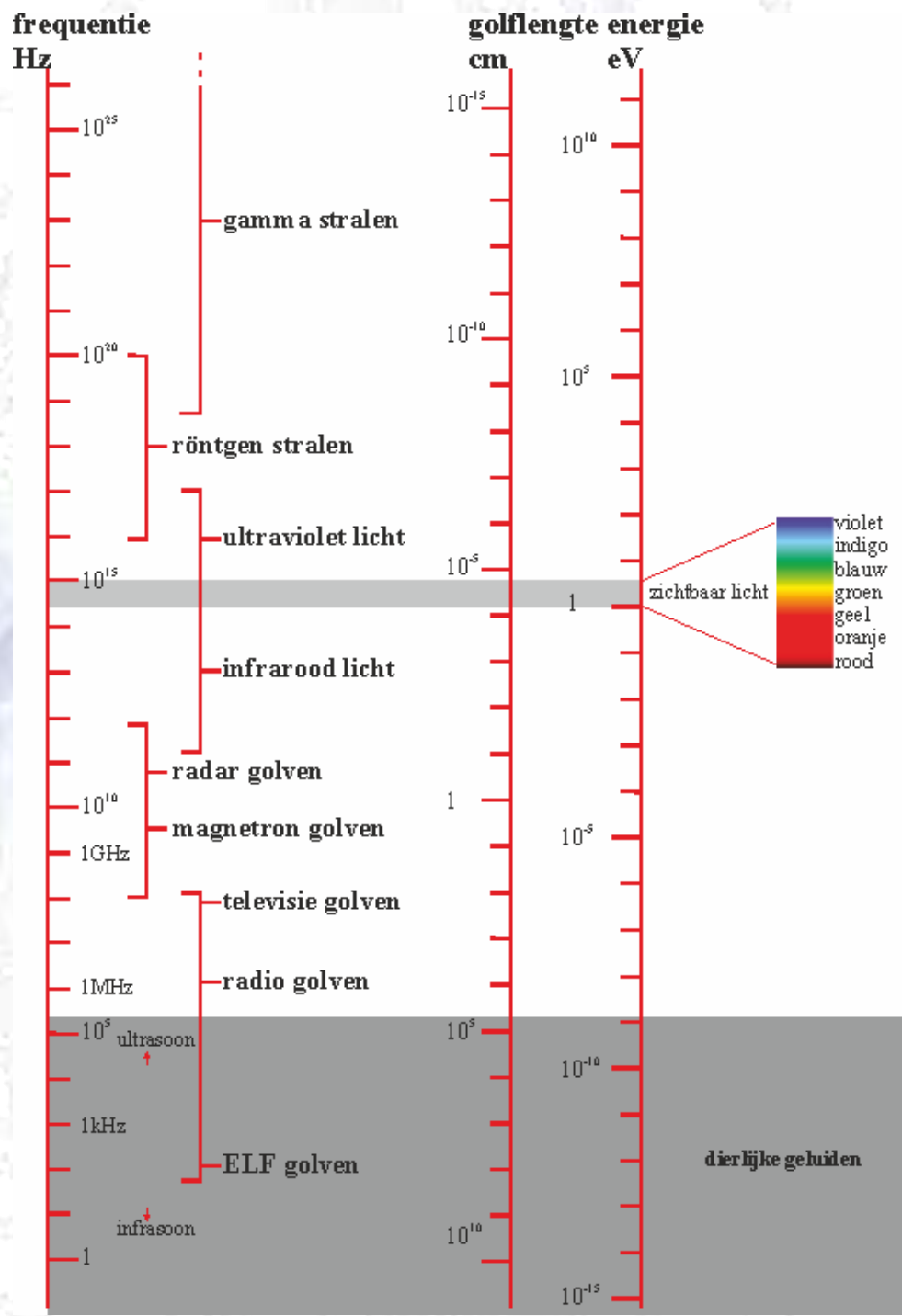




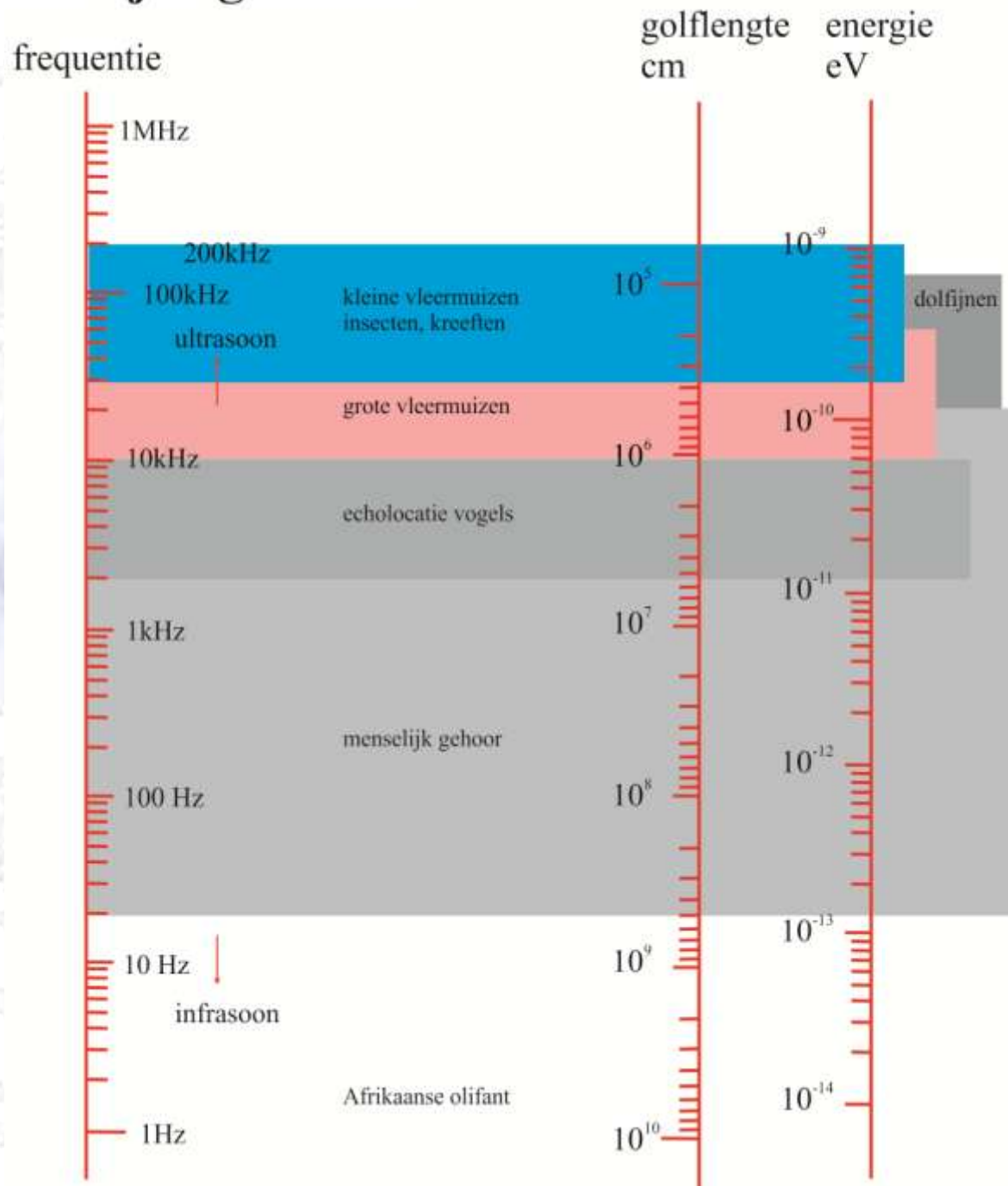
Bionica in Telecommunicatie

Leren van de natuur

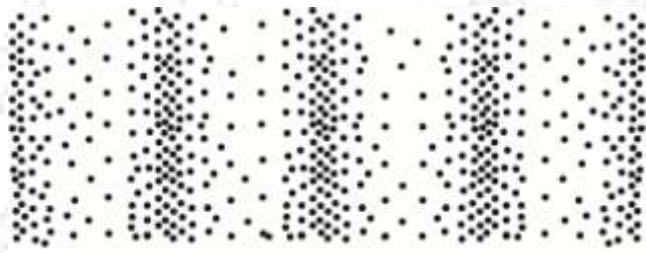
J.J. Videler
2012



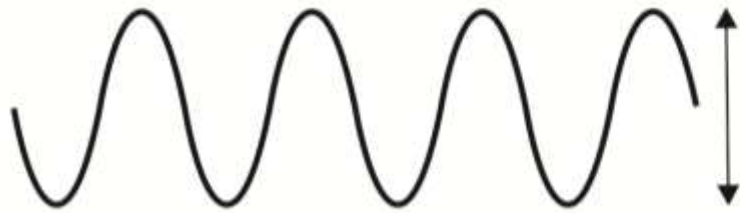
dierlijke geluiden



Voortplantingsnelheid geluid:
 lucht: $\pm 340 \text{ m/s} = 1224 \text{ km/h}$
 water: $\pm 1500 \text{ m/s} = 5400 \text{ km/h}$
 vaste stof afhankelijk van de hardheid:
 $\pm 3000 - 12000 \text{ m/s} = 10800 - 43200 \text{ km/h}$



golflengte



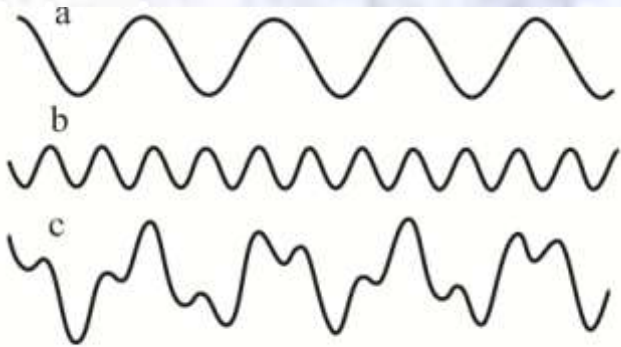
amplitude (dB) geluidsterkte of druk in Pa (N/m^2)

0 dB, net hoorbaar geluid = $0,00002 \text{ Pa}$

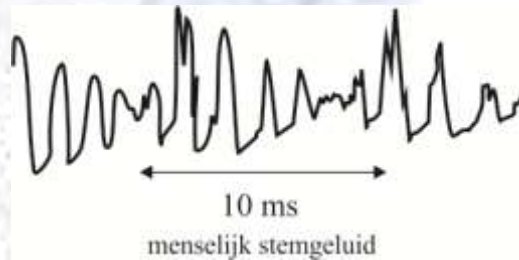
120 dB, pijngrens = 20 Pa

Verhoging met 10 dB wordt ervaren als verdubbeling

