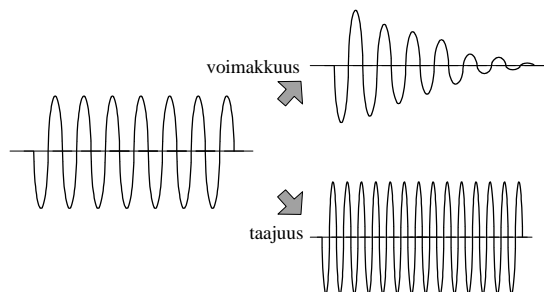


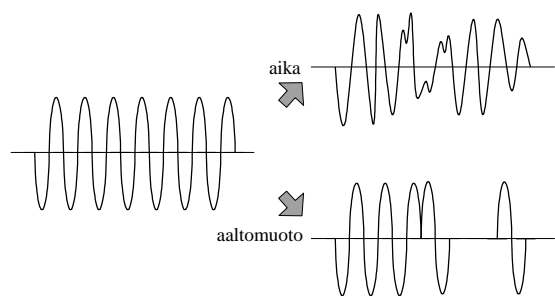
## 2. Äänenkäsittely

1. Voimakkuus
2. Taajuus
3. Aika
4. Aaltomuoto
5. Operaatioiden ketjuttaminen

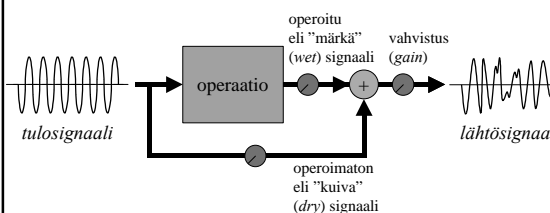
### Operaatioesimerkkejä 1(2)



### Operaatioesimerkkejä 2(2)



### Operaation osatekijät

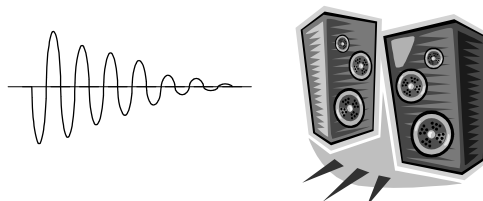


### 2.1. Voimakkuus

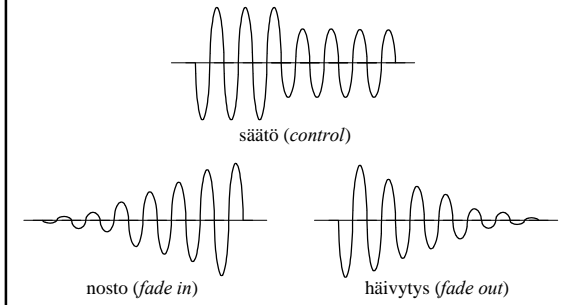
1. Sääto, nosto ja häivytytys
2. Normalisointi
3. Panorointi
4. Amplitudin modulointi
5. Verhokäyrä
6. Kompressointi eli dynamiikan supistaminen
7. Limitointi eli tason rajoittaminen
8. Särö
9. Ekspandointi eli dynamiikan laajentaminen
10. Kohinaportti

### Äänenvoimakkuuden operaatiot

- muokkaavat ääniaallon amplitudia
- dynamiikka = äänenvoimakkuuden vaihtelu



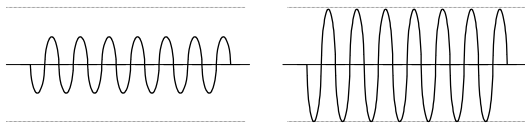
### 2.1.1. Säätö, nosto ja häivytytys



### Sound Forge -operaatioita

- voimakkuuden säätö
  - ◆ Process > Volume...
- vaimennus
  - ◆ Process > Mute
- nosto ja häivytytys
  - ◆ Process > Fade > In
  - ◆ Process > Fade > Out
  - ◆ Process > Fade > Graphic...
- pätkintä
  - ◆ Effects > Stutter...

### 2.1.2. Normalisointi

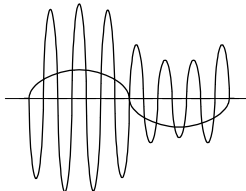


- engl. *normalizing*
- Sound Forge: Process > Normalize...

### 2.1.3. Panorointi

- engl. *pan*
- äänikanavien välisen voimakkuuden säätäminen
- tasapainotus eli balanssointi (*balance*)
- Sound Forge:
  - ◆ Process > Pan > Left to Right
  - ◆ Process > Pan > Right to Left
  - ◆ Process > Pan > Graphic...

