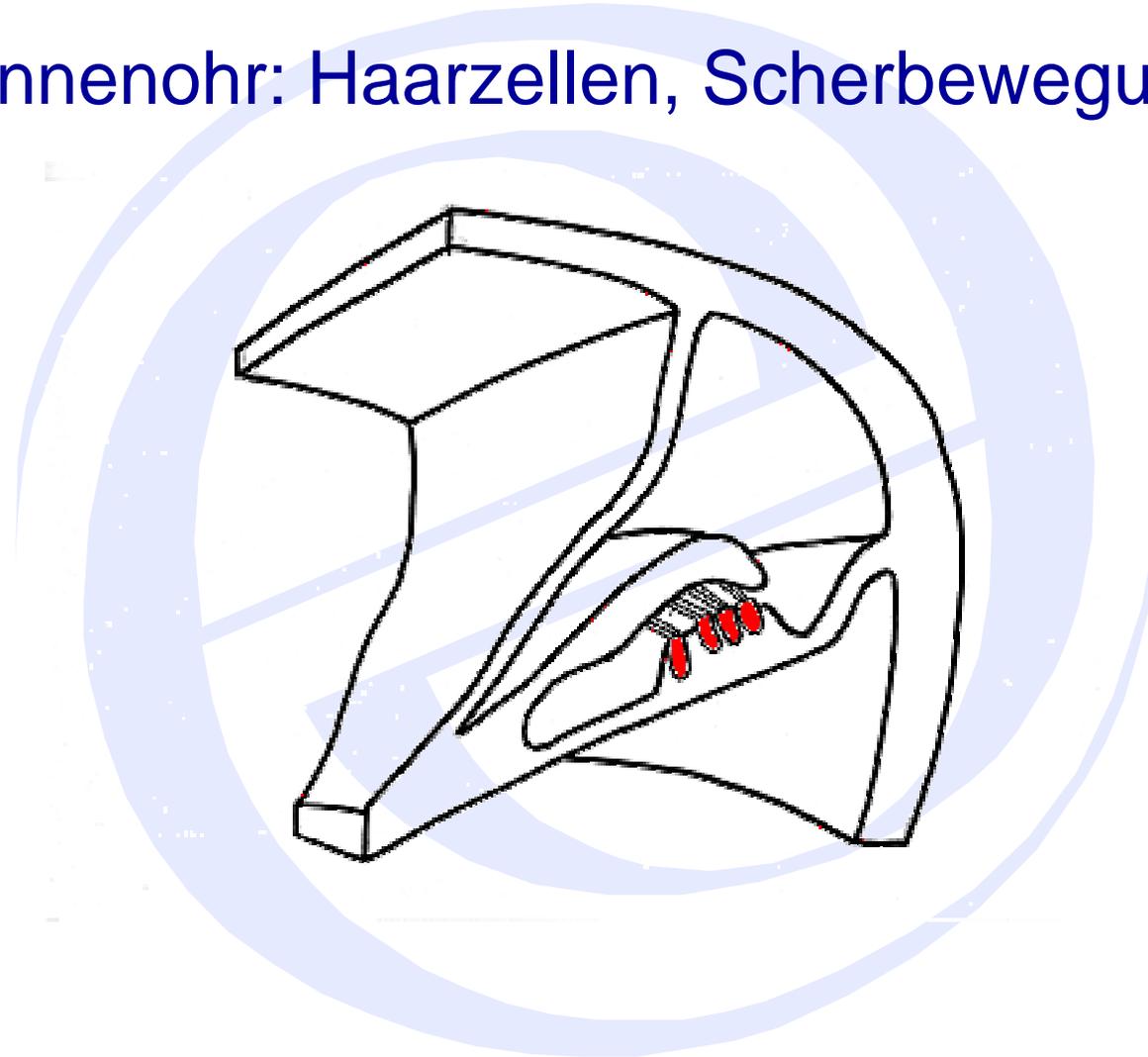


innere Haarzellen

3 Reihen  
äußere  
Haarzellen

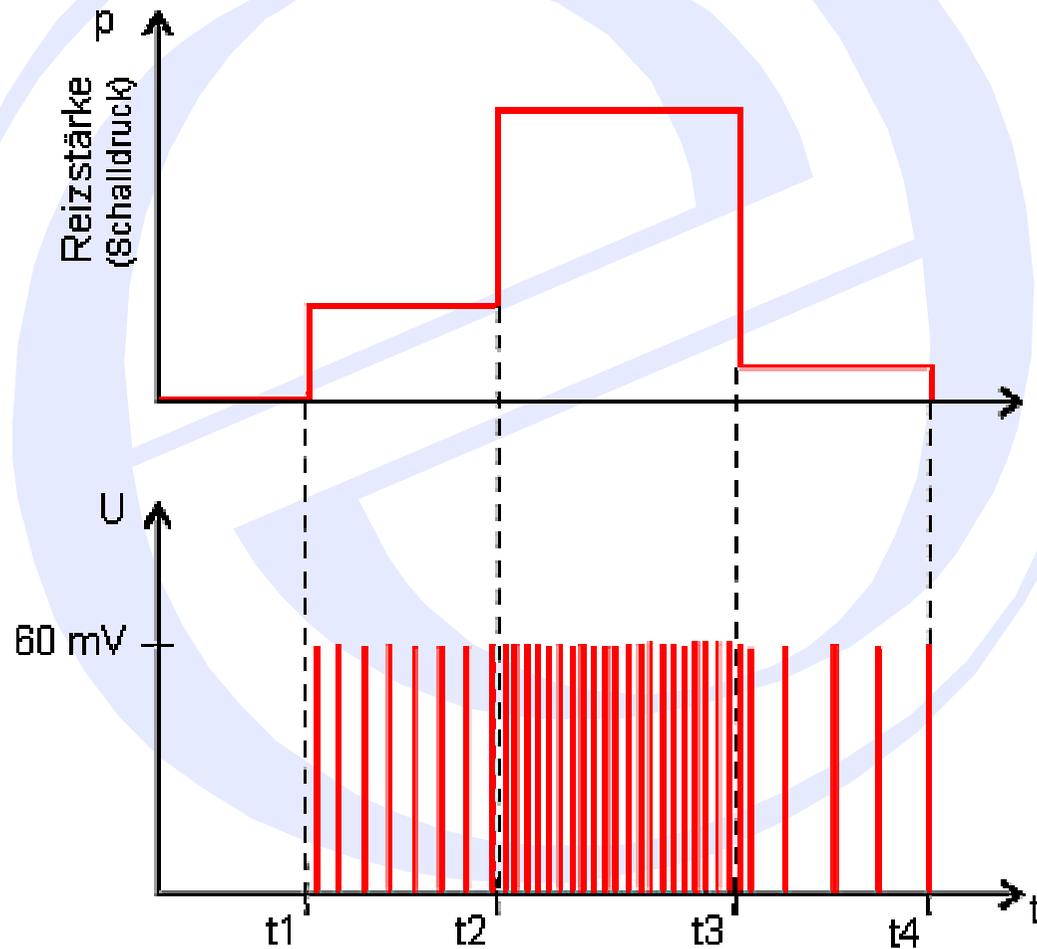
# Ohr: Aufbau und Funktion

## 3. Innenohr: Haarzellen, Scherbewegung



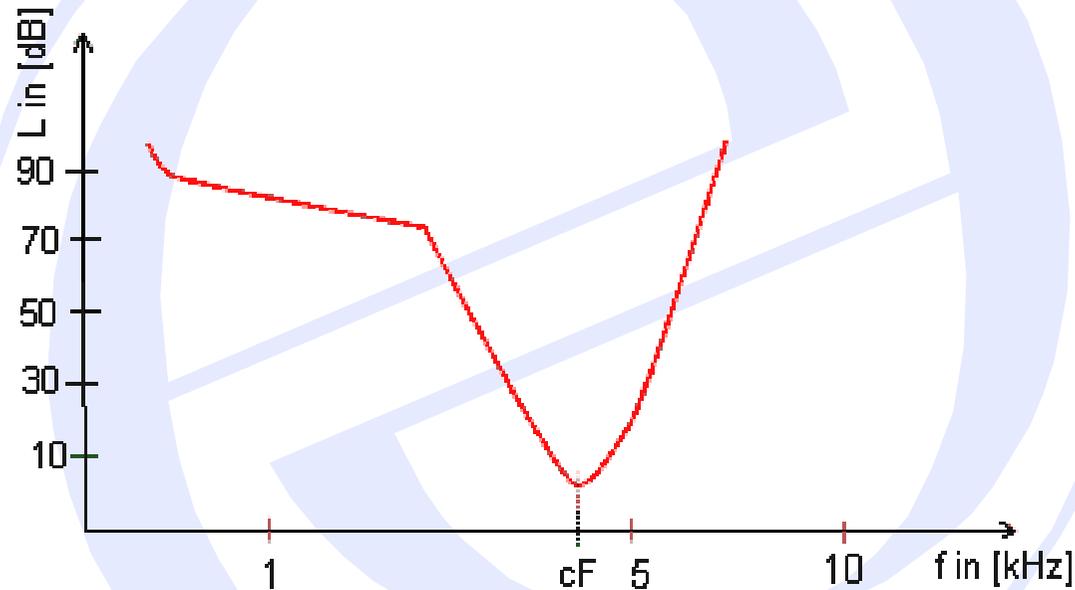
# Ohr: Aufbau und Funktion

## 4. Verarbeitung im Gehirn: Reizstärke-Codierung



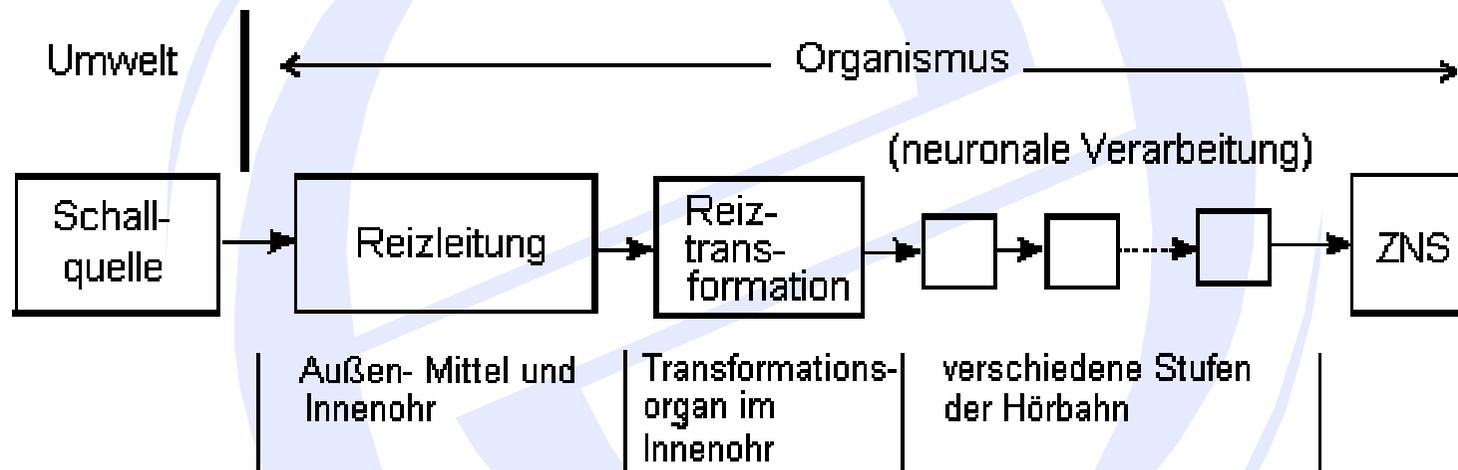