frequentie: golven (trillingen)/s = Hz



geluid is een optelling van pure tonen: $a+b=c$



ruis: signaal moet hiervan onderscheiden kunnen worden



In het dierenrijk:

Communicatie met geluiden bij:

Gewervelde dieren:

Zoogdieren, vogels, amfibieën, reptielen, vissen

Geleedpotigen:

Insecten, kreeftachtigen

Sonar en echolocatie bij:

Zoogdieren: Vleermuizen en dolfijnen

Twee soorten vogels

Vraag:

Hoe zorgen dieren ervoor dat hun signaal overkomt in een kakofonie?

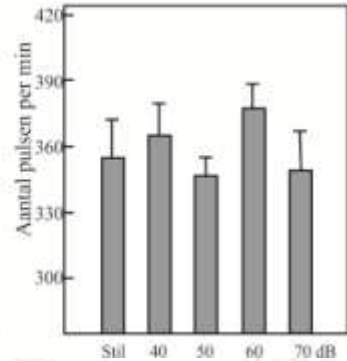
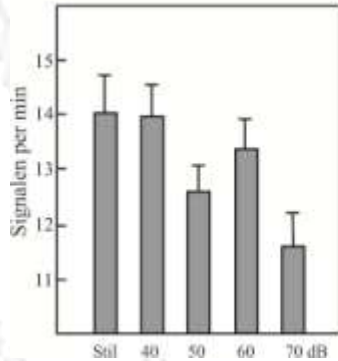
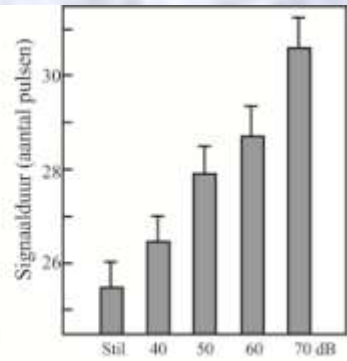
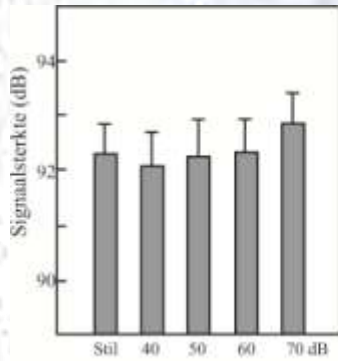
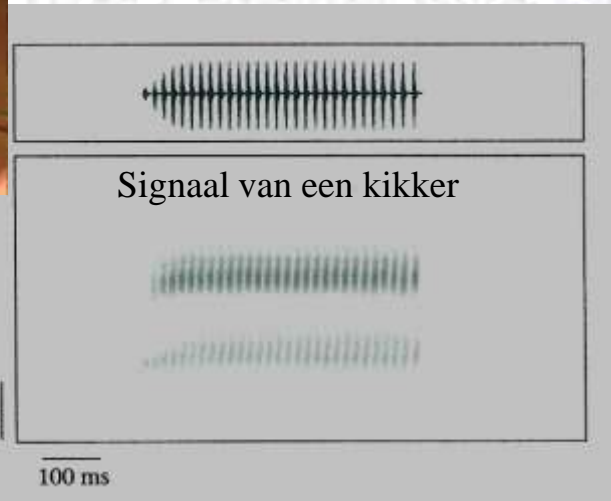
Communicatie bij kikkers



Lombard effect?