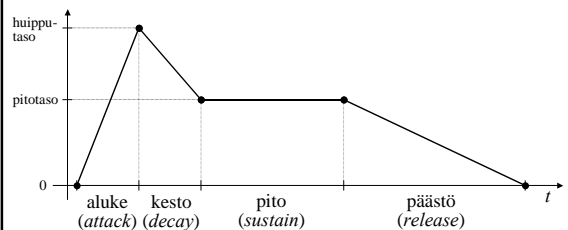
### 2.1.4. Amplitudin modulointi



- Sound Forge: Effects > Amplitude Modulation...

### 2.1.5. Verhokäyrä

- engl. *envelope*
- ADSR-verhokäyrä:



### Verhokäyräesimerkki

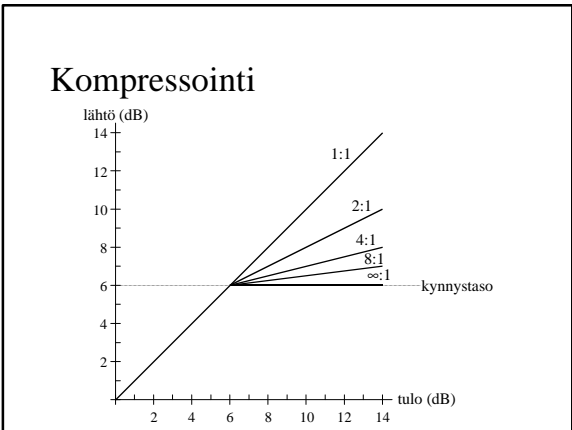
- *Sound Forge*: Effects > Envelope...

### 2.1.6. Kompressointi eli dynamiikan rajoittaminen

- engl. *compressing*
- kun tulosignaalin voimakkuus ylittää annetun kynnyksen, tulosignaalin nousu aiheuttaa lähtösignaalissa pienemmän nousun
- *Sound Forge*: Effects > Dynamics...

### Perusparametreja

- kompressiosuhde (*compression ratio*):
  - ◆ tulosignaalin nousu:lähtösignaalin nousu
  - ◆ esim. 3:1 = 3 dB:n nousu tulosignaalisssa nostaa 1 dB lähtösignaalia
- kynnyksen taso (*threshold level*): taso jonka yläpuolella kompressointi alkaa vaikuttaa



### Lisäparametreja

- tartunta-aika (*attack time*): aika joka kuluu kynnyksen ylityksestä täyteen kompressointiin
- päästöaika (*release time*): aika jossa kynnyksen alitus palauttaa signaalin normaaliksi

### Kompressointi ja aaltomuoto

### Käyttötapoja

- instrumentin (esim. basso) ”tukevoittaminen”, jolloin se saadaan helpommin esiin muiden äänten seasta
- kompressoitu taustamusiikki voidaan miksata voimakkaammaksi ilman että se peittäisi puhetta
- kohinan peitto (esim. radiolähetyksissä tai tallennuksessa)

### 2.1.7. Limitointi eli tason rajoittaminen

- engl. *limiting*
- estää signaalin voimakkuuden nousun annettua tasoa suuremmaksi
- kompressoinnin erikoistapaus: kompressiosuhde  $\infty:1$

### 2.1.8. Särö

- engl. *distortion*
- syntyy signaalin leikkautuessa:

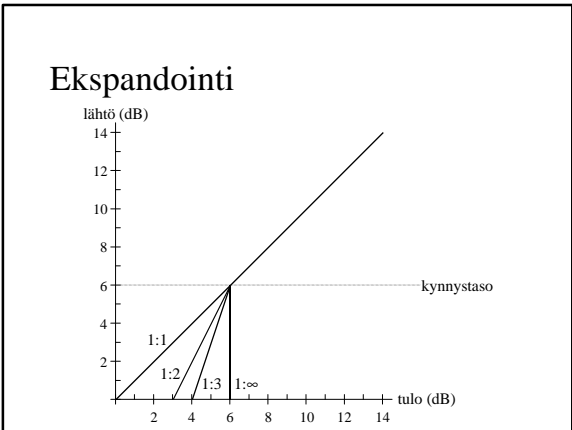
- muuttaa sointiväriä
- *Sound Forge*: Effects > Distortion...

