

Musik und Schallwellen

Meinard Müller

meinard.mueller@audiolabs-erlangen.de

Lehrerfortbildung in Informatik
Dagstuhl, Dezember 2014



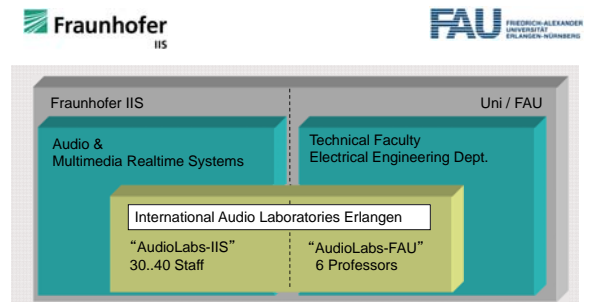
Meinard Müller

- 2001 PhD, Bonn University
- 2002/2003 Postdoc, Keio University, Japan
- 2007 Habilitation, Bonn University
"Information Retrieval for Music and Motion"
- 2007-2012 Senior Researcher
Max-Planck Institut für Informatik, Saarland
- 2012: Professor
Semantic Audio Processing
Universität Erlangen-Nürnberg

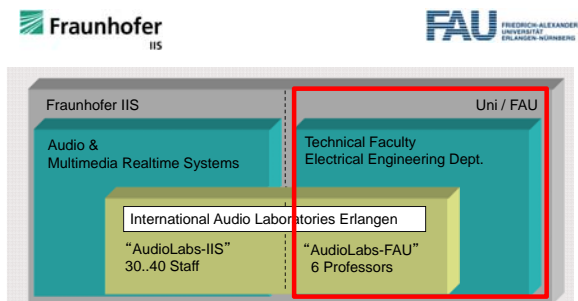
International Audio Laboratories Erlangen



International Audio Laboratories Erlangen



International Audio Laboratories Erlangen



International Audio Laboratories Erlangen



International Audio Laboratories Erlangen

Audio

International Audio Laboratories Erlangen

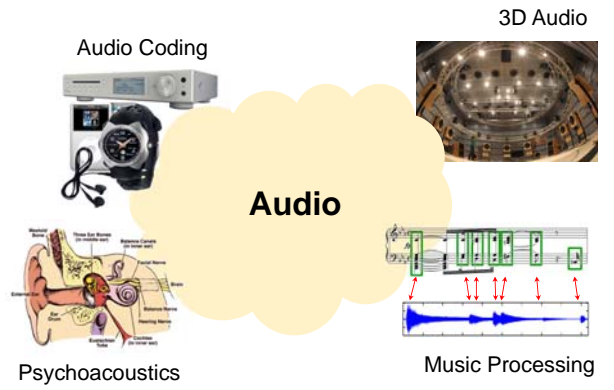
Audio Coding

3D Audio

Audio

Psychoacoustics

Music Processing



Wer sind wir?

Meinard

Jonathan



Wer sind wir?

Meinard

Jonathan

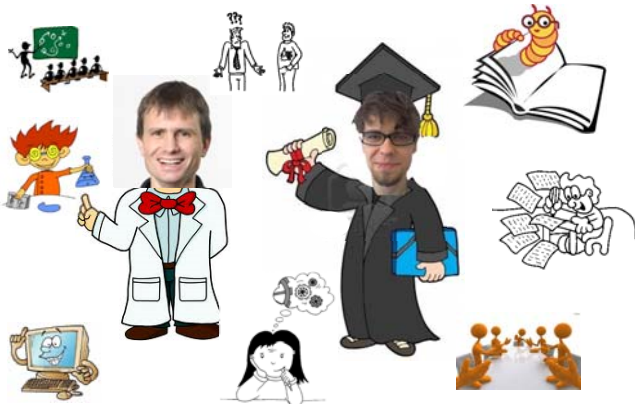


Professor



Doktorand

Was machen wir?



Wo sind wir?

Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen



Wo sind wir?

Universität Erlangen-Nürnberg



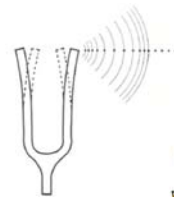
Wo sind wir?

International Audio Laboratories Erlangen



Was ist Audio?

Was ist Audio?