Verhoogde geluidsterkte, hogere frequenties,
kortere geluidspulsen, sneller achter elkaar.
Doel: betere signaal/ruis verhouding creëren

Amerikaanse groene boomkikker (*Hyla chrysoscelis*)



Proef: koorgeluiden afgespeeld met 40, 50, 60 en 70 dB
Reactie van individuele kikkers gemeten.



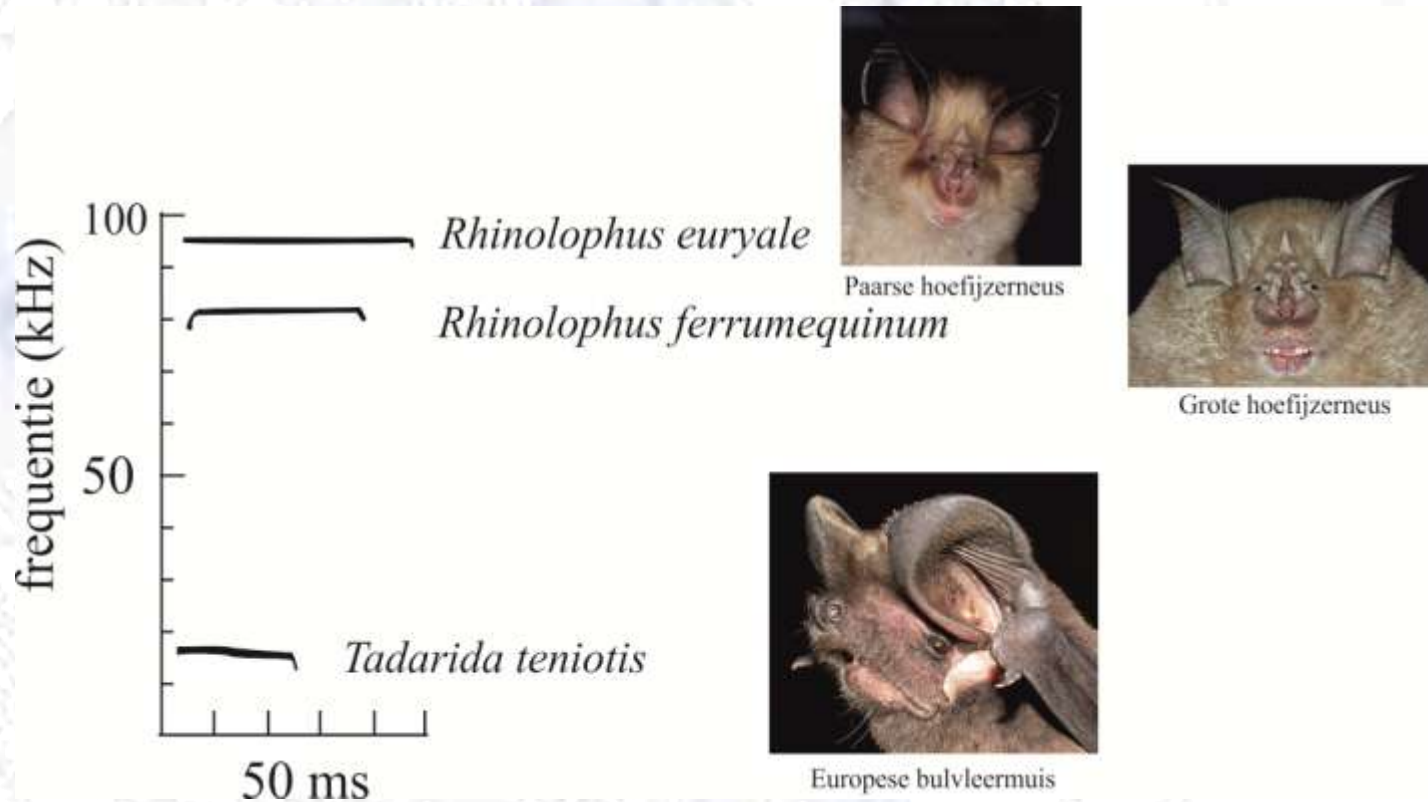
Kleine vleermuizen

Sonogram: grafiek van frequentie tegen tijd bij echolocatie

Constante frequentie (CF)