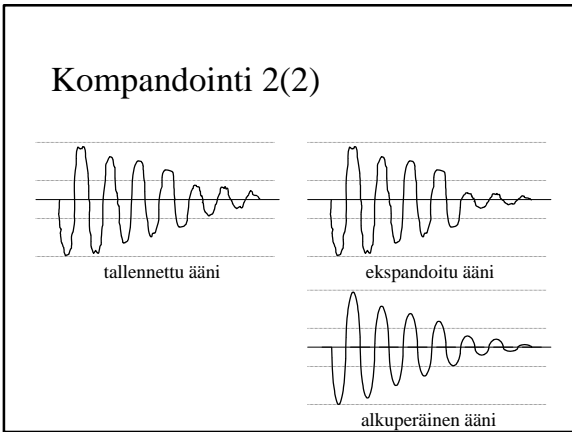
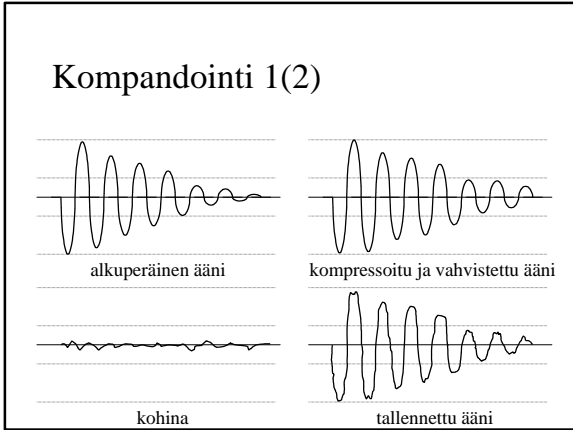
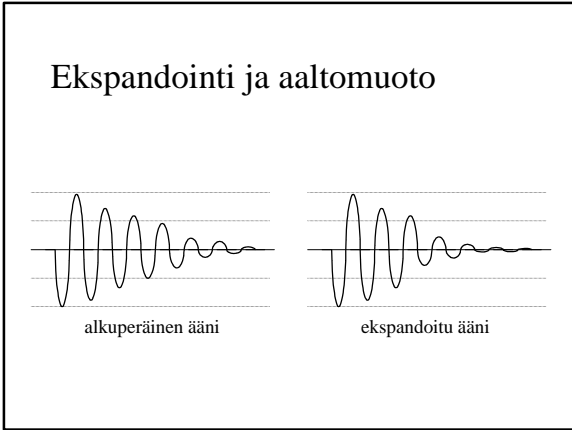
### 2.1.9. Ekspandointi eli dynamiikan laajentaminen

- engl. *expanding*
- kun tulosignaalin voimakkuus alittaa annetun kynnystason, tulosignaalin lasku aiheuttaa lähtösignaalissa suuremman laskun
- *Sound Forge*: Effects > Dynamics...

### Parametreja

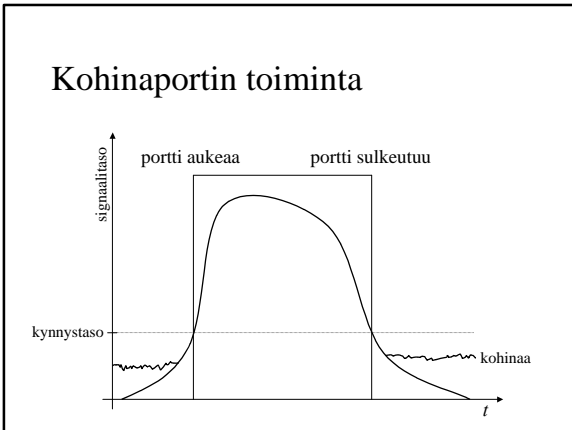
- ekspansiosuhde (*expansion ratio*):
  - ◆ tulosignaalin lasku:lähtösignaalin lasku
  - ◆ esim. 1:3 = 1 dB:n lasku tulosignaalin lasku laskee 3 dB lähtösignaalia
- kynnystaso (*threshold level*): taso jonka alapuolella ekspandointi alkaa vaikuttaa
- tartunta-aika (*attack time*): aika jossa kynnystason ylitys palauttaa signaalin normaaliksi
- päästöaika (*release time*): aika joka kuluu kynnystason alituksesta täyteen ekspandointiin





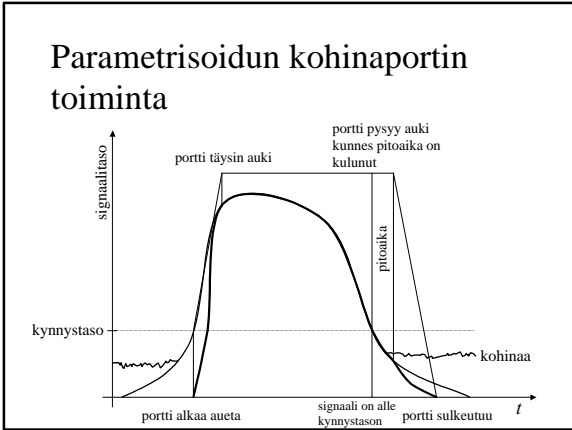
### 2.1.10. Kohinaportti

- engl. *noise gate*
- ekspandoinnin erikoistapaus: ekspansiosuhde 1:∞
- *Sound Forge*: Effects > Noise Gate...



