

gitaar of langs een gespannen koord lopen of de geluidsgolven die zich door de lucht bewegen als we onze stem verheffen. Al deze zogenaamde mechanische golven hebben hetzelfde nodig om te bestaan:

- ze hebben een *medium* nodig om zich in of op voort te bewegen: de zeegolven het wateroppervlak, de gitaargolven een snaar, de geluidsgolven lucht of een gas;

- ze worden veroorzaakt door een *storing* die het medium op een bepaalde plaats uit zijn evenwicht brengt; de steen vervormt het wateroppervlak op de plaats waar hij in het water terechtkomt; met zijn vinger brengt de gitarist de snaar uit zijn evenwicht alvorens ze los te laten; onze stembanden of het membraan van een luidspreker laten de lucht trillen:

- ten slotte moet er een wisselwerking zijn die de storing tracht ongedaan te maken. De krachten tussen de watermoleculen, of tussen de moleculen van de snaar die haar veerkracht geven en de botsingen tussen de luchtmoleculen zorgen ervoor dat de storing zich verplaatst. Als we met onze vinger in een blok kleiduven en hem vervolgens snel terugtrekken, blijft er een mooi putje over. De storing, het putje, verplaatst zich niet want er is geen actie die deze storing ongedaan maakt. Doen we hetzelfde met een wateroppervlak, dan ontstaat er een golf op het oppervlak.

golf voorbij de stop komt, zal de stop omhoog gaan. Met andere woorden: de stop heeft energie gekregen van de watergolf, want het opheffen van een massa kost energie. Als de golf voorbij is, zal de kurk zijn oorspronkelijke plaats op het kalme wateroppervlak innemen. Hij is de gekregen energie terug kwijt en de golf loopt gewoon door.

Cee is lambda maal nu

In essentie kunnen golven volledig beschreven worden door hun snelheid waarmee ze zich door het medium voortplanten, hun *golflengte* en hun *frequentie*. We geven in de natuurkunde de volgende symbolen aan deze grootheden: c voor de golfsnelheid, λ voor de golflengte en ν voor de frequentie. Elke golf heeft zijn karakteristieke snelheid die voornamelijk van de eigenschappen van het medium afhangt en die in meter per seconde [m/s] of kilometer per uur [km/h] uitgedrukt wordt. Goed om weten: 100 km/h is ongeveer 28 m/s. Geluidsgolven gaan door de lucht met een snelheid van ongeveer 300 m/s; golven op een waterplas hebben een snelheid van om en bij 1 m/s. De golflengte is de afstand tussen de twee opeenvolgende plaatsen waar de storing maximaal is en wordt in meter [m] uitgedrukt. Voor een watergolf betekent dit de afstand tussen twee opeenvolgende golftoppen. De frequen-

vaste verhouding en zijn bijgevolg equivalent. De frequentie bepaalt bijvoorbeeld bij geluidsgolven de toon van een muzieknoot. De frequentie van een la is 440 Hz (440 wisselingen per seconde); de frequentie van een do is ongeveer 264 Hz. Merk op dat een la zich met dezelfde snelheid door de lucht voortplant als een do. Als dat niet zo was, dan zou een dialoog totaal anders klinken afhankelijk van hoe ver we ons van elkaar bevinden. Het zou een ware kakofonie worden. Het zijn de golflengte en de frequentie die bij een andere toon veranderen, niet de snelheid. Voor een do is de golflengte 130 cm, voor een la 78 cm. Hoge tonen hebben dus grote frequenties en kleine golflengtes terwijl dit bij lage tonen net omgekeerd is. De golflengte die een muziekinstrument kan produceren wordt bepaald door de afmetingen van het instrument. Een grote fluit zal dus voornamelijk lage 'bas' tonen weergeven (lange golflengte) terwijl een klein fluitje hoge tonen weergeeft (korte golflengte). Aan de afmetingen van een muziekinstrument kan je dus onmiddellijk zien of het lage dan wel hoge tonen zal produceren.

Elektromagnetische golven

'Er bestaan elektromagnetische golven die zich gedragen als golven op een wateroppervlak.' Michael Faraday in 1832 in een brief aan de Engelse Royal Society.

Het is dus pas een goede 150 jaar geleden dat we eindelijk beseften welk soort golf licht is. Licht is een elektromagnetische golf. Hoe moeten we ons dat voorstellen? Wanneer een lichtgolf zich door de ruimte beweegt, ontstaan en verdwijnen er elektrische en magnetische velden op het ritme van de golf. Dit zijn de *storingen* die zich door de ruimte voortbewegen. Het effect van magnetische velden kennen we misschien het best van de plakmagneetjes op de deur van de koelkast. Elektrische velden zijn minder bekend, maar de ballon die aan onze hand blijft plakken als we hem op een droge winterdag eerst tegen onze trui wrijven, is een gevolg van de krachten die opgewekt worden door de elektrische velden tussen de ladingen op de ballon en de ladingen op onze hand. Beide fenomenen hebben dezelfde oorsprong. Michael Faraday toonde aan dat elektrische velden die in de tijd veranderen – bijvoorbeeld groter of kleiner worden – magnetische velden opwekken en omgekeerd. In de tijd veranderende elektrische of magnetische velden induceren elkaar. Er bestaat een voortdurende *wisselwerking* tussen die twee. Het concept 'elektrisch en magnetisch

De frequentie van een geluidsgolf bepaalt de toon, de frequentie van een lichtgolf de kleur.

Wat wordt er bij golven verplaatst? Wanneer we een steen in een vijver gooien en de golven in het oog houden dan lijkt het wel of ze water vervoeren. Maar dit is schijn. Wanneer de golf voorbijkomt wordt het water wel heen en weer en op en neer geslingerd, maar uiteindelijk – wanneer de golf voorbij is – is er geen watertransport. Een herfstblad dat op de vijver ligt zal niet van plaats veranderd zijn nadat een golf voorbij gekomen is. Een golf verplaatst geen materie van het medium. Wat er wel getransporteerd wordt is *energie*. Denken we even aan de volgende situatie. Een kurken stop drijft op een rustige waterplas. We gooien een steen in het water waardoor er een golf ontstaat die zich naar de oever verplaatst. Als de

storing is het aantal toppen dat per seconde op één plaats voorbijkomt en wordt in Hertz [Hz] (1 Hz is één per seconde) uitgedrukt. Als we bijvoorbeeld een kurk op het wateroppervlak leggen waarover zich een golf beweegt, dan moeten we eenvoudigweg tellen hoeveel keer de stop per seconde op en neer gaat.

Tussen de snelheid van een golf, zijn golflengte en zijn frequentie bestaat er een vast verband, namelijk: de snelheid van elke golf is gelijk aan de golflengte maal de frequentie [$c = \lambda \times \nu$]. In al zijn eenvoudige schoonheid drukt deze formule een fundamenteel verband uit tussen de drie base-eigenschappen van alle golven en dus ook voor lichtgolven. De frequentie en de golflengte van elke golf hebben een