Verschillende toonhoogten voorkomen verwarring

Verschil tussen verwante soorten klein

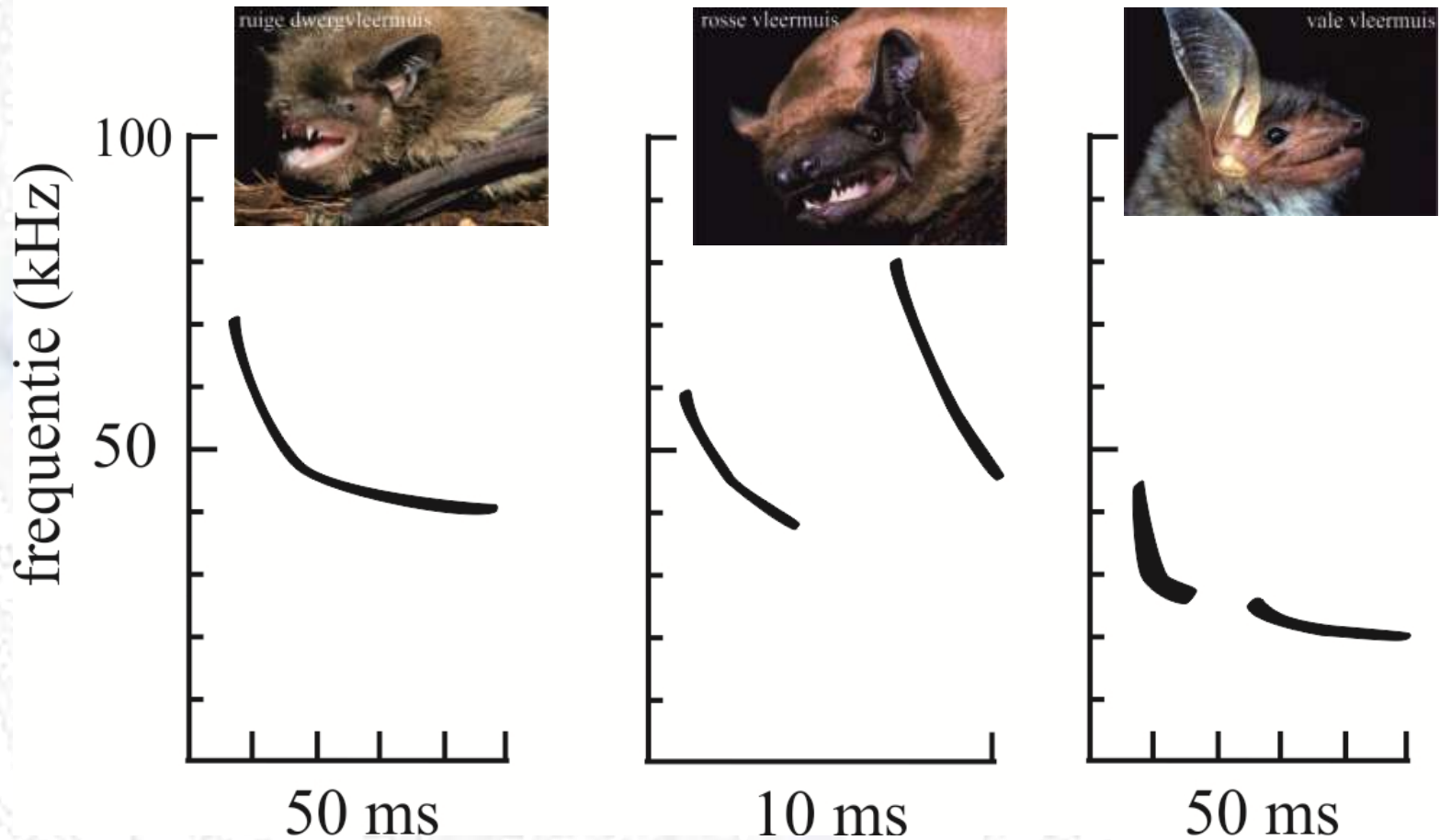


Optimale ontvangst voor iedere frequentie met verschillende oorschelpen

Kleine vleermuizen

Frequentie modulatie (FM)

Pipistrellus nathusii *Myotis bechsteinii* *Nyctalus noctula*
(2 signalen)



FM signaal
meestal van hoog naar laag

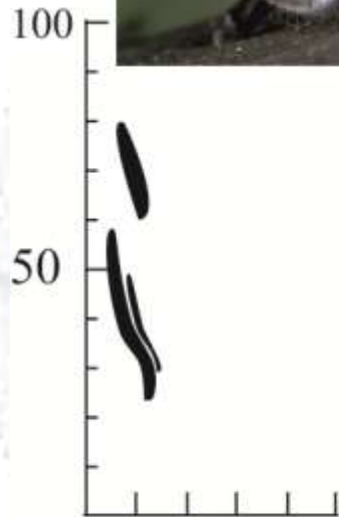
Twee FM signalen
vlak na elkaar

Dubbel FM signaal
eindigt in CF

Kleine vleermuizen

Complexe signalen

Myotis dasycneme



50 ms

Myotis mystacinus



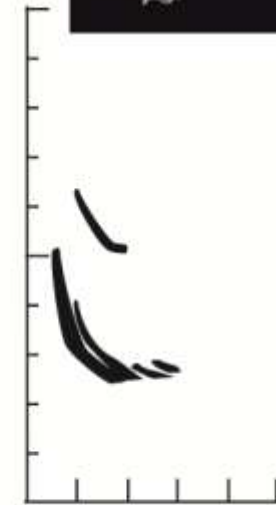
50 ms

Barbastella barbastellus



50 ms

Eptesicus serotinus



50 ms

Kleine verschillen tussen
nauw verwante soorten

Grote verschillen geen
verwarring mogelijk

Kleine vleermuizen

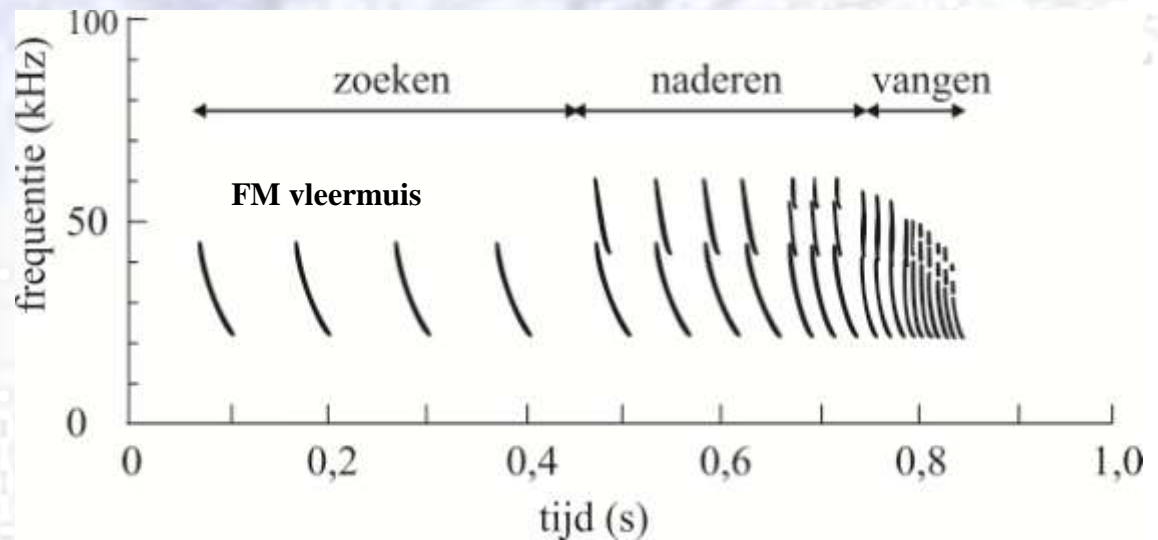
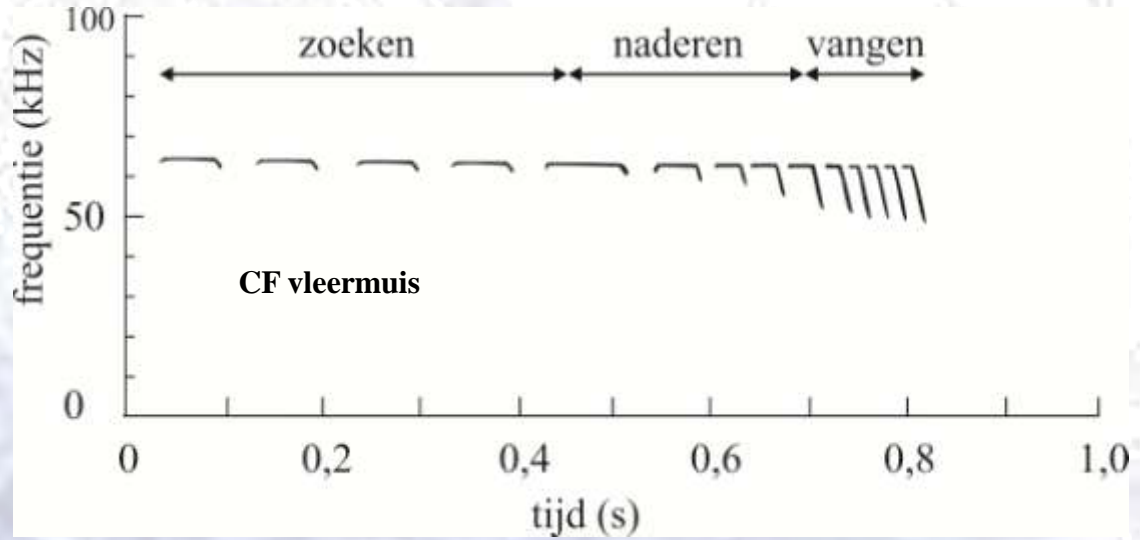
Signaalpatronen bij echolocatie

