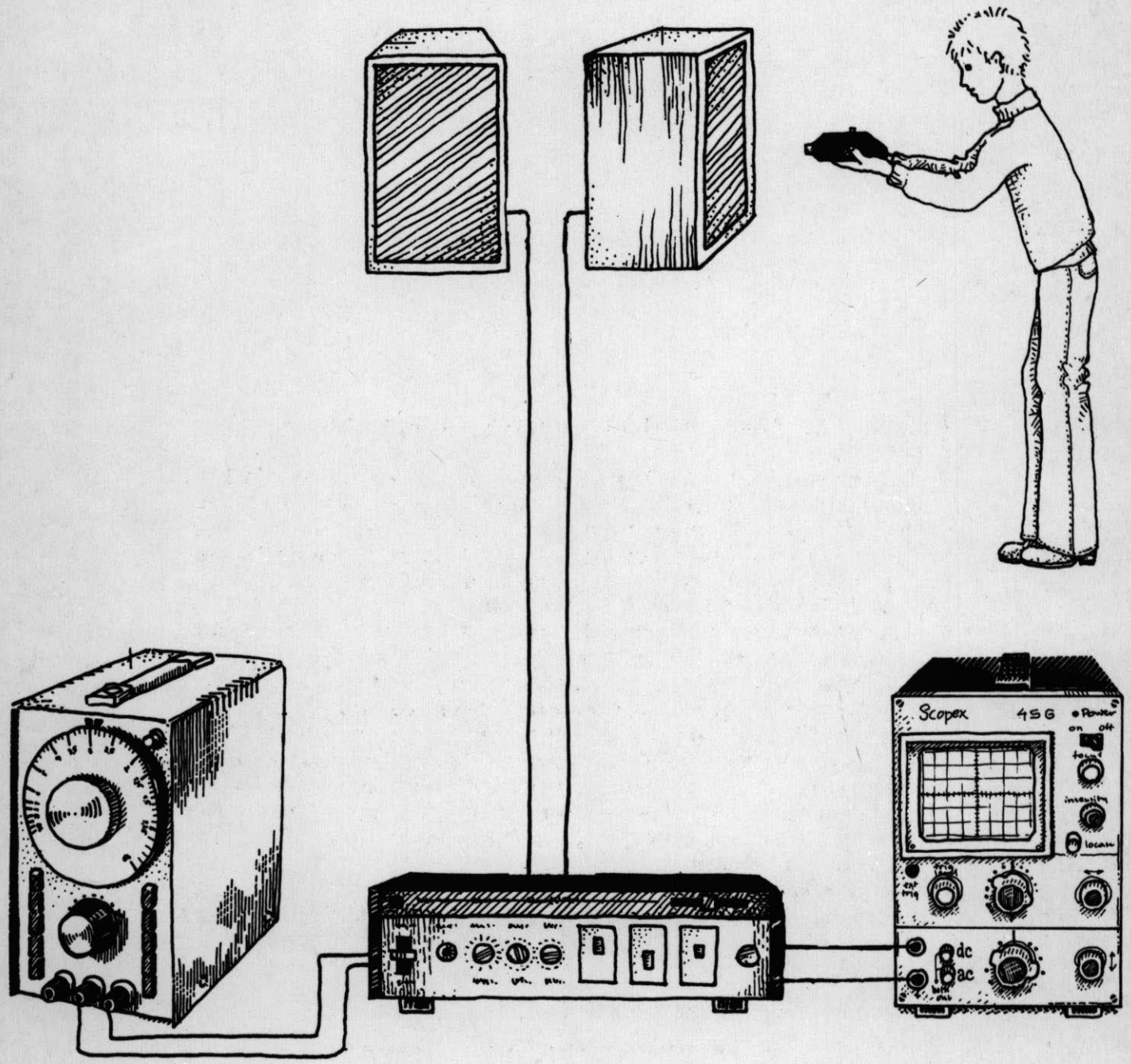
# GELUID WEERGEVEN




PLON UITGEVERIJ nib

PLON / UITGEVERIJ nib ZEIST

PROJECT LEERPAKKETONTWIKKELING NATUURKUNDE

* Het Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde (PLON) is in 1972 begonnen onder auspiciën van de Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde (CMLN). De opdracht was: het ontwikkelen en door middel van onderzoek evalueren van leerpakketten voor natuurkundeonderwijs op mavo, havo en vwo, en het ontwerpen van een plan voor goede begeleide introductie daarvan in de scholen.
* Het PLON werkt onder toezicht van een stuurgroep waarin vertegenwoordigers uit het onderwijs, de vervolgopleiding, didactische instellingen, onderwijsondersteuningsinstituten, lerarenopleidingen en het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen vertegenwoordigd zijn.
* Het PLON is ondergebracht bij de Vakgroep Natuurkunde Didaktiek van de Rijksuniversiteit Utrecht. Deze vakgroep participeert tevens in de activiteiten ten behoeve van havo-bovenbouw. Ten behoeve van vwo-bovenbouw bestaat een samenwerkingsverband met de universiteiten van Amsterdam (GU) en Groningen, en groepen leraren die werken aan de ontwikkeling van lesmateriaal.
* Het adres van het PLON is:
  PLON, lab. Vaste Stof, Postbus 80.008, 3508 TA, de Uithof, Utrecht
  Tel. 030-532717

© 1981 Rijksuniversiteit Utrecht Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde/BV Uitgeverij N I B Zeist

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.
No part of this book may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without the prior permission of the publisher.

Experimentele uitgave

# GELUID WEERGEVEN

OVER DIT BOEK.

Het thema GELUID WEERGEVEN dat nu voor je ligt, bestaat uit drie delen.
Het eerste deel (BASISDEEL) bevat proeven en theorie over geluid, en over microfoons, luidsprekers en de principes waarop die gebaseerd zijn. In het tweede deel staat een aantal ONDERZOEKEN die gaan over je oor, geluidshinder, muziekinstrumenten, geluidsapparatuur en de telefoon.
LEESTEKSTEN die met dit thema in verband staan, vind je in deel 3.

Van het basisdeel is bijna alles voor iedereen verplicht. De vervolgonderzoeken worden over de klas verdeeld.
De leesteksten kun je gebruiken bij rapportages of zo maar eens inkijken.
Bij het begin van elk deel vind je een uitvoerige inhoudsopgave.

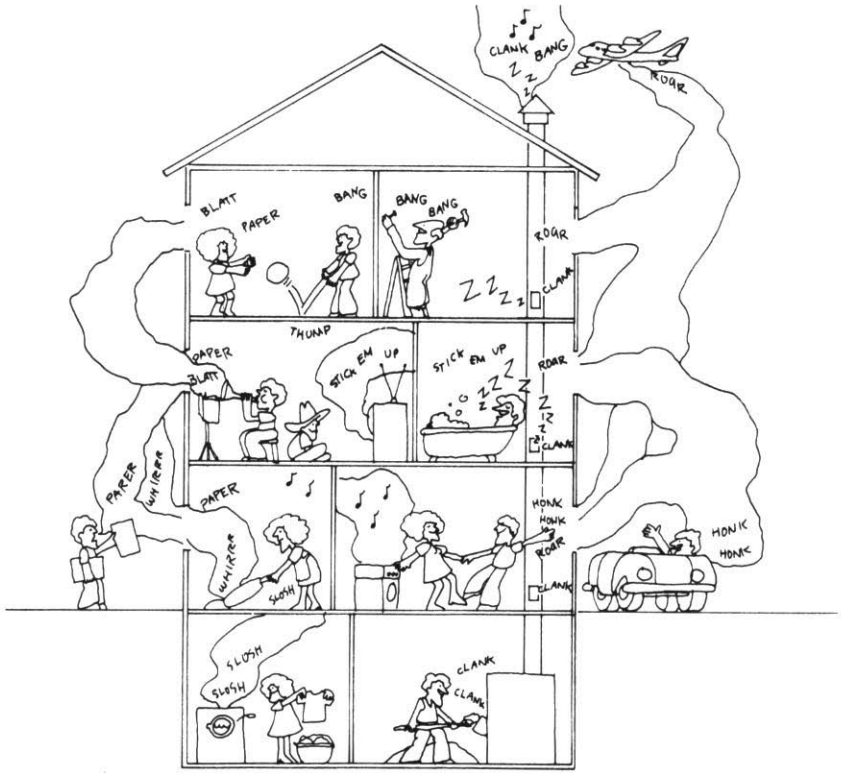
Veel leer-, onderzoek- en leesplezier.

# INHOUD
# GELUID WEERGEVEN


| | blz. |
|---|---|
| Basisdeel | 3 |
| Onderzoeken | 51 |
| Leesteksten | 73 |

# INHOUD BASISDEEL


| | blz. |
|---|---|
| 1. Geluid | 5 |
| 1. Geluidsbronnen | 5 |
| 2. Toonhoogte | 6 |
| 3. Geluid is een trilling | 10 |
| 4. Voortplanten van geluid | 12 |
| 5. Geluid opvangen | 16 |
| 6. Geluid onderzoeken met de oscilloscoop | 17 |
| 7. Geluidssterkte | 21 |
| 2. Magneten en electromagneten | 23 |
| 1. Magneten | 23 |
| 2. Electromagneten | 26 |
| 3. Toepassingen van electromagneten | 29 |
| 4. Geluid weergeven. Nog een toepassing van electromagnetisme | 34 |
| 3. Electromagnetische inductie | 37 |
| 1. Proeven over magnetische inductie | 37 |
| 2. Theorie over electromagnetische inductie | 39 |
| 3. Geluid opvangen en weergeven | 40 |
| 4. De dynamo en de transformator, andere toepassingen van electromagnetisme | 44 |




*Geluidsbronnen en de wegen waarlangs het geluid zich voortplant in en om het huis*

# 1 GELUID

GELUIDSBRONNEN

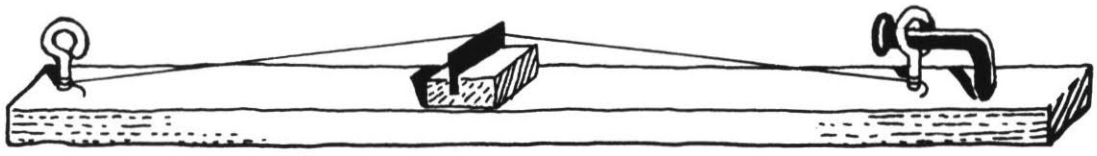
Geluiden hoor je altijd en overal. Nooit is het helemaal stil. Steeds is er wel iets, dat geluid maakt.

Opdracht 1.
Noem eens een aantal dingen, die geluid maken. Hoe vind je het geluid dat die geluidsbronnen maken: mooi/lelijk?, prettig/hinderlijk?, te hard/te zacht?, noodzakelijk/overbodig/onmisbaar?

Meestal hoor je een mengelmoes van allerlei geluiden. Denk maar eens aan de geluiden op straat, in een fabriek op het speelplein van een school of in een zwembad. Om geluiden te onderzoeken heb je minder ingewikkelde klanken nodig, bijvoorbeeld de klanken van snaren, luchtkolommen, staven of platen en electronische geluidsbronnen.

NEEM
EEN MUZIEKINSTRUMENT
MEE VAN HUIS

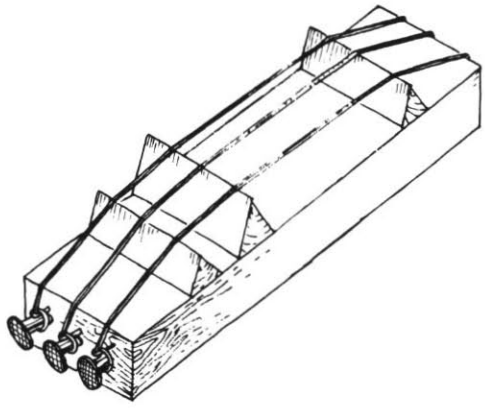
## 2. TOONHOOGTE



Proef 1. Geluid maken met snaren.

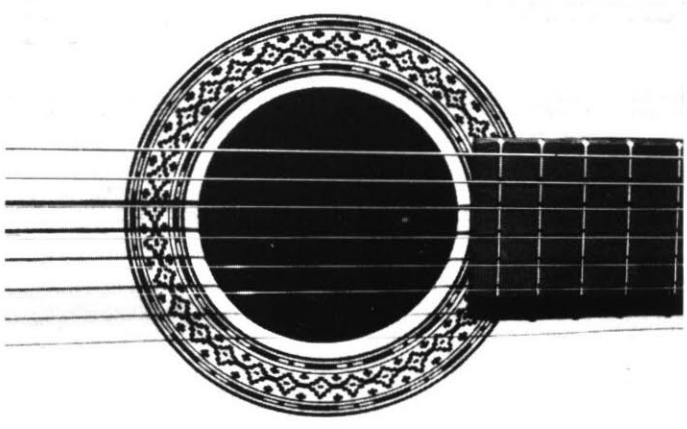
1) Laat een toon klinken met de snaar van een snaarinstrument (bijvoorbeeld gitaar, viool, piano of van een plank met 3 snaren.

2) Hoe verandert de toonhoogte
- als je de lengte van de snaar verandert;
- als je de spanning van de snaar verandert (doe dit niet bij een piano).



*plank met 3 snaren*

*gitarist*



*de snaren van een gitaar*

Proef 2. Geluid maken met luchtkolommen.

1) Laat een toon klinken met de luchtkolom in een fles, van een blokfluit of van een ander blaasintrument.

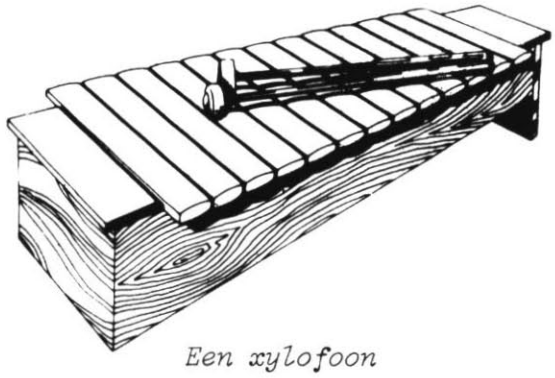
2) Maak de luchtkolom langer of korter. Hoe verandert de hoogte in de toon?

*Een blokfluitspeler brengt een toon voort met behulp van de luchtkolom in de blokfluit. Als hij alle gaatjes dichthoudt is de lengte in de luchtkolom het grootst. Laat hij gaatjes open, dan wordt de lengte in de luchtkolom kleiner: het gedeelte van de fluit voorbij het open gat doet niet meer mee.*

*Een toon voortbrengen met de luchtkolom in een fles.*
*Je kunt de luchtkolom korter maken door wat water in de fles te doen.*

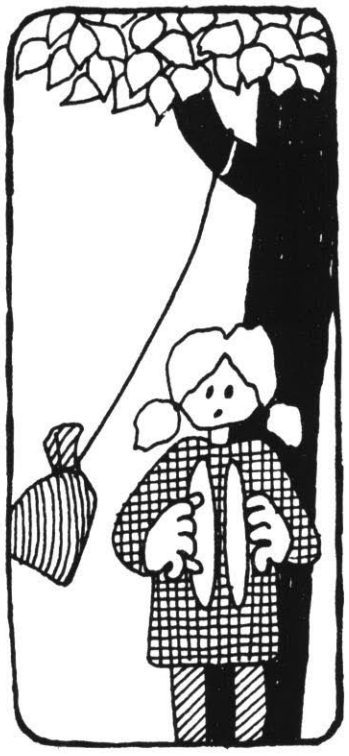
Proef 3. Geluid maken met staven, klokken of platen.

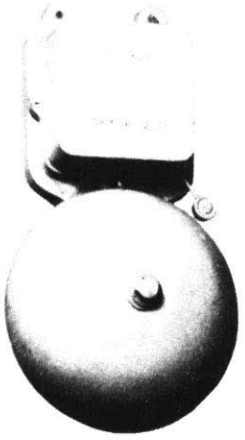
1) Laat een toon klinken met een staaf, klok (koebel) of plaat (pannedeksel, bekken van drumstel).
2) Neem nu een langere staaf, een grotere klok of een grotere plaat. Hoe verandert de toonhoogte?



*Een xylofoon*

*Een toon voortbrengen met het buisklokkenspel.*

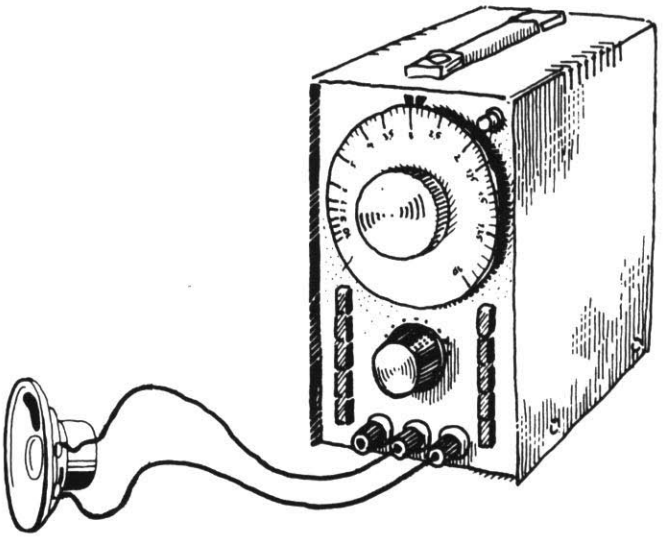




*Geluid voortbrengen met pannedeksels of met de klankplaten van een wekker of een bel.*

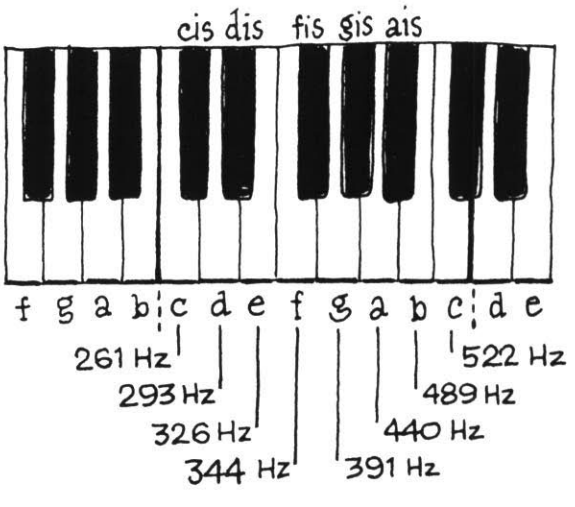
Proef 4. Geluid maken met toongenerator en luidspreker.

1) Laat een toon klinken met een toongenerator en een luidspreker.
2) Verander de frekwentie van het signaal dat de toongenerator levert. Hoe verandert de toonhoogte?
(de frekwentie van een signaal wordt opgegeven in Hz; dat is de afkorting van Hertz).

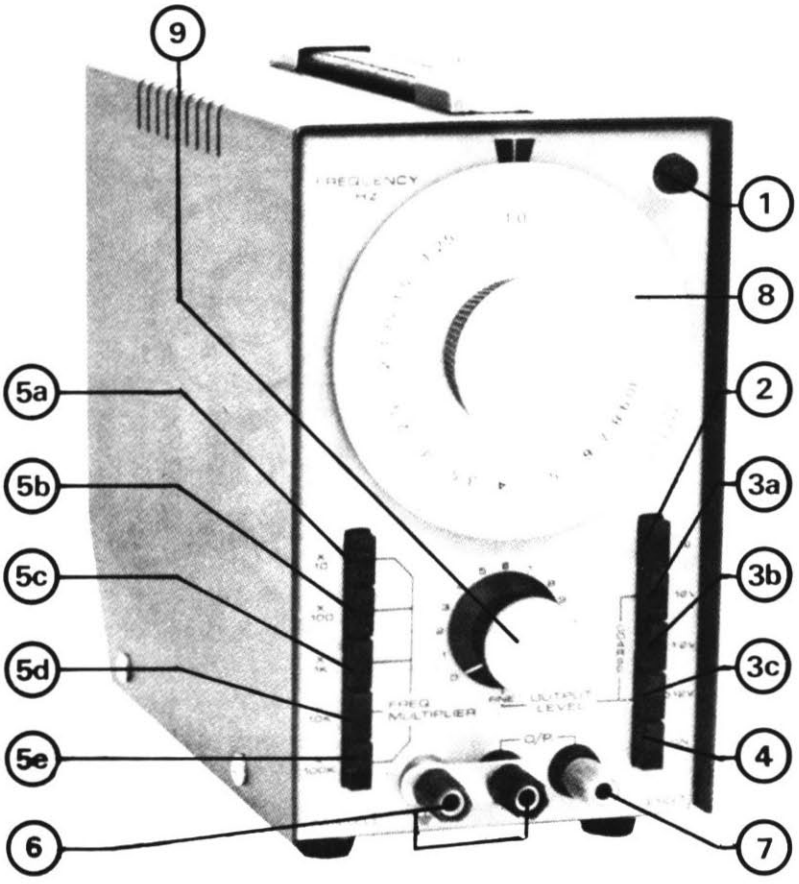


In plaats van een toongenerator kun je met een electronisch orgel met versterker geluid maken. Zo'n orgel bestaat uit een groot aantal toongeneratoren. Het orgel levert een "signaal" met een frekwentie die afhangt van de toets die je indrukt. De bij de witte toetsen horende frekwentie kun je hiernaast aflezen.*

**DE MUZIKALE TOONSCHAAL**
OP HET TOETSENBORD VAN EEN ORGEL




*Een uitgebreider diagram staat op blz.61



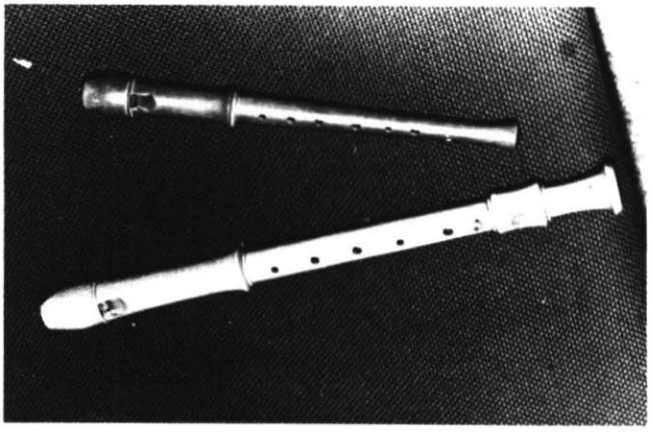

*Het voortbrengen van een toon met een toongenerator en luidspreker.*

- *Verbind de luidspreker met de bussen 6 en 7 van de toongenerator.*
- *Zet de toongenerator aan door het indrukken van knop 4. Het kontrolelampje 1 moet branden.*
- *Druk knop 3a in; je kunt dan met knop 9 de geluidssterkte regelen. (Zachtjes beginnen, stand 0, anders gaat de luidspreker misschien stuk).*
- *Stel knop 8 in op 1 (bij de pijl bovenaan). Druk knop 5b in. Naast knop 5b staat 100 x. De toongegerator levert dan een "signaal" van 1 x 100 = 100 Hz.*
- *Je kunt de frekwentie veranderen*
  + *door aan knop 8 te draaien (van 1 x 100 tot 10 x 100 = 1000 Hz).*
  + *door bijvoorbeeld knop 5c in te drukken. Naast knop 5c staat 1000 x. De toongenerator levert dan een signaal van 1000 Hz als knop 8 op 1 staat.*

Opdracht 1.

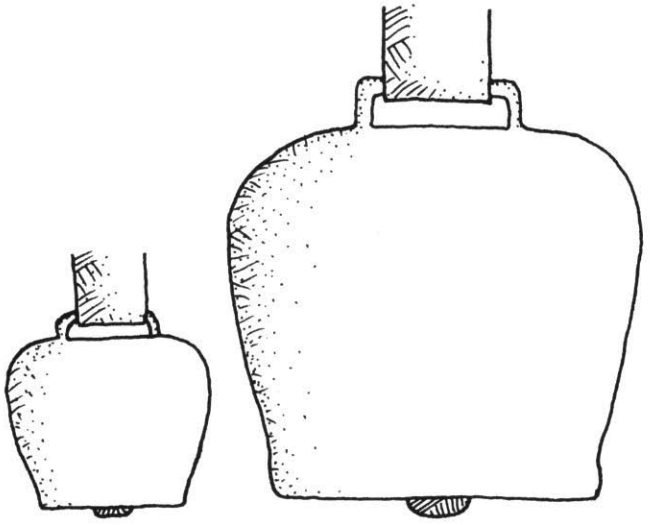
Welke snaar geeft de hoogste toon?

Opdracht 2.



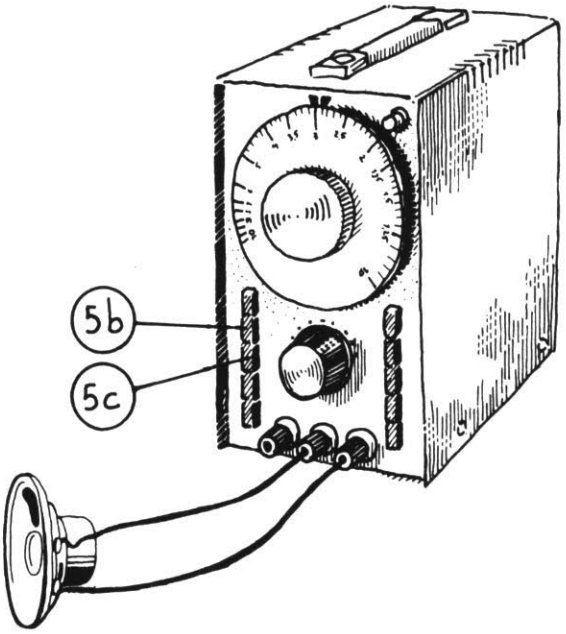
Welke blokfluit klinkt het hoogst?

Opdracht 3.



Welke bel geeft de hoogste toon?

Opdracht 4.




Wanneer geeft de luidspreker de hoogste toon:
- knop 5b ingedrukt (frekwentie 300 Hz)
- knop 5c ingedrukt (frekwentie 3000 Hz)

Opdracht 5.

Waar zitten de hoge tonen op het toetsenbord van een orgel?

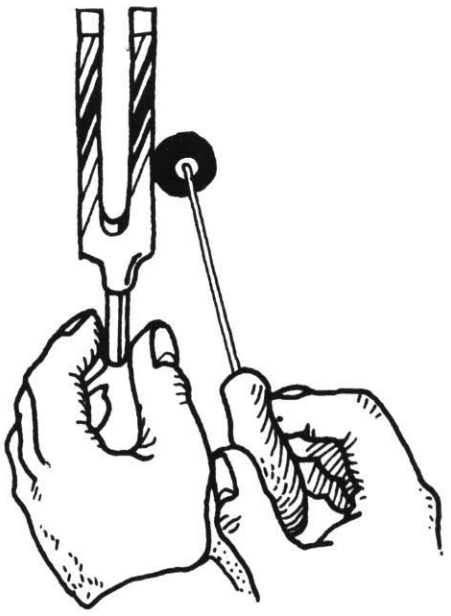
Lage tonen krijg je met lange slappe snaren en lange pijpen of luchtkolommen, en grote bellen of deksels. Je krijgt ze ook met een toongenerator die is ingesteld op een lage frekwentie (bijvoorbeeld 50 Hz).

Hoge tonen krijg je met korte, strak gespannen snaren, korte pijpen of luchtkolommen, kleine belletjes of deksels. Je krijgt ze ook met een toongenerator die is ingesteld op een hoge frekwentie (bijvoorbeeld 10.000 Hz).