# Ohr: Aufbau und Funktion

## 4. Verarbeitung im Gehirn: Frequenz-Codierung



# Ohr: Aufbau und Funktion

## 4. Verarbeitung im Gehirn: Blockschaltbild



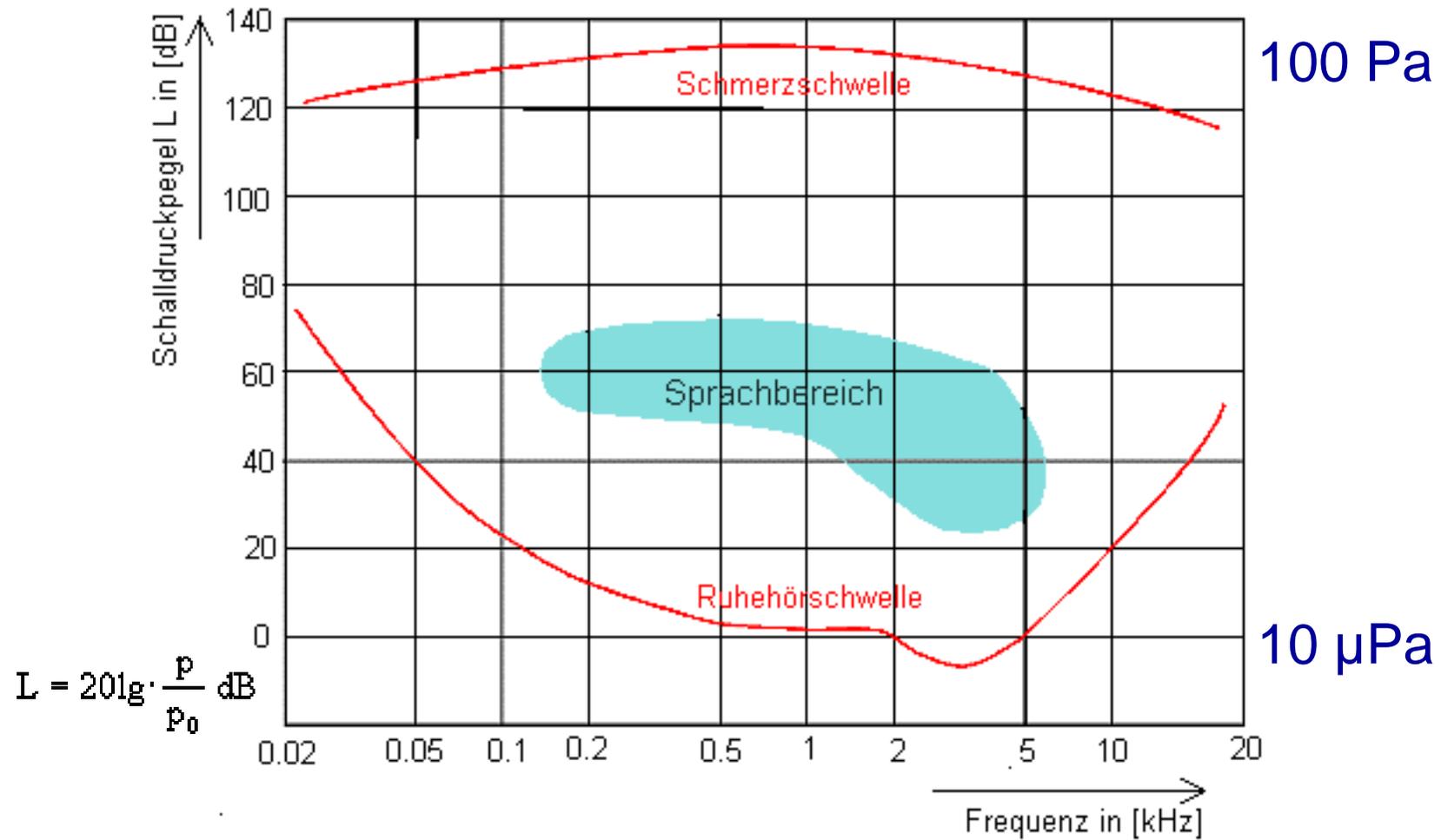
# Das Gehör

## Hörkennwerte

- normal
- mit zunehmendem Alter
- bei Hörschaden

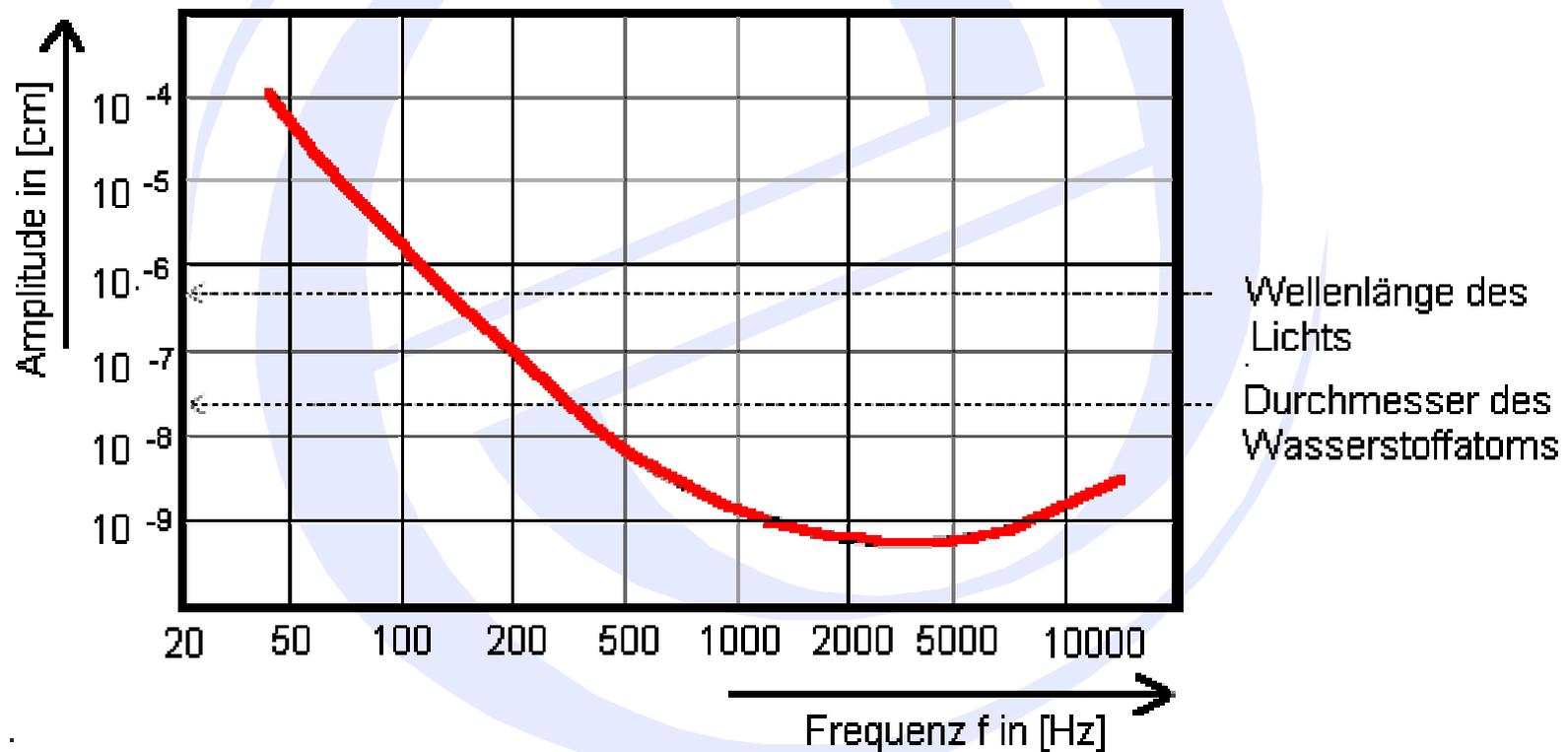
# Das Gehör: Hörkennwerte

## 1. normal: Hörfeld



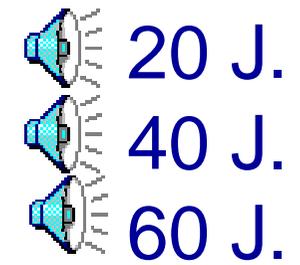
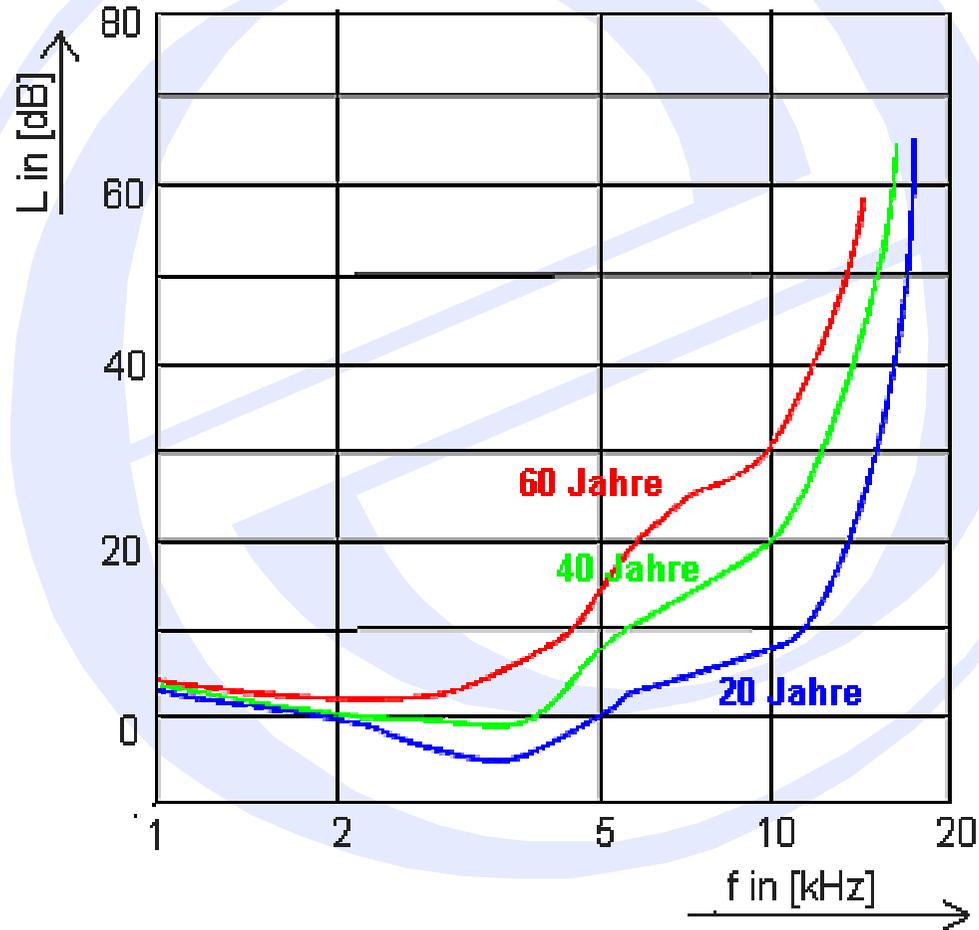
# Das Gehör: Hörkennwerte