Jaagpatronen vergelijkbaar

CF vleermuis gaat over op FM bij kleine afstand tot de prooi

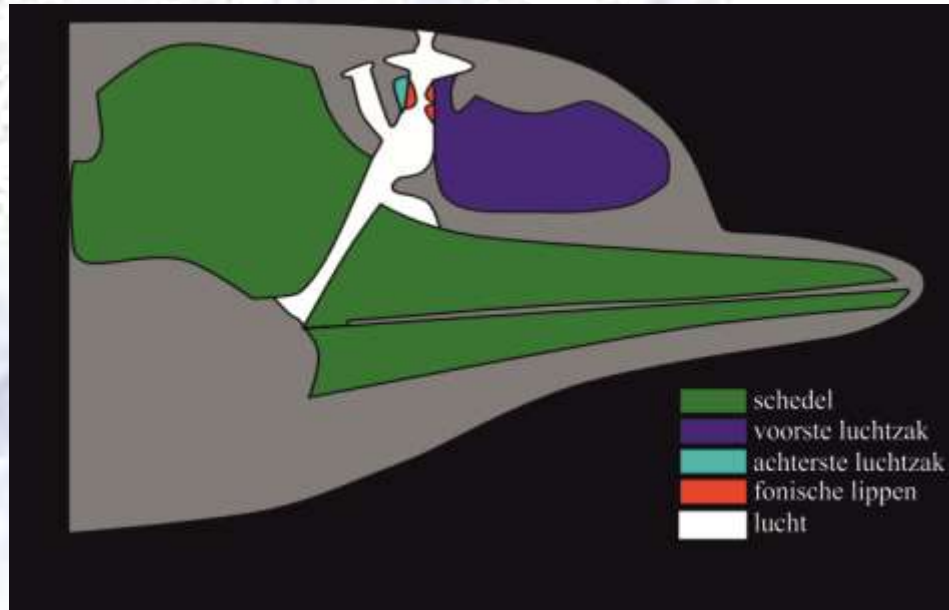
FM vleermuis gebruikt complexe signalen met hogere tonen bij het naderen van de prooi

Kans op verwarring is er alleen maar tijdens het vangen



Tandwalvissen: dolfijnen, orka's, potvissen

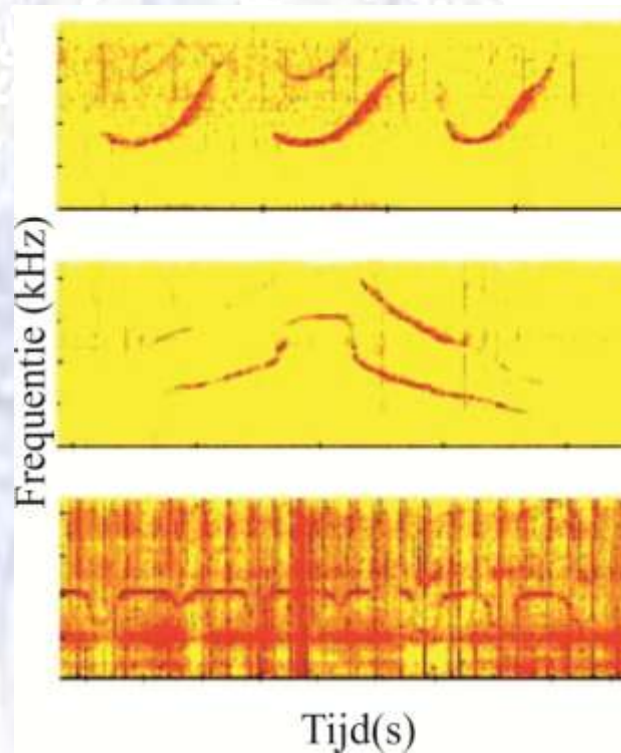
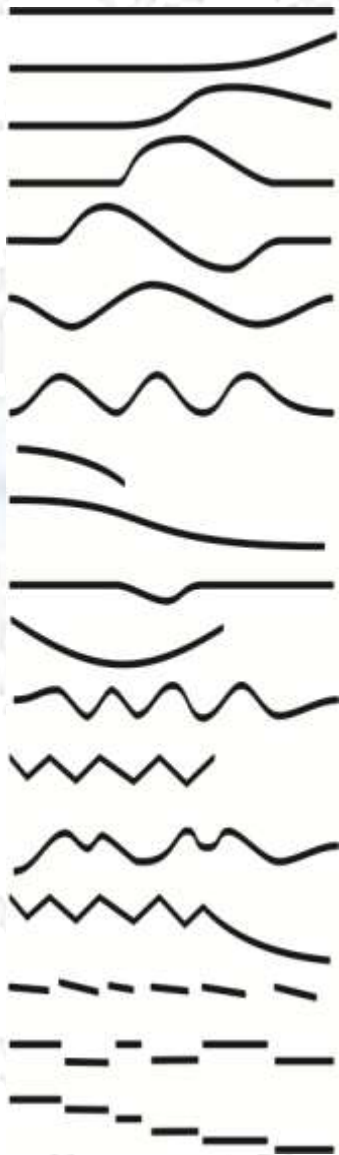
Maken geluid met trillende fonische lippen tussen twee luchtzakken
Schedelvorm versterkt en richt het geluid naar voren



Frequenties tot maximaal 200 kHz, geluidsterkte tot 220 dB (op 1 m)
Gebruik: communicatie, echolocatie en verdoven van prooi

Tandwalvissen: dolfijnfluitjes ('handtekeningen')