### Parametreja

- kynnystaso (*threshold level*): taso jonka alapuolella kohinaportti sulkeutuu
- tartunta-aika (*attack time*): aika joka kuluu kynnystason ylityksestä kohinaportin avautumiseen
- pitoaika (*hold time*): aika jonka kohinaportti pysyy auki kynnystason alituksen jälkeen
- päästöaika (*release time*): aika jossa kohinaportti sulkeutuu

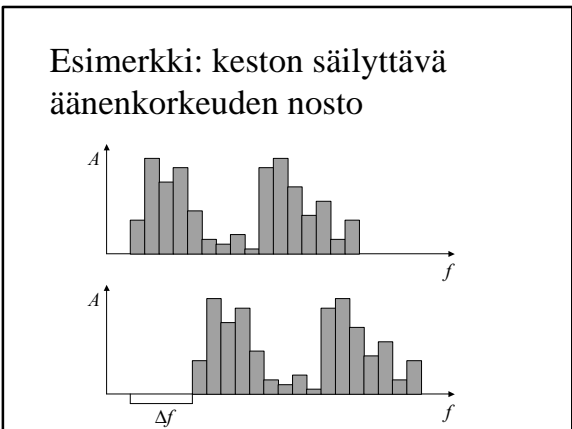
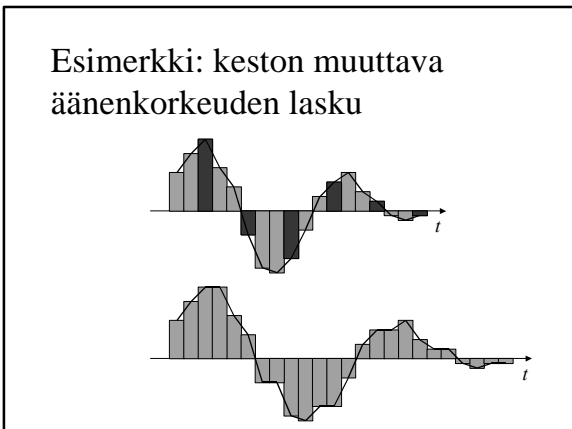
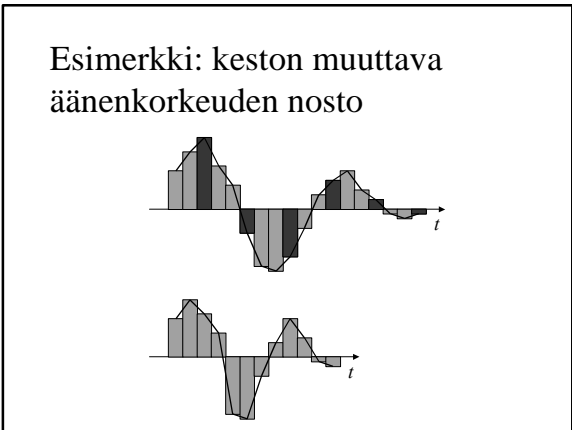


### 2.2. Taajuus

1. Äänenkorkeuden muuttaminen
2. Vibraatto
3. Ekvalisointi eli taajuuskorjaus
4. Taajuussuodatus

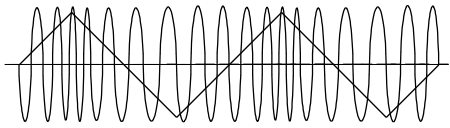
### 2.2.1. Äänenkorkeuden muutos

- engl. *pitch shift, pitch transpose*
- muutetaan alkuperäisen signaalin taajuutta
- menetelmät:
  - ◆ keston muuttava
    - ◆ nosto nopeuttaa, lasku hidastaa
    - ◆ laskennallisesti yksinkertainen
  - ◆ keston säilyttävä
    - ◆ laskennallisesti monimutkainen



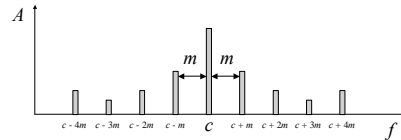
### 2.2.2. Vibraatto

- taajuusmodulointia (FM, *frequency modulation*)



### Modulointitaajuus

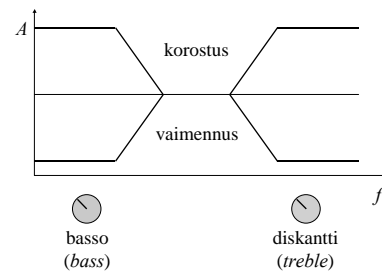
- < 8 Hz vibraatto
- > 20 Hz äänenväriin muutos
- sivukaistat (*sidebands*),  $c$  = kantoaallon taajuus,  $m$  = modulointitaajuus:



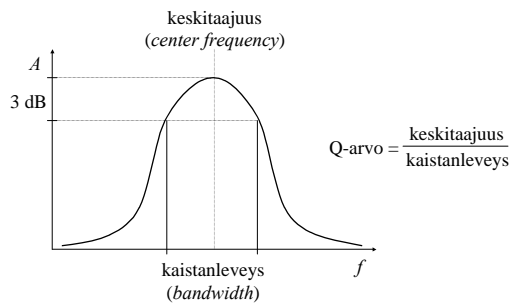
### 2.2.3. Ekvalisointi eli taajuuskorjaus

- engl. *equalizing, EQ*
- muokkaa taajuusjakaumaa ja siten äänenväriä
- jakaa taajuuskaistan osiin joita voidaan korostaa tai vaimentaa
- *Sound Forge*:
  - ◆ Process > EQ > Graphic...
  - ◆ Process > EQ > Simple...
  - ◆ Process > Smooth/Enhance...