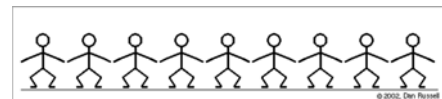


Video (Schallquellen) ▶

Wie kommt der Klang zum Ohr?

Wie kommt der Klang zum Ohr?

Wellen



Wie kommt der Klang zum Ohr?

Querwellen



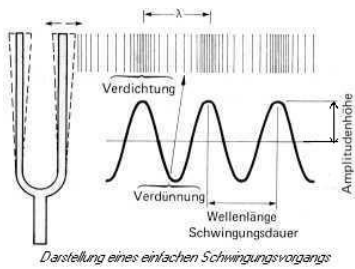
Wie kommt der Klang zum Ohr?

Längswellen



Wie kommt der Klang zum Ohr?

Schallwelle



Wie unterscheiden sich Schallwellen?

Wie unterscheiden sich Schallwellen?



Lautstärke



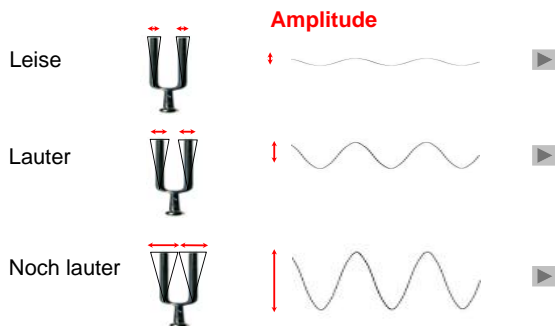
Tonhöhe



Klangfarbe

Was ist Lautstärke?


Was ist Lautstärke?



Was ist Lautstärke?

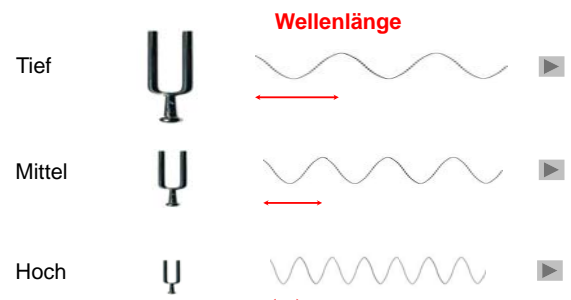
Einheit für die Lautstärke: **Dezibel (dB)**

Schallquelle	Lautstärke
Hörschwelle	0 dB
Flüstern	20 dB
Leise	30 dB
Normales Gespräch	60 dB
Sehr laut	100 dB
Schmerzgrenze	130 dB
Start eines Düsenjets	140 dB
Trommelfell platzt	160 dB

Video (Lautstärke) 

Was ist Tonhöhe?


Was ist Tonhöhe?



Was ist Tonhöhe?

Was passiert, wenn man eine Welle schneller abspielt?


































Normal 

Schnell 

Video (Chipmunk) 

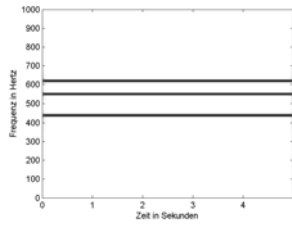
Chipmunk-Spiel

4 mal schneller normal 

1.								
2.								
3.								
4.								

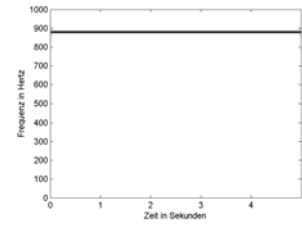
Spektrogramm-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
B										



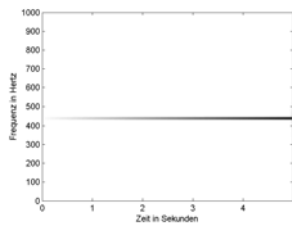
Spektrogramm-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
B	K									



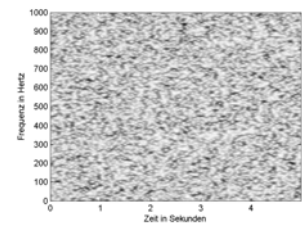
Spektrogramm-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
B	K	F								



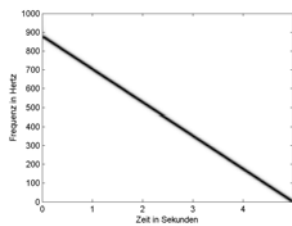
Spektrogramm-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
B	K	F	D							