Frequenties 5 - 35 kHz
Communicatie



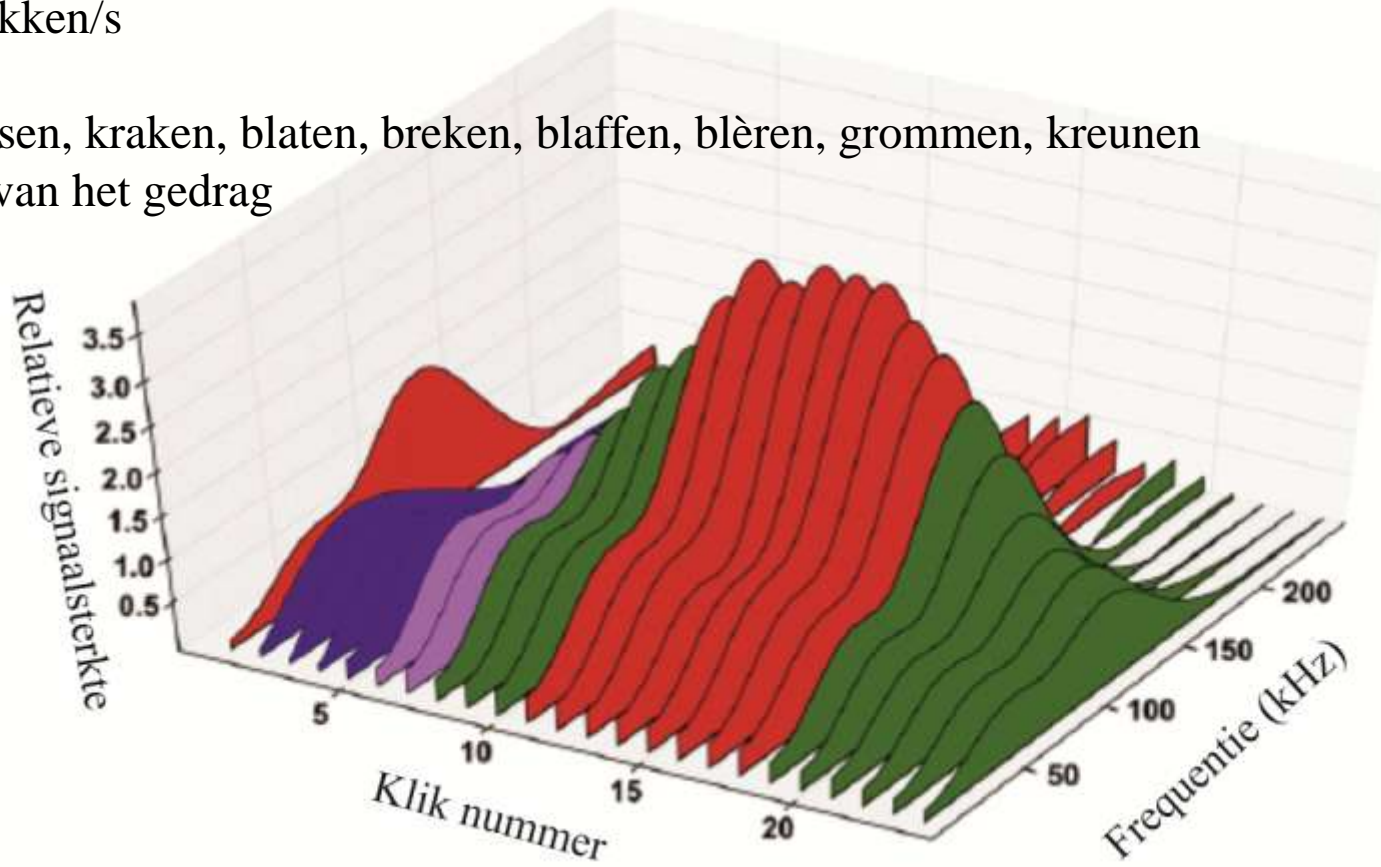
Variatie is oneindig groot, verschillen tussen soorten
Binnen een soort tussen individuen

Tandwalvissen: dolfijnen gebruiken ook pulserende kreten (kliktreinen)

Tot 2000 klikken/s

Klinkt als:

krijzen, krassen, kraken, blaten, breken, blaffen, blèren, grommen, kreunen
afhankelijk van het gedrag



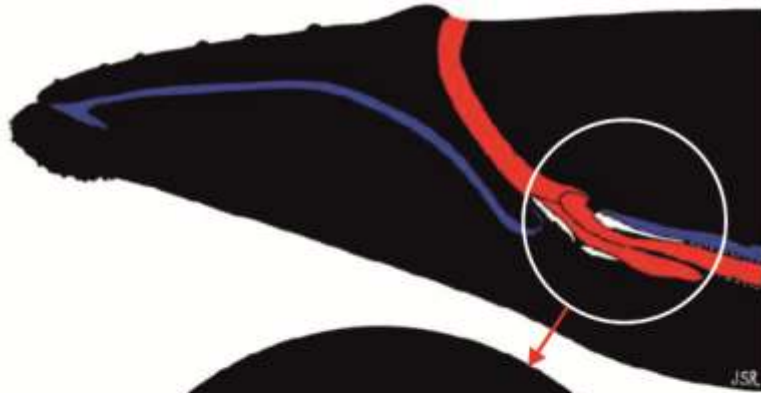
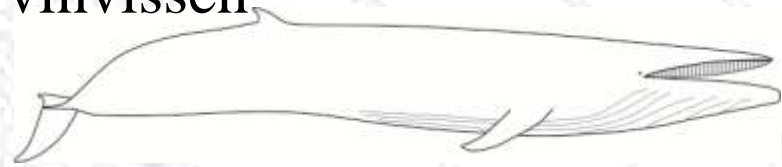
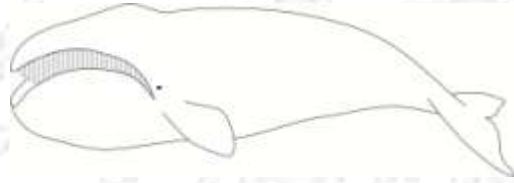
Variabelen:

aantal klikken
aantal klikken/s
frequentieverdeling per klik
pauzes tussen de klikken
verdeling signaalsterkte als functie van de frequentie
contouren van de frequentieverdeling per klik
klikduur

Bij echolocatie:

pauzes tussen de klikken zijn 20 – 40 ms
langer dan de tijd die het teruggekaatste
signaal er over doet:
Pauzes worden langer naarmate het doel verder weg is