## 1. normal: Auslenkung des Trommelfells



# Das Gehör: Hörkennwerte

## 2. mit zunehmendem Alter



# Das Gehör: Hörkennwerte

3. bei Hörschaden  
gesund

krank



# Das Gehör: Reiz und Wahrnehmung

## Hauptprinzipien

Reiz ist nicht gleich Wahrnehmung

Jeder hört anders

Reize beeinflussen einander

Wahrnehmung erfolgt häufig in Sprüngen

## Beispiel: Stimmgabeltests

Rinne-Test

Schwabach-Test

Weber-Test

# Übersicht

1. MP 3 - was ist das?
2. Das Gehör
3. Schallübertragung
  - Prinzip: Luftschallübertragung
  - Mikrofone: Eigenschaften und Aufstellung
  - Verstärker und Lautsprecher
4. MP 3: Das Verfahren, die Beispiele
5. Folgen: technisch, ökonomisch, politisch

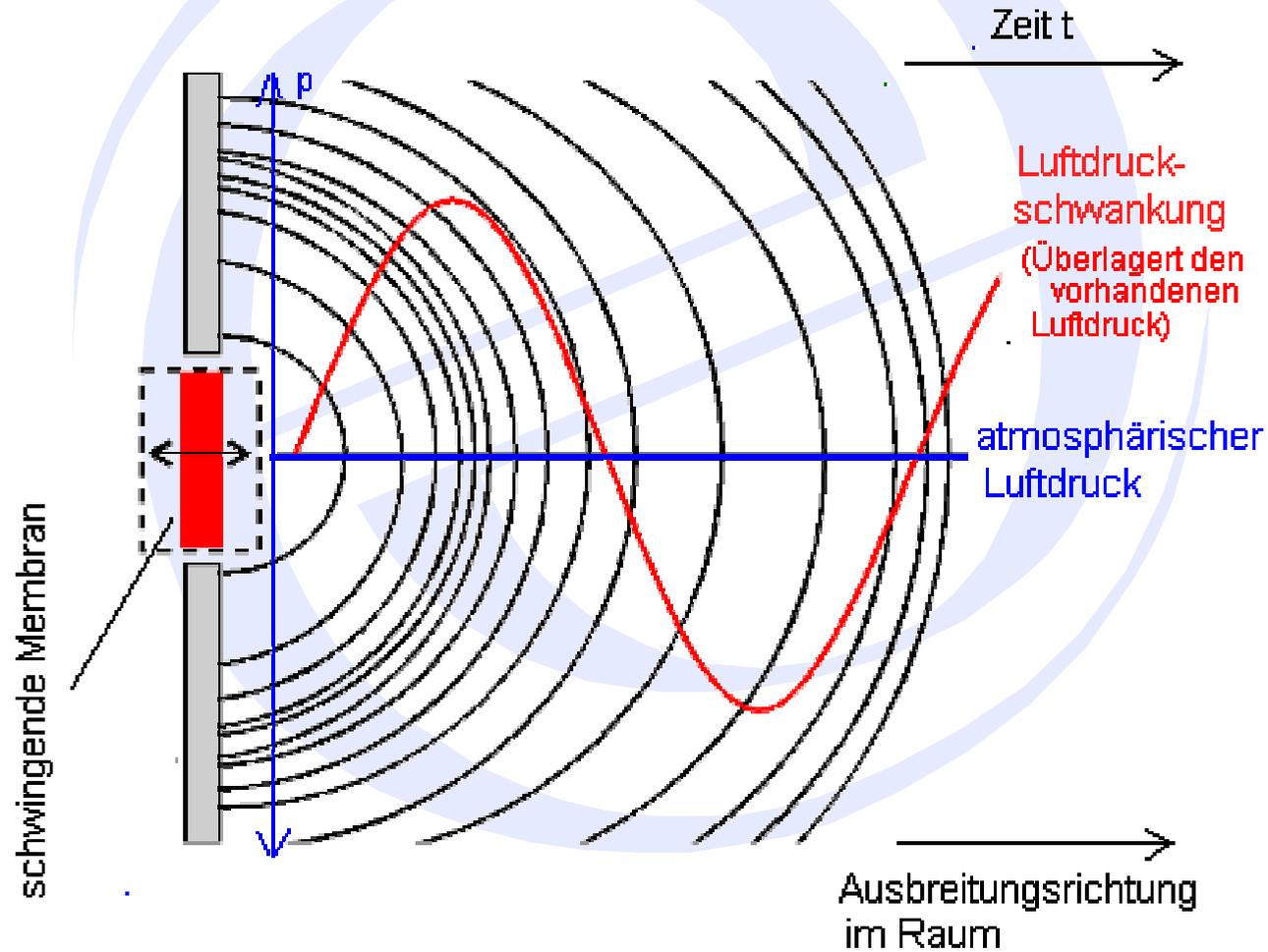
### 3. Schallübertragung

Prinzip: Luftschallübertragung:  
Schallübertragung durch die Luft



### 3. Schallübertragung

Prinzip: Luftschallübertragung:  
Schallübertragung durch die Luft



## 3. Schallübertragung

### Mikrofone: Bauarten

- Kohlemikrofon
- Piezo- (Kristall-) Mikrofon
- Dynamisches Mikrofon
- Kondensatormikrofon
- Elektret-Mikrofon

## 3. Schallübertragung

### Mikrofone: Richtcharakteristiken

- Kugel
- Niere
- Hypernieren
- Acht
- Keule

### 3. Schallübertragung

#### Mikrofone: Aufstellung und Effekte:

- A-B
- X-Y
- M-S
- Kunstkopf
- Mehrkanalverfahren

# Schallübertragung

## Abschweifung: Plattenspieler

### Probleme:

- Temperaturabhängigkeit
- Alterung und Versprödung
- Staub und Statik, Rillengeräusch und Rumpeln
- Welligkeit
- RIAA-Schneidkennlinie
- Spurfehlwinkel der Nadel
- radiusabhängige Relativgeschwindigkeit
- Entzerr-Vorverstärker

# Schallübertragung

## Abschweifung: Digital-Audio

### Probleme:

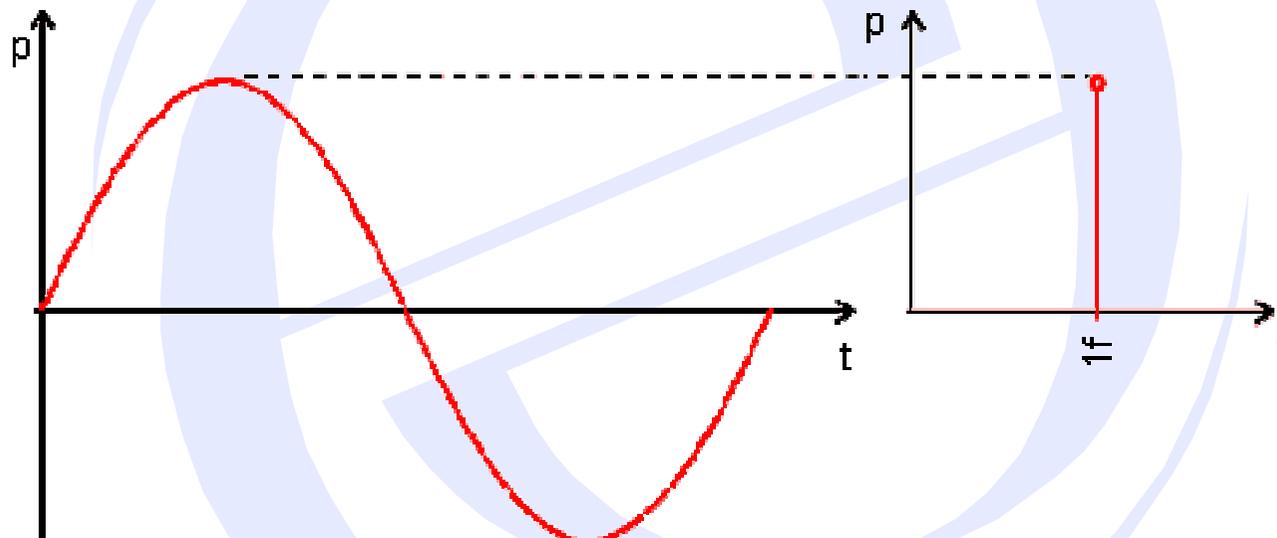
- Wandlungsfehler
  - Quantisierungsrauschen
  - Klangeigenschaften der D/A-Wandler
  - Bitfehler (Drop outs)
  - Interpolationsverluste bei Bitratenwandlung
- Bei reduzierenden Verfahren (MD, MP3 etc.):
- mangelhafte Psychoakustik-Modelle
  - Überspielverluste
  - Codec delay, eingeengte Fourier-Fenster

# Übersicht

1. MP 3 - was ist das?
2. Das Gehör
3. Schallübertragung
- 4. MP 3: Das Verfahren, die Beispiele**
  - Prinzip des Verfahrens
  - Ausgenutzte psychoakustische Effekte
  - Datenreduktion: Perceptual audio coding
5. Folgen: technisch, ökonomisch, politisch

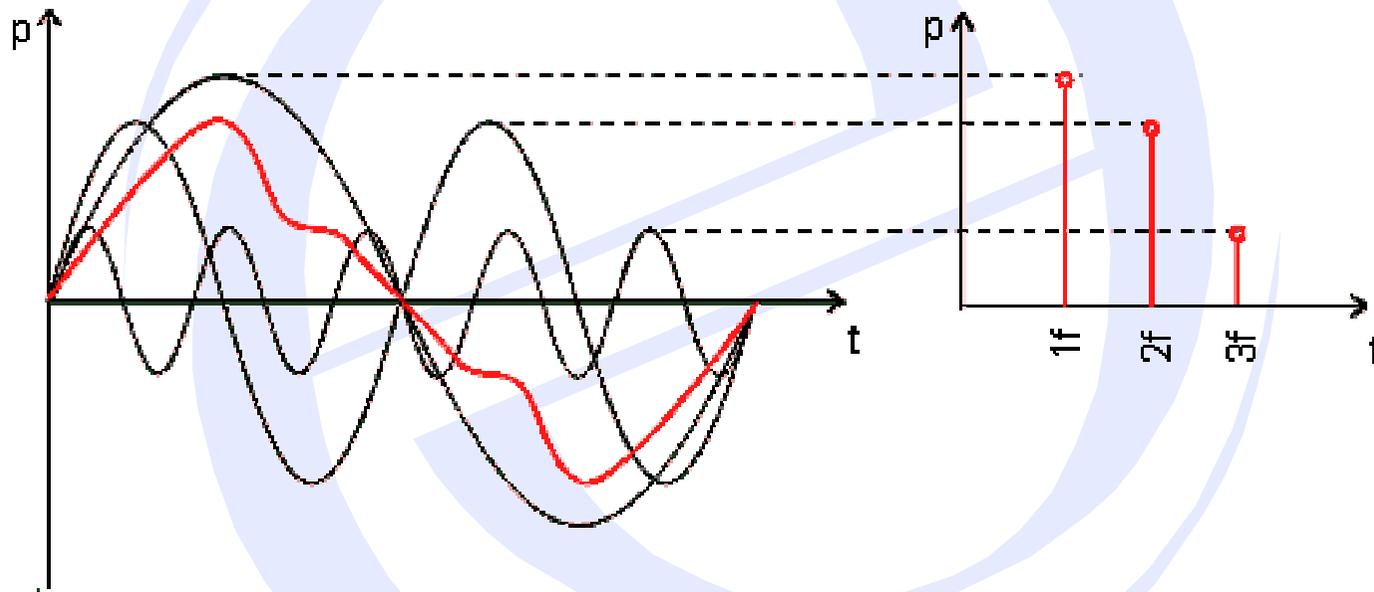
## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