## 3. GELUID IS EEN TRILLING

Proef 5. Geluidsbronnen trillen.

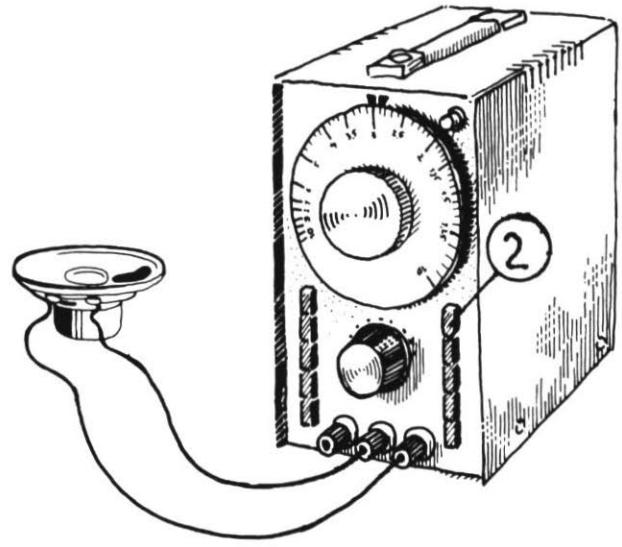
1) Voel met de vingers van een hand aan je keel terwijl je een geluid voortbrengt.
2) Sla een stemvork* aan met een hamertje. Voel voorzichtig met je vingers aan de uiteinden van de stemvork.



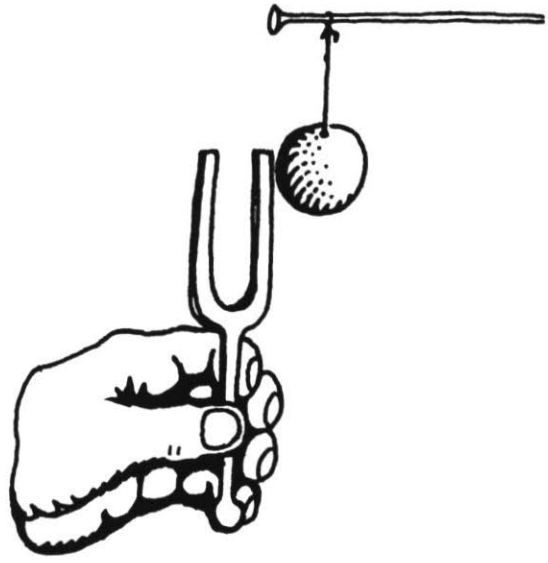
*Je kunt een stemvork gebruiken om muziekinstrumenten te stemmen. Vandaar de naam stemvork.*

3) Laat een toon klinken met de proefopstelling van toongenerator en luidspreker. Voel voorzichtig aan de luidspreker (knop 2 is ingedrukt).

4) Leg voorzichtig een licht voorwerp (bijvoorbeeld een pingpong balletje of een moertje) op de luidspreker en zet de toongenerator aan.
Wat verandert er
- als je het geluid harder zet?
- bij een andere instelling in de frekwentie?




5) Houd een klinkende stemvork tegen een licht balletje (bijvoorbeeld een pingpong balletje). Sla de stemvork harder aan en herhaal de proef.



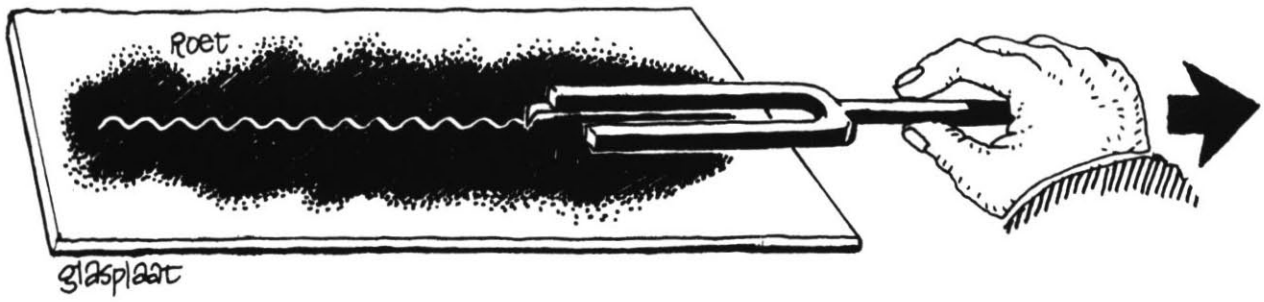
Proef 6. Een spoor trekken van geluid.

1) Sla met een hamertje een stemvork aan, waaraan een fijne stift is bevestigd. Gebruik zo mogelijk een grote stemvork (100 Hz).

2) Beweeg de fijne stift van de klinkende stemvork over een carbonpapiertje of een beroette glasplaat.

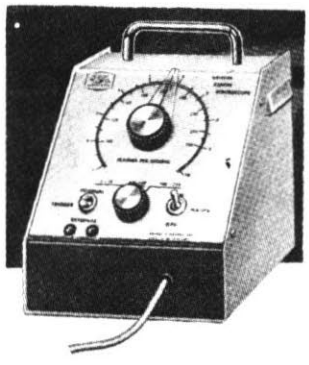
3) Sla de stemvork harder aan en herhaal de proef.

4) Bewaar het resultaat voor proef 15 en 16 op blz.18



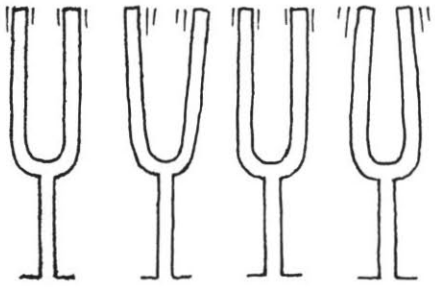
Proef 7. Geluidsbronnen. Zien bewegen.

*Deze proef kan alleen als er een lichtstroboskoop op jouw school is.*
Met een lichtstroboskoop, kun je een klinkende stemvork of een ander trillend voorwerp vertraagd bekijken. Probeer steeds even welke instelling van de lichtstroboskoop het best werkt.



*Lichtstroboscoop*

1) Bekijk een klinkende stemvork (100 Hz), een klinkende gitaarsnaar of de voorkant van een luidspreker met een lichtstroboskoop.
2) Onderzoek de invloed van de geluidssterkte op de beweging die je ziet.

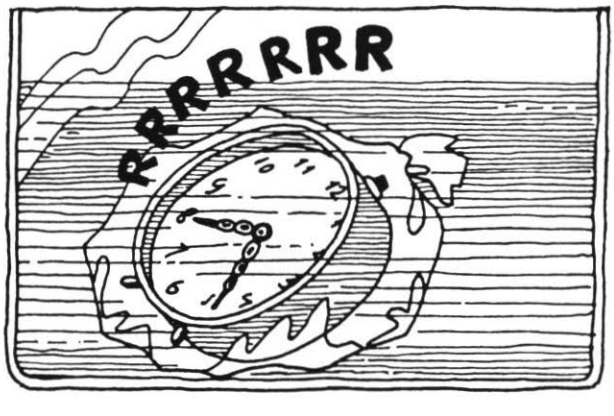


Het resultaat van deze proef heb je nodig bij proef 16 op blz.18

Stemvorken, stembanden, snaren, luidsprekers en andere voorwerpen die geluid produceren, trillen.
Bij een luidspreker die een luide toon voortbrengt zie je de voorkant ver naar voren en naar achteren gaan. Een stemvork geeft een luide toon als de uiteinden ver heen en weer bewegen. Een grote geluidssterke betekent dus een grote uit-uitwijking van de trillende geluidsbron.
De toonhoogte hangt af van het aantal trillingen dat de geluidsbron per seconde uitvoert. We noemen dat de frekwentie van de toon van de geluidsbron. Als de voorkant in een luidspreker 1000 keer per seconde naar voren en naar achteren gaat, heeft de toon een frekwentie van 1000 Hz. Als de uiteinden in een stemvork 440 keer per seconde heen en weer bewegen, is de frekwentie 440 Hz.
Hoe meer trillingen per seconde, des te hoger is de frekwentie en des te hoger is de toon. Het begrip frekwentie kwam je al tegen bij de toongenerator. Op een toongenerator kun je de frekwentie direkt aflezen.

## 4. VOORTPLANTEN VAN GELUID

Proef 8. Geluid onder water.




1) Stel de wekker zo in, dat hij bijna afloopt.
2) Verpak de wekker waterdicht in een plastic zak.
3) Laat het geheel zakken in een bak met water.
4) Kun je de wekker horen aflopen?

Proef 9. Geluid door een slang.

1) Bevestig een trechter aan beide uiteinden van een lange slang.
2) Houd een trechter tegen je oor, laat een ander praten in de trechter aan het andere eind van de slang.

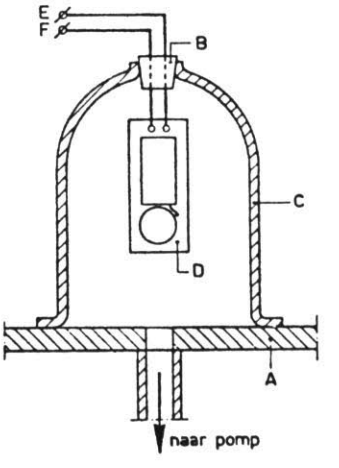
Proef 10. Geluid door een touw.

1) Maak een gaatje in de bodem van twee blikjes.
2) Steek een touw door de gaatjes op de aangegeven manier. Bevestig een kraal aan het touw, zodat het touw niet meer uit het blik schiet.

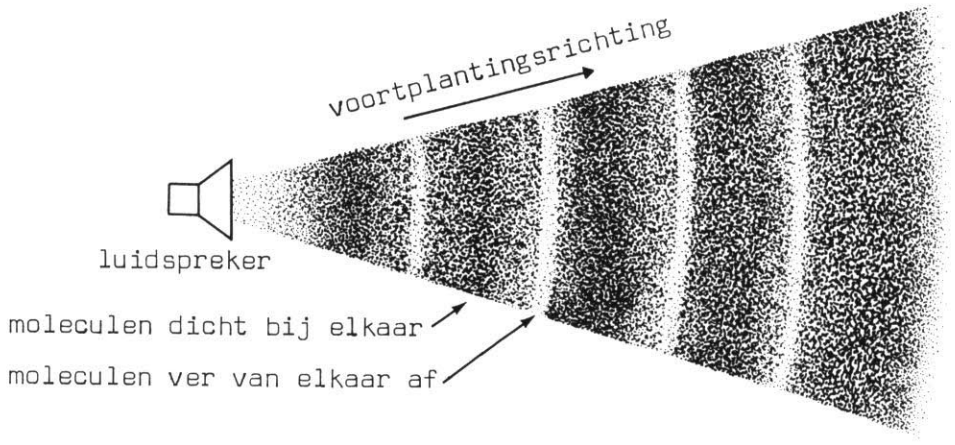
3) Trek het touw strak, praat en luister om de beurt.
4) Waarom moet het touw strak staan?

Proef 11.

Een bel hangt in een vakuumklok. Wanneer we alle lucht onder de klok wegzuigen, horen we de bel niet meer. Laten we de lucht terugstromen, dan horen we ook het geluid van de bel weer terugkomen.

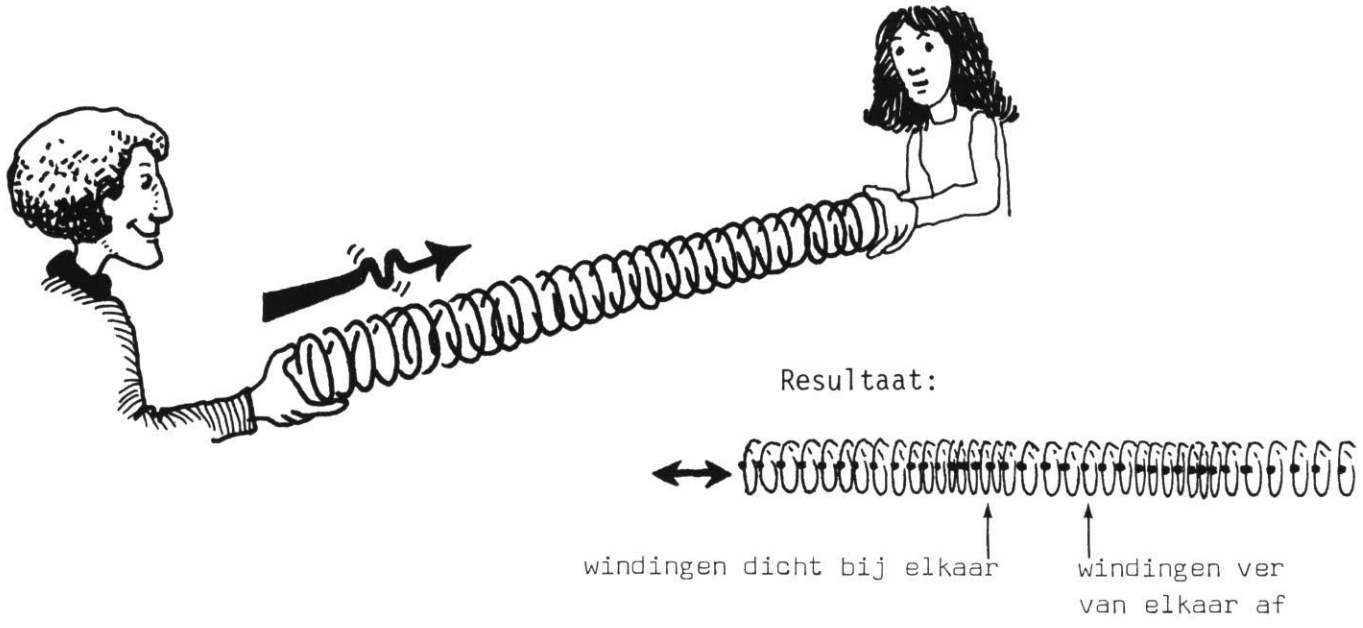



Geluid plant zich altijd voort door een tussenstof. Bijvoorbeeld door lucht, door water, door een strak gespannen touw. Als je de lucht wegzuigt, zoals bij de vorige proef, dan verdwijnt ook het geluid.

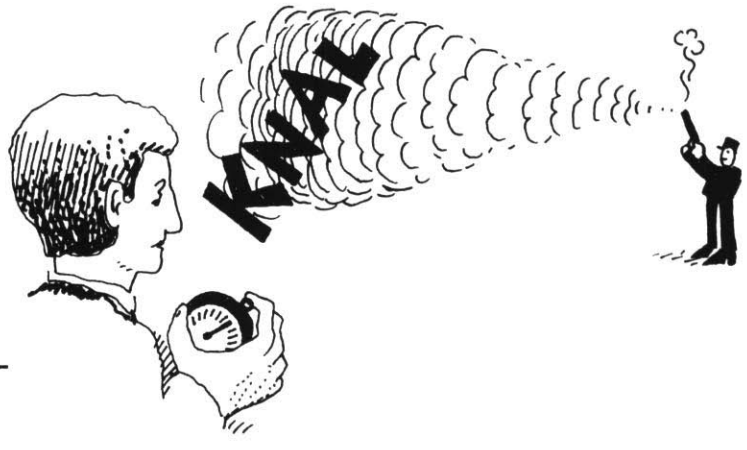



*Voortplanting van geluid door lucht*

Het voortplanten van het geluid kun je niet zien. Het geluid plant zich voort door bijvoorbeeld luchtmoleculen in trilling te brengen. Door de trillingen zitten de moleculen op bepaalde plaatsen voor de geluidsbron vlak bij elkaar en op andere plaatsen ver van elkaar af. De gebieden waar de luchtmoleculen dicht op elkaar zitten verplaatsen zich van de geluidsbron af. De moleculen blijven daarbij ongeveer op hun plaats. Je kunt dat vergelijken met de trilling van een lange slappe veer, die je plotseling een duw in de lengterichting geeft.




*Voortplanting van een trilling door een losse slappe veer*



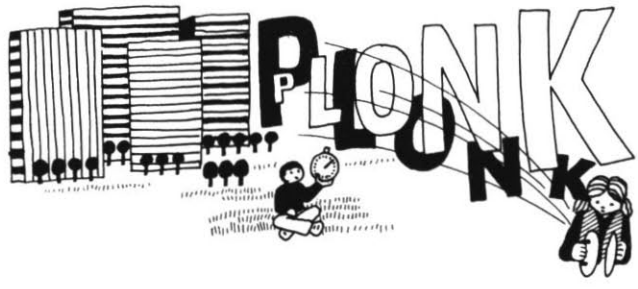

Wanneer je op grote afstand (bijvoorbeeld 50m) van een werkende heimachine staat, kun je goed merken dat er een tijdverschil is tussen het moment waarop je het heiblok op de plaats ziet vallen en het moment waarop je de klap hoort. Bij een onweersbui zie je eerst de bliksem; wat later hoor je pas de donder. Geluid heeft tijd nodig om een afstand

te overbruggen. Geluid plant zich voort met een bepaalde snelheid. In lucht is die snelheid ongeveer 330 m/s. In 3 seconden legt het geluid dus ongeveer 1 km af. Hier volgen twee verschillende manieren, waarop je de snelheid van geluid kunt bepalen.

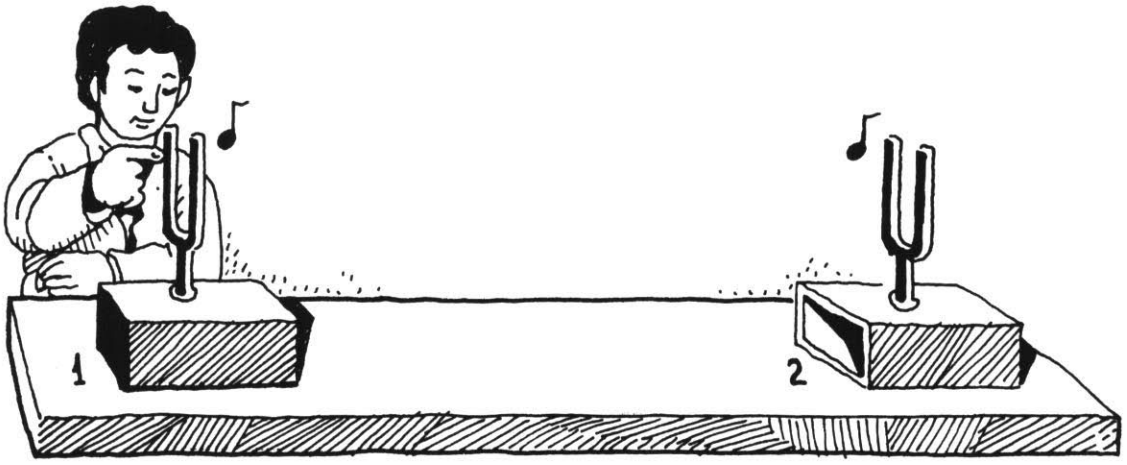
Proef 12. De snelheid van geluid in lucht (1)

1) Hang een grote slinger aan een boom (b.v. een touw van 1,5 m lengte met een zwaar gewicht eraan.
2) Meet met een stopwatch de tijd die de slinger erover doet om van de ene naar de andere kant te komen.
3) Laat een ander telkens bij de slinger een hard geluid (klap, knal) produceren als de slinger aan een kant is. Zorg wel dat zij dat doet met iets dat op een afstand goed zichtbaar is.
4) Loop nu weg van de slinger. Loop net zover totdat je het geluid hoort op het moment dat de slinger net aan de andere kant is.
5) Meet nu de afstand tussen de plaats waar je staat en de slinger.
6) Bereken de snelheid van het geluid in lucht uit de afstand die het geluid heeft afgelegd en de tijd die het geluid erover doet.

Proef 13. De snelheid van het geluid in lucht (2)

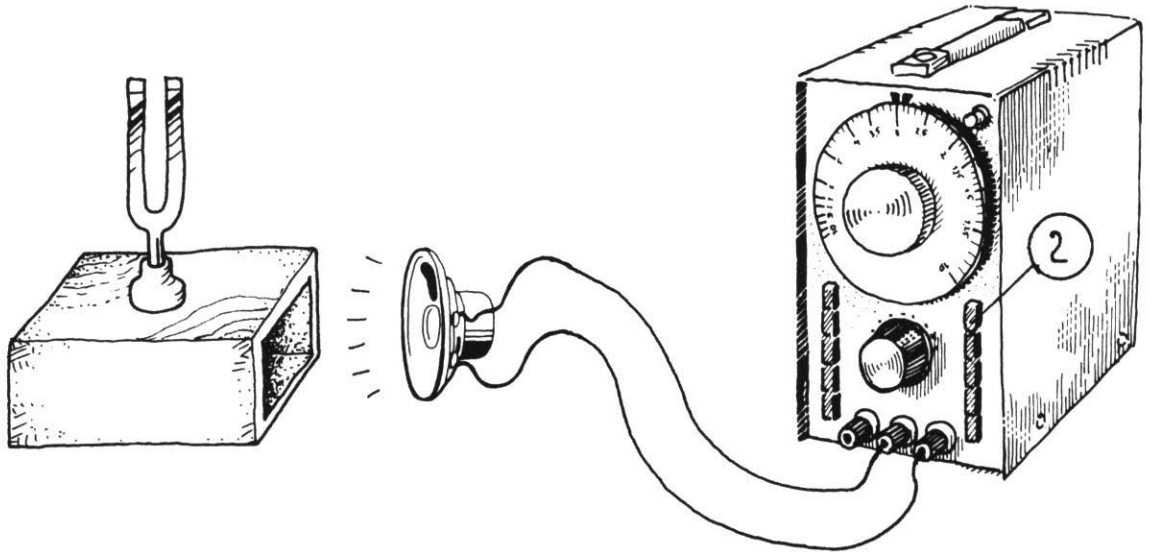



1) Ga naar een plaats waar je een echo kunt horen. Zorg dat je weet waar die echo vandaan komt (bijvoorbeeld van een gebouw).
2) Ga bij het gebouw staan. Maak met twee latten (of deksels) een regelmatig terugkerende klap.
3) Loop nu weg van het gebouw. Een groepsgenoot moet intussen de tijd meten dat je aan het lopen bent. Een ander telt het aantal klappen dat jij in die tijd maakt.
4) Loop zolang door totdat je de echo van je klap hoort samenvallen met de volgende klap.
5) Meet de afstand tussen jou en het gebouw.
6) Bereken de snelheid van het geluid in lucht uit
   - de afstand die het geluid aflegt ( tweemaal de afstand tussen jou en het gebouw).
   - de tijd die het geluid daarover doet (= de tijd tussen twee klappen)



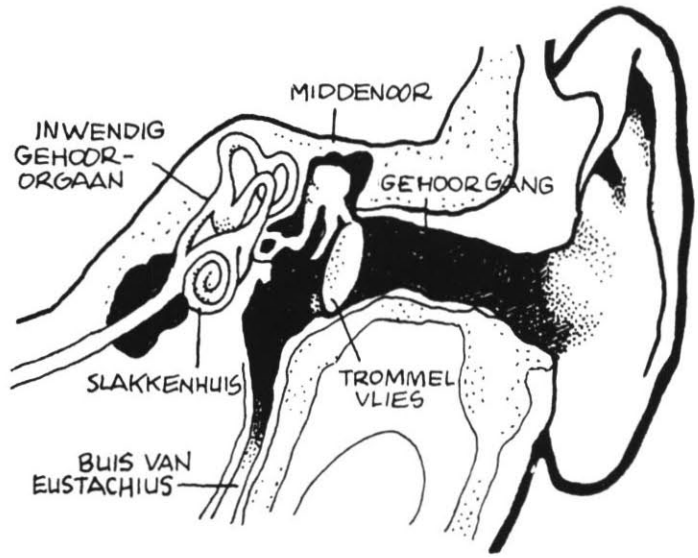

Proef 14. Een meeklinkende stemvork.

1) Maak de opstelling hierboven met twee stemvorken van 440 Hz. De open kanten van de klankkasten wijzen naar elkaar toe.
2) Sla stemvork 1 aan. Demp de toon daarna door hem met je hand aan te raken. Wat hoor je?
3) Vervang stemvork en klankkast 1 door een luidspreker, die is aangesloten op een toongenerator. Stel de toongenerator in op een frekwentie van 440 Hz (knop 2 niet ingedrukt).
4) Laat de toon klinken uit de luidspreker. Stel de toongenerator bij totdat de toon uit de luidspreker even hoog is als de toon van de stemvork.
5) Wat hoor je als je de toongenerator uitzet?
6) Herhaal de proef bij andere toonhoogtes (frekwenties). Gaat stemvork 2 meeklinken?




Stemvorken op een klankkast klinken mee met een toon die even hoog is als de toon die ze zelf voortbrengen. Dat meeklinken, meetrillen of meedenderen met ander geluid komt vaak voor. De ruiten trillen mee met een knal. In de auto trillen sommige onderdelen mee met het geluid van de motor. De meetrillende voorwerpen vangen het geluid op.

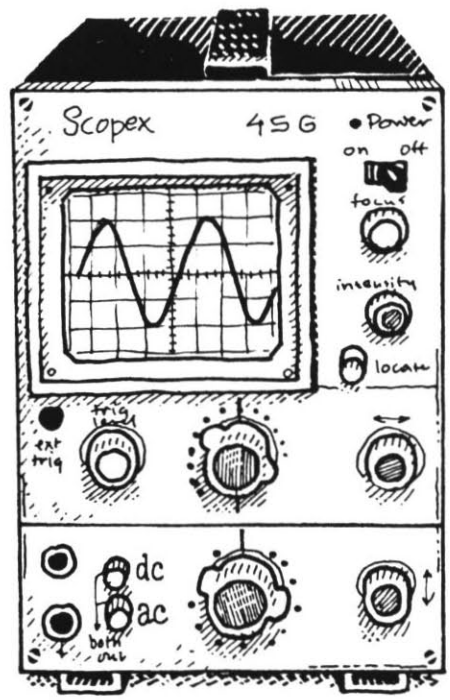
Je oor werkt net zo. Ook daar zit een voorwerp dat meetrilt met het geluid: het trommelvlies. Via drie gehoorbeentjes (hamer, aambeeld en stijgbeugel) worden de trillingen overgebracht naar het inwendige gehoororgaan. Een bepaald gebied van dit orgaan trilt mee met een bepaalde toonhoogte. Ons zenuwstelsel geeft door welk gedeelte meetrilt, zodat we een toon met een bepaalde toonhoogte (of een kombinatie van toonhoogtes) kunnen horen.
(zie ook de leestekst over het oor op blz.75 )




## 6. GELUID ONDERZOEKEN MET DE OSCILLOSCOOP

Geluid kun je ook onderzoeken met de volgende hulpmiddelen.
- Een microfoon; dat is zoiets als "een electrisch oor". Het ontvangt de geluidstrillingen en zet deze om in "electrische trillingen".
- Een oscilloscoop (trillingskijker); dat is een apparaat dat allerlei "electrische trillingen" op een soort televisiescherm zichtbaar kan maken. Het woord "oscilloscoop" wordt vaak afgekort tot "scoop".