Baardwalvissen: echte walvissen en vinvissen



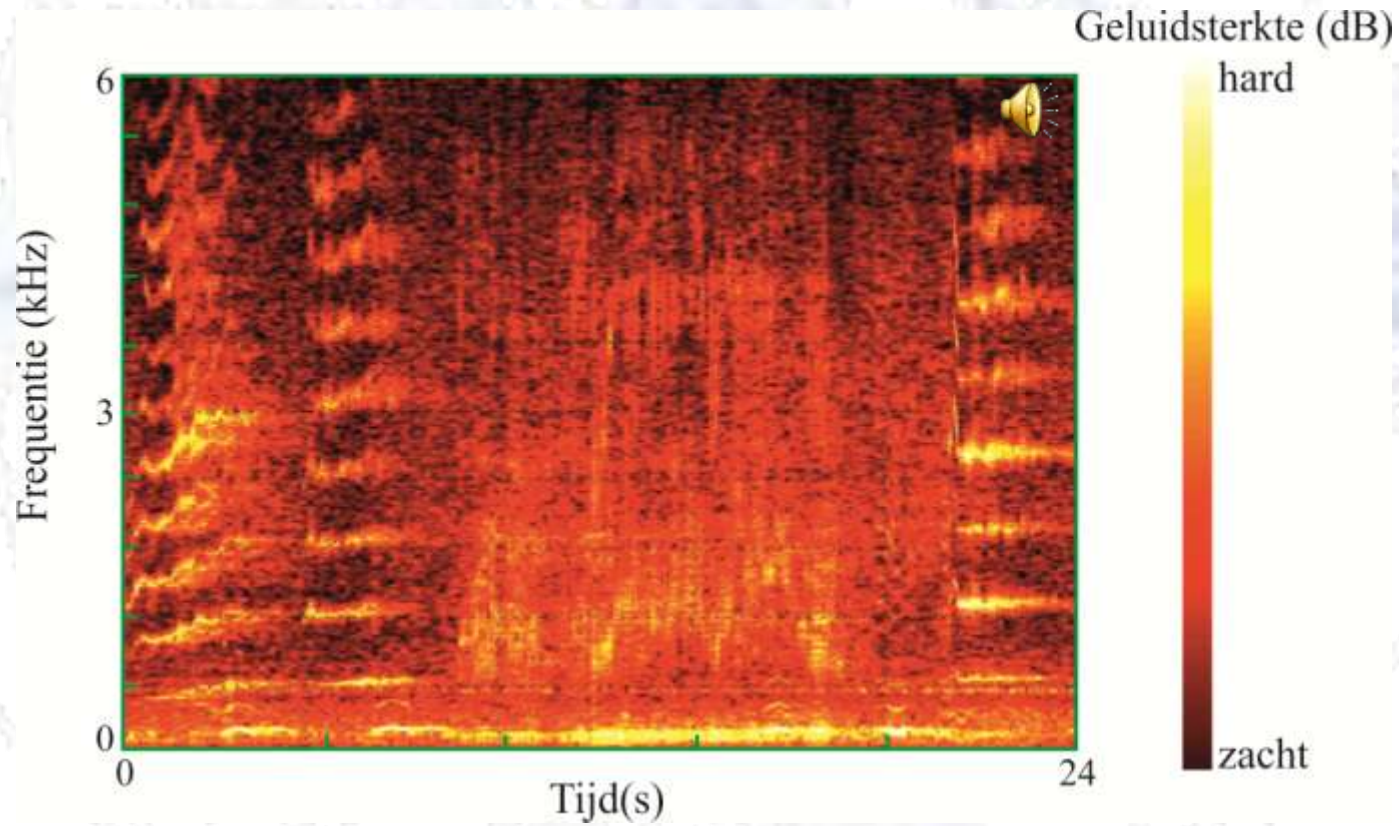
Maken geluid met een soort stembanden die liggen niet dwars zoals bij landdieren maar in de lengterichting in het strottenhoofd

rood: luchtweg
blauw: slokdarm
wit: kraakbeen
roze: strottenhoofd
grijs: wasbekkenkraakbeen met
geel: longitudinale U-plooien ('stembanden')

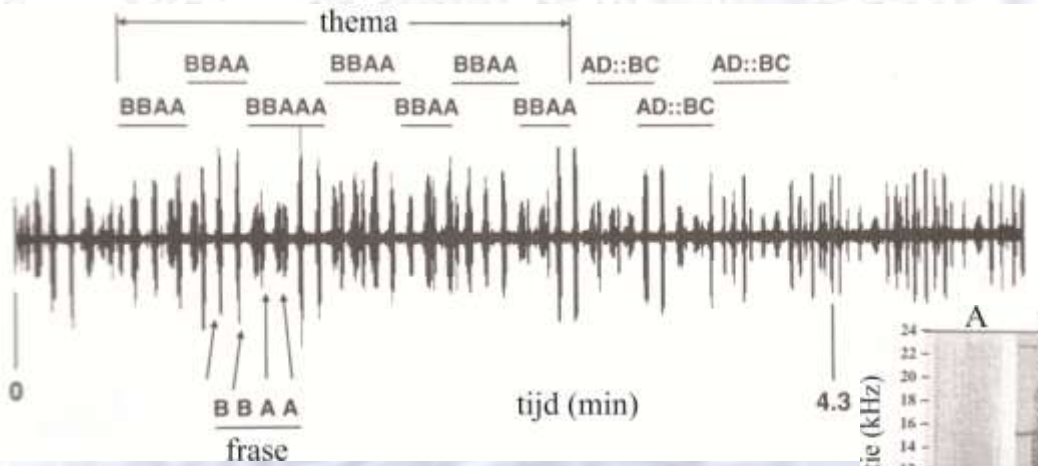
Baardwalvissen: zingen en klikken



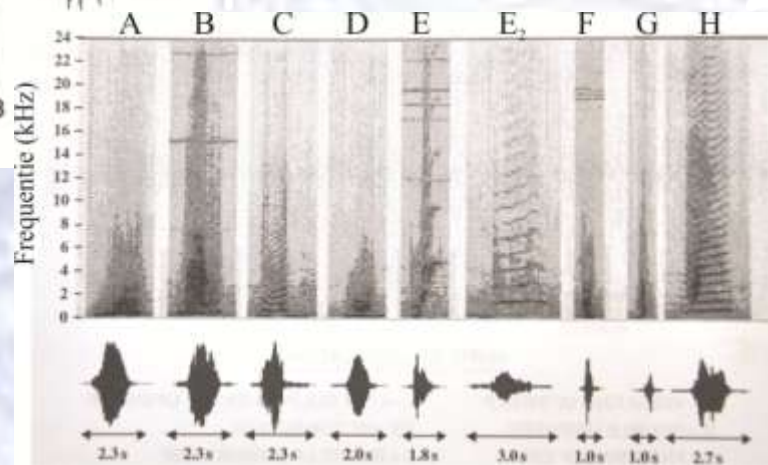
Bultrug (*Megaptera novaeangliae*) zang en klikken