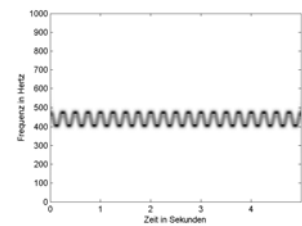
Spektrogramm-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
B	K	F	D	G						



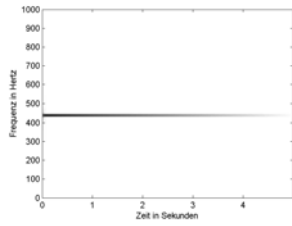
Spektrogramm-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
B	K	F	D	G	A					



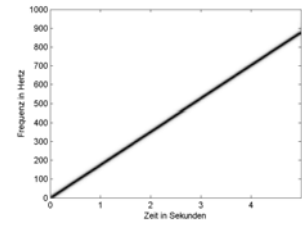
Spektrogramm-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
B	K	F	D	G	A	J				



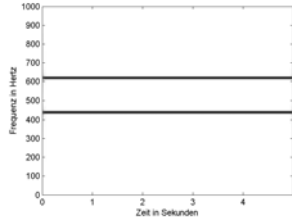
Spektrogramm-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
B	K	F	D	G	A	J	I			



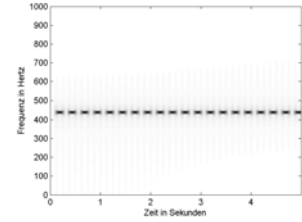
Spektrogramm-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
B	K	F	D	G	A	J	I	C		



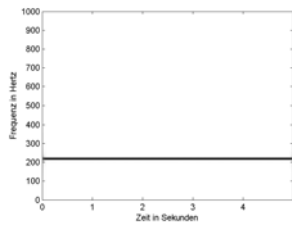
Spektrogramm-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
B	K	F	D	G	A	J	I	C	H	



Spektrogramm-Spiel

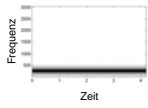
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
B	K	F	D	G	A	J	I	C	H	E



Was ist Klangfarbe?

Was ist Klangfarbe?

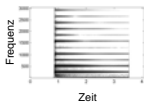
Reiner Ton ▶



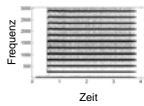
Obertöne:

Da ist mehr als eine Frequenz, wenn eine Note gespielt wird.

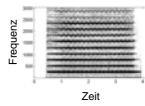
Klavier ▶



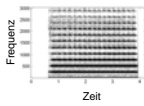
Trompete ▶



Geige ▶



Flöte ▶



Klangfarben-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶

Klangfarben-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
🎹													



Klangfarben-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
🎹 🎸													



Klangfarben-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
🎹 🎸 🎷													



Klangfarben-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶
🎹 🎸 🎷 🎺													



Klangfarben-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶



Klangfarben-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶



Klangfarben-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶



Klangfarben-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶



Klangfarben-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶



Klangfarben-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶



Klangfarben-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶



Klangfarben-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶



Klangfarben-Spiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶



Klangfarben-Spiel

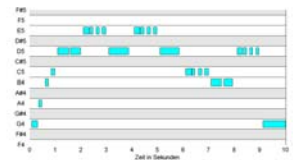
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶



Was ist eine Melodie?

Was ist eine Melodie?

Melodie: Abfolge von Tönen mit unterschiedlichen Tonhöhen und Tondauern



Al-le meine Ent-chen schwin-men auf dem See, schwin-men auf dem See,
 Köpf-chen in das Was-ser, Schwänz-chen in die Höh.

Not und Melodie: Vokabel

Was ist eine Melodie?

Notendarstellung:

Al-le mei-ne Ent-chen schwim-men auf dem See, schwim-men auf dem See,
 Köpf-chen in das Was-ser, Schwänz-chen in die HöH.

Text und Melodie: Volkslied

Tonhöhe
 Tondauer



Was ist eine Melodie?

Klavierwalzendarstellung:

Tondauer

Tonhöhe

Zeit in Sekunden



Melodie-Spiel

Alle meine Entchen

Al-le mei-ne Ent-chen schwim-men auf dem See, schwim-men auf dem See,
 Köpf-chen in das Was-ser, Schwänz-chen in die HöH.