### Ton, Klang, Geräusch



## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

### Ton, Klang, Geräusch



Hinweis: Fourier-Transformation

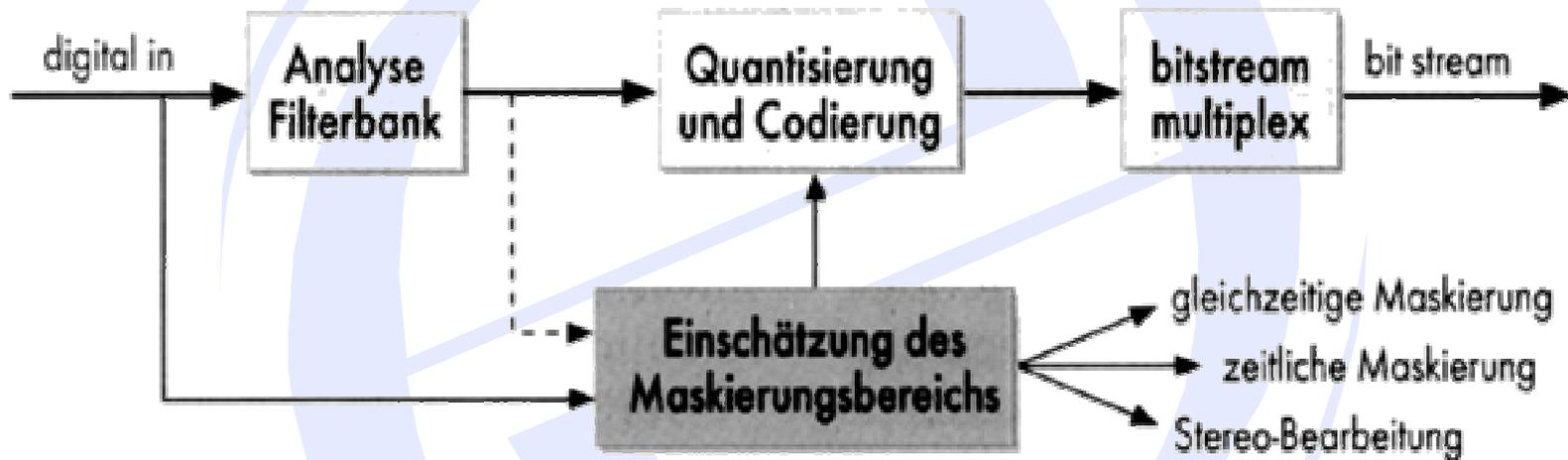
## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

### Prinzip des Verfahrens

- ISO definiert nur den DECODER; so bleibt Raum für Verbesserungen des Encoders
- nutzt prinzipbedingte Eigenschaften des menschlichen Gehörs (psychoakustische Eigenschaften)
- spart bits in Bereichen, die der Mensch in der Regel nicht hören kann
- Qualitätsbeurteilung durch aufwendige Hörbeurteilungen; „Golden Ears“ (triple stimulus, hidden reference)

## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

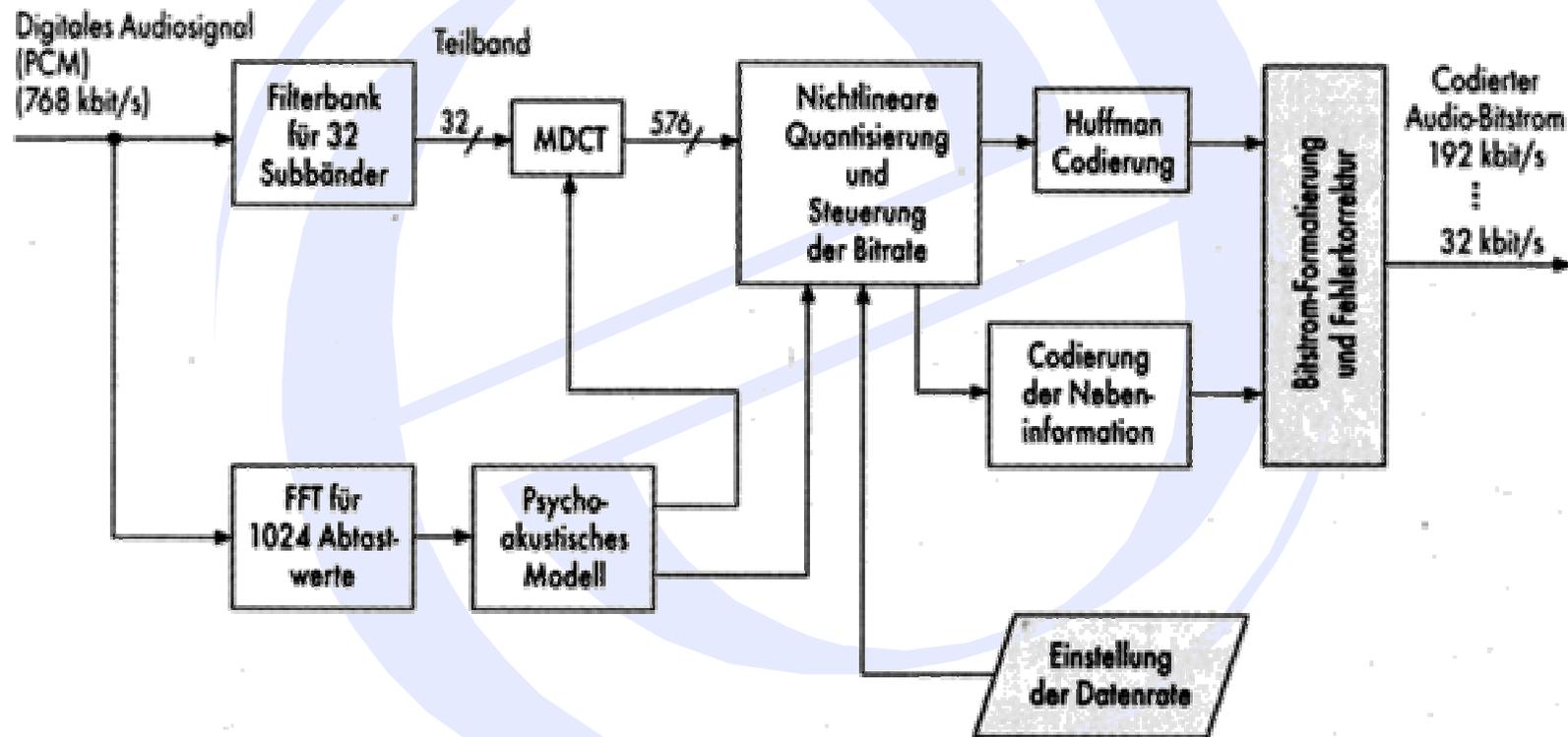
### Prinzip des Verfahrens



**Das stark vereinfachte Blockschaltbild  
moderner Perceptual Audio Coder**

# 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

## Prinzip des Verfahrens



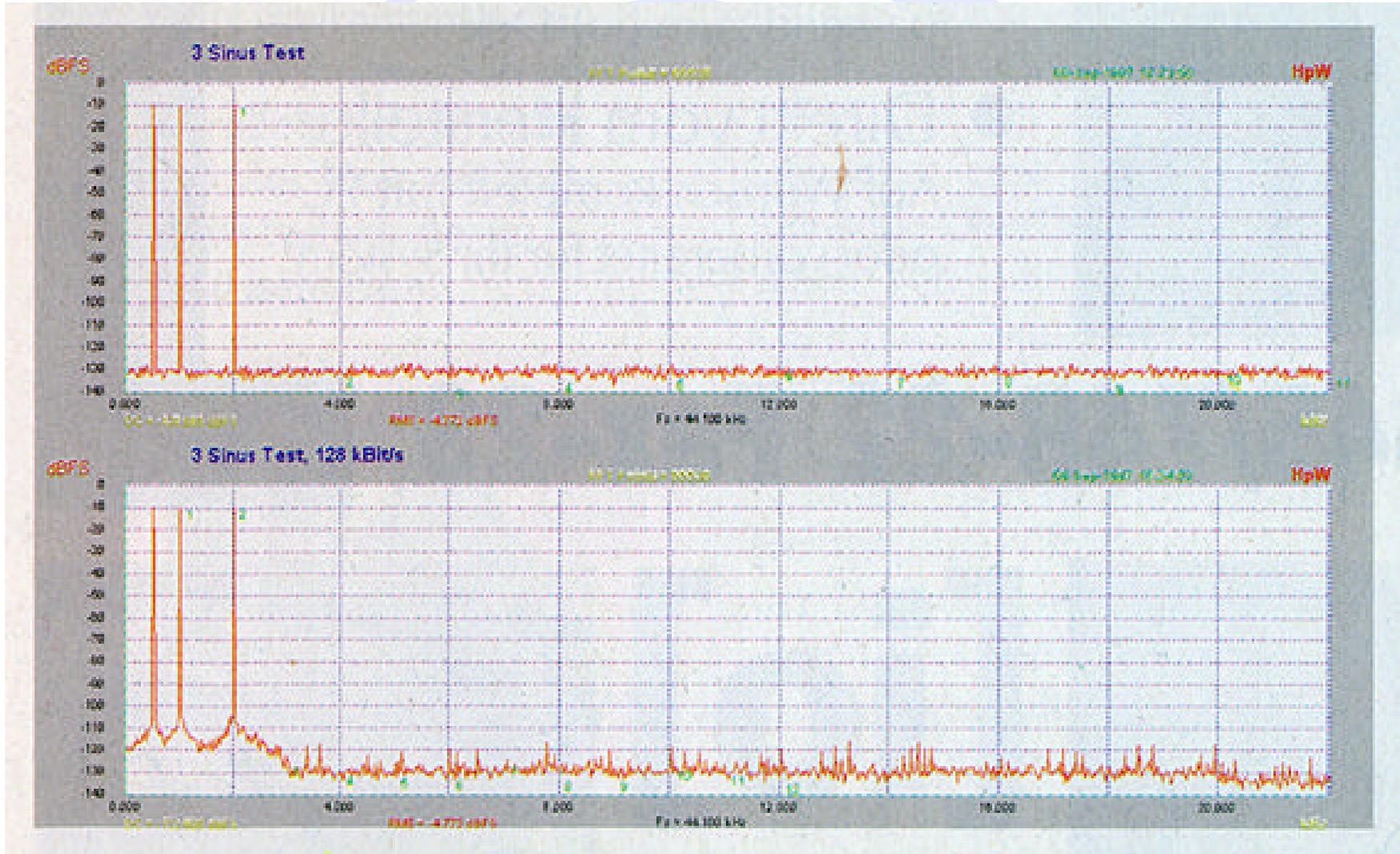
# 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