### Yksinkertainen taajuuskorjain



### Termejä



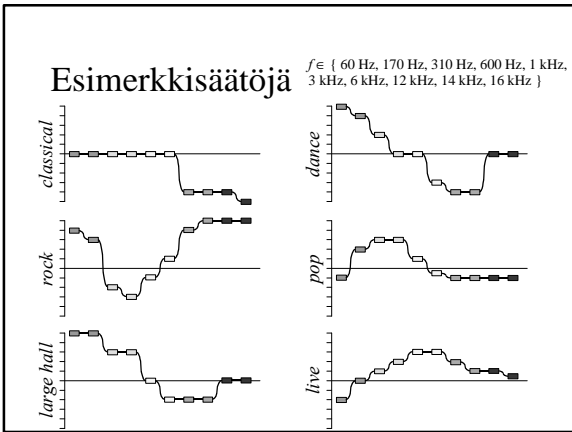
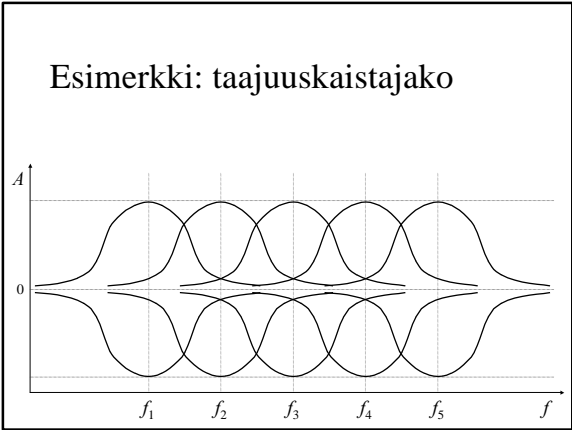
### Taajuuskorjaintyyppiä

- graafinen taajuuskorjain (*graphic equalizer*)
- parametrisen taajuuskorjain (*parametric equalizer*)
- puoliparametrisen taajuuskorjain (*semiparametric equalizer, quasiparametric equalizer*)

### Graafinen taajuuskorjain

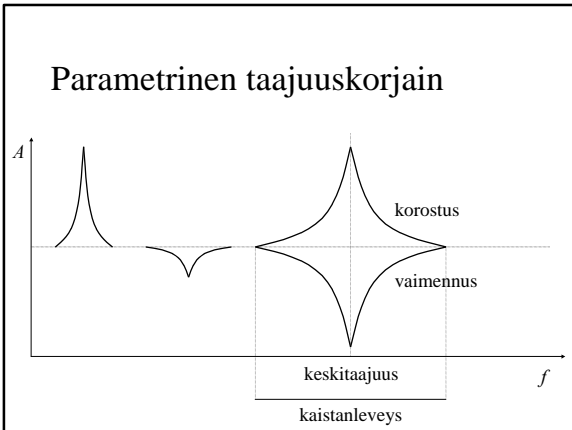
- taajuuskaista jaettu kiinteisiin osiin, joita voidaan korostaa tai vaimentaa
- korjainten tiheys:
  - ◆ oktaavisuodatin (*octave filter*):  

$$f_n = 2 \cdot f_{n-1}$$
  - ◆ terssisuodatin (*third octave filter*):  
 oktaavin kolmasosa
  - ◆ myös muita jakoja ja eri jakojen yhdistelmiä



### Parametrinen taajuuskorjain

- mahdollistaa keskitaajuuden ja kaistanleveyden säädön
- jompikumpi säätö on kiinnitetty → puoliparametrinen taajuuskorjain



### Subjektiiivisia luonnehdintoja

Taajuusalue	Positiivinen korrelaatio	Negatiivinen korrelaatio
20 Hz–200 Hz	bottom, depth	boomy
200 Hz–500 Hz	warmth, dark	muddy
500 Hz–1,5 kHz	definition	honk, nasal
1,5 kHz–4 kHz	articulation, presence	strident
4 kHz–10 kHz	bright, higher range of presence	screechy, thin
10 kHz–20 kHz	sheen, transparency	thin