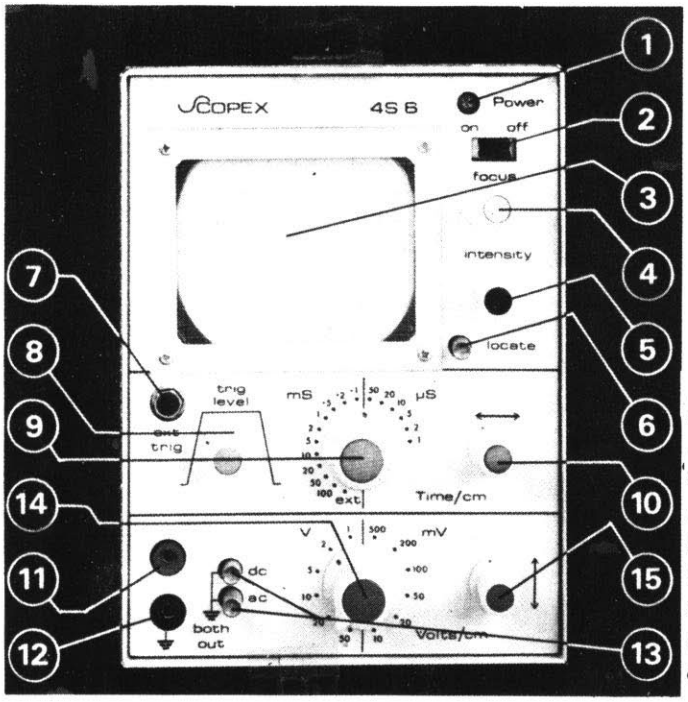
*Een microfoon*




*Een oscilloscoop*

Proef 15. Geluid zichtbaar maken.

1) Maak de oscilloscoop bedrijfsklaar. Zet knop 14 op 10 mV

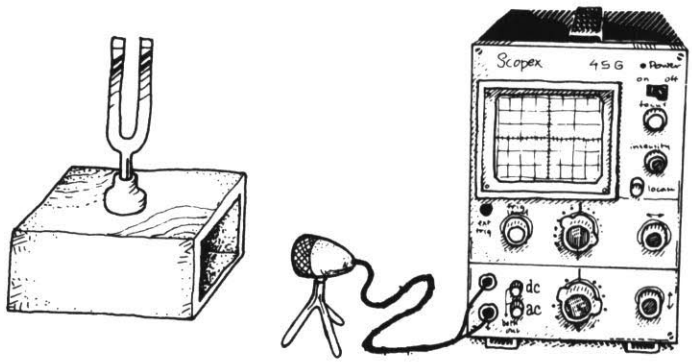



*Het bedrijfs klaarmaken van de oscilloscoop Zet knop 2 op "on". Het "power"-lampje moet dan branden. Zet de rode punt van knop 9 op 1 ms. Na enige tijd verschijnt er een horizontale lijn in het beeld. Draai knop 15 zodat de lijn in het midden van het beeld staat. Draai aan knop 4 totdat de lijn zo smal mogelijk is. Draai aan knop 5 totdat de streep duidelijk, maar niet te fel is.*

2) Sluit een kristalmicrofoon aan op de ingangen 11 en 12 van de oscilloscoop.

3) Sla een stemvork (op klankkast) aan en houd de microfoon bij de opening van de klankkast.

4) Bekijk het beeld op de oscilloscoop. Zet het beeld zo nodig stil door te draaien aan knop 8. Vergelijk dit beeld met het resultaat van proef 6 op blz.11.

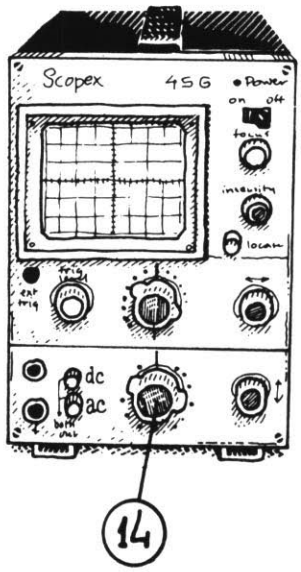



Proef 16. Geluidsterkte zichtbaar maken.

1) Bekijk met de opstelling van proef 15 het beeld van de klank van bijvoorbeeld een stemvork, een snaar, een blokfluit of een luidspreker met toongenerator (ongeveer 500 Hz)

2) Herhaal de proef bij een andere geluidssterkte van de geluidsbron. Zet de oscilloscoop ongevoeliger als het beeld groter wordt dan het scherm kan weergeven.

3) Vergelijk het resultaat met je resultaten bij proef 6, punt 3.

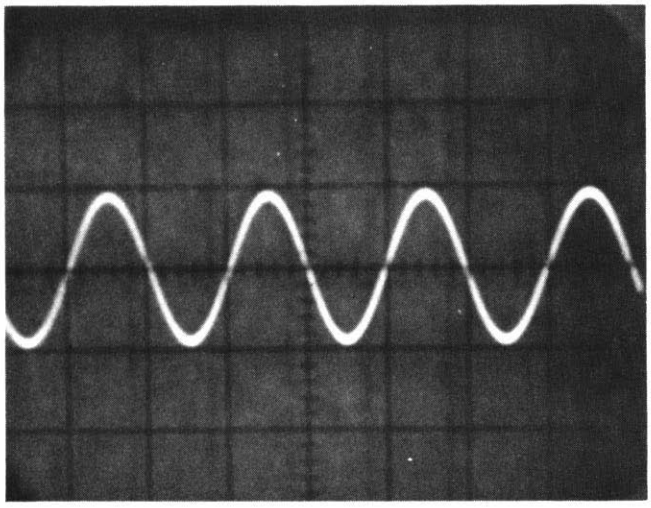



*Als het beeld op de oscilloscoop groter wordt dan het scherm kan weergeven, moet de oscilloscoop ongevoeliger gezet worden. Dit gebeurt door knop 14 te draaien tegen de wijzers van de klok in.*

Proef 17. Toonhoogte zichtbaar maken.

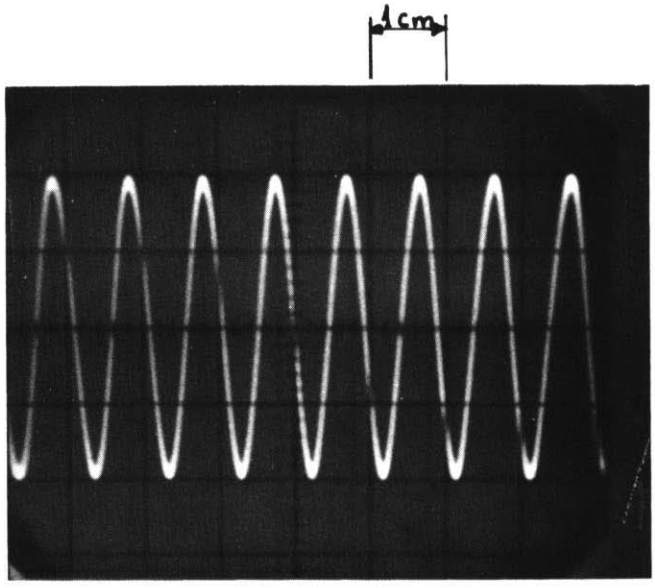
1) Vergelijk met de opstelling van proef 15 het beeld van klanken van dezelfde geluidsbron met verschillende toonhoogte (frekwentie). Zet de oscilloscoop ongevoeliger als het beeld groter wordt dan het scherm kan weergeven. Draai zo nodig aan knop 9 om een "mooier" beeld op het scherm te krijgen.

2) Bepaal de frekwentie van 3 verschillende tonen.



*Het bepalen van de frekwentie van een toon met de oscilloscoop*[x].

- *Meet de lengte van een trilling op het scherm in cm (de lengte van een trilling is de afstand tussen twee toppen of de afstand tussen twee dalen: de zijden van de vierkantjes op het scherm zijn 1 cm). In dit geval is de lengte 2 cm.*
- *Lees de tijd af die knop 9 aangeeft. In dit voorbeeld: 1 ms. Dit betekent dat 1 ms overeenkomt met 1 cm op het scherm. Eén trilling heeft op het scherm een lengte van 2 cm. Eén trilling duurt dus 2 x 1 ms = 2 ms (0,002 s). Dit heet de trillingstijd.*
- *Een trillingstijd van 0,002 s betekent dat er per seconde* $\frac{1}{0,002}$ *= 500 trillingen zijn. 500 trillingen per seconde betekent een frekwentie van 500 Hz.*



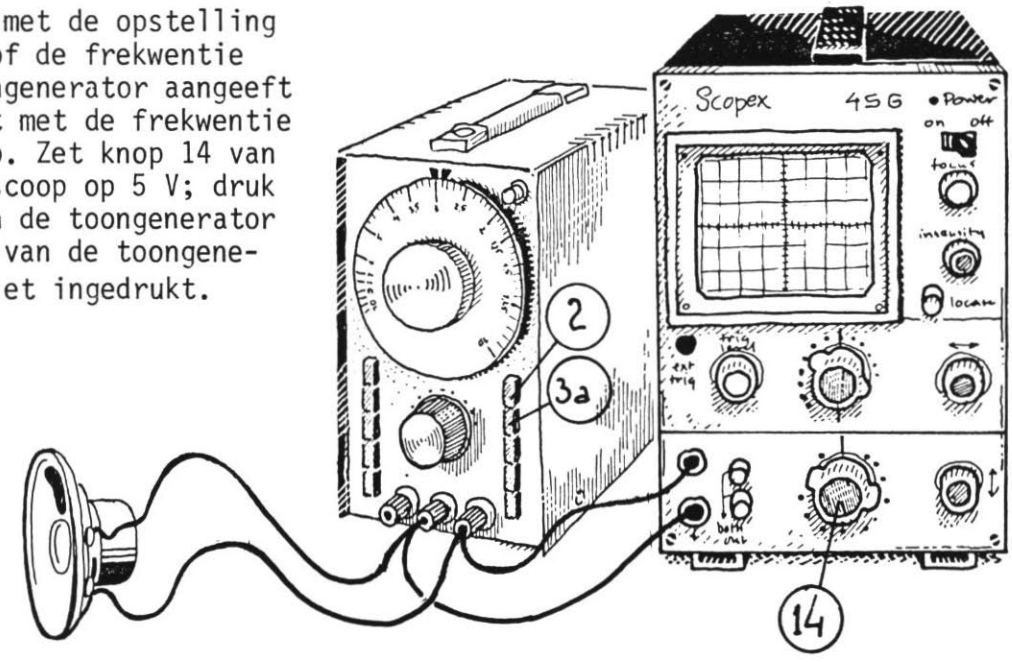

*Nog een voorbeeld van het bepalen van de frekwentie van een toon met de oscilloscoop. Knop 9 staat nu op 50 µs. De lengte van de trilling is 1 cm.*
*De trillingstijd is nu 1 x 50 µs = 50 us (0,00005 s). De frekwentie (het aantal trillingen per seconde) is nu*

$\frac{1}{0,00005}$ *= 20 000 Hz.*

---

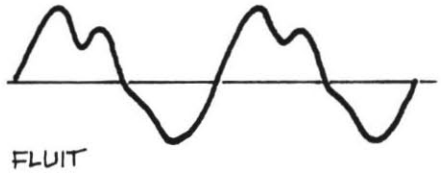
[x] *Een uitvoeriger handleiding staat op blz.116*

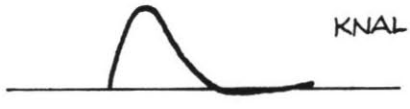
3) Kontroleer met de opstelling hieronder of de frekwentie die de toongenerator aangeeft overeenkomt met de frekwentie op de scoop. Zet knop 14 van de oscilloscoop op 5 V; druk knop 3a van de toongenerator in; knop 2 van de toongenerator is niet ingedrukt.



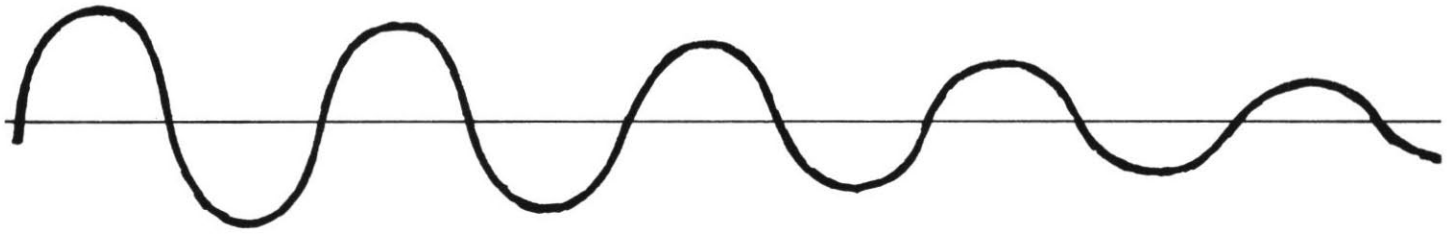

Proef 18. Geluid onderzoeken met de oscilloscoop.

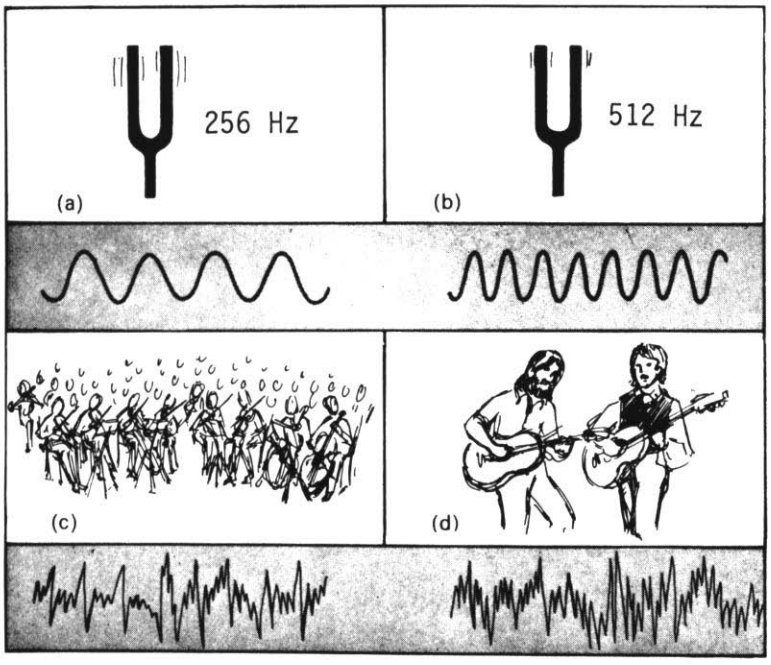
Onderzoek allerlei verschillende klanken en geluiden met de oscilloscoop.



AFNEMENDE GELUIDSSTERKTE






*Geluid op de oscilloscoop:*
*a. stemvork*
*b. stemvork (hogere toon)*
*c. symphonie-orkest*
*d. popgroep*

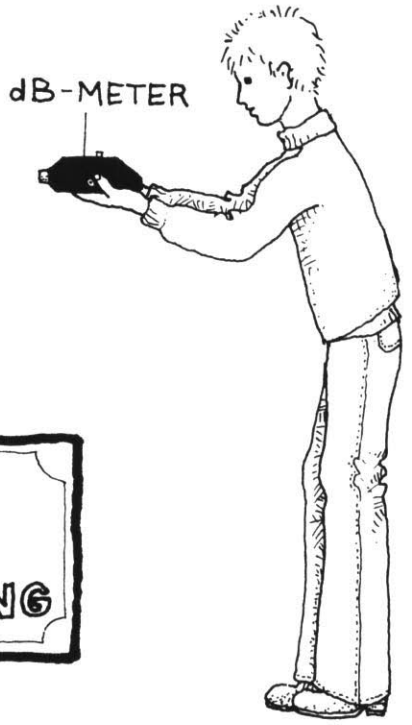
## 7. GELUIDSSTERKTE

Voor de sterkte van het geluid is een schaal gemaakt die uitgaat van wat we net niet met onze oren kunnen horen. Met een geluidsmeter of decibelmeter wordt de hoeveelheid geluidsenergie gemeten, door de uitslag van een wijzer op de wijzerplaat af te lezen. De eenheid op deze schaal is de decibel (dB) genoemd naar Alexander Graham Bell, de uitvinder van de telefoon*.
Bij 0 dB is het geluid net zo zwak, dat het menselijk oor het net kan horen.
De dB-schaal is een ander soort schaal dan je gewend bent.
Twee auto's, die elk een geluidsterkte van 60 dB voortbrengen, leveren samen 63 dB (en geen 120 dB). Elke verdubbeling van de hoeveelheid geluidsenergie betekent een toename van de geluidsterkte met 3 dB.
Hierna zie je een tabel met de sterkte van geluiden die je dagelijks kunt horen.
In die tabel zie je dat de geluidsterkte van je pick-up 70 dB kan zijn als die hard aan staat. De geluidsterkte van een drukke verkeersweg is 80 dB. Het verschil in geluidsterkte van 10 dB betekent, dat het geluid van een drukke verkeersweg 10x zo hard is als van je pick-up.
De geluidsterkte van een pneumatische boor is weer 10 dB hoger dan van de verkeersweg. Het geluid van de boor is dus 10x zo hard als het geluid van de verkeersweg.
Het verschil in geluidsterkte van 20 dB tussen de boor en je pick-up betekent dat het geluid van de boor 10 x 10 = 100x harder is dan het geluid van je pick-up.

* Zie leestekts 12 op blz.105

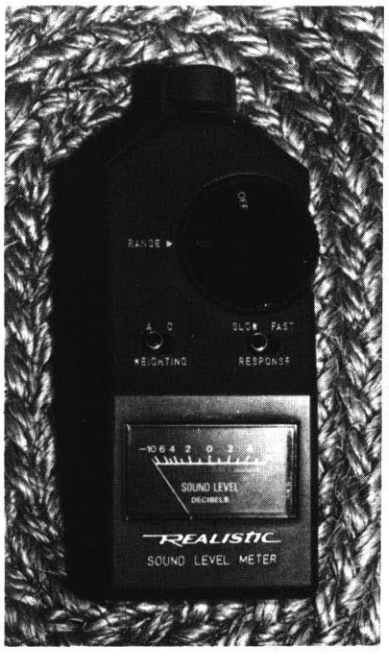
| GELUID | DECIBELS | OMSCHRIJVING |
|---|---|---|
| Onweer | 120 | Pijnlijk hard |
| Vliegtuigmotor | 100-120 | Pijnlijk hard |
| Pneumatische boor | 90 | Zeer hard |
| Druk verkeer | 80 | Hard |
| Grammofoon | 70 | Hard |
| Een gewoon gesprek | 40-50 | Normaal |
| Een rustig huis | 30 | Zwak |
| Gefluister | 10 | Zeer zwak |
| Geritsel van boombladeren | 10 | Zeer zwak |

Proef 19. Geluidssterkte meten.




DOE DEZE PROEF
IN EEN
LAWAAIERIGE OMGEVING

1) Meet de geluidssterkte op verschillende plaatsen met een decibelmeter. Ga steeds na welke geluidsbronnen het geluid veroorzaken. Ga ook na op welke afstand die geluidsbronnen zich ongeveer bevinden van het punt waar je meet.
2) Meet de sterkte van het geluid dat verschillende geluidsbronnen produceren. Om eerlijk te vergelijken moet je steeds op dezelfde afstand van de geluidsbron gaan staan. Waarom?



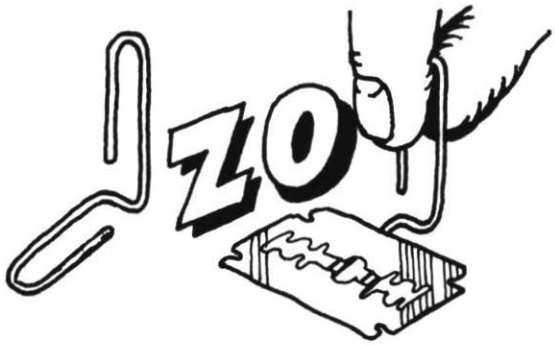

*De geluidssterkte-meter. De geluiden worden opgevangen door de microfoon. Op de schaal kun je de geluidssterkte aflezen. Met de knop "range" schakel je het apparaat in. In de stand "batt" controleer je de batterijen. Als de wijzer uitslaat tot in het rode vakje batt., zijn de batterijen nog geschikt. Staat de knop "range" op bijvoorbeeld 120, dan geeft stand 0 op de schaal 120 dB aan. Het getal 4 (rechts) betekent 120+4=124dB. Het getal 6 (links) betekent 120-6=114dB. Met knop "weighting" in stand A, meet je dB(A); de meter reageert dan ongeveer net zo als het menselijk oor. Staat de knop "weighting" in stand C dan meet je dB(C) (niet voor het oor gecorrigeerd; 20-10000Hz). Met de knop "response" kun je het apparaat instellen op "slow" of "fast". Als je het op "slow" instelt, is de wijzer gedempt en reageert langzaam op wisselende geluiden. In deze positie meet je een "gemiddelde" geluidssterkte. In de "fast" positie reageert de meter snel op wisselende geluiden.*

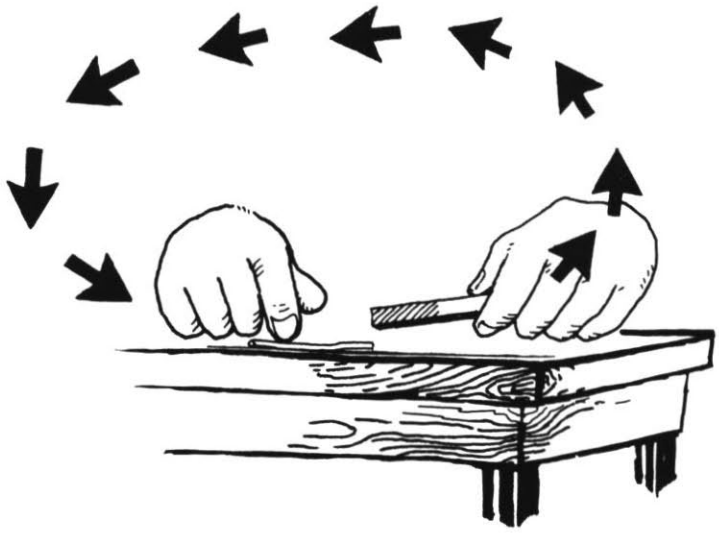
1. MAGNETEN

# 2 MAGNETEN EN ELEKTROMAGNETEN

Proef 1. Een scheermesjeskompas.

1) Maak een scheermesje magnetisch.
2) Leg met een paperclip het scheermesje voorzichtig op het water in een bakje.



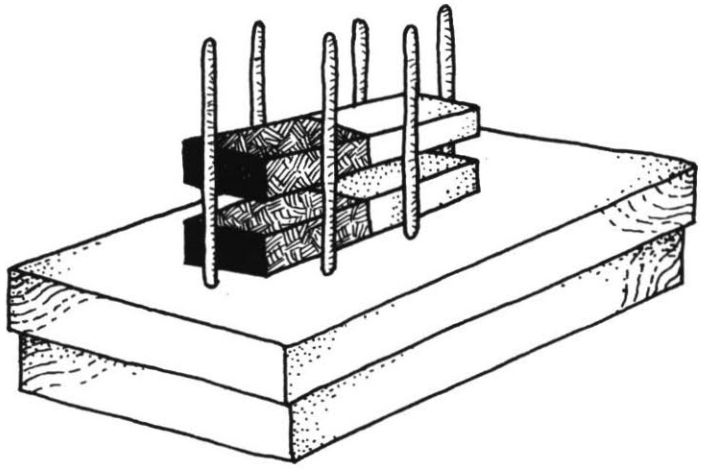



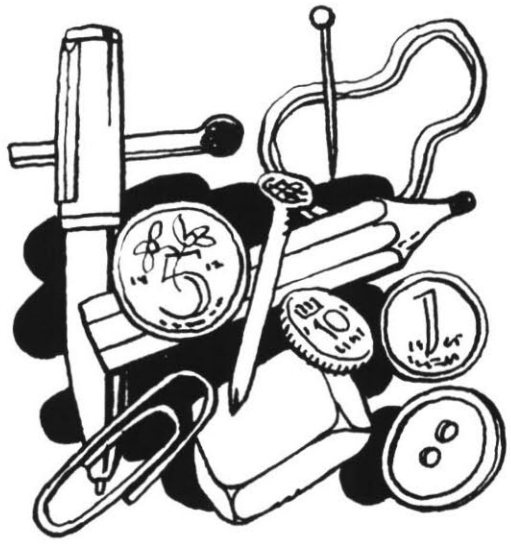
*Het magnetisch maken van een voorwerp. Strijk met een uiteinde van de magneet een paar keer langs het voorwerp. Strijk telkens dezelfde kant op en ga in een grote boog terug, zoals op de tekening is aangegeven.*

3) Breng een magneet in de buurt van het scheermesje. Je ziet dat je de stand van het scheermesje met de magneet kunt beinvloeden.
4) Haal de magneet weg. Het scheermesje gaat dan in de richting Noord-Zuid staan: het is een kompasnaald.

Proef 2. Zwevende magneten.

Laat een magneet zweven boven een andere magneet met de opstelling hieronder.
Gebruik hierbij sterke magneten (Alnicomagneten).

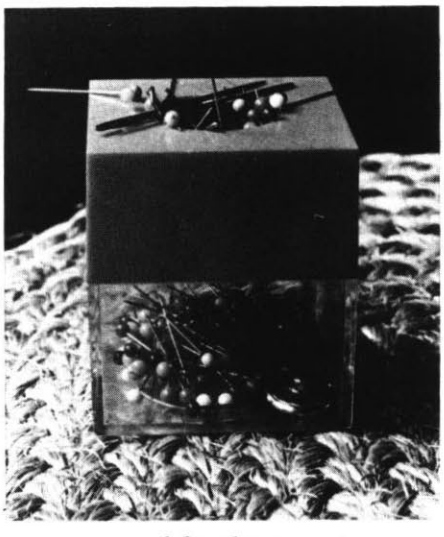




*Welke voorwerpen trekt een magneet aan?*

Magneten trekken voorwerpen van bijvoorbeeld ijzer en nikkel wel aan, andere niet. De aantrekkende werking wordt gebruikt bij sloten van kastdeurtjes, bij speldendozen en bij schoonmakers van aquariumruiten. De aangetrokken voorwerpen worden magnetisch als een magneet in de buurt is. De magneet en het voorwerp trekken elkaar aan.