## Prinzip des Verfahrens

MP3-Modi auf einen Blick										
		Sample-Frequenz								
		'MPEG-1'			'MPEG-2'			'MPEG-2,5'		
Qualität	Bitrate	48	44,1	32	24	22,05	16	12	11,025	8
Studio	256	Stereo	Stereo	Stereo						
	192	Stereo	Stereo	Stereo						
	128	Stereo	Stereo	Stereo						
CD	112	Stereo	Stereo	Stereo						
	96	Stereo	Stereo							
	64	Mono	Mono	Mono	Stereo	Stereo				
FM	56	Mono	Mono	Mono	Stereo	Stereo	Stereo			
	48	Mono	Mono	Mono	Stereo	Stereo	Stereo			
	32	Mono	Mono	Mono	Stereo	Stereo	Stereo			
	24				Mono	Mono	Mono	Stereo	Stereo	Stereo
Modem	20						Mono	Stereo/Mono	Stereo/Mono	Stereo
	18						Mono	Stereo/Mono	Stereo/Mono	Stereo
	16						Mono	Mono	Mono	Mono
	8							Mono	Mono	Mono

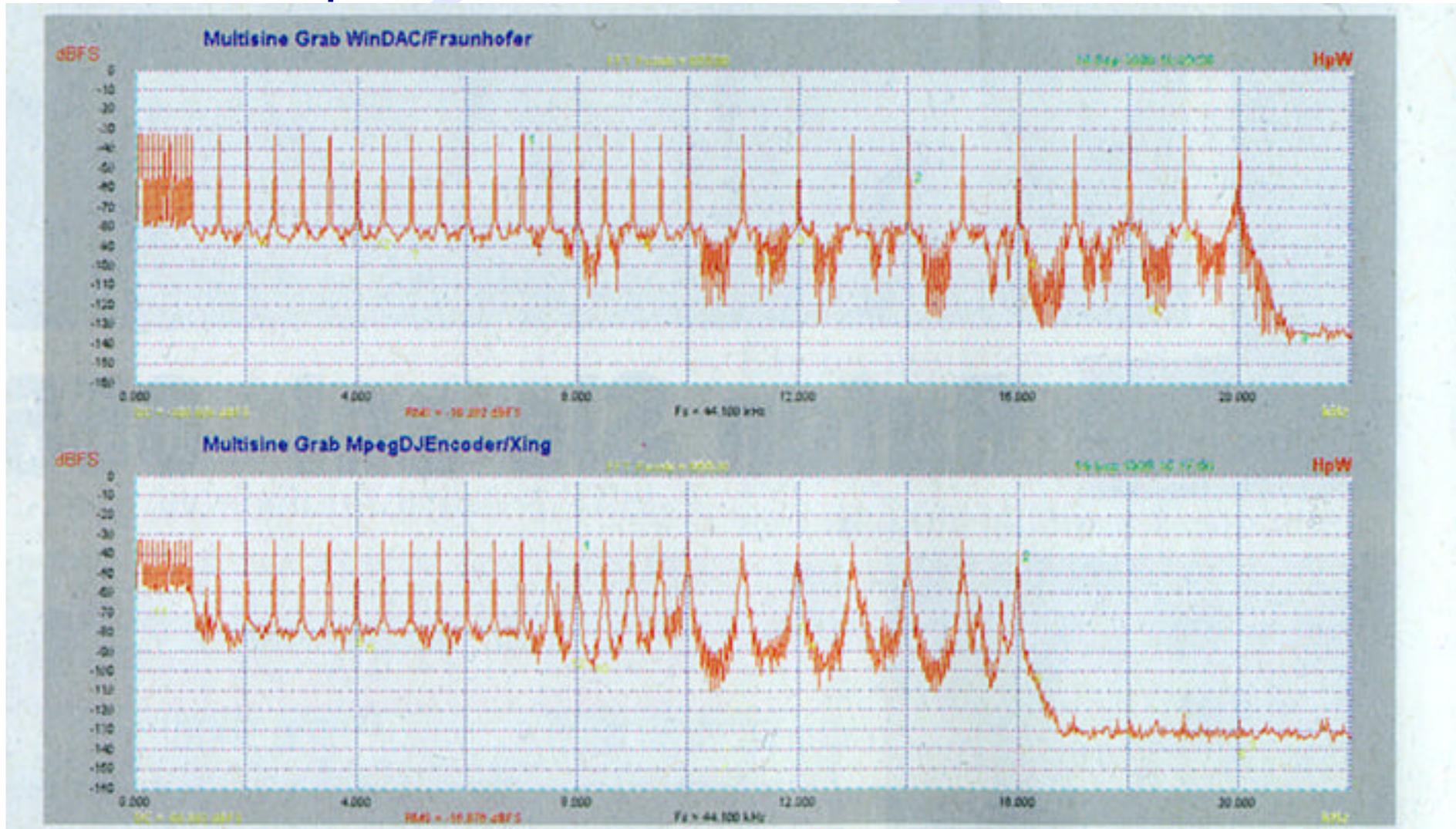
# 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

## Prinzip des Verfahrens



# 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

## Prinzip des Verfahrens



## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

### Komprimierungsartefakte

Original,	1536 kbit/s,	54,3 MB	
1:4,8,	320 kbit/s,	12,3 MB	
1:12,	128 kbit/s,	4,9 MB	
1:16,	96 kbit/s,	3,7 MB	
1:24,	64 kbit/s,	2,5 MB	
1:32,	48 kbit/s,	1,9 MB	
1:48,	32 kbit/s,	1,2 MB	

## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

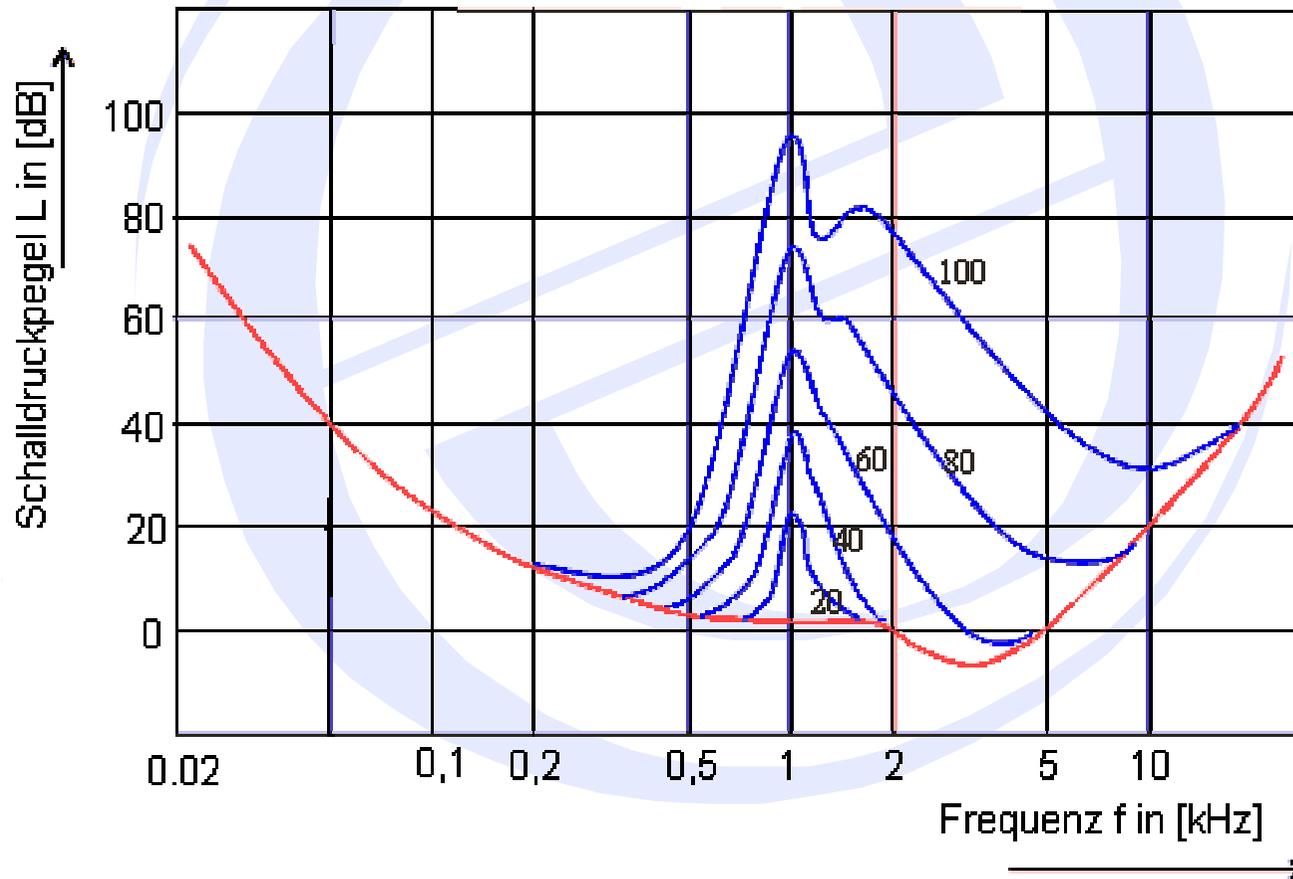
### Ausgenutzte psychoakustische Effekte

- Verdeckung
  - .- zeitgleiche Verdeckung
  - .- Nachverdeckung
  - .- Vorverdeckung
- Richtungshören
  - .- Laufzeitunterschiede
  - .- Lautstärkeunterschiede
  - .- Quellentrennung des Gehirns
- Frequenzgruppenbildung
  - Empfundene Tonhöhe
  - Virtuelle Tonhöhe: Residuum

## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

### Ausgenutzte psychoakustische Effekte

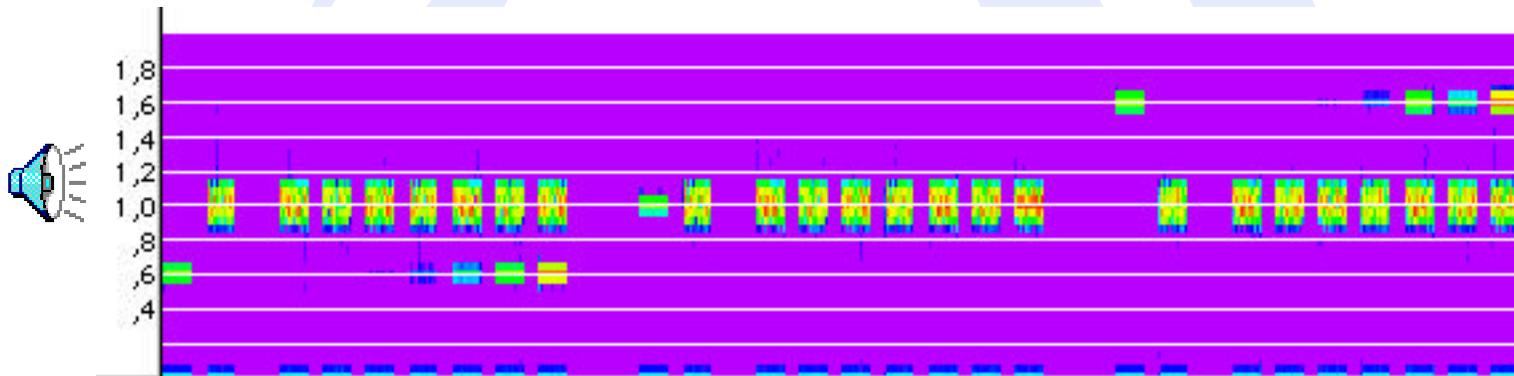
- zeitgleiche Verdeckung (simultane Maskierung)



## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

### Ausgenutzte psychoakustische Effekte

- zeitgleiche Verdeckung (simultane Maskierung)



Maskierer: Schmalbandrauschen, 900 Hz - 1100 Hz, - 20 dBFS

Testsignal: Sinustöne bei 600 Hz, 1000 Hz und 1600 Hz

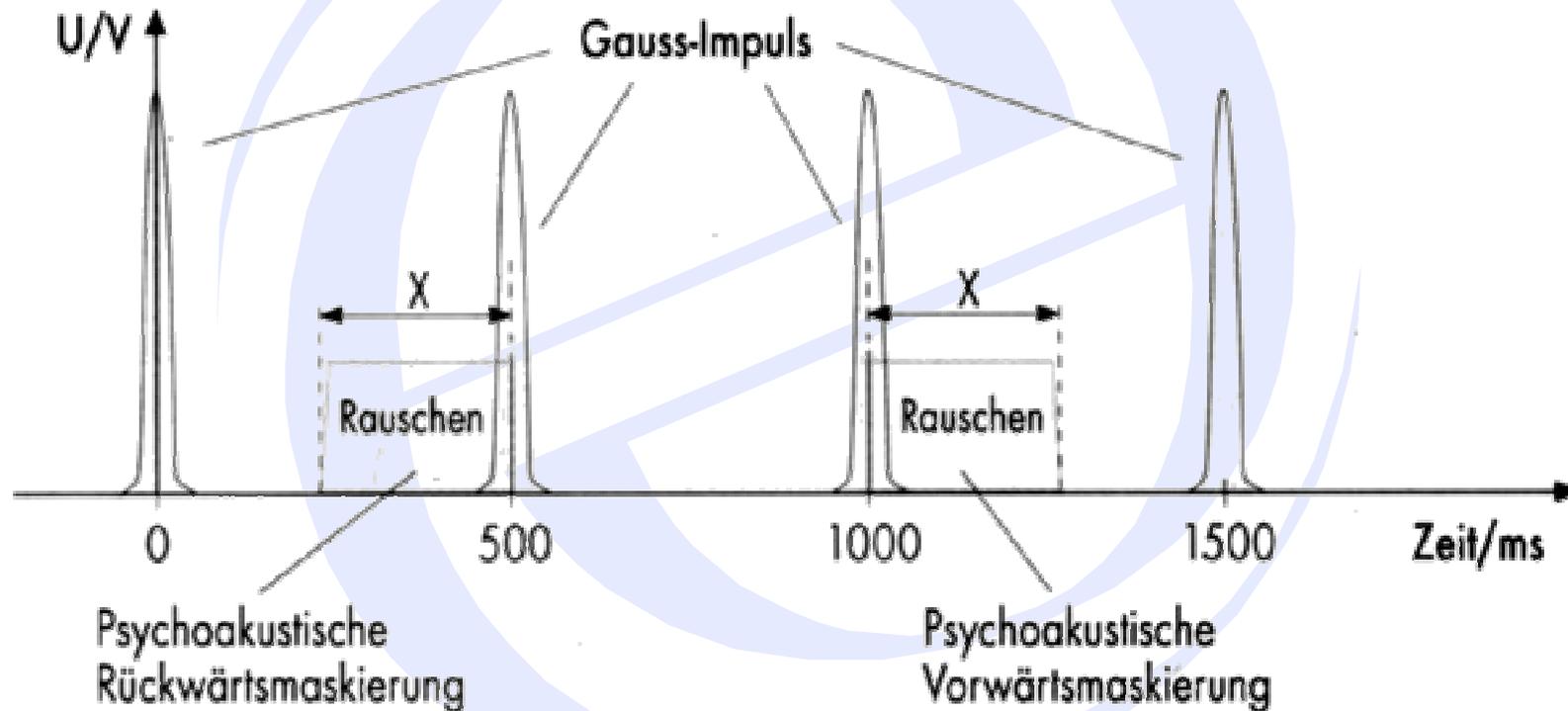
Pegelerhöhung von -80 dBFS to -20 dBFS in 10- dB- Schritten

Jede Untersequenz beginnt mit:

- Sinuston allein (-30 dBFS)",
- "Rauschen allein"

## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

### Ausgenutzte psychoakustische Effekte

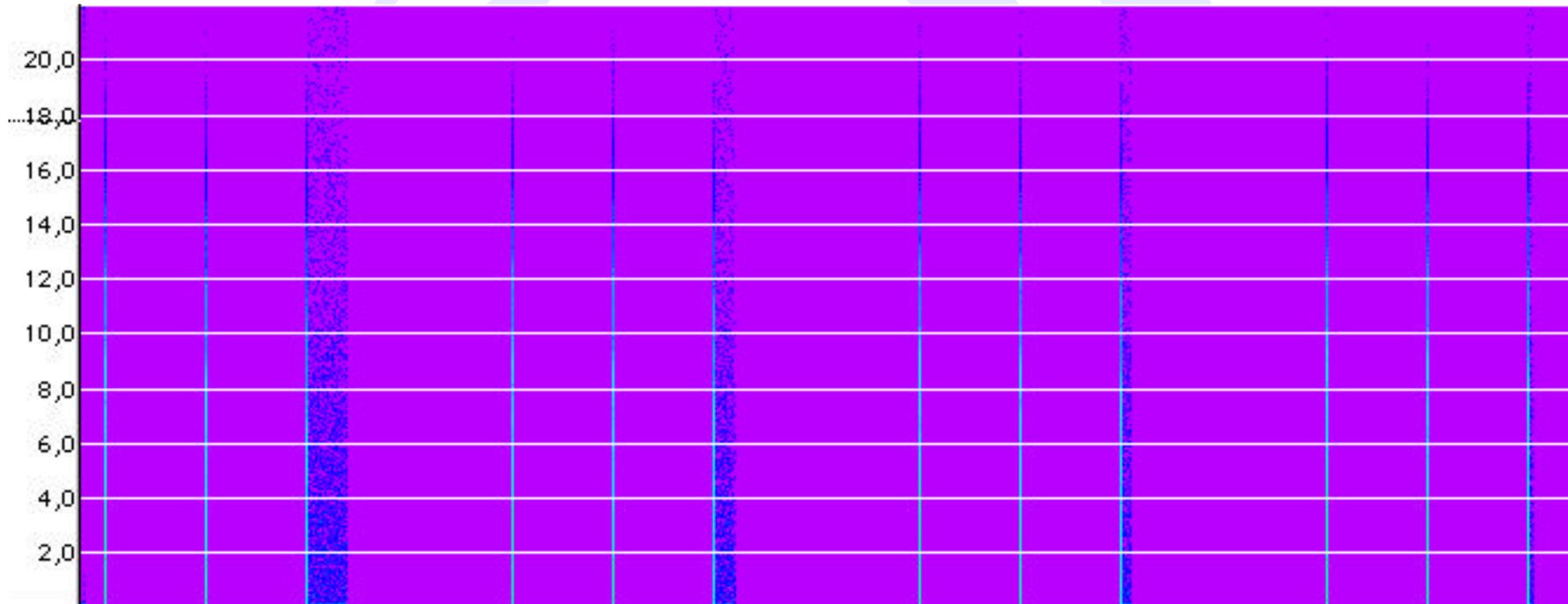


## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

### Ausgenutzte psychoakustische Effekte



• Vorverdeckung (Vorwärtsmaskierung)



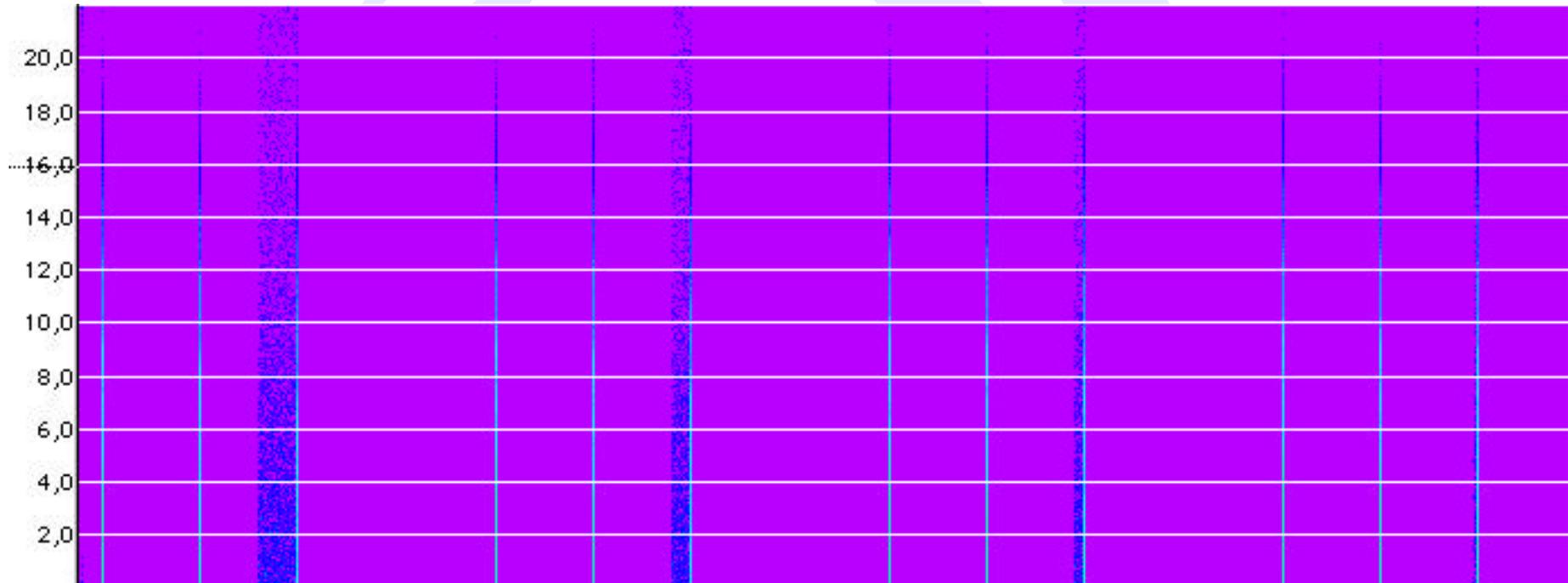
Gaussimpulse in 0,5s Abstand, der letzte gefolgt von Rauschen von 200 ms, 100 ms, 50 ms, 20 ms, 10 ms, 5 ms, 2 ms, 1 ms

## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

### Ausgenutzte psychoakustische Effekte



• Nachverdeckung (Rückwärtsmaskierung)



Gaussimpulse in 0,5s Abstand, der letzte begonnen mit Rauschen von 200 ms, 100 ms, 50 ms, 20 ms, 10 ms, 5 ms, 2 ms, 1 ms

## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

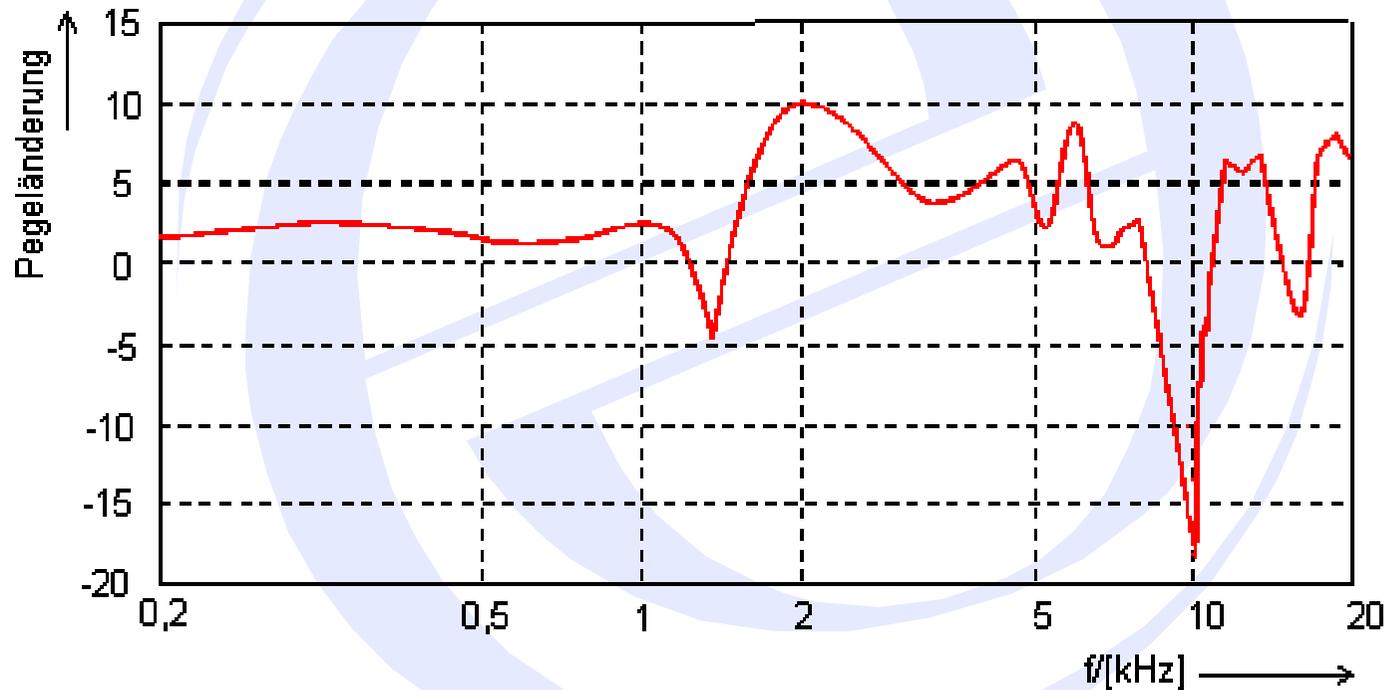
### Ausgenutzte psychoakustische Effekte

- Richtungshören
  - Laufzeitunterschiede
  - Lautstärkeunterschiede
  - Quellentrennung des Gehirns
- Verfahren des Ohres:
  - Niedrige Frequenzen: nicht ortbar (SubWoofer-Prinzip)
  - Mittlere Frequenzen: Laufzeit- und -stärkeunterschiede
  - Hohe Frequenzen: Lautstärkeunterschiede

## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

### Ausgenutzte psychoakustische Effekte

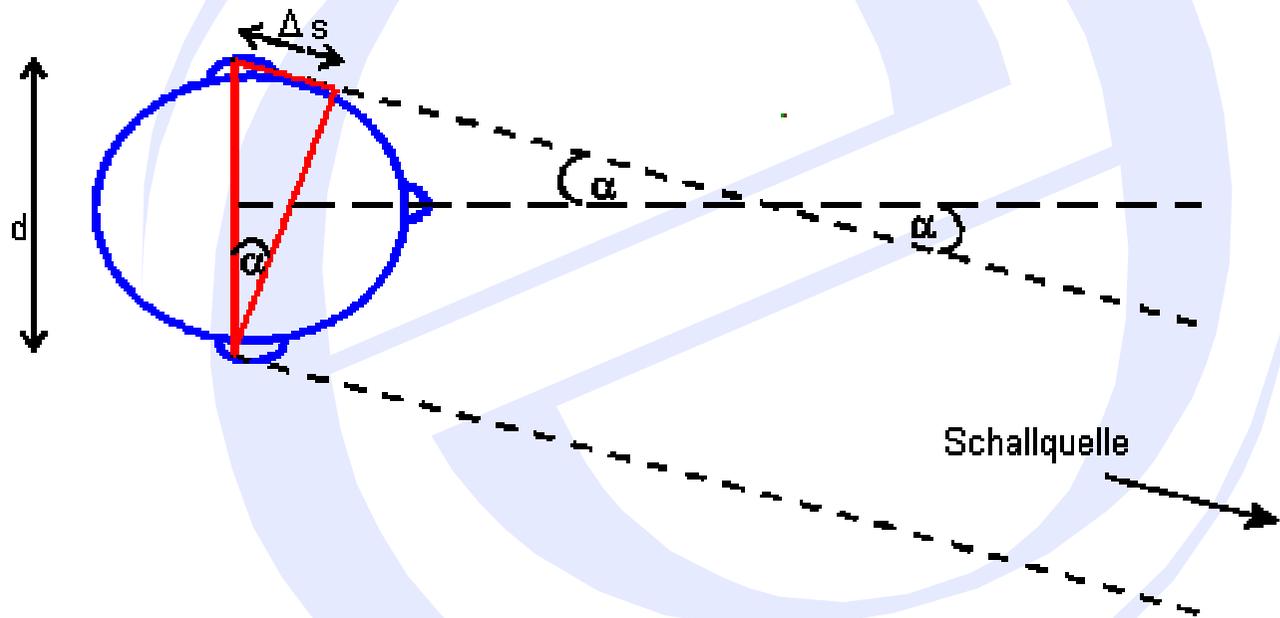
- Richtungshören: Eigenschaften des Außenohres



## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

Ausgenutzte psychoakustische Effekte

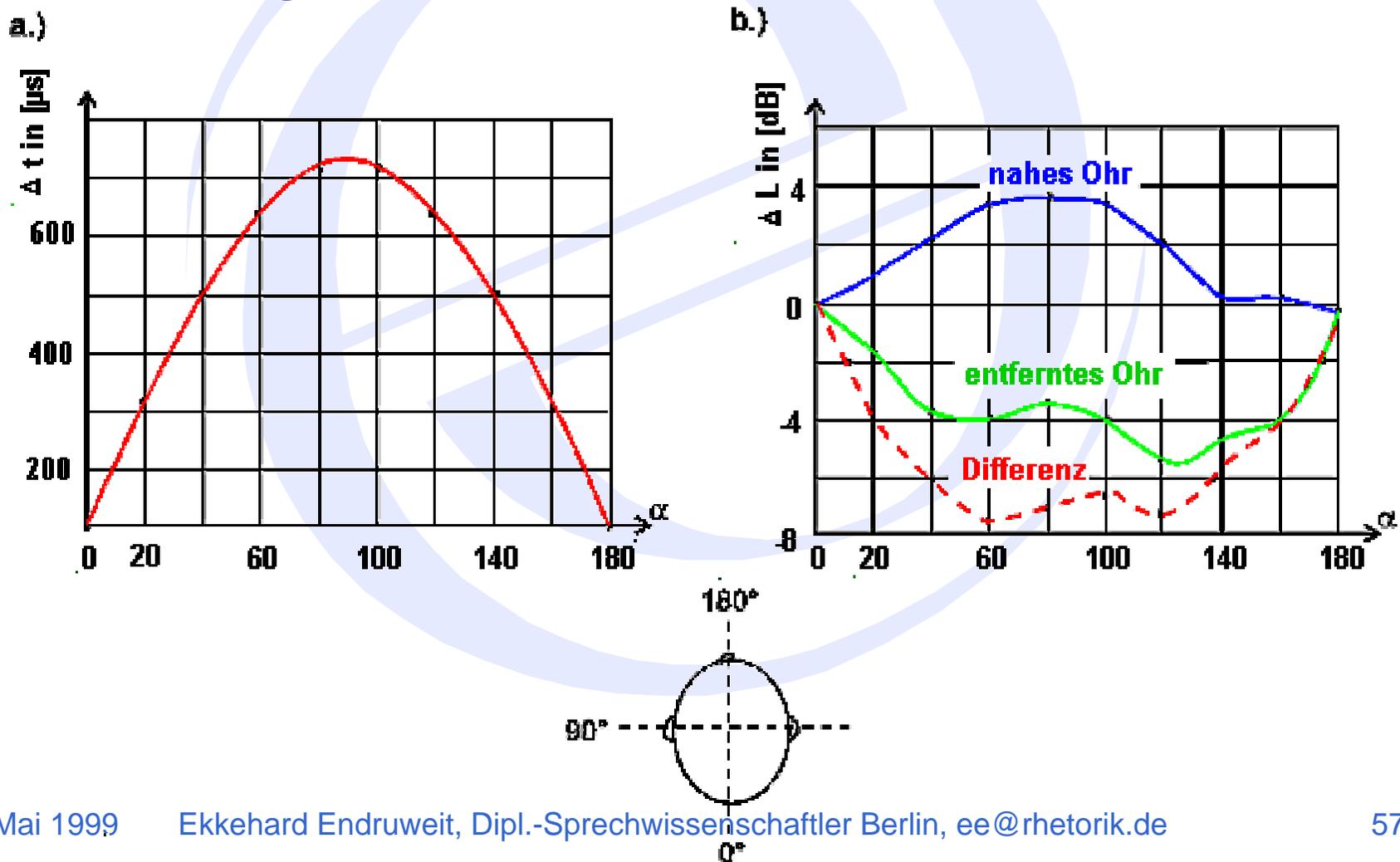
- Richtungshören: Laufzeitunterschiede



# 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

Ausgenutzte psychoakustische Effekte

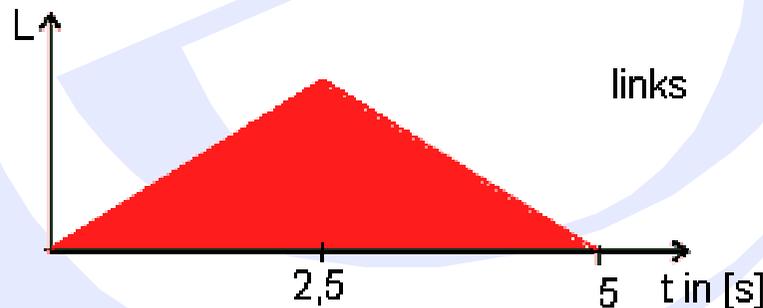
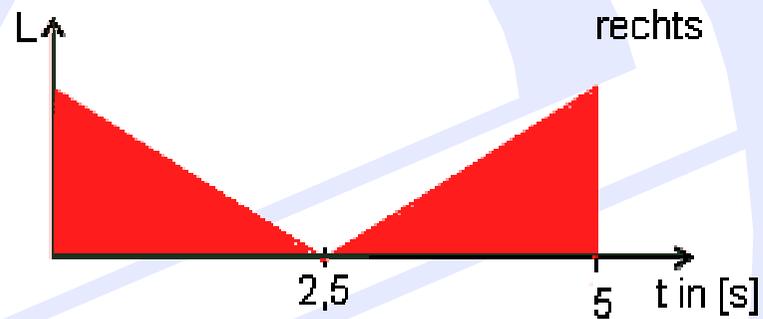
- Richtungshören: Lautstärkeunterschiede



## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

Ausgenutzte psychoakustische Effekte

- Richtungshören: Lautstärkeunterschiede



## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

Ausgenutzte psychoakustische Effekte

- Richtungshören: Quellentrennung des Gehirns

Cocktailparty mono



Cocktailparty stereo



## 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

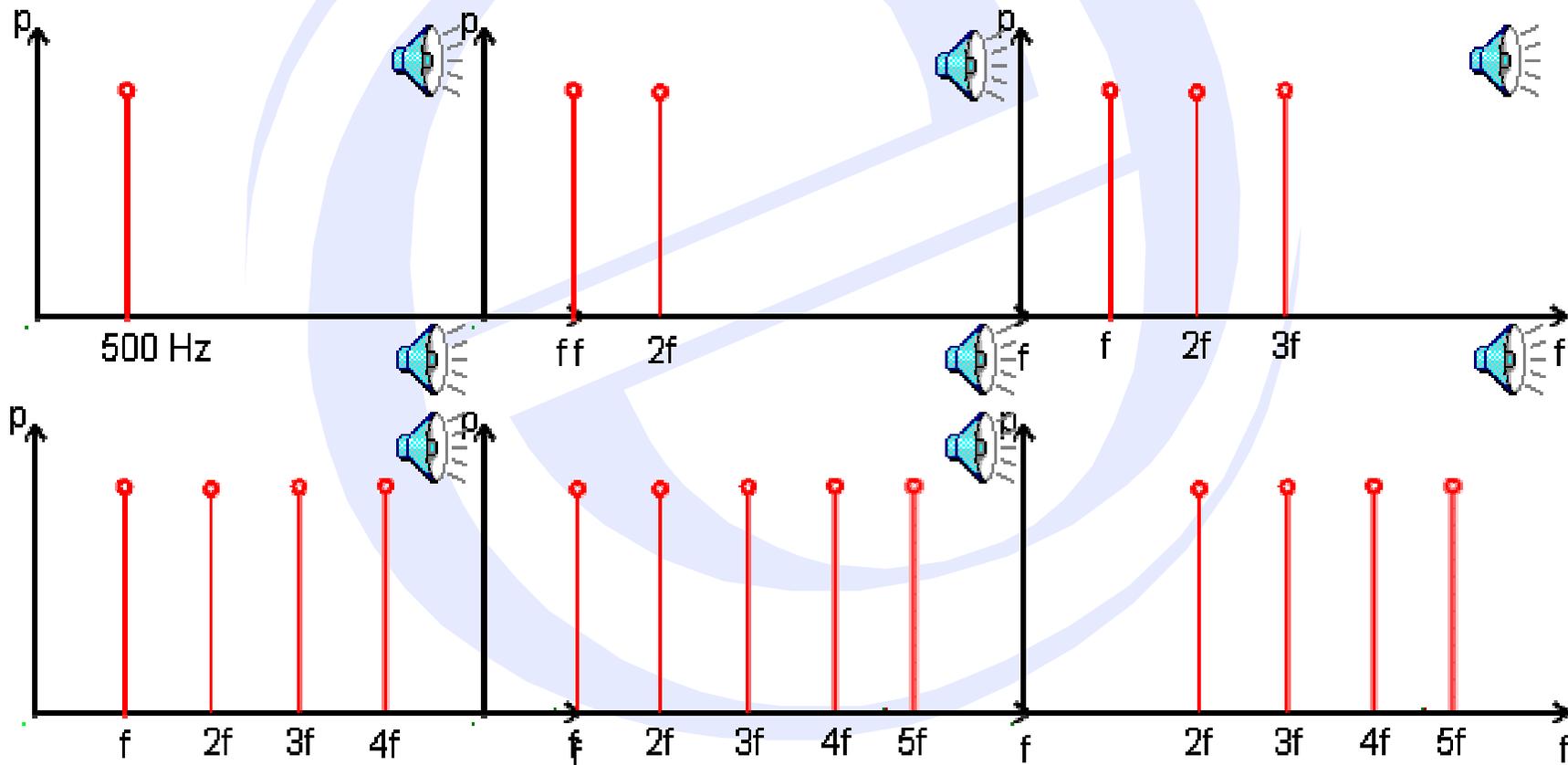
Ausgenutzte psychoakustische Effekte

Frequenzgruppenbildung: empfundene Tonhöhe

		Tonhöhe erscheint
200 Hz		abgesenkt
4000 Hz		höher
1000 Hz		gleichbleibend

# 4. MP3 - das Verfahren, die Beispiele

Ausgenutzte psychoakustische Effekte  
Frequenzgruppenbildung: Virtuelle Tonhöhe



# Übersicht

1. MP 3 - was ist das?
2. Das Gehör
3. Schallübertragung: natürlich und technisch
4. MP 3: Das Verfahren, die Beispiele
5. Folgen: technisch, ökonomisch, politisch
  - Internet, Rio und der Memory-Stick
  - Warner, Sony, und die Koreaner
  - Worldstar: Sound und Info für alle

## 5. Folgen: Technisch, ökonomisch, politisch

### Internet, Rio und der Memory-Stick

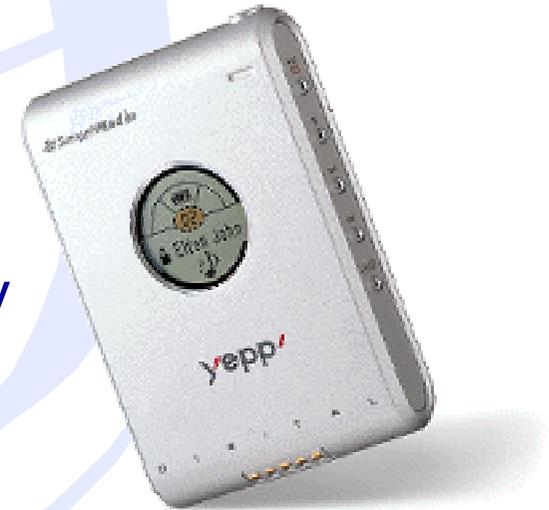
- streaming Audio (und Video)
- derzeit intensiver Information-war
- Copyrights
- Versuch der Verschlüsselung
- zahlreiche Kleinstgeräte überall
- neue Speicher-Hardware ohne bewegte Teile
- aber: konkurrierende Standards
  - DVD-RAM, Super-CD etc. pp.

## 5. Folgen: Technisch, ökonomisch, politisch

Warner, Sony und die Koreaner

Samsung: Yepp

- 58mm x 85mm x 17mm
- MP3, FM-Radio, Recorder,
- Telefonverzeichnis,
- 40 MB RAM + Speicherkarte,
- Magnesiumgehäuse + LCD-Display
- 2 AAA-Batterien für 10 Stunden
- encoding docking cradle
- im Sommer für ca. 200-250 \$



## 5. Folgen: Technisch, ökonomisch, politisch

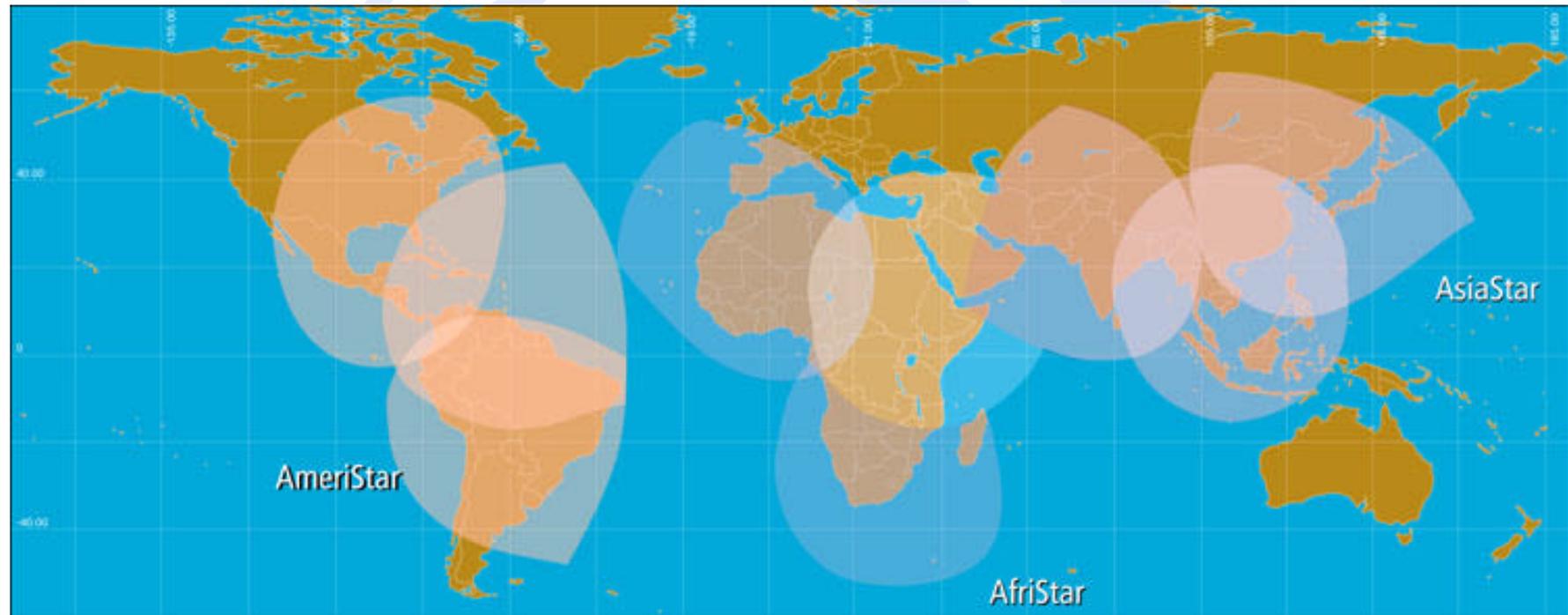
Warner, Sony und die Koreaner

### Software-Industrie: Content

- Probleme der Musikindustrie
- Kopien nicht beherrschbar
- Interessenkonflikte innerhalb von Konzernen
- Beispiel: Sony baut Hardware, besitzt aber auch
  - große Teile der Hollywood-Studios
- Allianz der Plattenindustrie:
  - zerstritten und unbeweglich
  - keine Innovation
  - lediglich Versuche des Kopierschutzes
  - vgl. SCMS

## 5. Folgen: Technisch, ökonomisch, politisch

Worldstar: Sound und Info für alle



## 5. Folgen: Technisch, ökonomisch, politisch

Worldstar: Sound und Info für alle



# URLs

[www.mp3.com](http://www.mp3.com)

[www.iis.fhg.de/amm](http://www.iis.fhg.de/amm)

[www.audiogalaxy.com](http://www.audiogalaxy.com)

[www.mp3hardware.com](http://www.mp3hardware.com)

[www.rrz.uni-koeln.de/phil-](http://www.rrz.uni-koeln.de/phil-)

[fak/muwi/forum/reuter/pr1.htm#top](http://fak/muwi/forum/reuter/pr1.htm#top)

# Credits und Copyrights

Eberhard Stock

Eberhard Zwicker

Andreas Bogk

Andreas Steinhäuser

Martina Kremer, Uni Wuppertal

Christoph Reuter, Uni Köln

Thomas Sporer, Uni Erlangen-Nürnberg

Heise Verlag, c't



**Ekkehard Endruweit**  
**Sprecherziehung, Rhetoriktraining**  
**Phone 030/44 050 466, Fax -467**  
**ee@rhetorik.de**