### Vinkkejä

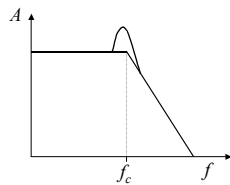
- vaimentaminen on usein parempaa kuin vahvistaminen (→ särö)
- taustan keskitäajuuksia vaimentamalla ihmisääni nousee paremmin esiin
- huminan poisto: vaimenna pois 50 Hz:n taajuusalue
- ”päällekkäisten” instrumenttien erottelu: yhtäsuuret mutta vastakkaiset vahvistukset

### 2.2.4. Taajuussuodatus

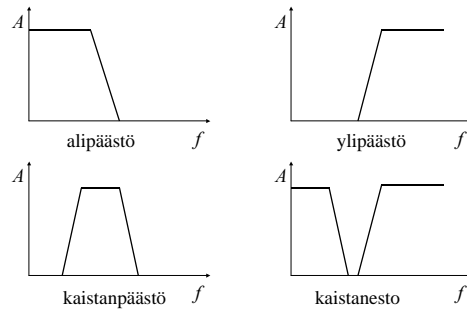
- engl. *band filtering*
- vaimentaa osan tai osia taajuusalueesta
- suodatintyyppiä:
  - ◆ alipäästösuodatin (*low pass filter*)
  - ◆ ylipäästösuodatin (*high pass filter*)
  - ◆ kaistanestosuodatin (*band rejection filter*)
    - ◆ imusuodatin eli kapea kaistanestosuodatin (*notch filter*)
  - ◆ kaistanpäästösuodatin (*band pass filter*)

### Parametreja

- rajataajuus  $f_c$  (*cutoff frequency*)
- jyrkkyys (*slope*)
- resonanssi (*resonance*)
  - ◆ rajataajuuden lähialueen korostaminen

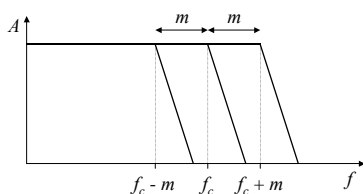


### Taajuussuodattimia



### Wahwah-efekti

- rajataajuuden modulointia
- *Sound Forge*: Effects > Flange/Wah-wah...



### 2.3. Aika

1. Kaiku
2. Kuoroefekti
3. Vaiheistus ja flanger-efekti
4. Kaiunta
5. Nopeutus ja hidastus

### Viivästyttäminen (*delay*)

- viiveaika
  - ◆ 0–20 ms: vaiheistus (*phasing*) ja flanger-efekti (*flanging*)
  - ◆ 20–50 ms: kuoroefekti (*chorus*)
  - ◆ >50 ms: aito kaiku (*echo*)
- viiveajan modulointi
- takaisinsyöttö (*feedback*)

### 2.3.1. Kaiku

- slapback-kaiku
  - ◆ viive 25–50 ms
- kahdennus (*doubling*)
  - ◆ viive kymmeniä millisekunteja
- stereoeffektin laajentaminen
  - ◆ alkuperäinen ja viivästetty signaali eri kanaviin
- madrigaali
  - ◆ viive temmon mukaan
- *Sound Forge*: Effects > Delay...

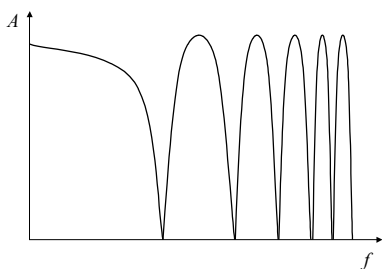
### 2.3.2. Kuoroefekti

- moduloitu viive (>15 ms)
- peruskuoroefekti
  - ◆ viive 20 ms
  - ◆ ei takaisinsyöttöä
  - ◆ tasamäärä signaaleja
  - ◆ hieman viiveajan modulointiä
- ADT-efekti (*automatic double tracking*)
  - ◆ viive 30–40 ms
  - ◆ vähän viiveajan modulaatiota
- *Sound Forge*: Effects > Chorus...

### 2.3.3. Vaiheistus ja flanger-efekti

- vaiheistus (*phasing*)
  - ◆ lyhyt viiveaika (<10 ms)
  - ◆ vähän takaisinsyöttöä
  - ◆ ei viiveajan modulointiä
  - ◆ tasamäärä signaaleja
- kampsuodatinilmiö (*comb filter effect*)

### Kampsuodatinilmiö



### Flanger-efekti

- flanger-efekti (*flanging*)
  - ◆ lyhyt viive (<50 ms)
  - ◆ moduloidaan viivettä
    - kampsuodatin liikkuu edestakaisin taajuusalueen yli
- *Sound Forge*: Effects > Flange/Wah-wah...