Text und Melodie: Volkslied



Backe backe Kuchen



Ba-cke, ba-cke Ku-chen, der Bä-cker hat ge-ru-fen! Wer will gu-ten
 Ku-chen ba-cken, der muss hab-en sie-ben Sa-chen: Ei-er und Schmalz,
 But-ter und Salz, Milch und Mehl,
 Sa-fran macht den Ku-chen gehl: Schieb, schieb in' O-fen 'nein.

Text und Melodie: Volkslied

Text und Melodie: Volkslied

Der Kuckuck und der Esel



1. Der Ku-ckuck und der E-sel, die hat-ten ein-mal Streit: Wer...
 wohl am bes-ten sän-ge, wer... wohl am bes-ten sän-ge zur
 schö-nen Mai-en-zeit, zur schö-nen Mai-en-zeit.

Text: Heinrich Hoffmann von Fallersleben
 Melodie: Karl Friedrich Zelter (1810)

Text: Heinrich Hoffmann von Fallersleben
 Melodie: Karl Friedrich Zelter (1810)

Grün sind alle meine Kleider



Grün, grün, grün sind alle meine Klei - der,
grün, grün, grün ist alles, was ich hab,
Da - rum lieb ich al - les, was grün ist,
weil mein Schatz ein Kä - ger ist.

Text und Melodie: Volklied aus Pennsylvanien (17. Jahrh.)

Die Affen rasen durch den Wald



Die Af - fen ra - sen durch den Wald, mal hier mal dort ihr
Ru - fen schallt. Die gan - ze Af - fen - ban - de brüllt: Wo ist die
Ko - kos - nuss, wo ist die Ko - kos - nuss, wer hat die Ko - kos - nuss ge - klaut? - Klaut?

Text und Melodie: Volklied



Es tanzt ein Bi-Ba-Butzemann



Es tanzt ein Bi - Ba - But - ze - mann in un - sern Haus he - rum, wi - di - bum, rum,
Er rüt - telt sich, er schüt - telt sich, er wirft sein Säc - lein hin - ter sich,
Es tanzt ein Bi - Ba - But - ze - mann in un - sern Haus he - rum.

Text und Melodie: Volklied aus Habsburg

Ich geh mit meiner Laterne

1. Ich geh mit mei - ner La - ter - ne und
Da o - ben leuch - ten die Ster - ne und
mei - ne La - ter - ne mit mir. Mein Licht ist aus, wir
un - ten, da leuch - ten wir.
gehe nach Haus. Ra - bim - mel, ra - bam - mel, ra - bumm.

Text und Melodie: Volklied aus Habsburg



Sankt Martin



Sankt Mar - tin, Sankt Mar - tin, Sankt Mar - tin ritt durch Schnee und
Wind, sein Ross, das trug ihn fort ge - schwind. Sankt Mar - tin ritt mit
leich - tem Mut, sein Man - tel deckt ihn warm und gut.

Text und Melodie: Volkslied aus dem Rheinland

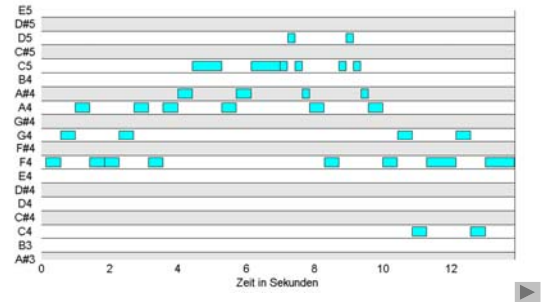
Meine Oma fährt im Hühnerstall Motorrad

1. Mei - ne O - ma fährt im Hüh - ner - stall Mo - tor - rad, Mo - tor -
rad, Mo - tor - rad! Mei - ne O - ma fährt im Hüh - ner - stall Mo -
tor - rad, mei - ne O - ma ist 'ne ganz ja - ten - te Frau!