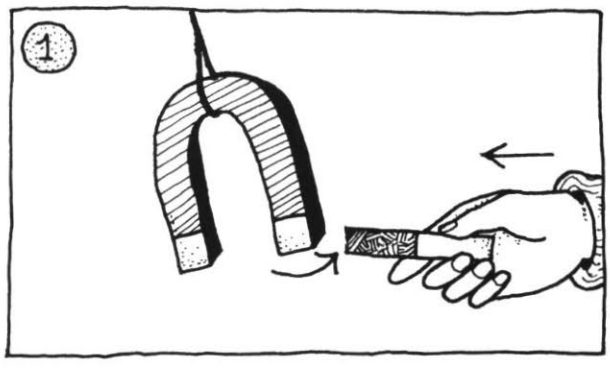
*Magnetische sluiting van kastdeuren.*

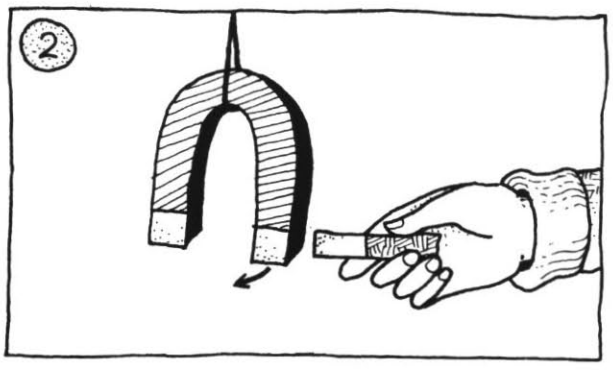


*Speldendoos met magneet.*

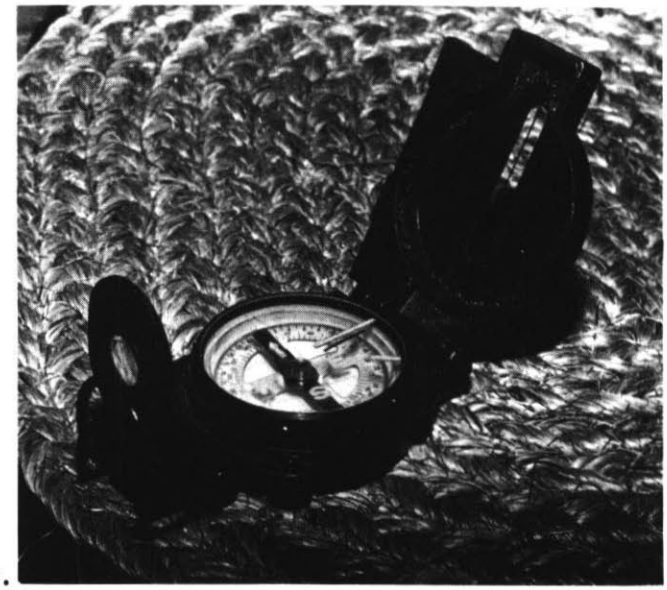
*Aquariumruitreiniger.*

Twee magneten die je bij elkaar houdt trekken elkaar aan in de ene stand en stoten elkaar af in de andere stand.



Een staafmagneet die draaibaar is opgesteld (bijvoorbeeld een kompas) wijst steeds dezelfde kant op. Dat komt omdat de aarde een grote magneet is*. De kompasnaald wijst altijd naar een van de uiteinden van de magneet. De uiteinden van de "aardmagneet" bevinden zich in de buurt van de aardrijkskundige noorpool en zuidpool. Een gemagnetiseerde naald of een kompasnaald gaat daarom altijd noord-zuid staan.
De kant van de magneet die naar het noorden wijst heet de noordpool van de magneet; de andere kant is de zuidpool van de magneet.

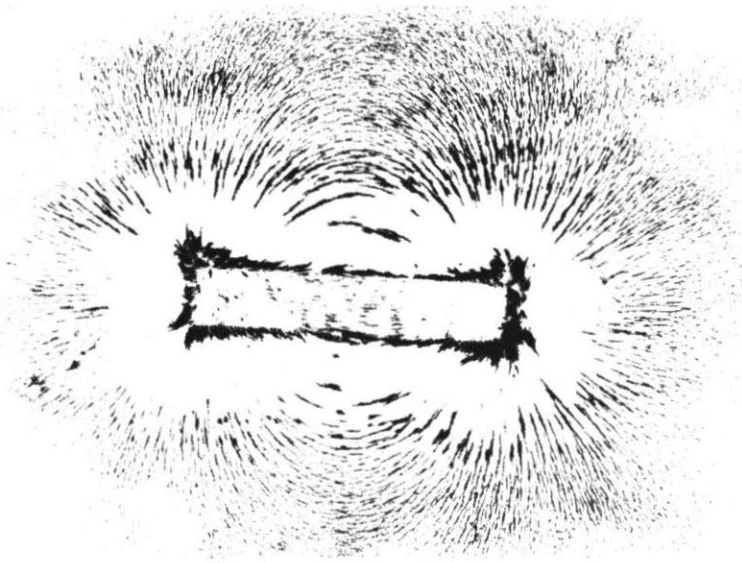


*Kompas.*

Je kunt de richting van de kompasnaald veranderen door een magneet in de buurt te brengen. De kompasnaald "merkt" de andere magneet alleen "op" als de magneet niet te ver weg is. Het gebied rond een magneet waar een kompasnaald niet meer NZ staat, maar zich richt naar de magneet, heet het magnetisch veld van die magneet. Met ijzerpoeder kun je een patroon zichtbaar maken in het magnetisch veld. Dat doe je in de volgende proef.

Proef 3. Patroon van een magnetisch veld.

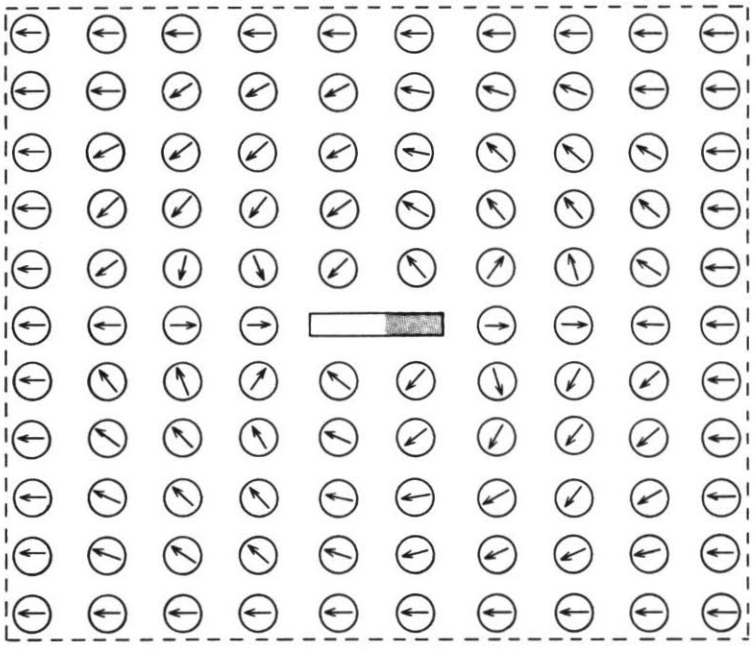
1) Leg een magneet op tafel. Leg er een stuk papier overheen.
2) Strooi wat ijzerpoeder op het papier. Tik ondertussen tegen het papier.

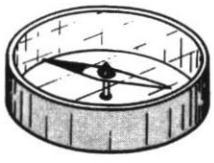


*Patroon van een magnetisch veld. Je kunt het patroon bewaren door er flink wat haarlak over te spuiten of door er een foto van te maken.*

*Zie ook de leestekst aardmagnetisme op blz.113

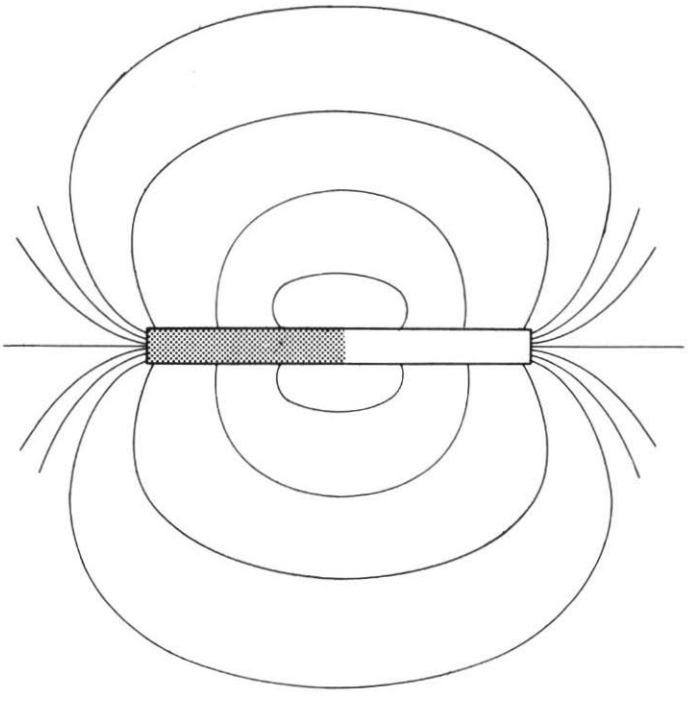
Een dergelijk patroon krijg je ook te zien als je een groot aantal kleine kompasjes in de buurt van een magneet zet.





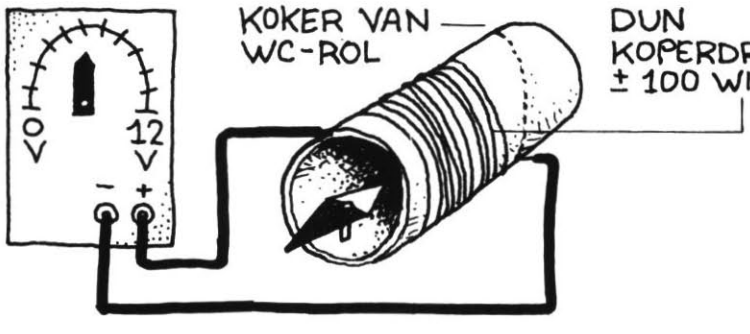
*Een minikompasje.*

Schematisch kun je zo'n patroon weergeven op de manier van de tekening hiernaast. De lijnen in de tekening heten magnetische veldlijnen. Het magnetisch veld is sterk als de lijnen dicht bij elkaar zijn getekend (dus bij de uiteinden van de magneet). Een sterk magnetisch veld betekent dat een andere magneet sterk wordt aangetrokken of afgestoten. Een kompasnaaldje draait snel naar de stand, die de tekening boven aangeeft.



## 2. ELEKTROMAGNETEN

Proef 4.




1) Houd een spoel bij een kompas. Je kunt de spoel ook zelf maken (zie tekening hiernaast).
2) Sluit de spoel aan op een voedingskastje of op een 4,5 V batterij.
3) Wissel de aansluitingen om en herhaal de proef.

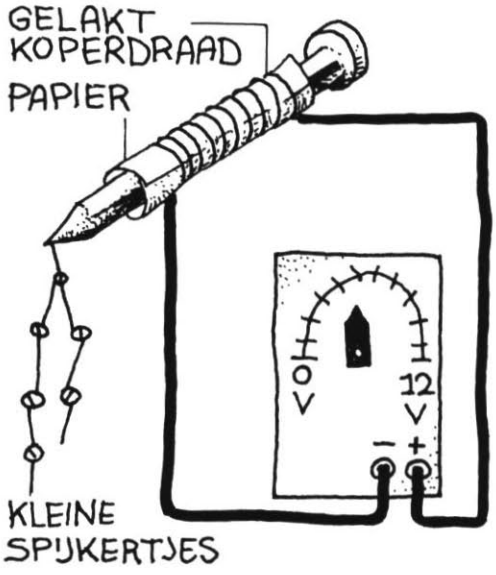
Proef 5.

1) Wind ongeveer 3 m geïsoleerd dun draad om een ijzeren staafje of een ijzeren bout.

2) Sluit de draad aan op een voedingskastje of op een 4,5 V batterij. Je kunt dan kleine spijkertjes of spelden aantrekken, net als met een magneet.

3) Maak een patroon van het magnetisch veld op de manier van proef 3. Vergelijk het patroon met dat van een staafmagneet.

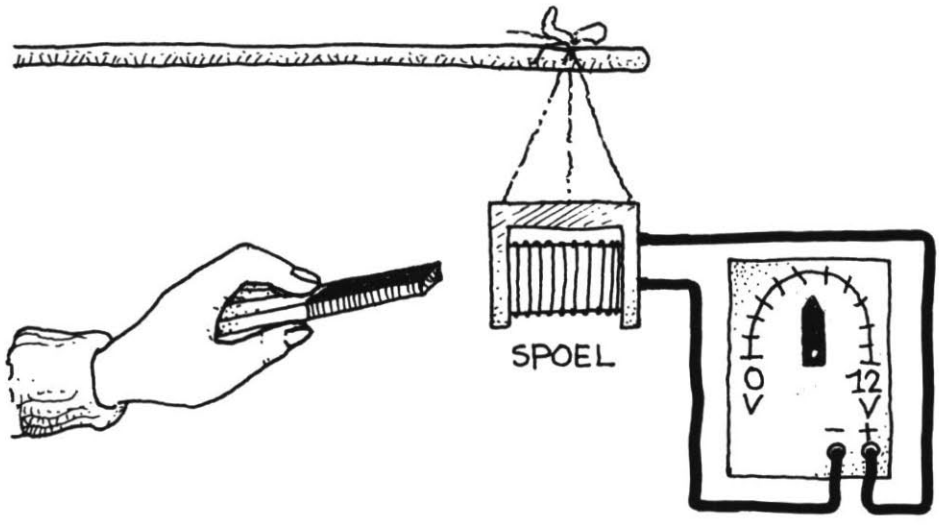
4) Bewaar de elektromagneet voor Proef 13 op blz.35




Proef 6

1) Hang een spoel op aan 3 touwtjes.

2) Sluit de spoel aan op een voedingskastje.

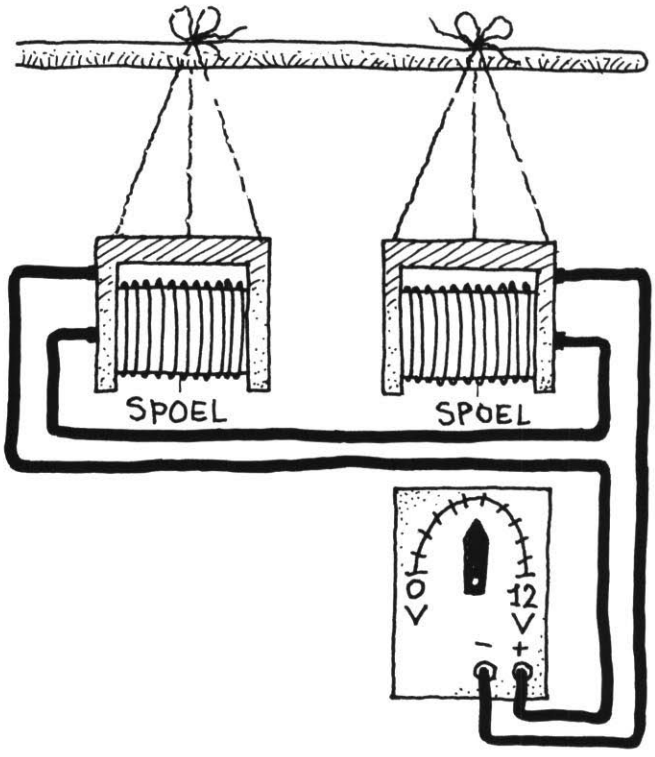



3) Houd een staafmagneet in de buurt van de spoel en kijk of de spoel wordt aangetrokken of afgestoten.

4) Hoe verandert het resultaat in de proef als je:
- de stroomsterkte groter maakt
- een kern in de spoel zet
- de aansluitingen van de spoel omwisselt.

Proef 7.

1) Bouw de opstelling hiernaast. De staafmagneet in de vorige proef is vervangen door een spoel.
2) Kijk of de spoelen elkaar aantrekken of afstoten.
3) Hoe verandert het resultaat in de proef als je:
   - de stroomsterkte groter maakt
   - een kern in de spoelen zet
   - de aansluitingen van een van de spoelen omwisselt
   - de aansluitingen van beide spoelen omwisselt.




Proef 8.

1) Vervang de spoel uit proef 6 of een van de spoelen uit proef 7 door andere spoelen met een ander aantal windingen.
2) Wat is de invloed van het aantal windingen in de spoel op de kracht waarmee de spoel de (elektro-)magneet aantrekt of afstoot? Zorg er voor dat de stroomsterkte in de spoel steeds hetzelfde is (hoe doe je dat?).

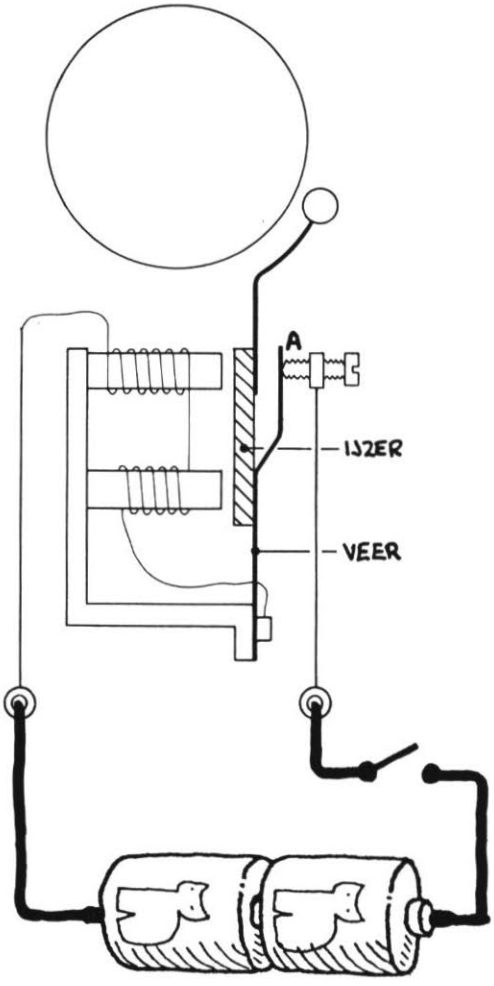
Uit de proeven blijkt dat een kompasnaald een spoel in de buurt, waardoor stroom loopt, "opmerkt". Spoelen waardoor stroom loopt hebben een magnetisch veld om zich heen, net als een magneet. Een spoel die als magneet gebruikt wordt heet daarom een elektromagneet. Als je een kern in de spoel stopt (bijvoorbeeld een ijzeren staaf) wordt de elektromagneet sterker; je kunt er dan kleine spijkertjes of spelden mee aantrekken. De elektromagneet wordt ook sterker, als je de stroomsterkte groter maakt, of als je meer windingen gebruikt bij een even grote spoel.

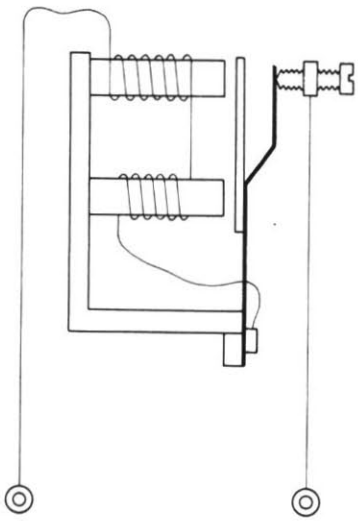
## 3. TOEPASSINGEN VAN ELEKTROMAGNETISME: DE HUISBEL, DE STROOMSCHAKELAAR, DE STROOMMETER EN DE ELEKTROMOTOR

Elektromagneten worden onder anderen gebruikt in de handel van metalen. Met elektromagneten wordt het ijzer opgepakt en verplaatst. Als de stroom door de elektromagneet wordt uitgeschakeld, trekt deze het ijzer niet meer aan. Het ijzer valt dan op de plek waar het moet liggen.

### DE HUISBEL

Een elektromagneet vind je ook in de huisbel. Het hamertje van de bel zit vast aan een stuk ijzer. Het ijzer zit vast op een veer, zodat het heen en weer kan bewegen. Als de knop wordt ingedrukt gaat er stroom lopen door de elektromagneet en wordt het ijzer aangetrokken. Het hamertje slaat dan tegen de gong. Tegelijkertijd wordt het kontakt bij A verbroken. De stroom valt uit, de elektromagneet trekt het ijzer niet meer aan en door de veer komt het ijzer terug in zijn oorspronkelijke stand. Daardoor wordt het kontakt weer gesloten, zodat er weer stroom gaat lopen door de elektromagneet. Dit proces herhaalt zich net zo lang als de knop is ingedrukt.



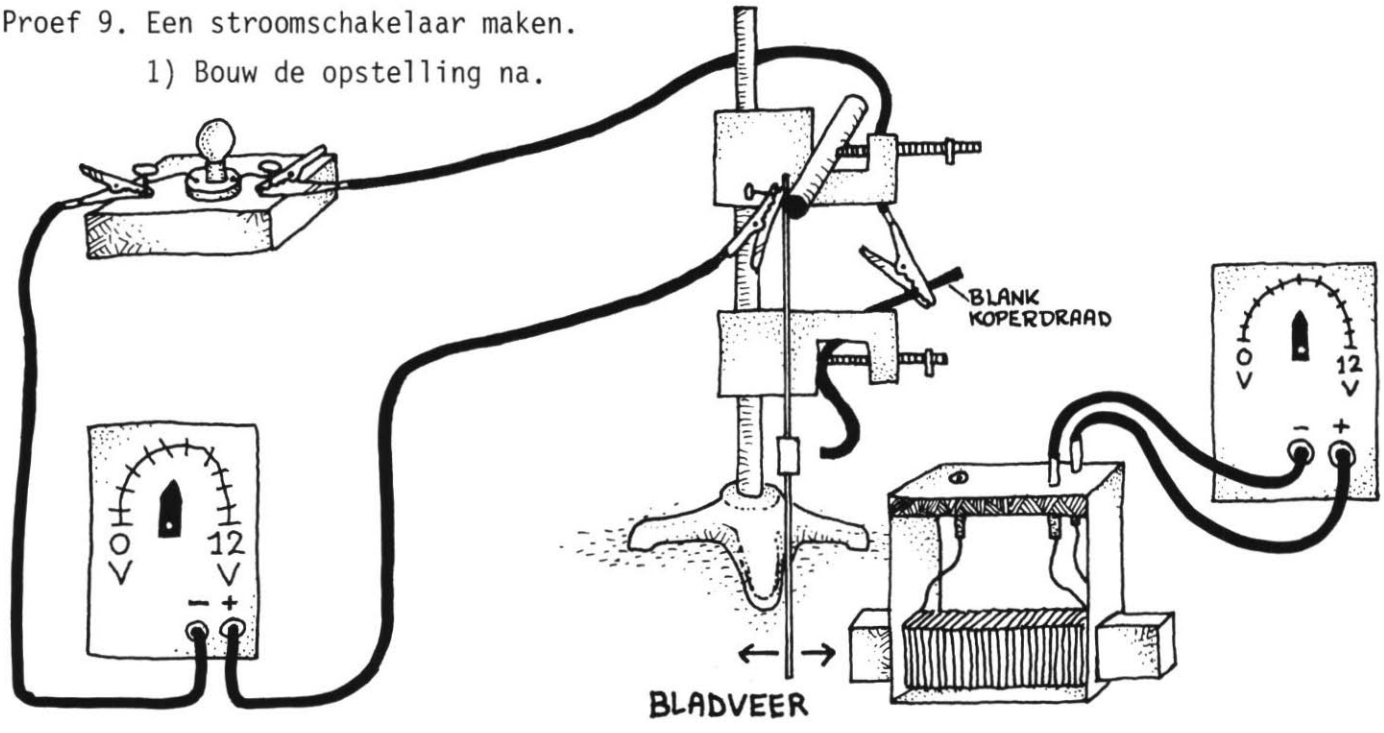
Opdracht 1.

Het zoemende geluid bij een zoemer ontstaat door het tikken van een stukje ijzer tegen de kernen van een elektromagneet. Verklaar de werking van de zoemer m.b.v. de tekening hiernaast.

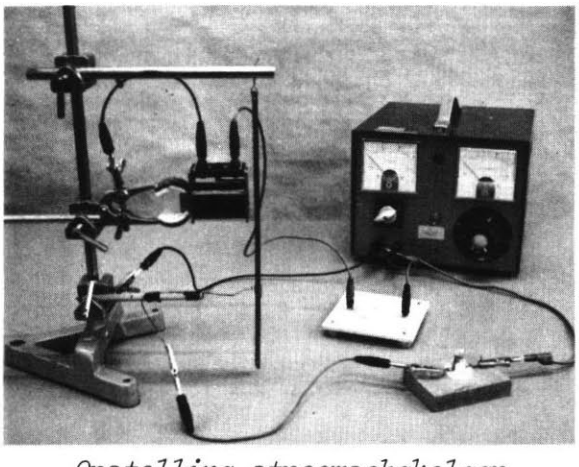
DE STROOMSCHAKELAAR

Proef 9. Een stroomschakelaar maken.

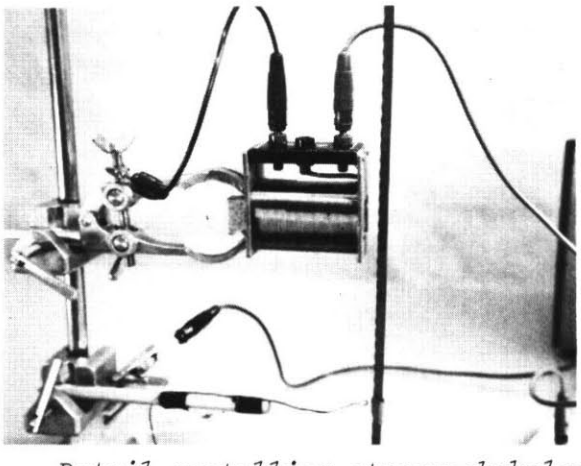
1) Bouw de opstelling na.




2) Stuur een stroom door de spoel. Als de opstelling goed werkt moet het lampje gaan branden. Maak de elektromagneet zo nodig sterker door:
   - een kern te gebruiken
   - een grotere stroom door de spoel te sturen
   - meer windingen te gebruiken



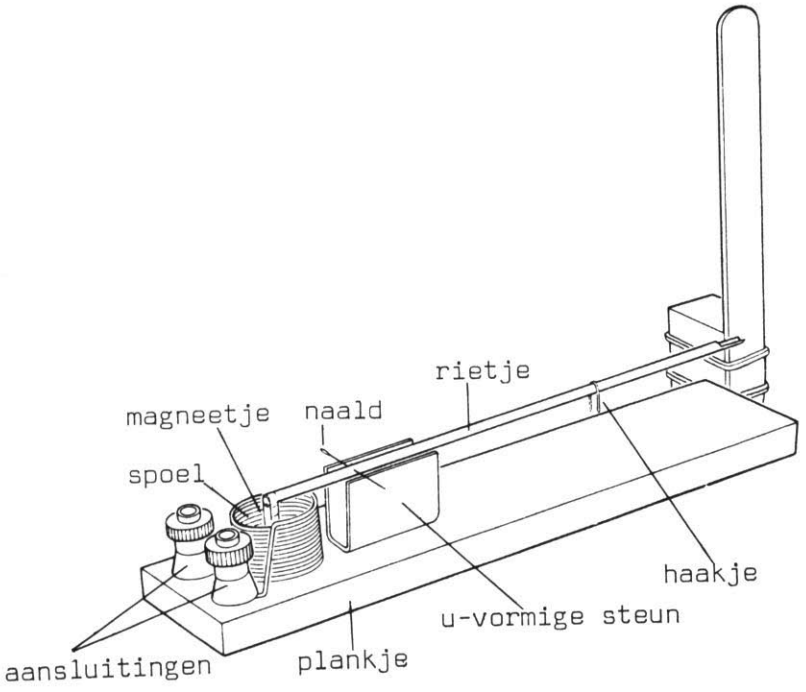
*Opstelling stroomschakelaar met één voedingskastje*



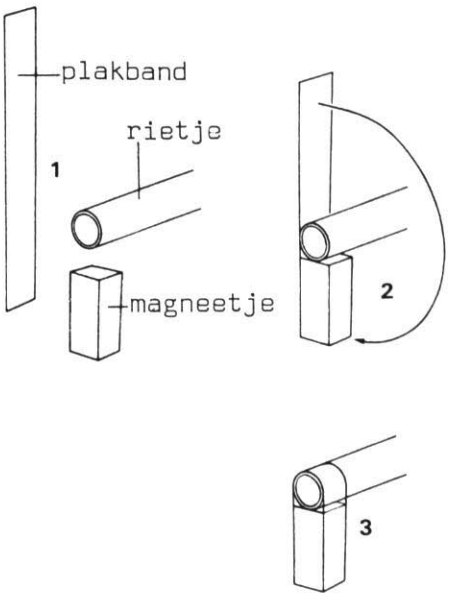
*Detail opstelling stroomschakelaar*

Zo'n stroomschakelaar heet een relais. Het wordt gebruikt om met een klein stroompje (door de spoel) een grote stroom te schakelen van bijvoorbeeld een verwarmingsapparaat of verlichting.