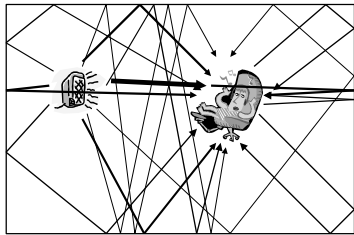
### 2.3.4. Kaiunta

- engl. *reverb(eration)*
- jäljittelee tilan akustiikasta syntyvää jälkikaiuntaa
- tekee äänestä luonnollisemman kuuloista
  - ◆ 1000–3000 erillistä kaikua/s
- *Sound Forge: Effects > Reverb...*

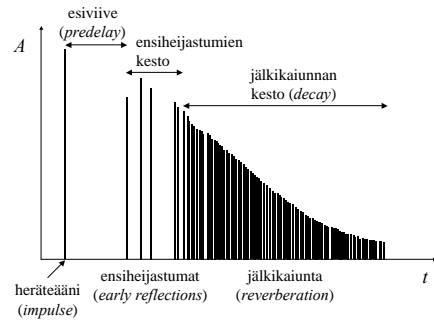
### Äänen ajallinen jaottelu

- suora ääni
- ensiheijastumat
  - ◆ seinät, lattia, katto
  - ◆ 20–200 ms
- jälkikaiunta: kaiut
  - ◆ tihenevät
  - ◆ vaimentuvat
  - ◆ mataloituvat

### Kaiunta tilassa

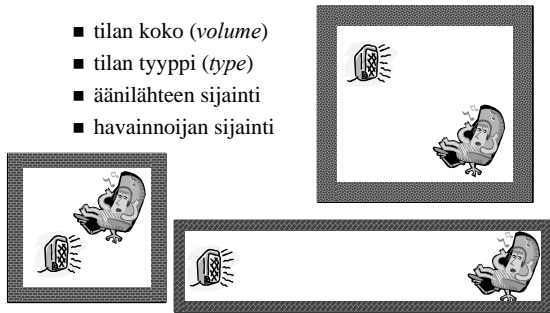


### Kaiunnon osat



### Perusparametreja

- tilan koko (*volume*)
- tilan tyyppi (*type*)
- äänilähteen sijainti
- havainnoijan sijainti



### Kaiuntatilatyyppejä 1(2)

- kirkas (*bright*)
  - ◆ pinnat heijastavat ääntä
  - ◆ esim. kylpyhuone, tyhjä luentosali
- vaimentava (*damping*)
  - ◆ pinnat absorboivat ääntä
  - ◆ esim. vaatekomero, täysi luentosali

### Kaiuntatilatyyppejä 2(2)

- todelliset akustiset tilat, esim.
  - ◆ huone (*room*)
  - ◆ halli (*hall*)
  - ◆ kammio (*chamber*)
- mekaaniset kaiuntalaitteet
  - ◆ jousikaiunta (*spring reverb*)
  - ◆ levykaiunta (*plate reverb*)

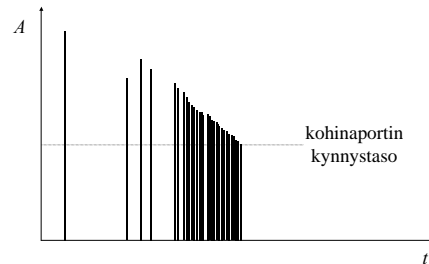
### Parametreja 1(2)

- ensiheijastusten voimakkuus ja viive
  - ◆ voimakkuus: heijastuspinnan materiaali
  - ◆ viive: tilan koko
    - ◆ < 5 ms: pieni huone
    - ◆ 10–20 ms: konserttisali
- ensiheijastusten määrä ja tiheys (*diffusion*)
  - ◆ mitä enemmän heijastavia pintoja, sitä enemmän diffuusiota

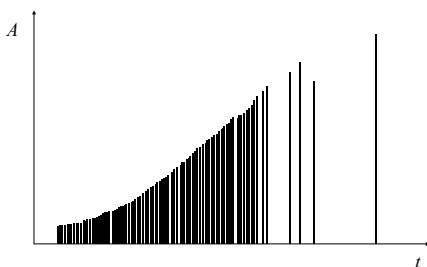
### Parametreja 2(2)

- korkeiden taajuuksien vaimeneminen
  - ◆ riippuu heijastuspintojen materiaalista
- jälkikaiunta-aika (*reverberation time, RT*)
  - ◆ RT60: aika jossa jälkikaiunta on vaimentunut 60 dB
  - ◆ huonetiloissa lyhyt (1–3 s)
  - ◆ käytävissä ja luolissa pitkä (5–10 s)

### Portitettu kaiunta (*gated reverb*)



### Käänteinen kaiunta (*reverse reverb*)



### 2.3.5. Nopeutus ja hidastus

- engl. *time scaling, time stretch*
- menetelmät samoja kuin keston säilyttävässä äänenkorkeuden muutoksessa
- eri algoritmeja erityyppisille äänille
- 75–115 %:n keston muutokset melko häiriöttömiä
- suuret muutokset alttiita häiriöille (esim. kaiku, pätkintä)
- *Sound Forge*: Process > Time Stretch...