Bultrug: opbouw van een lied



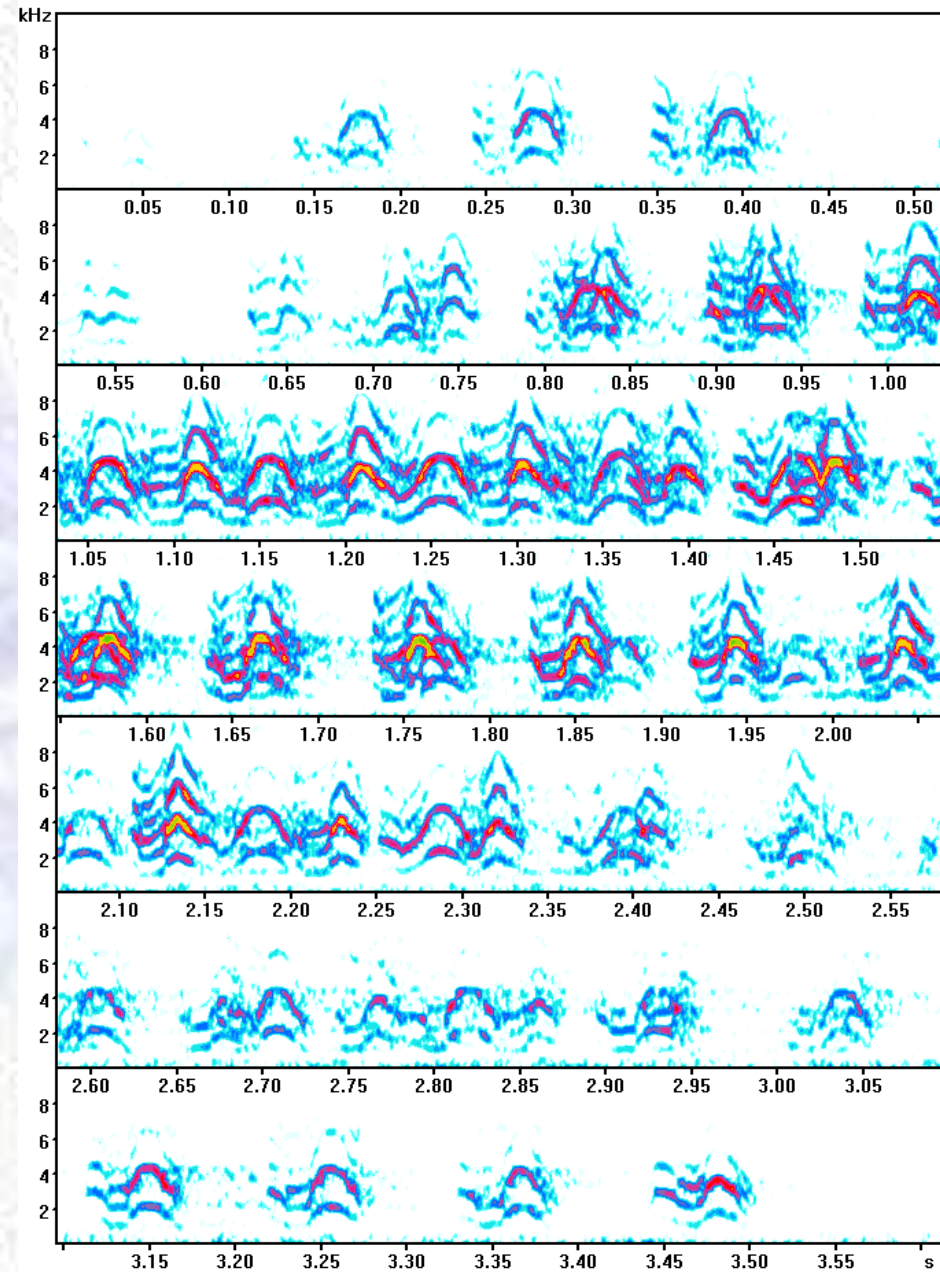
strofen



- Elke populatie heeft een ander lied
- Meeste zang tijdens de herfstmigratie naar het zuiden
- Weinig zang in het foerageergebied in het noorden in de zomer
- Na de zomer hetzelfde lied, het verandert tijdens de winter
- Na enkele jaren is het geheel veranderd
- Het zijn vooral de mannetjes die zingen
- Ze zijn dan vaak alleen en blijven tijdens de zang op een plek.

Vogelzang

Songfestival nachtegalen

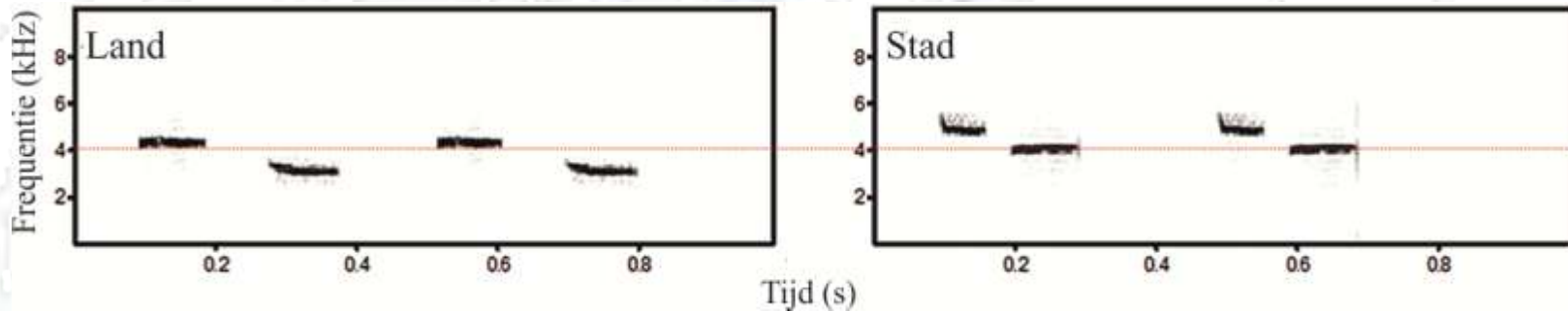


Liedjes overlappen elkaar: competitie om wijfjes

Mannetjes die vaker zingen terwijl andere mannetjes zingen krijgen vaker een vrouwtje

Vogelzang

Koolmezen in 10 grote Europese steden



Zingen:

- korter (minder noten en de eerste noot is steeds korter)
- sneller achter elkaar (gehaast)
- a-typische liedjes
- met een hogere minimum frequentie

dan in de nabijgelegen bossen

Bionica in Telecommunicatie;

Wat valt er te leren van de natuur?

Vraag:

Hoe zorgen dieren ervoor dat hun signaal overkomt in een kakofonie?

Antwoorden:

- **Lombard effect:** verhoogde geluidsterkte, hogere frequenties, kortere geluidspulsen, sneller achter elkaar. Verhoogde signaal/ruis verhouding creëren. Kikkers, mensen, vogels, dolfijnen
- **Frequenties** gebruiken uit het **stille** deel van het de omgevingsgeluiden. Dwergapen, kikkers, koolmezen.
- **Lage geluiden** gebruiken die verder dragen en minder storingsgevoelig zijn. Kasuaris (20 Hz), olifanten (10 Hz).
- **Seismische (klop) signalen** door de bodem of vegetatie. Olifanten, insecten.
- **Signalen complexer** maken, pulserend met unieke combinaties van frequenties, het moduleren van frequenties en variatie in pulsopbouw. Kikkers, vleermuizen, dolfijnen, walvissen, vogels, insecten.
- **Gebruik maken van de omgeving.** Geluid maken op plekken met betere akoestiek (holen, boomtoppen, kloppen op holle bomen. Nagalm gebruiken: Zangvogel *Hylia prasina*: Afrikaans oerwoud 2 noten 4 kHz alle echo's zijn ongeveer gelijk. Resonantie veroorzaken: rietstengels rietzanger