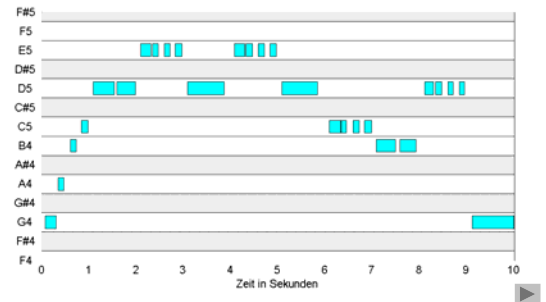
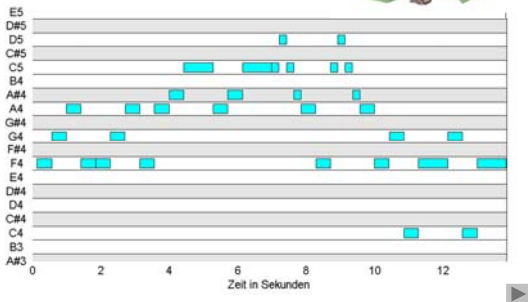
Text und Melodie: Robert Drost



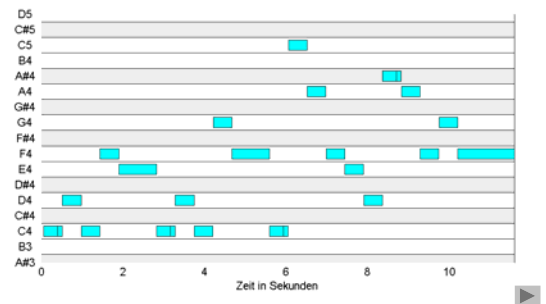
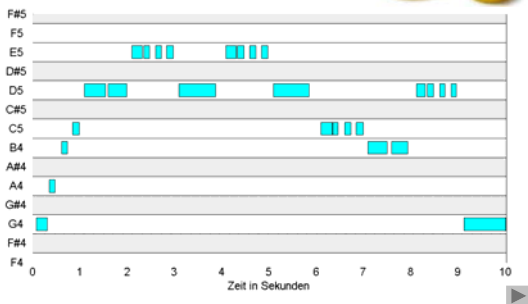
Klavierwalzendarstellungs-Spiel



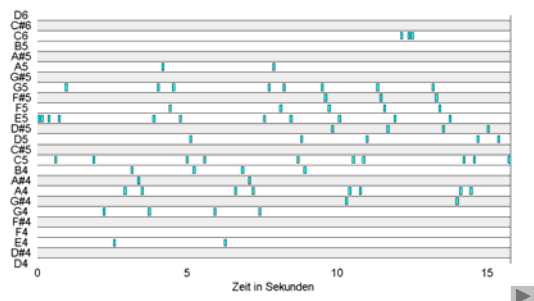
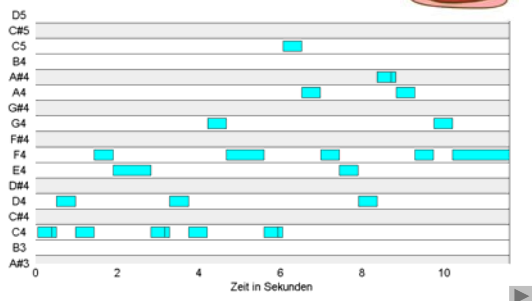
Bruder Jakob



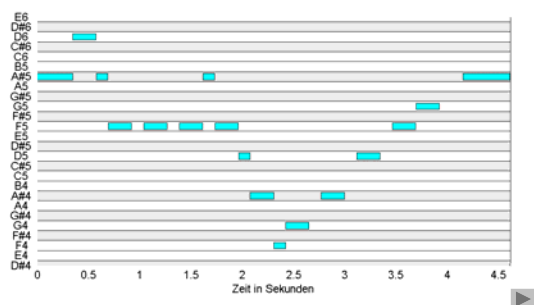
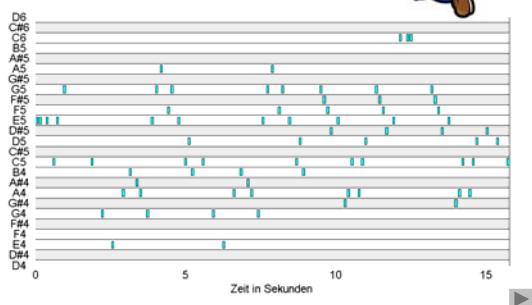
Alle meine Entchen