DE STROOMMETER



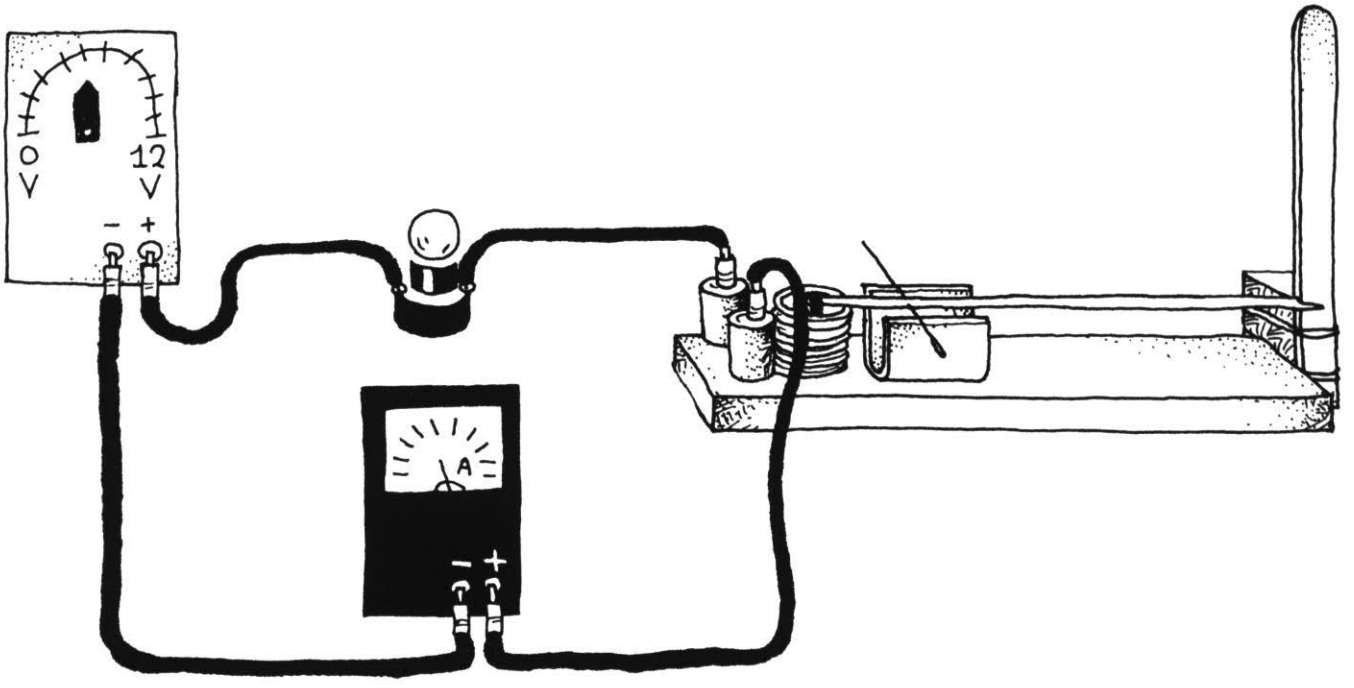

*Een stroommeter*




*Het magneetje vastmaken aan het rietje.*

Proef 10. Een stroommeter maken.

1) Bouw de stroommeter volgens de aanwijzingen van de tekeningen. Door het haakje te verschuiven kun je de stand instellen, die je meter moet aanwijzen als er geen stroom doorloopt.
2) IJk de meter met de volgende opstelling:

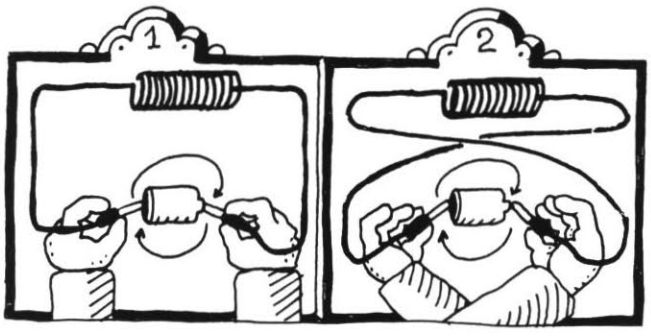


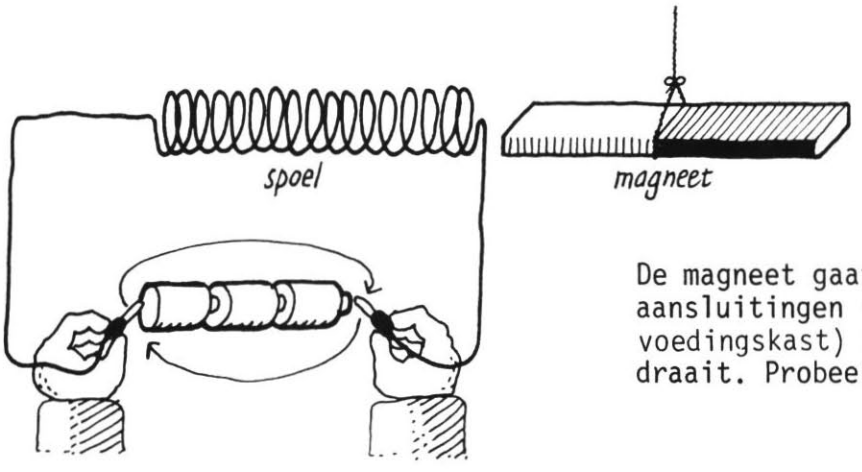

Opdracht 2
Verklaar de werking van de stroommeter.

DE ELEKTROMOTOR

Er bestaan twee soorten elektromotoren namelijk de gelijkstroommotor en de wisselstroommotor.
Een gelijkstroom wil zeggen dat de stroom steeds één richting heeft. Als je een stroommeter aansluit op een gelijkstroom slaat hij steeds een kant uit. Een batterij geeft zo'n gelijkstroom.
Een wisselstroom wil zeggen dat de stroom steeds van richting verandert. Het is net alsof je de aansluitingen op een batterij steeds verwisselt.

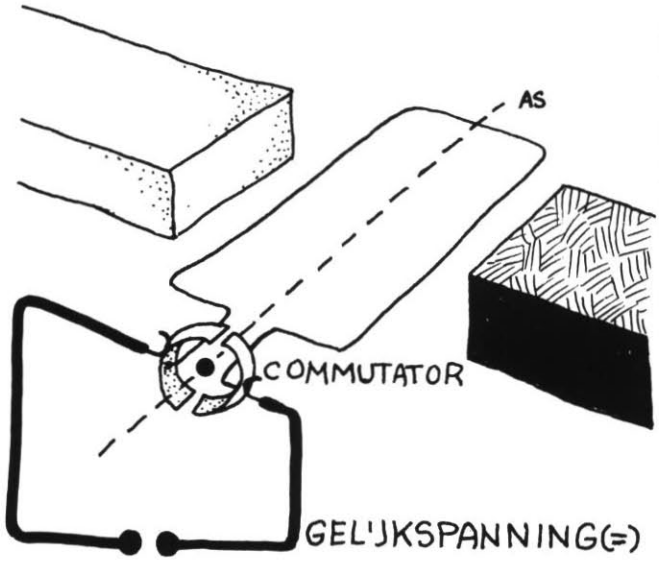
Een gelijkstroommotor werkt in principe als volgt:




De magneet gaat bewegen als je de aansluitingen van de batterij (of voedingskast) regelmatig omdraait. Probeer het.

Bij een echte gelijkstroommotor gaat die wisseling van de aansluitingen automatisch. Ook draait dan de spoel in een magneetveld inplaats van een magneet voor een spoel. Het gaat als volgt.

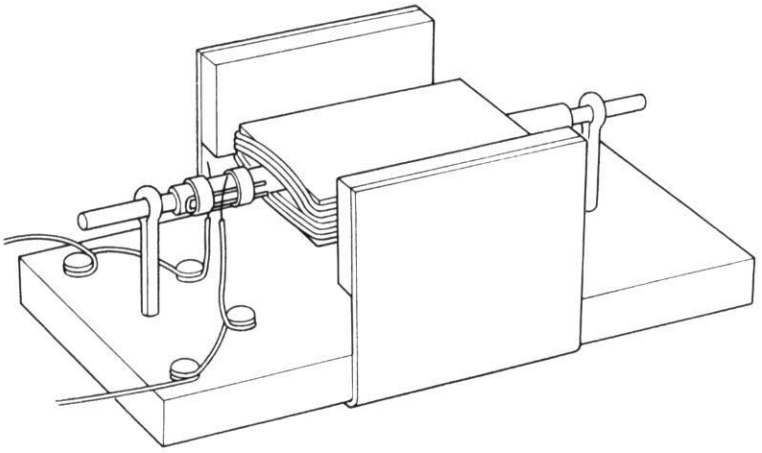



Een stroom wordt door een draadraam(spoel) gestuurd die tussen 2 magneten is gezet. De spoel kan draaien. De stroom heeft zo'n richting dat het magnetisch veld van de spoel tegengesteld is aan het magnetisch veld van de magneten.
Hierdoor gaat het draadraam draaien. Juist als het draadraam in de goede stand komt te staan wordt de stroom van richting veranderd en het draadraam blijft doordraaien. Dit herhaalt zich.

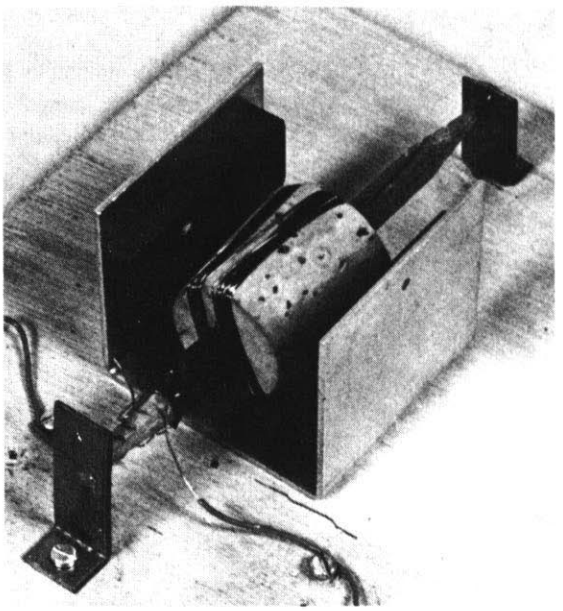
Opdracht 3.

Ga na of volgens jou het draadraam zal blijven draaien, als het geschakeld is zoals op de tekening. Bij welke stand van het draadraam draait de stroom van richting om?

Proef 11.

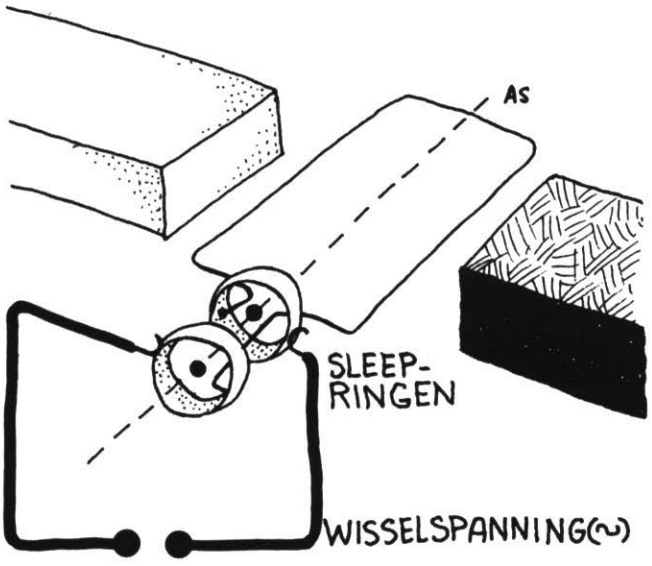


*een kant en klare gelijkstroommotor.*



*een zelf te bouwen gelijkstroommotor.*

1) Vraag aan je leraar of lerares of je een van beide elektromotoren mag hebben, die hierboven zijn afgebeeld.
   De motor op de rechterfoto kun je zelf bouwen. Je leraar of lerares heeft daarvoor de instructie.
2) Sluit het apparaat aan op een gelijkspanningbron van maximaal 6 V.
   Let erop dat de aansluitingen van de borstels goed zitten.
   Zie de tekening op de vorige bladzijde. Geef het apparaat een zetje, voer de spanning op en zorg dat hij blijft draaien.
3) Leg de werking van deze gelijkstroommotor uit.

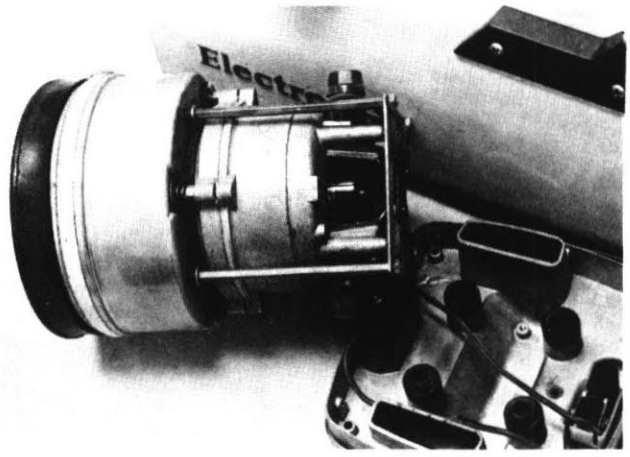



Bij een wisselstroommotor verandert de stroom uit zichzelf al. Het is wel nodig dat de motor precies zó snel draait, dat op het juiste moment de stroom van richting verandert. Dat is erg moeilijk om in de klas na te bouwen.

Bij een echte elektrometer is de draaiende spoel gewonden om een kern met dunne ijzeren stroken. De magneten zijn vervangen door elektromagneten.

Opdracht 4.

Maak eens een oude elektromotor (bv. van een oude wasmachine of ijskast) open en kijk naar de verschillende onderdelen.
Zie je hoe hij werkt? Leg het uit aan de rest van de klas.



*Overal in huis vind je elektromotoren.*
*Hier één in de stofzuiger.*

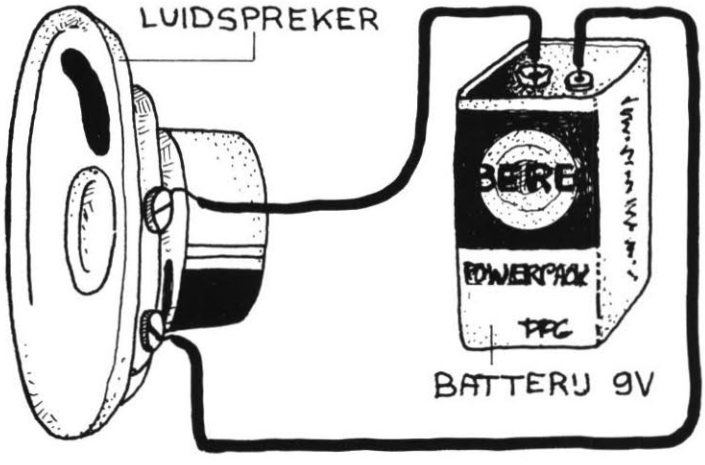
## 4. GELUID WEERGEVEN. NOG EEN TOEPASSING VAN ELEKTROMAGNETISME

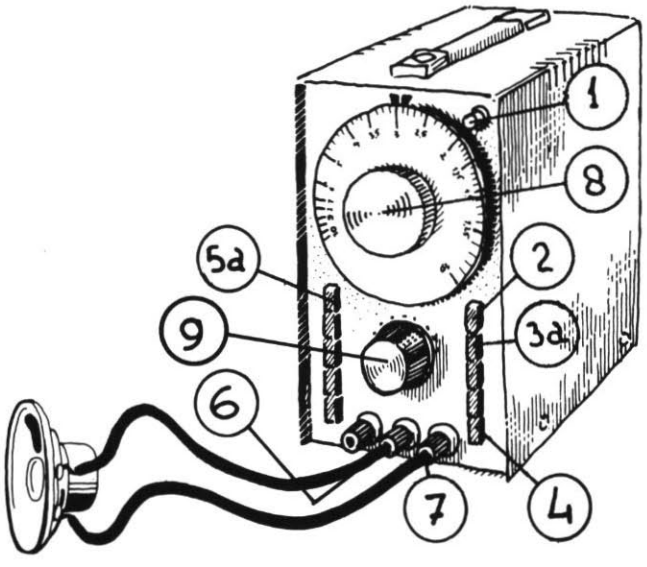
Proef 12.

1) Sluit een luidspreker aan op een 9 V batterij. Let op de voorkant van de luidspreker.

2) Wissel de aansluitingen om en let weer op de voorkant van de luidspreker.

3) Sluit de luidspreker aan op een toongenerator, ingesteld op een frekwentie van 10 Hz, knop 2 ingedrukt. Let op de voorkant van de luidspreker.



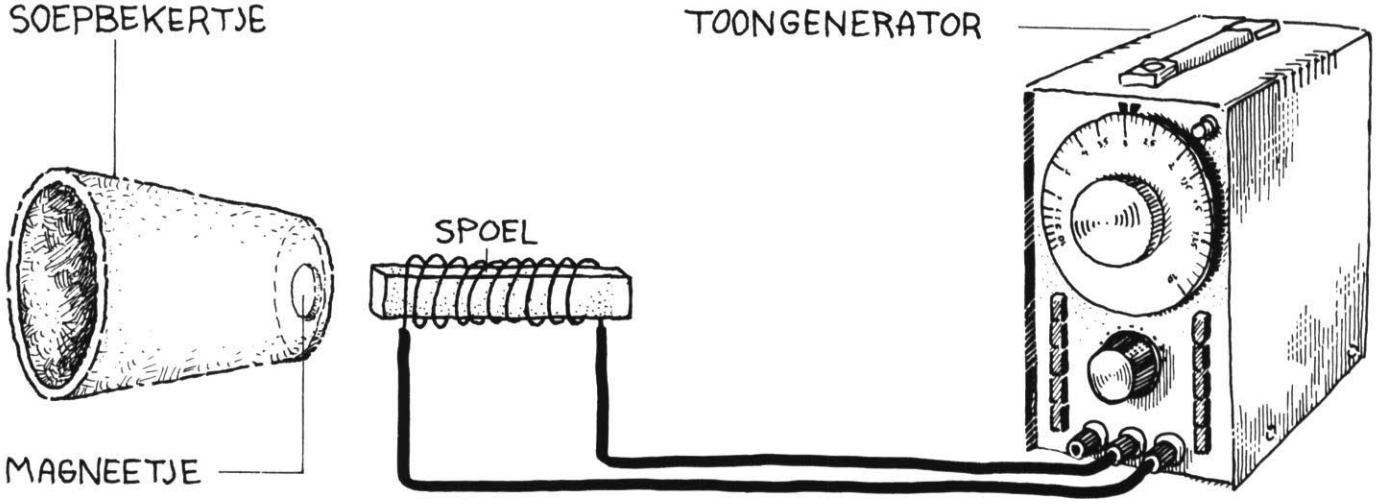




*Het voortbrengen van een toon met toongenerator en luidspreker.*
- *Verbind de luidspreker met de bussen 6 en 7 van de toongenerator.*
- *Zet de toongenerator aan door het indrukken van knop 4. Het kontrolelampje 1 moet branden.*
- *Druk knop 3a in; je kunt dan met knop 9 de geluidssterkte regelen. (zachtjes beginnen, stand 0, anders gaat de luidspreker misschien stuk).*
- *Stel knop 8 in op 1 (bij de pijl boven aan). Druk knop 5a in. Naast knop 5a staat 10x. De toongenerator levert dan een signaal van 1 x 10 = 10 Hz.*
- *De toongenerator wordt uitvoeriger besproken en gebruikt in hoofdstuk 1.*

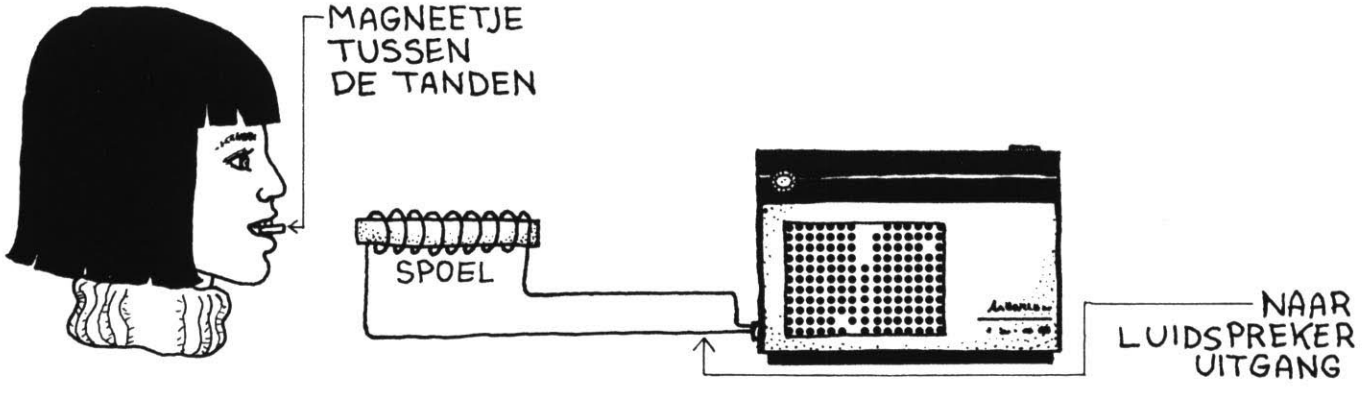
Als je een luidspreker aansluit op een spanningsbron beweegt de voorkant van de luidspreker of naar voren of naar achteren. De toongenerator geeft een spanning waarbij de + van de spanningsbron en de - van de spanningsbron steeds omwisselen. Als de toongenerator is ingesteld op 10 Hz wisselen de + en de - 10 maal om per sekonde, bij 1000 Hz wisselen ze 1000 maal per sekonde. De voorkant van de luidspreker beweegt 1000 maal per sekonde heen en weer en brengt zo een toon voort van 1000 Hz. (Zie ook blz.12).

Proef 13.

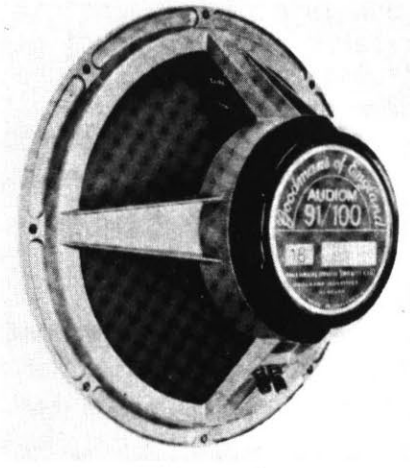
1) Bevestig een magneetje onderin een koffiebekertje, soepbekertje of blik.
2) Sluit een spoel aan op een toongenerator.
3) Houd de spoel in de buurt van het magneetje onder het bekertje of blik. Je kunt de spoel er ook tegen aandrukken. Doe dan een stukje schuimplastic tussen de spoel en het blik of het bekertje.




4) - Lukt het ook met een spelende radio of casetterecorder?
   - Lukt het ook zonder magneetje?
   - Kun je ook geluid horen uit een kartonnen doos, een metalen kast, een koekjestrommel, enz.?
   - klem een magneetje tussen je tanden en houd de spoel bij het magneetje.
   - Lukt het ook als je het magneetje in je oor stopt en de spoel erbij houdt?



Met een elektromagneet kun je een gewone magneet aantrekken of afstoten. Als je de + en de - van de spanningsbron steeds omwisselt, wordt de magneet afwisselend aangetrokken en afgestoten. De magneet trilt heen en weer en laat het soepbekertje of het blik waar je het magneetje op bevestigt, meetrillen. Het geheel is een eenvoudige luidspreker. Een echte luidspreker bestaat ook uit een magneet en een spoel. Hij wordt zo ontworpen dat de geluidskwaliteit zo goed mogelijk is.




*Luidspreker.*

# 3 ELEKTROMAGNETISCHE INDUCTIE

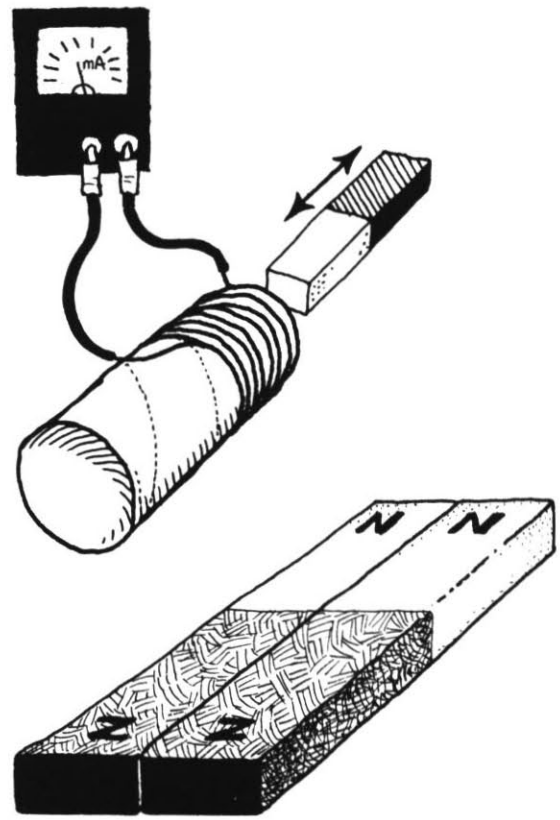
## 1. PROEVEN OVER ELEKTROMAGNETISCHE INDUCTIE

In het vorige hoofdstuk heb je gezien hoe je een elektromagneet kunt maken, door er een elektrische stroom doorheen te sturen. In dit hoofdstuk ga je onderzoeken hoe je met een magneet elektriciteit kunt opwekken.

Proef 1.

1) Neem een spoel met 100 of 200 windingen, of maak zelf een spoel door om een kartonnen koker 100 windingen te draaien met geisoleerd koperdraad. Sluit de spoel aan op een gevoelige stroommeter (stand 30 mA of 1 mA), waarvan de wijzer in het midden staat.

2) Schuif een magneet voor en in de spoel heen en weer. Kijk wat de stroommeter doet als je de magneet naar binnen beweegt of naar buiten beweegt. Schrijf de maximale uitslag van de stroommeter steeds op.

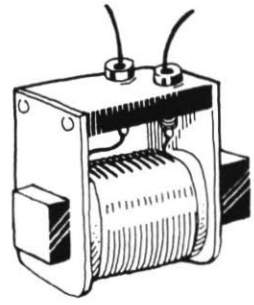



3) Herhaal 1 en 2
   - gebruik een sterkere magneet (houd 2 magneten met dezelfde polen tegen elkaar).
   - beweeg de magneet langzaam en snel heen en weer.
   - neem een spoel met meer en minder windingen.