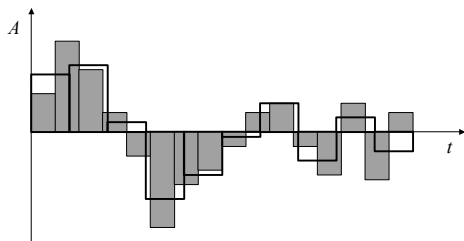
## 2.4. Aaltomuoto

1. Uudelleensamplaus
2. Uudelleenkvantisointi
3. Perustason korjaus
4. Aaltomuodon kääntäminen
5. Aaltomuoden invertointi
6. Aaltomuodon muokkaus
7. Miksaus

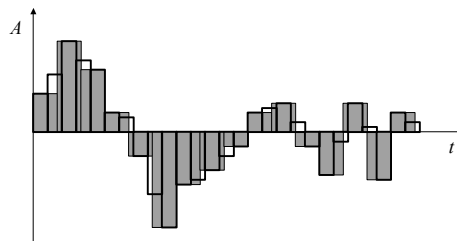
### 2.4.1. Uudelleensamplaus

- engl. *resampling*
- näytearvojen interpolointi: poistettujen arvojen paikkaus tai uusien mukauttaminen
- antialiasointi (*anti-aliasing*): estää Nyquistin taajuuden ylittävien taajuuksien muuttumisen häiriöksi
- *Sound Forge*: Process > Resample...

#### Esimerkki: uudelleensamplaus alaspäin



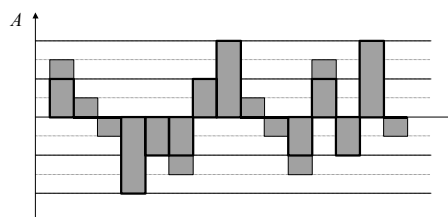
#### Esimerkki: uudelleensamplaus ylöspäin



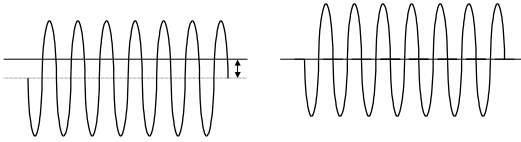
### 2.4.2. Uudelleenkvantisointi

- engl. *requantization*
- dither-prosessointi (*dithering*): generoidaan kohinaa, joka kompensoi kvantisoinnissa syntyvää informaatiohukkaa
- *Sound Forge*: Process > Bit-Depth Converter...

#### Esimerkki: uudelleenkvantisointi

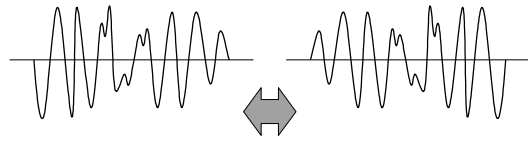


### 2.4.3. Perustason korjaus



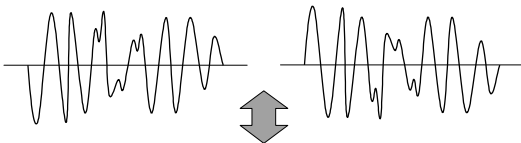
- *Sound Forge*: Process > DC Offset...

### 2.4.4. Aaltomuodon kääntäminen



- *Sound Forge*: Process > Reverse

### 2.4.5. Aaltomuodon invertointi



- *Sound Forge*: Process > Invert/Flip

### 2.4.6. Aaltomuodon muokkaus

- *Sound Forge*:
  - ◆ Edit > Cut
  - ◆ Edit > Copy
  - ◆ Edit > Paste
  - ◆ Edit > Delete
  - ◆ Edit > Trim/Crop
  - ◆ Process > Insert Silence...

### 2.4.7. Miksaus

- miksaus (*mixing*)
  - ◆ kahden äänilähteen yhdistäminen
- *Sound Forge*: Edit > Paste Special > Mix...
- ristivaihto (*crossfade*)
  - ◆ yhden äänilähteen (lineaarinen) vaihto toiseksi
- *Sound Forge*: Edit > Paste Special > Crossfade...

### 2.5. Operaatioiden ketjuttaminen

- operaatioiden suoritusjärjestys vaikuttaa lopputulokseen, esim.
  - ◆ kompressointi saattaa nostaa esiin muiden operaatioiden luomaa kohinaa
  - ◆ kaiunta muuttaa sekä taajuusjakaamaa että dynamiikkaa
- yleisohje: kompressointi → taajuuskorjaus → särö → taajuuskorjaus → kuoroefekti → kohinaportti → kaiunta
- parasta kuitenkin pitää korvat auki ja tehdä operaatiot siinä järjestyksessä mikä kuulostaa parhaalta