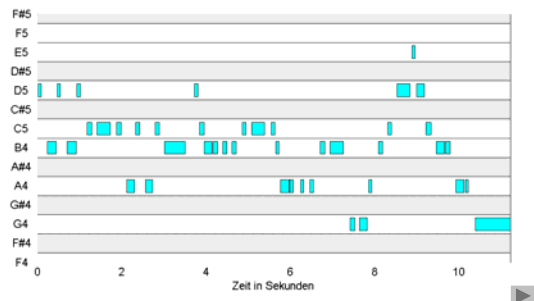
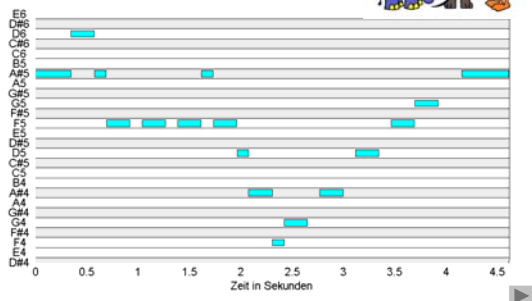
Zum Geburtstag viel Glück



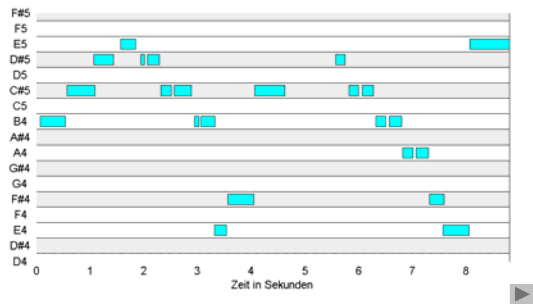
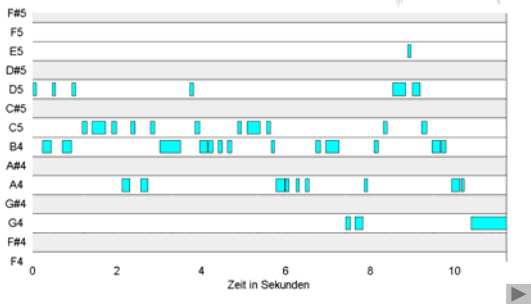
Super Mario



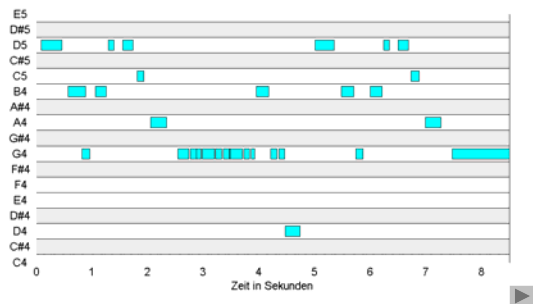
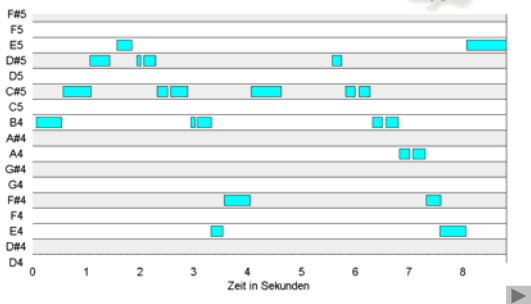
Sendung mit der Maus



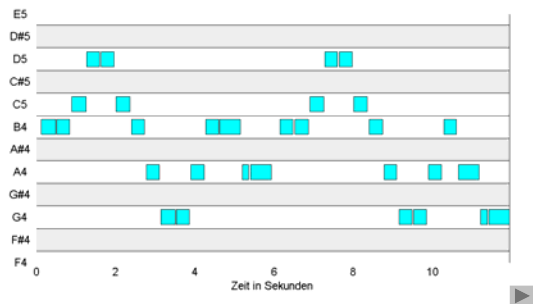
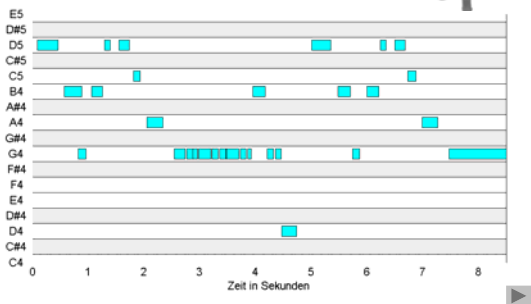
Der Kuckuck und der Esel