   Kijk in alle gevallen naar de uitslag van de stroommeter en schrijf de maximum uitslag op.

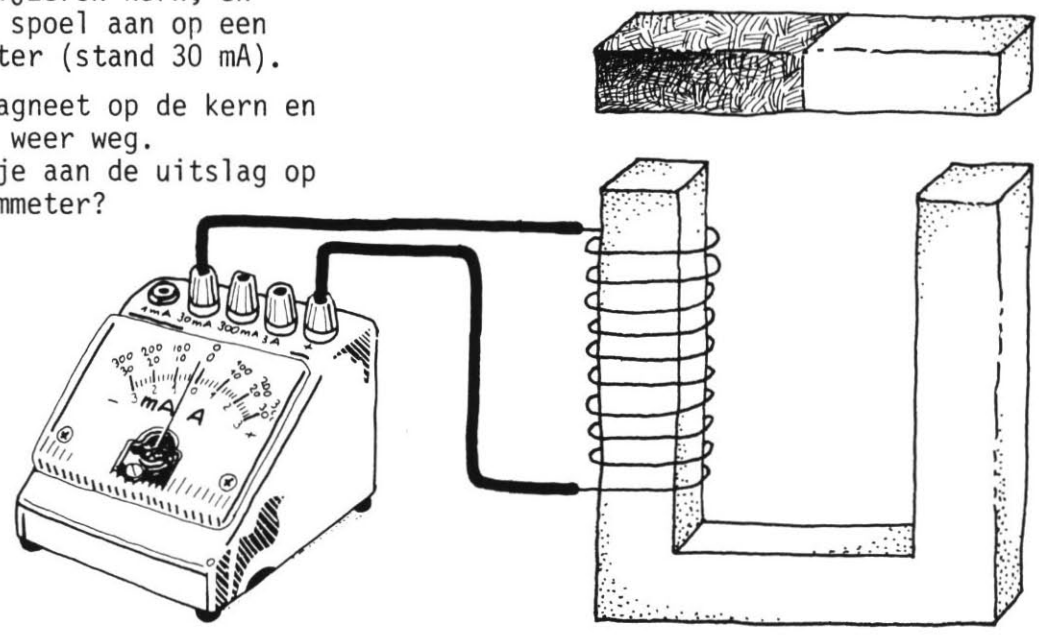
Proef 2.

Probeer een (zo groot mogelijke) uitslag te krijgen op de stroommeter met de magneet en de spoel. Gebruik daarbij alles wat je in proef 1 hebt ontdekt. Voor je de proef doet: wanneer denk je de grootste uitslag te krijgen?



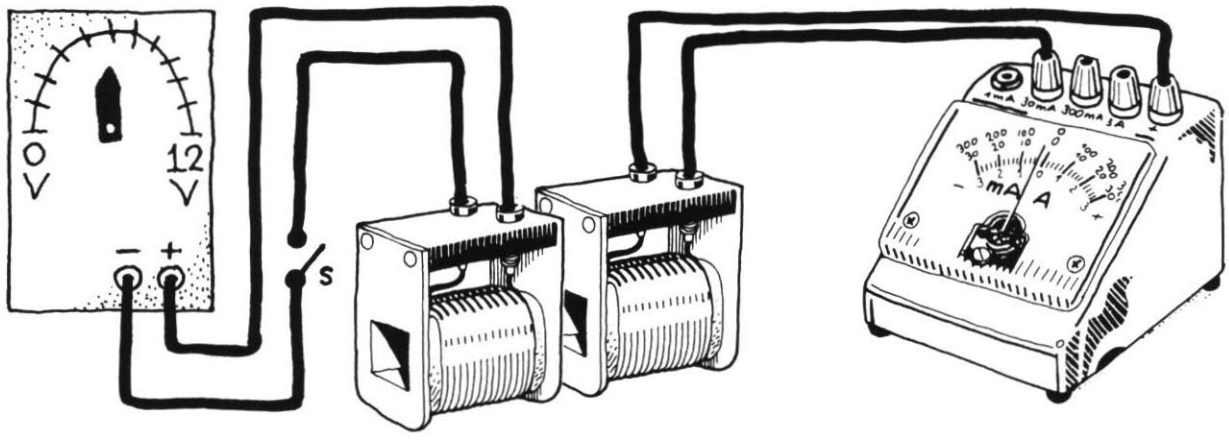
Proef 3.

1) Zet een spoel op de poot van een hoefijzeren kern, en sluit de spoel aan op een stroommeter (stand 30 mA).
2) Zet de magneet op de kern en haal hem weer weg.
   Wat zie je aan de uitslag op de stroommeter?



Proef 4.

In plaats van een magneet, kun je ook een spoel gebruiken, waar een stroom doorheen loopt. Deze is immers ook magnetisch.



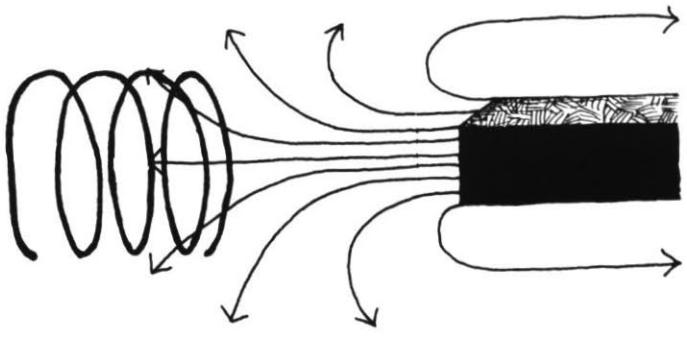

1) Maak de opstelling zoals hierboven is getekend. Beide spoelen hebben 200 windingen. Neem een schakelaar S op in de kring van de spanningsbron. Doe weekijzeren kernen in beide spoelen of zet beide spoelen op een hoefijzervormige kern.
2) Wat neem je waar op de stroommeter,
   - als je de schakelaar indrukt
   - als je de schakelaar ingedrukt houdt
   - als je de schakelaar loslaat.
3) Herhaal de proef, maar gebruik een spoel met meer windingen in de eerste kring, in de tweede kring, in beide kringen.

Zo kun je met elektriciteit, elektriciteit opwekken. Het is een soort draadloos zenden, want de spoelen staan een eindje uit elkaar. Ook in het luchtledig lukt deze proef.

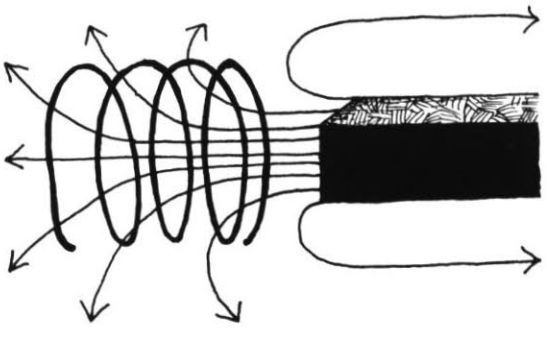
## 2. THEORIE OVER ELEKTROMAGNETISCHE INDUCTIE

Het verschijnsel dat je in proef 1 t/m 4 hebt gezien, namelijk dat je met een bewegende magneet elektrische spanning of stroom kunt opwekken, heet elektromagnetische inductie. De zo opgewekte spanning heet inductiespanning, de stroom inductiestroom. Hieronder kun je lezen waardoor de inductiespanning en inductiestroom ontstaat.

- Een magneet en een spoel, waar een elektrische stroom doorheen loopt, bezitten beide een magnetisch veld. Zie daarvoor ook blz.25-27. Daar kun je lezen dat dat magnetische veld een bepaald patroon bezit, dat je kunt tekenen met behulp van veldlijnen. Waar de veldlijnen dicht bij elkaar lopen is de magnetische veldsterkte groot, waar de veldlijnen ver van elkaar lopen is de magnetische veldsterkte klein.

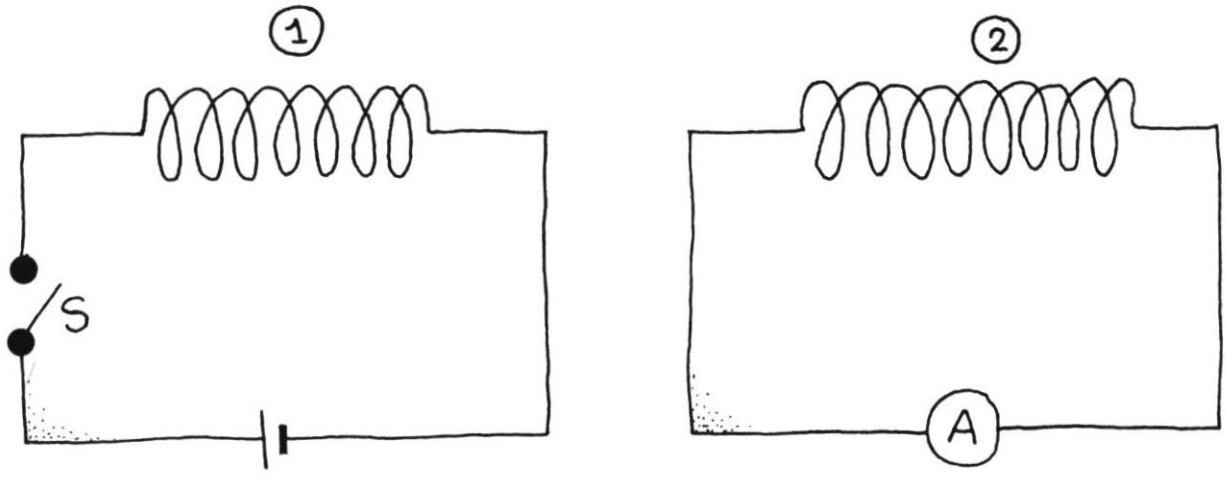


- De magneet nadert de spoel. De veldlijnen dichtbij de magneet lopen dicht bij elkaar en het totaal aantal veldlijnen door de spoel neemt dus toe (verandert). Het resultaat is: er ontstaat een spanningsverschil tussen de uiteinden van de spoel en er gaat een stroom lopen als de kring gesloten is.
- De magneet gaat van de spoel af. Het aantal veldlijnen door de spoel neemt af (verandert) en er ontstaat een tegengesteld spanningsverschil. Als de kring gesloten is, slaat de stroommeter de andere kant uit.
- Wanneer de magneet niet beweegt, blijft het aantal veldlijnen door de spoel ook hetzelfde en er gebeurt niets.



*Een magneet nadert een spoel. Het aantal veldlijnen door de spoel neemt toe. Er ontstaat een spanningsverschil tussen de uiteinden van de spoel (inductiespanning).*

- Tijdens het sluiten van S ontstaat er in spoel 1 een magnetisch veld. De magnetische veldsterkte groeit dus in zeer korte tijd van nul tot een bepaalde



sterkte: alleen tijdens het aangroeien van de veldsterkte verandert het aantal veldlijnen in spoel 2 en ontstaat daar even een spanningsverschil. Zolang de stroomkring gesloten blijft, verandert het aantal veldlijnen door spoel 2 verder niet en er gebeurt niets. Wanneer schakelaar S de stroom verbreekt verandert de magnetische veldsterkte weer in spoel 2 en er ontstaat daar even een tegengesteld spanningsverschil.

- Wanneer de magneet met een *grotere* snelheid de spoel nadert, *verandert* de magnetische veldsterkte in de spoel *sneller*. Er ontstaat dan een *groter* spanningsverschil tussen de uiteinden van de spoel.
- Wanneer een *sterkere* magneet de spoel nadert, is de *verandering* van de magnetische veldsterkte in de spoel *groter*. Er ontstaat dan een *groter* spanningsverschil tussen de uiteinden van de spoel.

SAMENVATTING

van de proeven en theorie over elektromagnetische inductie.

In een spoel ontstaat een spanningsverschil (inductiespanning) als het aantal veldlijnen in die spoel *verandert*, dus als de magnetische veldsterkte in die spoel *verandert*.
Als de kring gesloten is, ontstaat ten gevolge van de inductiespanning een inductiestroom.
De inductiespanning tussen de uiteinden van de spoel is *groter*
- bij nadering of verwijdering van een *sterkere* magneet (dus als de verandering van de magnetische veldsterkte in de spoel groter is);
- als de magneet *sneller* beweegt (dus als de magnetische veldsterkte in de spoel sneller verandert);
- als er een kern in de spoel zit;
- als het aantal windingen van de spoel groter is.

In de volgende paragraaf ga je apparaten onderzoeken waarin deze kennis is toegepast, n.l. de dynamo, de electromagnetische microfoon en de transformator. Ook diverse vervolgonderzoeken gaan hierop door. Ook in de leesteksten vind je hier meer over.

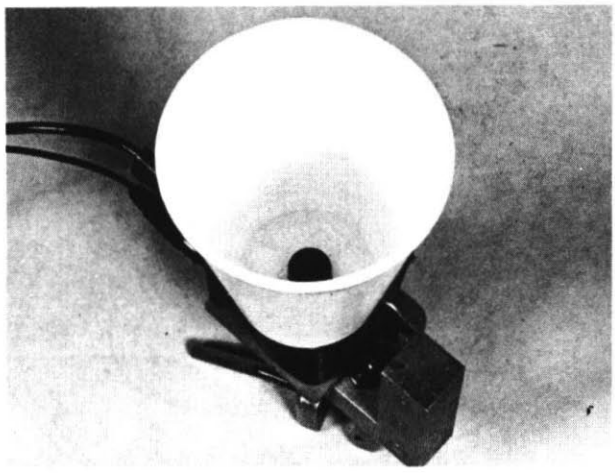
## 3. GELUID OPVANGEN EN WEERGEVEN; EEN TOEPASSING VAN ELEKTROMAGNETISCHE INDUCTIE

Bij deze toepassing maak je gebruik van zelfgemaakte microfoons of gekochte microfoons. Deze microfoons werken op elektromagnetische inductie. Er zijn ook microfoons die op andere principes werken, zoals de koolmicrofoon. Daarover vind je meer in vervolgonderzoek 7.

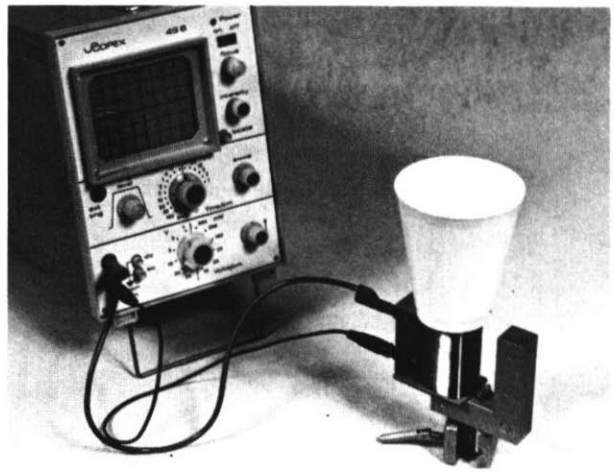
Bij het hoofdstuk "geluid" was te zien hoe een geluidstrilling een membraam of een vlies in trilling brengt. Wanneer je op dat vlies een magneet bevestigt en je zet die magneet voor een spoel, dan veroorzaken de geluidstrillingen kleine spanningsverschillen in de spoel. Deze spanningsverschillen kunnen worden doorgegeven naar een versterker. Dit is het principe van de elektromagnetische microfoon.

Proef 5.

1) Zet een spoel met 200 windingen op een weekijzeren kern. Neem een soepbeker en plak op de bodem van de soepbeker een klein rond magneetje.
   Zet de soepbeker met behulp van een statiefklem op de spoel.



*De soepbekermicrofoon: plak een magneet op de bodem van een soepbeker en zet hem op een spoel met kern.*



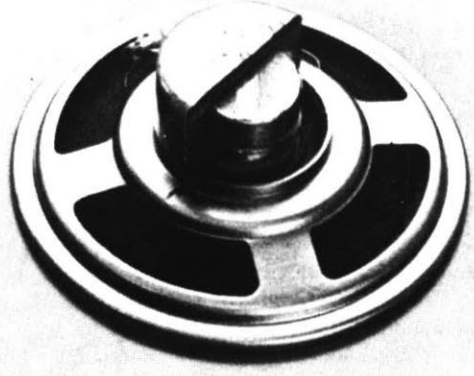
*Door in de microfoon te praten, krijg je een klein elektrisch signaal. Dit is op te vangen met een oscilloscoop.*

2) Sluit de spoel aan op de oscilloscoop. Zet van de oscilloscoop de knop van 'Volts/cm' op 10 mV/cm en de knop van 'Time/cm' op 50 $\mu$s.

3) Praat in de soepbeker en kijk op de skoop. Wat zie je? Leg uit hoe het signaal in de soepbekermicrofoon ontstaat.

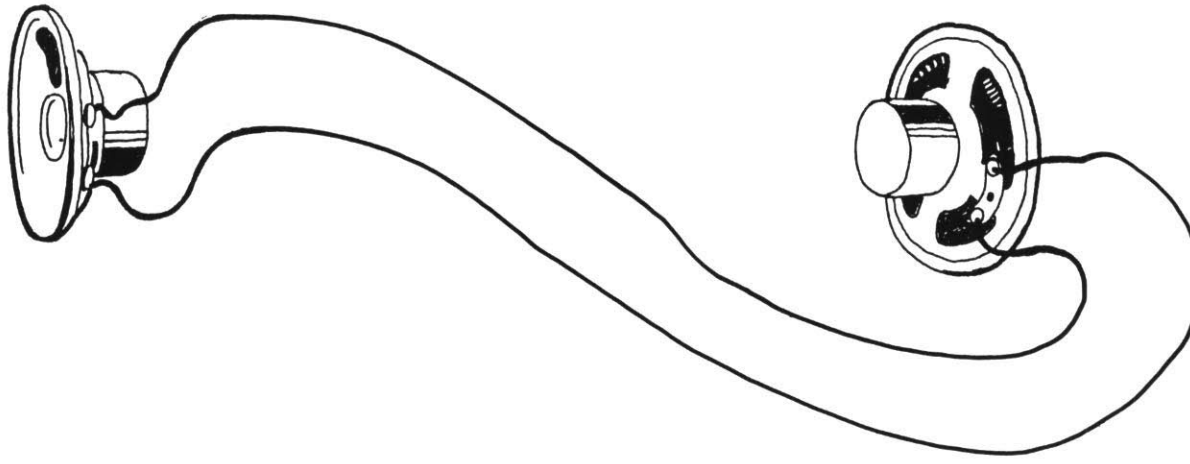
Het signaal van deze primitieve microfoon is erg klein, te klein om weer te geven met een luidspreker. Vandaar dat je de gevoelige oscilloscoop nodig hebt.

Met twee luidsprekers, waarvan de een als microfoon dienst doet, kun je we' g geluid uit het ene lokaal in het andere lokaal weergeven.
De elektrische stroom die door geluidstrillingen in de microfoon wordt opgewekt, maakt in de luidspreker een spoeltje magnetisch. Hierdoor wordt een membraan aangetrokken en de veranderingen in de elektrische stroom brengen dit membraan aan het trillen. Hierdoor ontstaan luchttrillingen en het geluid wordt weergegeven.



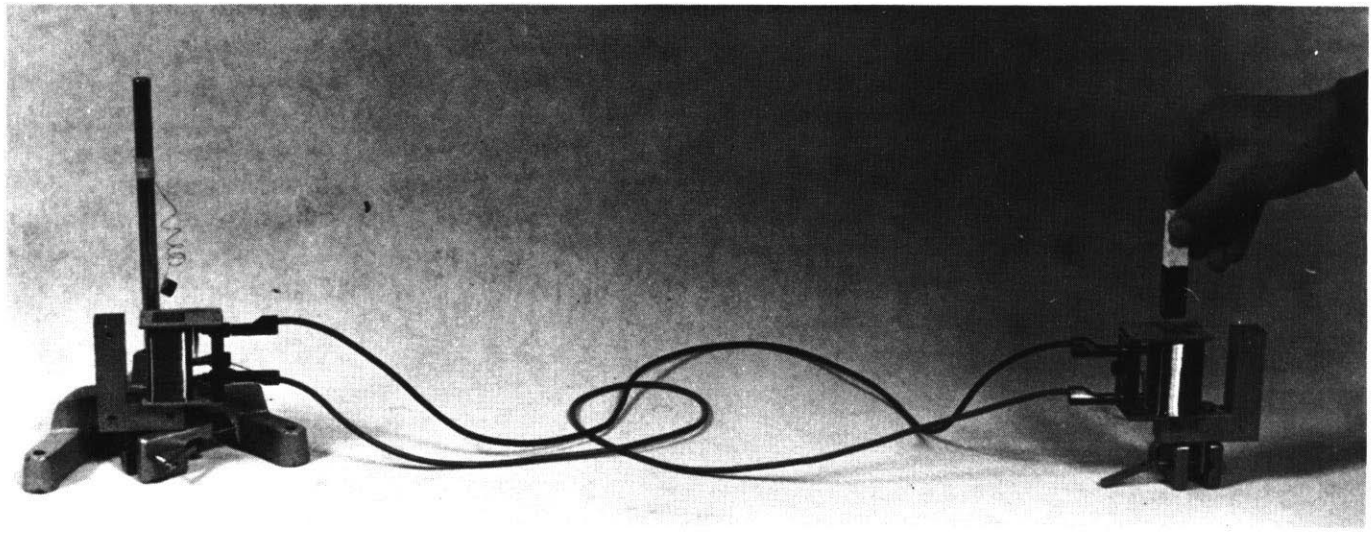
*Zo ziet een luidspreker die je bij proef 6 gebruikt er van binnen uit.*

Proef 6.



1) Neem twee luidsprekertjes van elk 0,2 watt. Verbind ze met elkaar door middel van een verlengsnoer. Ga elk in een ander vertrek zitten en voer een gesprek.
2) Leg uit hoe het mogelijk is geluid op deze manier op te vangen en weer te geven. Maak eventueel gebruik van proef 7.

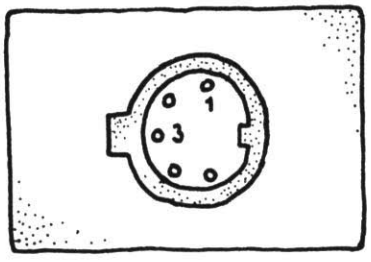
Proef 7.

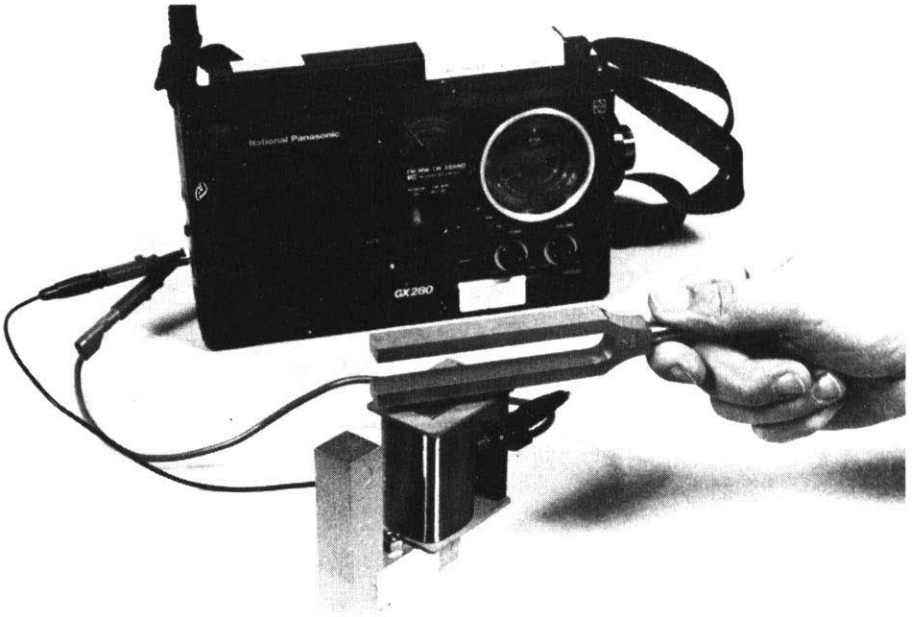


1) Hang boven een spoel (200 windingen) met een weekijzeren kern een klein magneetje of stukje ijzer op aan een slap veertje.
   Verbind de spoel met een andere spoel met ook 200 windingen. Doe daarin ook een weekijzeren kern.
2) Beweeg de magneet rechts heen en weer en kijk wat je links ziet gebeuren.
   Breng dit verschijnsel in verband met een microfoon en een luidspreker en het weergeven van geluidstrillingen.

Proef 8. De elektrische gitaar.

1) Doe in een spoel met 1200 windingen een weekijzeren kern, en verbind de spoel met de pick-up-ingang van een radio of versterker. Is er een aansluiting met 5 gaten, zoals op de tekening, neem dan ingang 1 en 3 steek daar twee draadjes in.

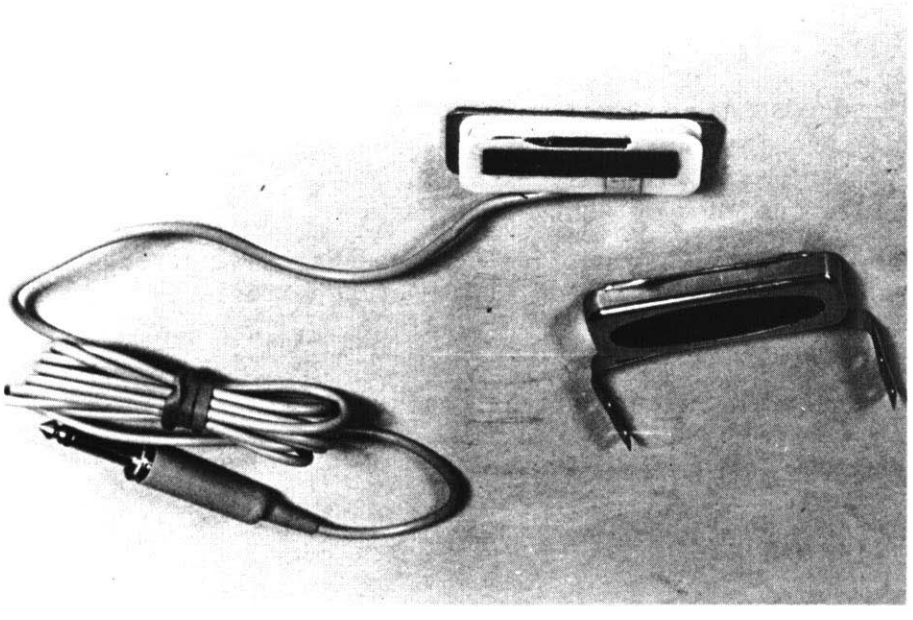


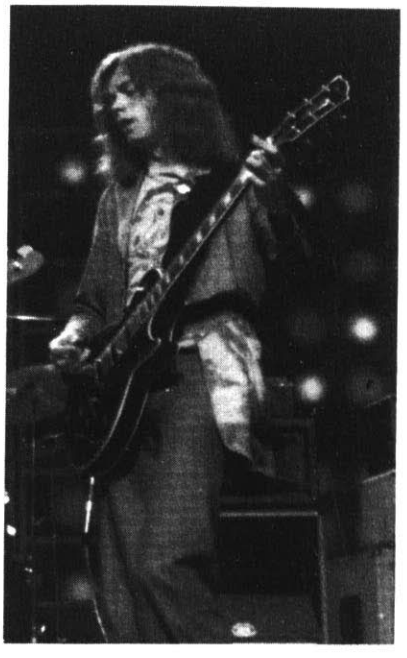

2) Sla een stemvork aan en houd deze boven de spoel.Zet de geluidssterkte van de radio op maximaal en luister.