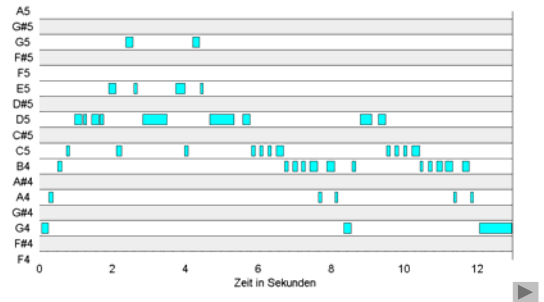
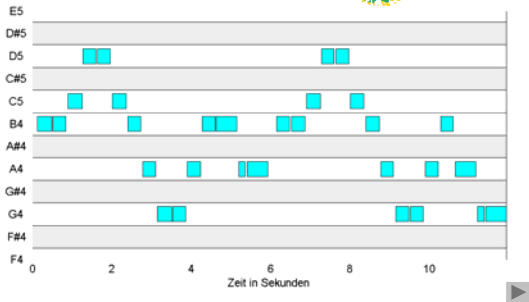
Biene Maja



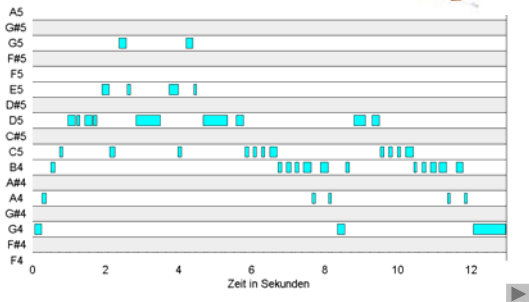
Auf einem Baum ein Kuckuck saß



Freude schöner Götter Funken



Fuchs du hast die Gans gestohlen



Was ist Tempo?

Was ist Tempo?

Wir können zu Musik mitklatschen.

Tempo: Wie oft klatschen wir pro Minute?

Einheit für Tempo: **BPM (beats per minute)**

Womit kann man ein Tempo vorgeben?

Metronom



Was ist Tempo?

Wir können zu Musik mitklatschen.

Tempo: Wie oft klatschen wir pro Minute?

Einheit für Tempo: **BPM (beats per minute)**

Womit kann man ein Tempo vorgeben?

Metronom



Tempo-Spiel?

1.	▶	
2.	▶	
3.	▶	
4.	▶	
5.	▶	
6.	▶	
7.	▶	
8.	▶	

Tempo-Spiel?

1.	▶	158 BPM
2.	▶	
3.	▶	
4.	▶	
5.	▶	
6.	▶	
7.	▶	
8.	▶	

Tempo-Spiel?

1.	▶	158 BPM
2.	▶	120 BPM
3.	▶	
4.	▶	
5.	▶	
6.	▶	
7.	▶	
8.	▶	

Tempo-Spiel?

1.	▶	158 BPM
2.	▶	120 BPM
3.	▶	174 BPM
4.	▶	
5.	▶	
6.	▶	
7.	▶	
8.	▶	

Tempo-Spiel?

1.	▶	158 BPM
2.	▶	120 BPM
3.	▶	174 BPM
4.	▶	166 BPM
5.	▶	
6.	▶	
7.	▶	
8.	▶	

Tempo-Spiel?

1.	▶	158 BPM
2.	▶	120 BPM
3.	▶	174 BPM
4.	▶	166 BPM
5.	▶	111 BPM
6.	▶	
7.	▶	
8.	▶	

Tempo-Spiel?

1.	▶	158 BPM
2.	▶	120 BPM
3.	▶	174 BPM
4.	▶	166 BPM
5.	▶	111 BPM
6.	▶	132 BPM
7.	▶	
8.	▶	

Tempo-Spiel?

1.	▶	158 BPM
2.	▶	120 BPM
3.	▶	174 BPM
4.	▶	166 BPM
5.	▶	111 BPM
6.	▶	132 BPM
7.	▶	67 BPM
8.	▶	

Tempo-Spiel?

1.	▶	158 BPM
2.	▶	120 BPM
3.	▶	174 BPM
4.	▶	166 BPM
5.	▶	111 BPM
6.	▶	132 BPM
7.	▶	67 BPM
8.	▶	144 BPM

Was ist Rhythmus?

Zeitliche Struktur der Töne und speziell eine Folge von Dauern und Pausen.

Video (Rhythmus) ▶