3) Span een stalen gitaarsnaar tussen twee klemmen, sla hem aan en houd de spoel vlakbij de snaar.
Luister naar de radio of naar de luidspreker.

4) Leg uit hoe een elektrische gitaar werkt.
(er zijn ook elementen in een elektrische gitaar, die als een microfoon functioneren)

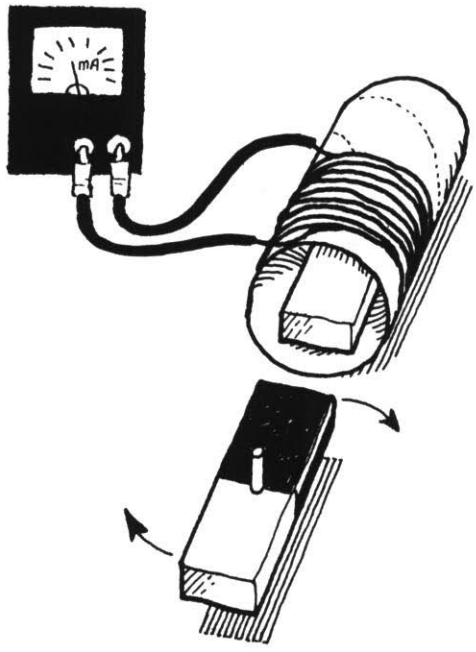


*Element van een elektrische gitaar*



*Elektrische gitaar*

## 4. DE DYNAMO EN DE TRANSFORMATOR, ANDERE TOEPASSINGEN VAN ELEKTROMAGNETISCHE INDUCTIE




### DE DYNAMO

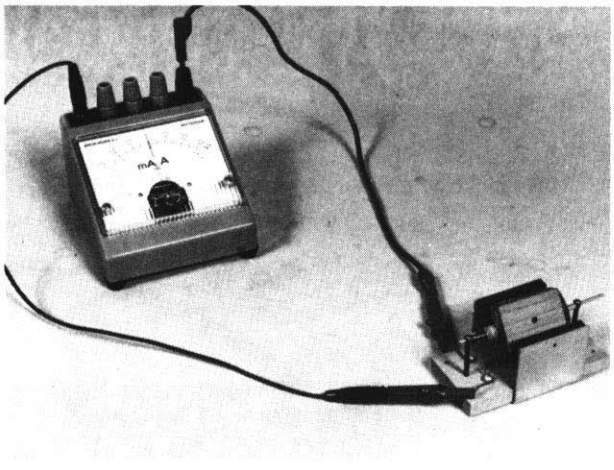
Proef 9.

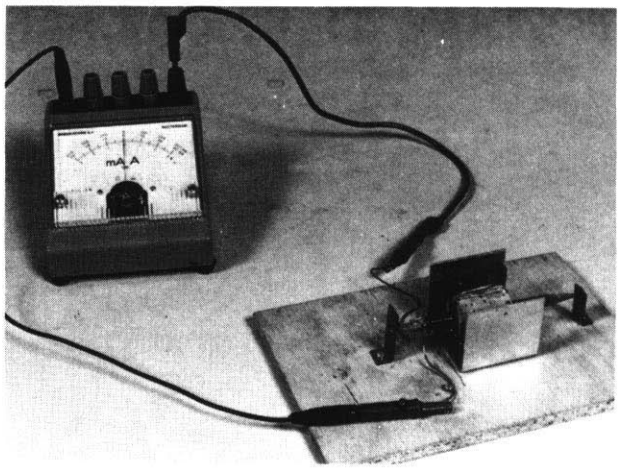
1) Maak de opstelling zoals hiernaast. Draai de magneet rond voor een spoel met een weekijzeren kern (je kunt de magneet ook ophangen).
2) Wat zie je op de stroommeter?

Door het wisselende magnetisch veld in de spoel ontstaat er in de spoel een wisselende inductiespanning en een wisselende inductiestroom. Dit is het principe van een dynamo. Het is ook mogelijk een stroom op te wekken door de spoel in een stilstaand magneetveld rond te draaien.

Proef 10.

Deze proef kun je alleen maar doen als je de beschikking hebt over een hele gevoelige stroommeter, die minder dan 1 mA meten kan.

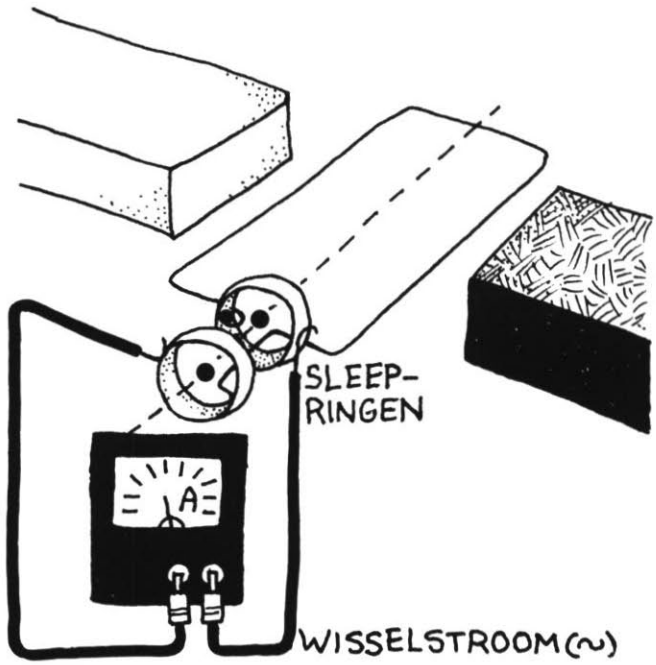




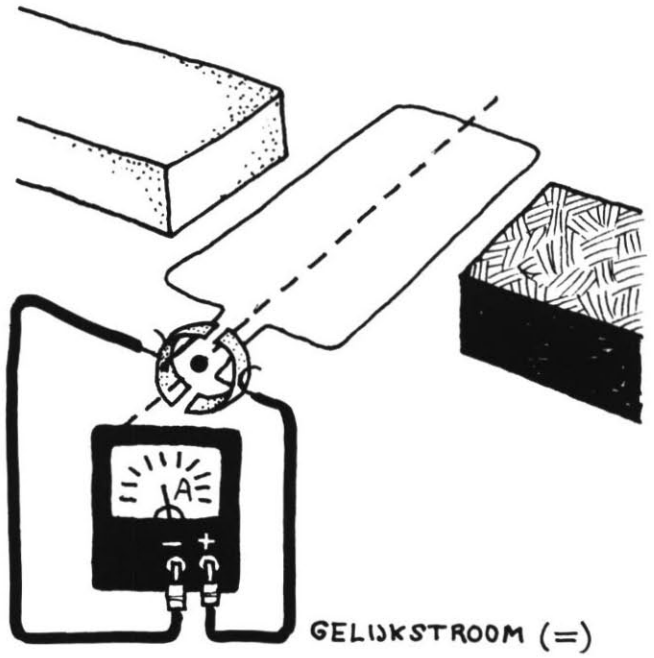
1) Kies die dynamo uit bovenstaande foto's die voorradig is, (in proef 11 op blz. 33 heb je dezelfde apparaten gebruikt voor een elektromotor).
   Zorg ervoor dat de sleepdraden *goed* kontakt maken.
2) Wind om het asje van de spoel een touwtje, trek aan het touwtje zodat de spoel in het magneetveld gaat draaien. Kijk naar de uitslag van de stroommeter. Wat zie je?
   Leg uit waarom de stroommeter uitslaat.
3) Haal een oude fietsdynamo uit elkaar en kijk hoe die werkt.

Er zijn twee soorten dynamo's, namelijk gelijkstroomdynamo's en wisselstroomdynamo's. De dynamo in proef 10 is een gelijkstroomdynamo. Dat kun je zien doordat de stroommeter steeds een kant uitslaat.
De dynamo in proef 9 is een wisselstroomdynamo. Dat kan je zien doordat de stroommeter steeds een verschillende kant uitslaat.

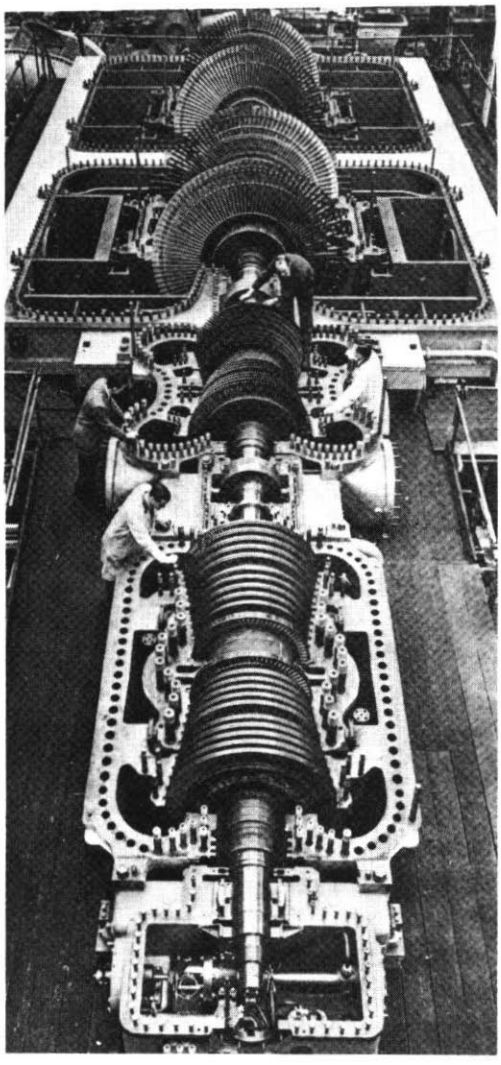
Bij een wisselstroomdynamo verlaat de opgewekte stroom in de windingen de spoel via twee sleepringen, waarop de stroommeter (of ander apparaat) is aangesloten. Afwisselend neemt het magnetisch veld in de winding of windingen in sterkte toe en af en er ontstaat een steeds wisselend spanningsverschil en een steeds wisselende stroom. Dit wordt aangegeven met het symbool ~

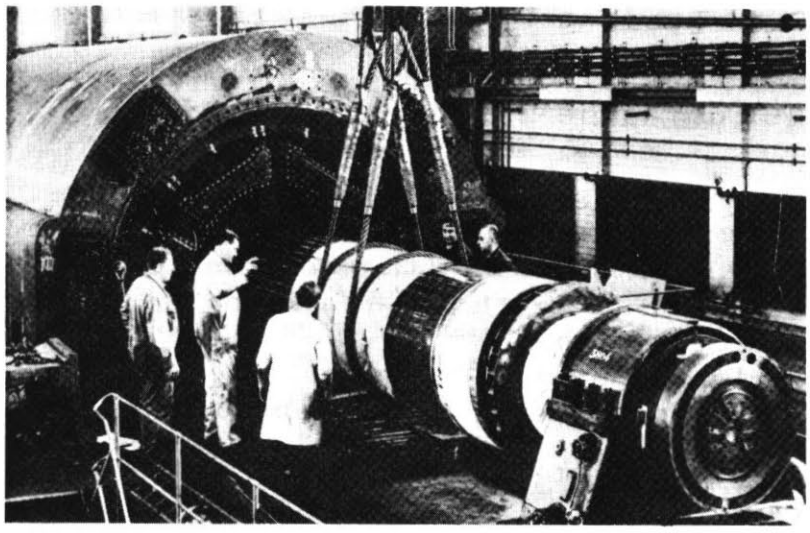



Bij een gelijkstroomdynamo is er één sleepring, die halverwege is onderbroken. Net als de opgewekte stroom in de windingen van richting verandert, wordt de stroom net andersom afgetapt. Er ontstaat een gelijkstroom. Dit wordt aangegeven met het symbool ⎓




In een elektriciteitscentrale wordt een wisselstroom opgewekt van 50 Hz.
De dynamo (ook generator genoemd) wordt aan het draaien gezet door hem aan te sluiten op een stoomturbine. In de stoomturbine wordt hete stoom geblazen, waardoor deze gaat draaien. Stoom wordt opgewekt door het verwarmen van water met behulp van kolen, gas of kernenergie.



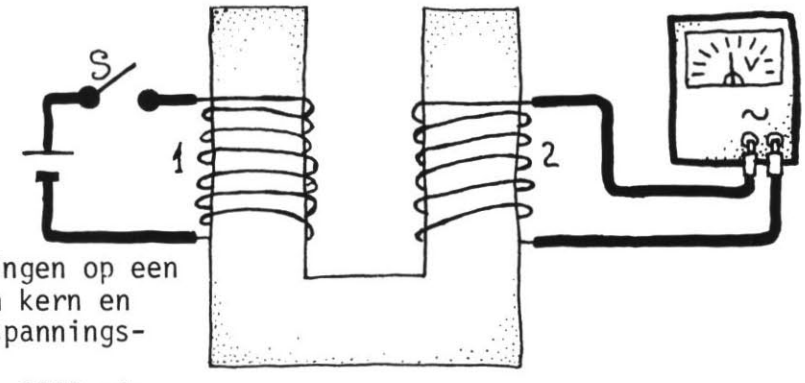


*Hierboven een foto van een turbo-generator, die 500 miljoen watt elektrisch vermogen kan produceren. Op de foto zie je hoe de rotor (het roterende deel) in de stator (het stationaire deel) wordt geschoven. De rotor produceert een sterk magnetisch veld, zodat wanneer hij draait, een wisselspanning wordt opgewekt in de windingen op de stator. Deze windingen zijn niet te zien. Het principe is dat van een fietsdynamo.*

*Op de foto links zie je een grote stroomturbine die wordt opgebouwd. Deze drijft de generator aan. Achterin zie je de schoepen, waarin de hete stoom wordt geblazen.*

DE TRANSFORMATOR

Proef 11




1) Zet een spoel van 1200 windingen op een hoefijzervormige weekijzeren kern en sluit hem aan op een gelijkspanningsbron van 6 V.
   Zet een andere spoel van ook 1200 windingen op de andere zijde van de weekijzeren kern en sluit hem aan op een voltmeter.
2) Schakel de stroom in kring 1 afwisselend aan en uit. Wat zie je op de voltmeter?
3) Zet in de 2e kring een spoel van 600 windingen, herhaal de proef. Zet in de 1e kring een spoel van 600 windingen en herhaal de proef. Wat zie je aan de uitslag van de voltmeter?

4) Sluit de hoefijzervormige kern met een stukje weekijzer tot een vierkant.
   Herhaal 2 en 3. Wat zie je nu op de voltmeter?

5) Verklaar het verschil in uitslag van de voltmeter in 2, 3 en 4.

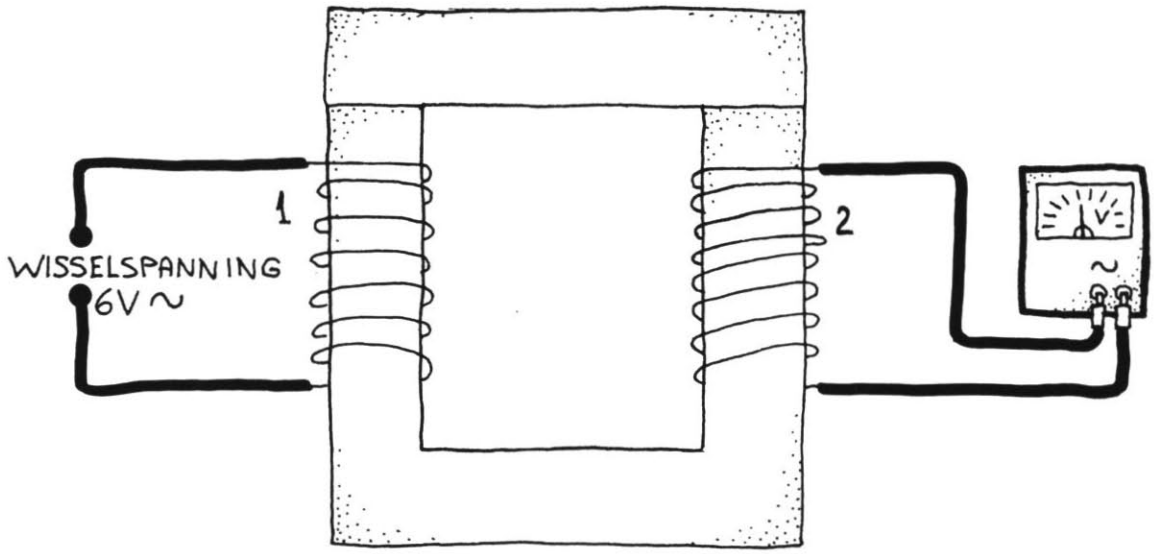
Je ziet dat alleen een spanning wordt opgewekt in de 2e kring als het magneetveld in spoel 2 verandert. De grootte van de spanning blijkt afhankelijk van het aantal windingen en of de weekijzeren kern gesloten is of niet.

In plaats van in kring 1 steeds de stroom aan en uit te zetten, kun je in kring 1 ook een wisselspanning gebruiken. Hierdoor zal in spoel 2 het magneetveld steeds veranderen en zal er in spoel 2 dus voortdurend een spanning worden opgewekt. Dit zal ook een wisselspanning zijn.

Opdracht 1

Leg uit waarom in spoel 2 een wisselspanning wordt opgewekt als spoel 1 op een wisselspanning wordt aangesloten.

Proef 12.




1) Schuif twee spoelen van elk 200 windingen op een hoefijzervormige weekijzeren kern, die van boven dicht gemaakt is.
   Sluit de ene spoel aan op een wisselspanning van 6 V en de andere spoel aan op een *voltmeter*, die wisselspanning meet (30 volt ).
   Lees de meterstand af.

2) Verwijder het bovenste deel van de weekijzeren kern. Lees weer de uitslag op de voltmeter rechts af. Verklaar het verschil.

3) Gebruik in kring 2 een spoel met 100, 300, 400 en 600 windingen en meet in alle gevallen de spanning in kring 2.

4) Geef aan hoe de spanning in kring 1 en kring 2 samenhangen met het aantal windingen in kring 1 en kring 2.

Bij proef 12 heb je waarschijnlijk ontdekt dat bij een gesloten weekijzeren kern de spanning in kring 1 en 2 evenredig is met het aantal windingen in kring 1 en 2.

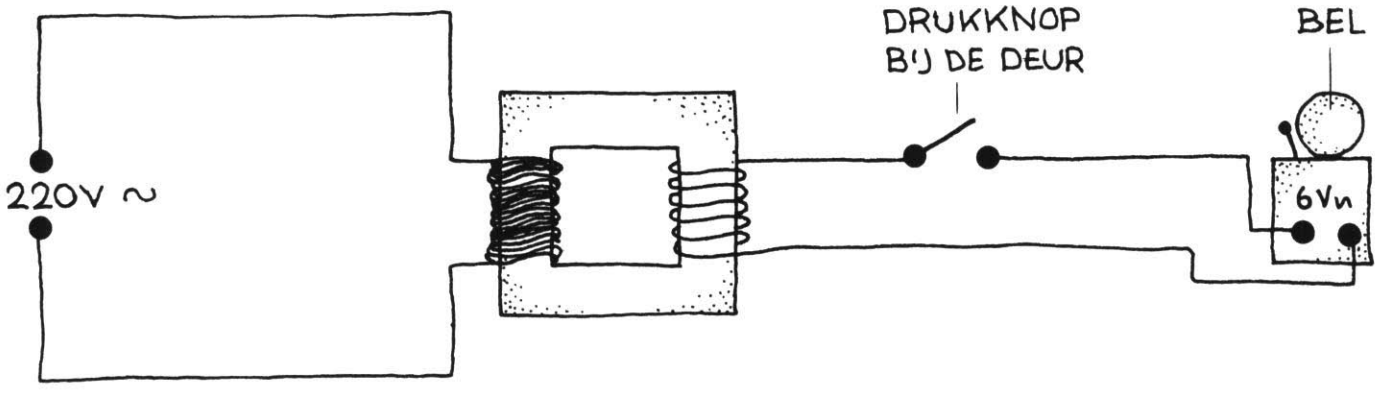
$$\frac{\text{de spanning in kring 1}}{\text{de spanning in kring 2}} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\text{het aantal windingen in kring 1}}{\text{het aantal windingen in kring 2}} = \frac{N_1}{N_2}$$

De spoel in de eerste kring wordt primaire spoel genoemd, die in de tweede kring secondaire spoel.
Met een transformator is het dus mogelijk *wisselspanning* te vergroten of te verkleinen volgens: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$

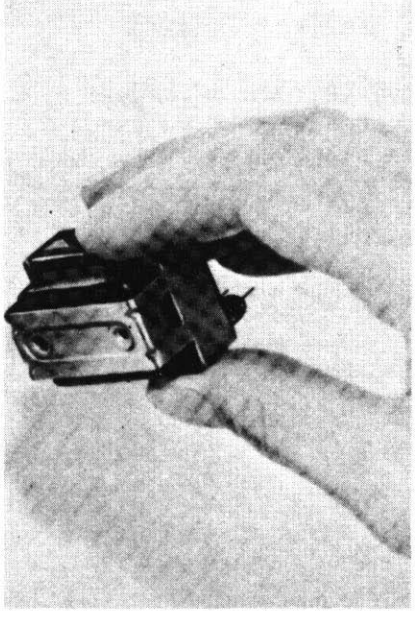
Dit is erg handig en de transformator wordt dan ook zeer veel gebruikt.
Bij jou in huis wordt hij gebruikt bij de huisbel. De huisbel is namelijk op een lage spanning (6 V) aangesloten, terwijl de spanning in huis 220 V wisselspanning is. Een transformator zorgt voor deze spanningsverlaging.

Opdracht 2.

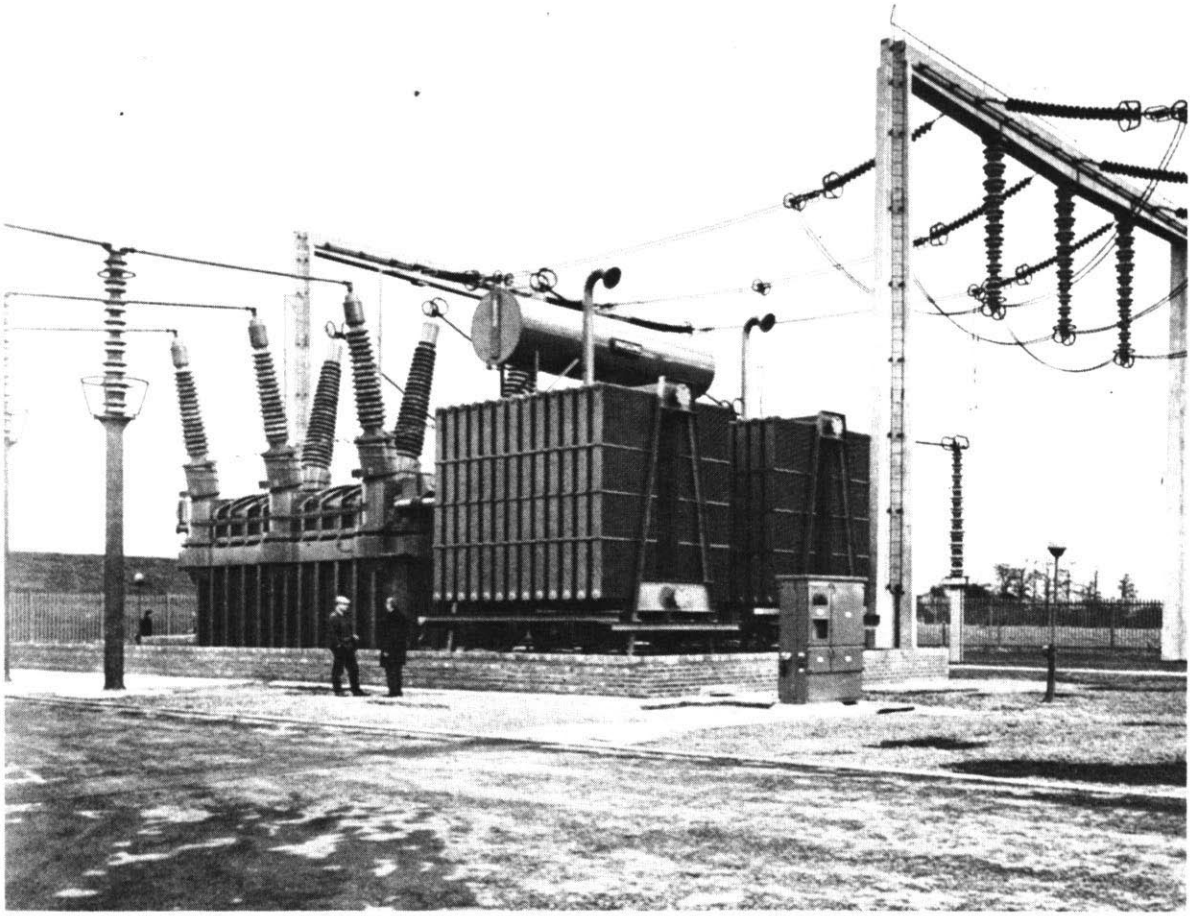
Waarom mag de huisbel niet op 220 V zijn aangesloten?




Ook bij een aquarium voor de luchtpomp en bij de elektrische speelgoedtrein vind je transformatoren, die zorgen voor spanningsverlaging.
Transformatoren worden ook veel gebruikt bij het elektriciteitsnet. De spanning wordt namelijk bij de elektriciteitscentrale getransformeerd tot 110.000 V en door de hoogspanningskabels verstuurd. Voordat de spanning jouw huis binnenkomt, is hij weer getransformeerd tot 220 V.



*Een kleine transformator.*



*een grote transformator.*

Je leraar weet nog andere toepassingen van een transformator en weet er een aantal proeven over. Vraag er maar eens naar.

# INHOUD ONDERZOEKEN


| | blz. |
|---|---|
| 1. Gehoorgrenzen meten | 53 |
| 2. Een brommer keuren op geluidshinder | 55 |
| 3. Verkeerslawaai | 57 |
| 4. Jouw geluidssterkte ladder | 59 |
| 5. Geluid weergeven met muziekinstrumenten | 60 |
| 6. Geluid weergeven met radio's of versterkers | 64 |
| 7. Geluid weergeven met de telefoon | 68 |

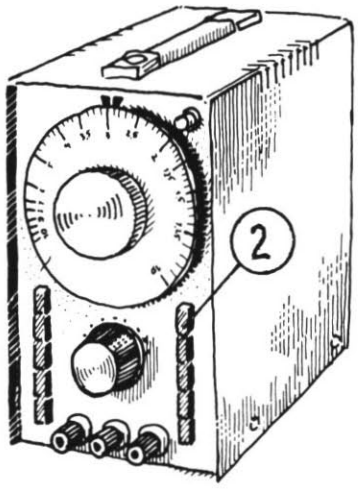
Onderzoek 1

# GEHOORGRENZEN METEN

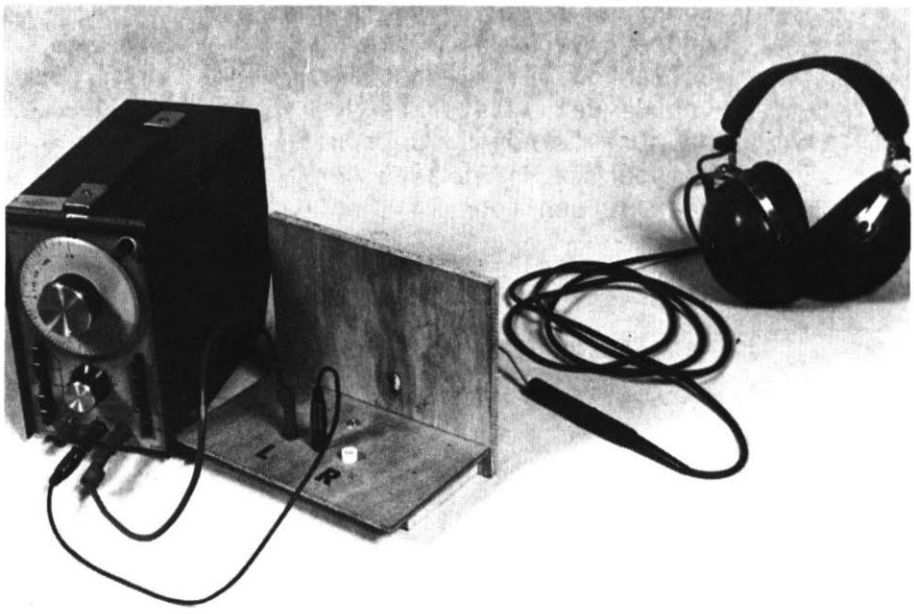
In dit onderzoek ga je de gehoorgrenzen van jou en je medeleerlingen meten. Eerst ga je na welke frekwenties je kunt horen. Daarna vergelijk je de geluidssterkten die nodig zijn om een bepaalde toon nog net te kunnen horen (gehoordrempel).

Proef 1. Frekwentiebereik.

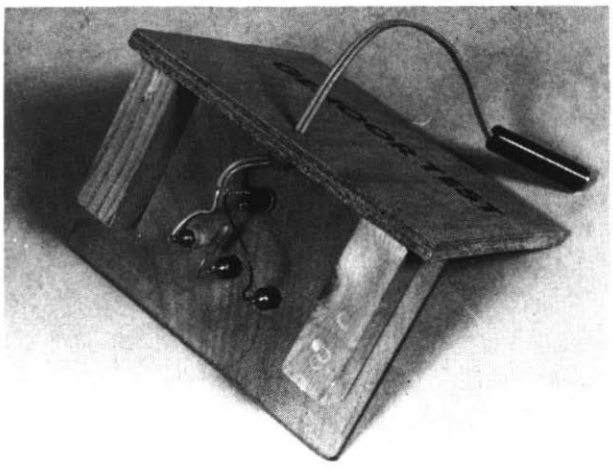
1) Maak de volgende opstelling (knop 2 van de toongenerator niet ingedrukt.)




*Toongenerator*



*Opstelling voor het meten van het frekwentiebereik van het oor. Met de koptelefoon is alleen een toon te horen als de drukknop is ingedrukt. Deze drukknop is geschakeld tussen de toongenerator en de koptelefoon. De knop staat achter een scherm, zodat de proefpersoon niet ziet wanneer er een geluid hoorbaar kan zijn. Je leraar heeft zo'n kastje voor je of weet hoe je het kan bouwen.*



2) Stel de toongenerator zo in dat bij 3000 Hz een goed hoorbare, niet te harde toon ontstaat.

3) Laat je proefpersoon de koptelefoon opzetten. Meet welke frekwenties hij of zij met het linkeroor nog hoort.

4) Herhaal onderdeel 3 voor het rechteroor.

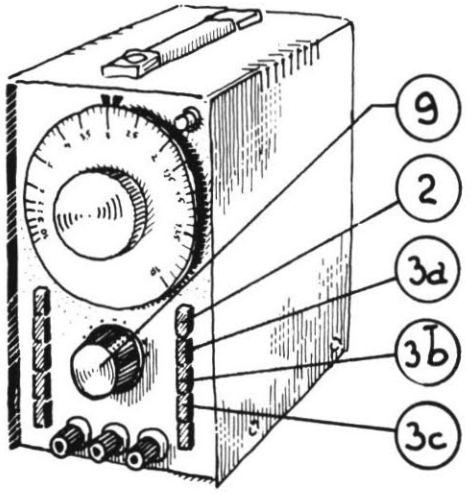
5) Neem deze gehoortest ook af bij andere proefpersonen. Test minstens twee andere proefpersonen.

6) Maak een tabel waarin je voor iedere proefpersoon de laagste en de hoogste frekwentie die hij of zij nog hoort, noteert. Kun je een verband ontdekken tussen leeftijd en gehoorgrens?

Mensen die verkouden zijn en oudere mensen zijn minder gevoelig voor bepaalde frekwenties. Zo kan iemand die verkouden is een zachte toon van 50 Hz veel slechter horen dan iemand die niet verkouden is, omdat bij de eerste de buis van Eustachius dan verstopt is.

Proef 2. Gehoordrempel.

1) Meet met de opstelling van proef 1 bij welke stand van de toongenerator je proefpersoon nog net iets hoort. De geluidssterkte van de toon kun je grof regelen met knoppen 3a(hard), 3b en 3c(zacht). De fijnregeling van de geluidssterkte) gebeurt met knop 9. De proefpersoon mag niet zien wanneer je een toon laat horen.




2) Maak een grafiek waarin je van je proefpersoon de nog net gehoorde sterkte van het signaal (in V) uitzet tegen de frekwentie.

3) Herhaal onderdeel 1 en 2 bij andere proefpersonen.

4) Kun je konklusies trekken? Klopt wat hierboven staat over verkouden personen?

Achtergrondinformatie bij dit onderzoek vind je in leestekst 1.

Onderzoek 2

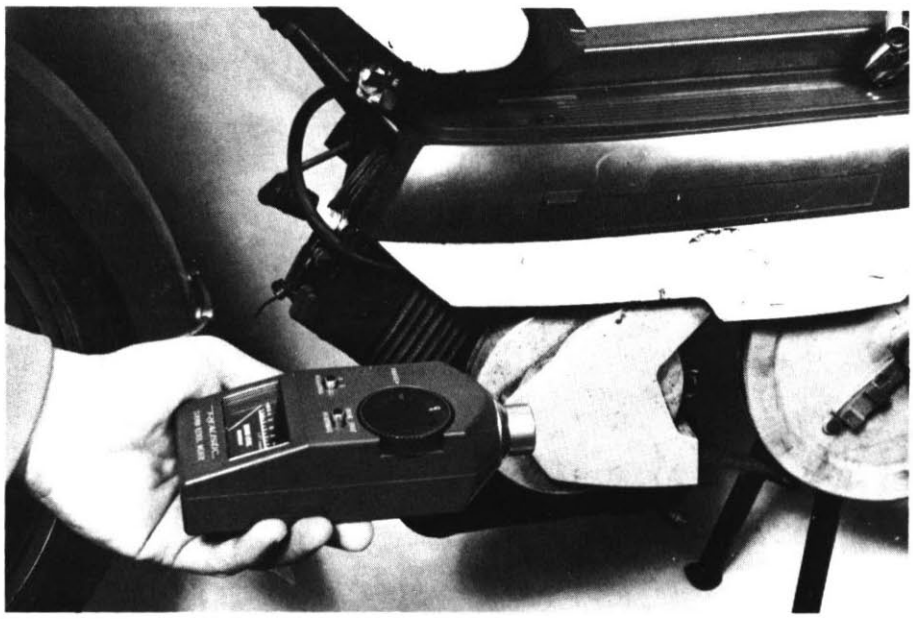
# EEN BROMMER KEUREN OP GELUIDSHINDER

Bromfietsen moeten voldoen aan wettelijke normen voor het lawaai dat zij voortbrengen. Door het stellen van normen hoopt men de geluidsoverlast, die brommers veroorzaken te beperken. In dit onderzoek ga je na of een brommer aan de wettelijke normen voldoet.

Er zijn twee soorten keuring: de typekeuring (proef 1 en 2) en de straatkeuring (proef 3). Elk nieuw type bromfiets dat de fabriek verlaat, moet de typekeuringen ondergaan. De straatkeuring wordt gebruikt door de politie om al te lawaaierige opgevoerde brommers te controleren.

Proef 1. Typekeuring bromfiets/stilstaande test.

1) Plaats een dB(A) meter op 50 cm afstand naast de uitlaat van een stilstaande brommer met draaiende motor.
(Met dB(A) meter bedoelen we een dB meter op stand A. In deze stand komen de metingen van de meter het beste overeen met wat ons oor hoort).
2) Meet de geluidsproduktie van de brommer.
3) Vergelijk het resultaat met de norm voor de maximale geluidsproduktie: 96 dB(A).



Proef 2. Typekeuring bromfiets/rijdende test.

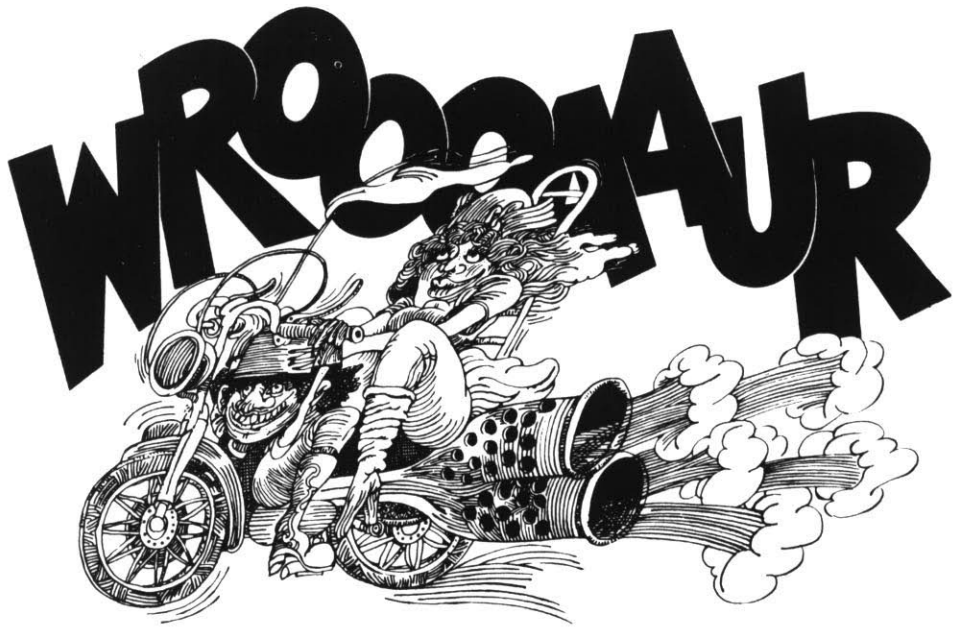
1) Meet de geluidsproduktie van een brommer die op 7.50 m afstand passeert met een dB(A) meter.
2) Vergelijk het resultaat met de norm voor de maximale geluidsproduktie: 73 dB(A).

Proef 3. Straatkeuring bromfiets.

1) Plaats een dB(A) meter op 50 cm afstand naast de uitlaat van een stilstaande brommer met draaiende motor.
2) Meet de geluidsproduktie van de brommer terwijl een ander de gastoevoer om en om helemaal opendraait en helemaal sluit.

3) Vergelijk het resultaat met de norm voor de maximale geluidsproduktie: 102 dB(A).

Achtergrondinformatie over geluidshinder vind je in leestekst 2.



# VERKEERSLAWAAI

Op veel plaatsen in ons land ondervindt men hinder van verkeerslawaai in de woning.
De hinder kan onder andere beperkt worden door:
- de geluidsproduktie van voertuigen aan banden te leggen
- woningen op voldoende afstand van lawaaierige wegen te plaatsen
- door geluidsisolatie van woningen, bijvoorbeeld dubbele ramen
- door snelheidsbeperkingen voor auto's
- door het aanleggen van geluidswallen of -muren.

*Controle van de geluidsproduktie van een stadsbus met een professionele dB(A) meter.*

*Snelheidsbeperking om de lawaaioverlast te verminderen.*

De regering heeft normen ontwikkeld voor de hoeveelheid geluid die een voertuig maximaal mag voortbrengen en voor de hoeveelheid geluid die een woning maximaal mag bereiken.
In dit onderzoek ga je kontroleren of de bestaande normen niet worden overschreden.

Proef 1. Geluidsproduktie kontroleren.

1) Meet de geluidsproduktie van tenminste drie van de onderstaande voertuigen op de aangegeven afstand, met een dB(A) meter.
(Met dB(A) meter bedoelen we een dB meter op stand A. In deze stand komen de metingen van de meter het beste overeen met wat ons oor hoort).

- personenauto's op 7,50 m
- motorfietsen op 7,50 m
- bromfietsen op 7,50 m
- vrachtauto's of bussen op 7,50 m
- schepen (beroepsvaart) op 25 m
- treinen (willekeurige afstand)
- vliegtuigen

2) Vergelijk het resultaat met de norm voor de maximale geluidsproduktie:

- personenauto's: 80 dB(A)
- motorfietsen: 80 dB(A)
- bromfietsen op 7.50 m: 73 dB(A)
- schepen (beroepsvaart): 75 dB(A)
- treinen: nog geen normen vastgesteld
- vliegtuigen: normen worden uitgedrukt in Kosten-eenheden. Alleen de vliegtuigen boven 75 à 80 dB(A) tellen hierbij mee.

Proef 2. Geluidshinder kontroleren.

**DOE DEZE PROEF IN EEN LAWAAIERIGE OMGEVING**

1) Meet de hoeveelheid verkeerslawaai aan de gevel van woningen met de dB(A) meter.
2) Vergelijk het resultaat met normen voor het maximale geluidsniveau aan de gevel van woningen:

- ideaal: 50 dB(A). (de dB(A) meter slaat pas uit bij 60 dB(A), dus geen uitslag).
- toegestaan: 55 dB(A): aan alle gevels van woningen.
- toegestaan 60 dB(A): aan de gevels van woningen in aanbouw binnen de bebouwde kom, maar niet aan wegen waarop men harder dan 50 km/uur mag rijden (deze 5 dB extra is toegestaan omdat mensen die in een stad gaan wonen al rekening houden met meer lawaai, dan wanneer ze buiten de stad zouden wonen).
- toegestaan 70 dB(A): aan de gevels van bestaande woningen binnen de bebouwde kom, maar niet aan wegen waarop men harder dan 50 km/uur mag rijden (deze 10 dB extra is toegestaan op grond van "bijzondere omstandigheden". Waarschijnlijk bedoelt men hiermee de hoge kosten voor afbraak of geluidsisolatie van de bestaande woningen).

3) Bespreek welke stappen je kunt ondernemen om het probleem van de geluidsoverlast aan te pakken als je te hoge waarden meet.

Achtergrondinformatie bij dit onderzoek vind je in leesteksten 3, 4, 5 en 7.

Onderzoek 4

# JOUW GELUIDSSTERKTELADDER

1) Meet met een dB(A) meter de geluidsniveaus waaraan jij jezelf blootstelt. Bijvoorbeeld:
   - als je meerijdt in een auto
   - als je op een brommer zit
   - tijdens een concert of in een discotheek
   - in bed, als de wekker afloopt
   - als je kwaad de deur dichtsmijt
   - als je de wc doortrekt
   - tijdens een voetbalwedstrijd bij een doelpunt van de thuisclub
   - met radio of tv hard aan in de kamer
   - op de speelplaats
   - enz.
2) Maak je eigen geluidssterkteladder.

Achtergrondinformatie over geluidshinder vind je in leesteksten 3 t/m 7.

Onderzoek 5

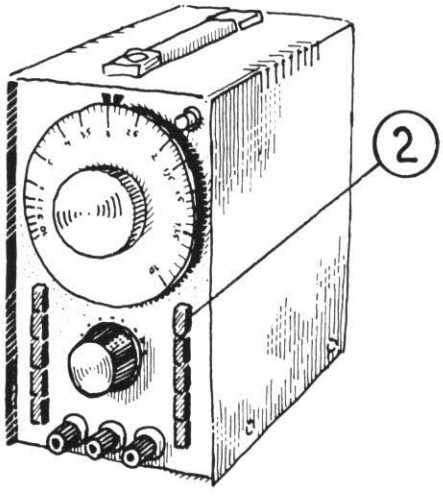
# GELUID WEERGEVEN MET MUZIEKINSTRUMENTEN

Proef 1. De werking van een muziekinstrument.

Onderzoek de werking van het instrument. Let bijvoorbeeld op:
- hoe de tonen gevormd worden
- hoe de tonen versterkt worden

Proef 2. Het frekwentiebereik.

1) Bepaal de frekwentie van de hoogste toon en van de laagste toon die je met het instrument kunt voortbrengen.
   Je kunt de frekwentie in een toon op verschillende manieren bepalen:
   a. door de toon te vergelijken met de toon van een toongenerator en luidspreker (knop 2 niet ingedrukt).
   b. met een oscilloscoop (zie leestekst 15)



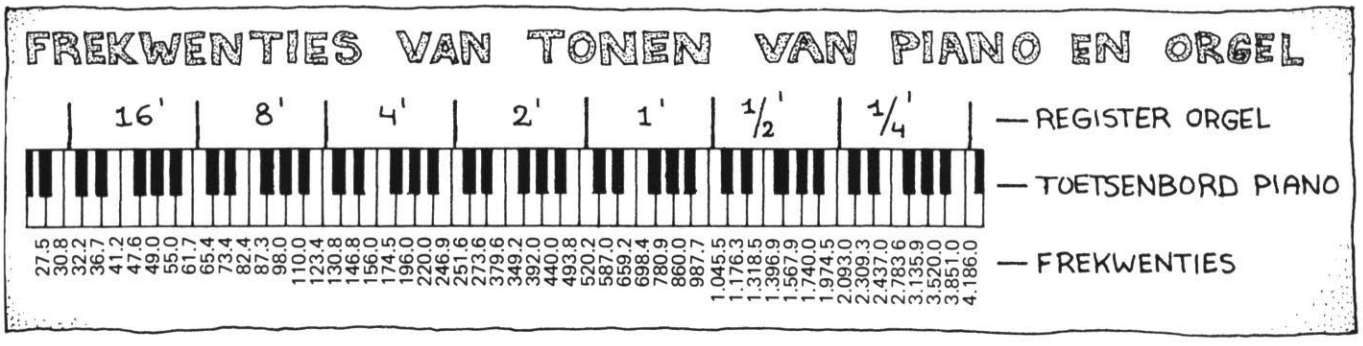
*De toonhoogte bepalen van de tonen van een piano (methode a).*

*De toonhoogte bepalen van de tonen van een piano (methode b).*

c. door de toon te vergelijken met de toon van een piano of een elektronisch orgel. Hieronder zie je welke frekwentie hoort bij welke toets van een piano of orgel.

*De toonhoogte bepalen van een stemvork (methode a)*

*De toonhoogte bepalen van de tonen van een xylofoon (methode c).*




2) Vergelijk het resultaat met de gegevens uit de leestekst muziekinstrumenten op blz 91

3. Vergelijk het resultaat met het bereik van je eigen stem.

Proef 3. Het geluidssterktebereik.

1) Speel zo zacht mogelijk een melodie op het instrument. Breng een dB meter zo dicht bij het instrument, dat je net 60 dB meet.

2) Speel zo hard mogelijk een melodie op het instrument. Lees weer de dB meter af.
Het verschil tussen de gemeten geluidssterktenivo's bij punt 1 en punt 2 heet het geluidssterktebereik.

*Het geluidssterktebereik van een blokfluit meten.*

3) Bepaal het geluidssterktebereik van het instrument. Vergelijk het resultaat met het bereik van je eigen stem.

Proef 4. Klankkleur.

1) Onderzoek of je met het instrument klanken kunt voortbrengen met dezelfde toonhoogte, maar een verschillende klankkleur.

2) Ga na of je de verschillen in klankkleur kunt zien met behulp van een oscilloscoop.

Proef 5. Inzet van een toon.

Bij deze proef ga je onderzoeken hoe belangrijk de inzet van een toon is bij het herkennen van het instrument.

*Het opnemen van de toon van een blokfluit met een cassetterecorder*

1) Neem een toon van het instrument op met een bandrecorder of een cassetterecorder.

2) Wis de inzet van de toon uit. Zorg dat de rest van de toon wel op de band blijft staan.

3) Draai het bandje af en luister naar de verschillen tussen de tonen met en zonder inzet.

4) Ga na of je de verschillen kunt zien met een oscilloscoop.

Opdracht

Deze vioolspelers spelen dezelfde noot op hun viool. Waarom verschillen de klanken die te horen zijn?

Achtergrondinformatie bij dit onderzoek vind je in leestekst 8.

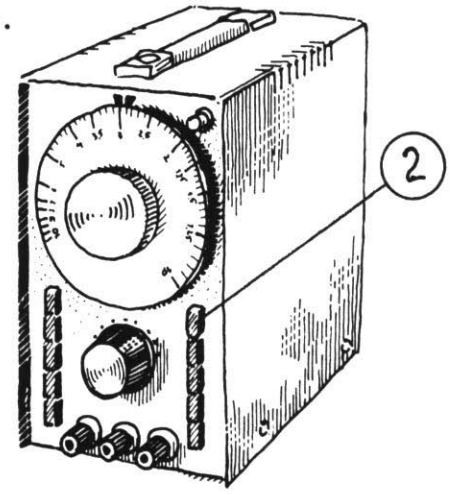
Onderzoek 6

# GELUID WEERGEVEN MET VERSTERKERS

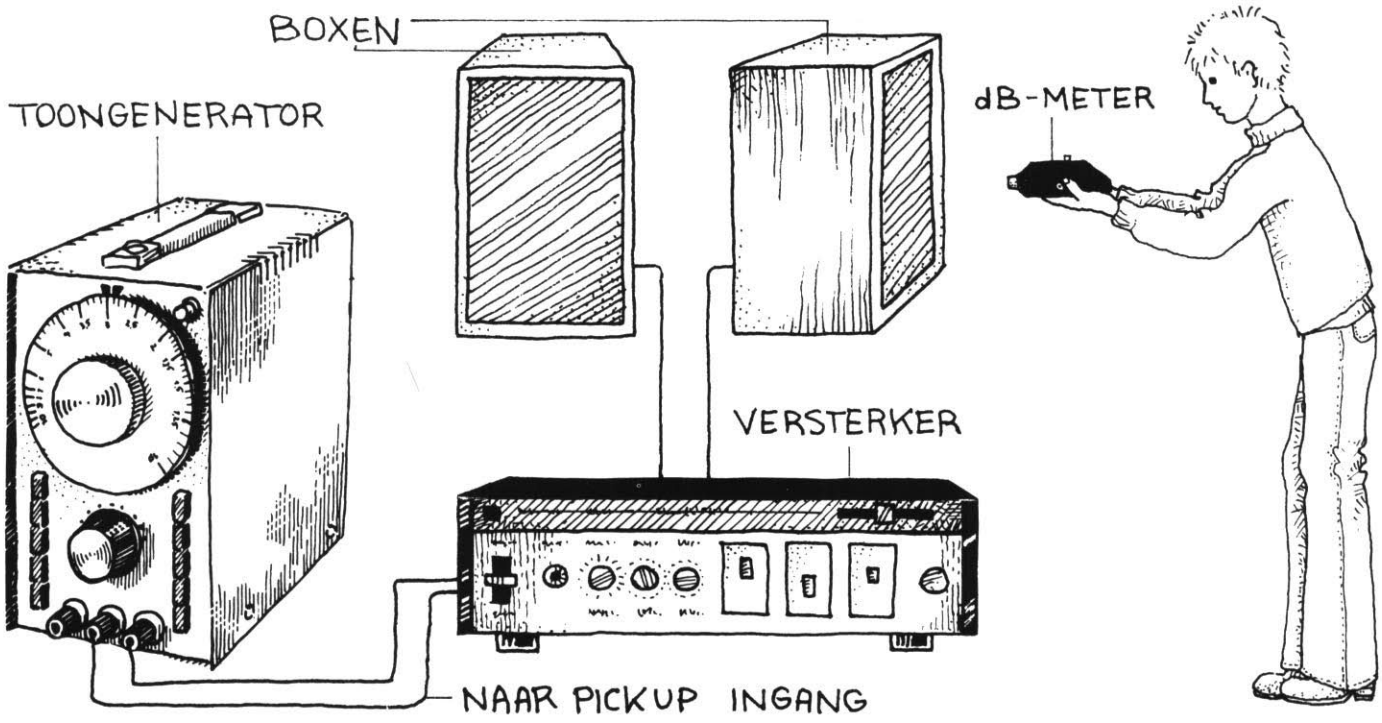
Geluid geef je thuis weer met een radio of met een versterker en luidsprekerboxen. Het geluid komt van een pick-up, een bandrecorder of een radiosignaal. Met de proeven hieronder ga je de geluidweergave door een radio of door een versterker met boxen onderzoeken. Verder ga je van een aantal knoppen de funktie na zoals de toonregeling en filters.

Proef 1. De kwaliteit van een radio of een versterker met boxen.

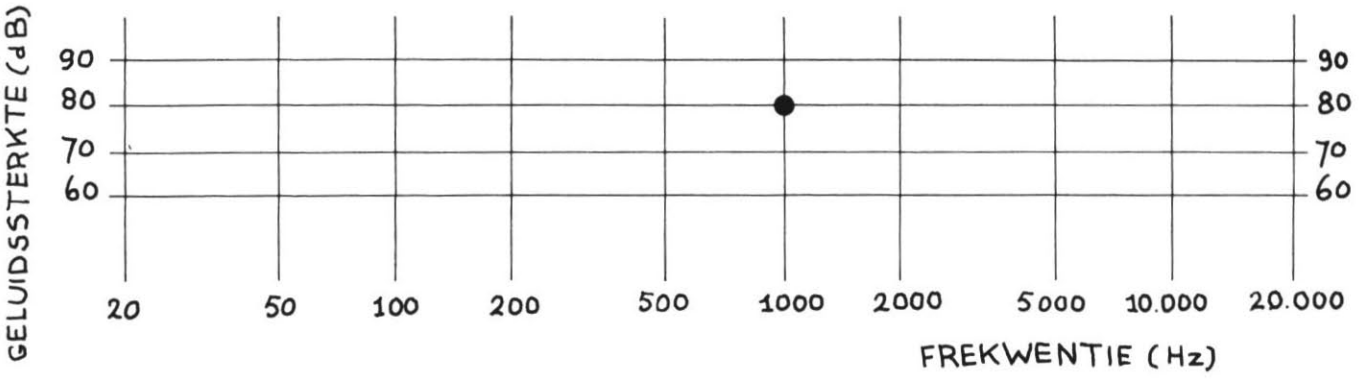
Een ideale geluidsinstallatie versterkt alle tonen evenveel, ongeacht de toonhoogte (frekwentie). In werkelijkheid worden tonen met verschillende frekwenties niet evenveel versterkt. In deze proef ga je dit onderzoeken.




1) Stel een dB(C) meter op, dwars voor de luidspreker van een radio of voor de geluidsbox van een versterker.
2) Sluit een toongenerator aan op de pick-up ingang van de radio of de versterker (knop 2 niet ingedrukt).
3) Zet de radio zo hard, dat de dB(C) meter 80 dB(C) aangeeft bij een toon van 1000 Hz.




4. Meet de geluidsproduktie van de box bij de in het diagram aangegeven frekwenties. Noteer je metingen in het diagram op de volgende blz.




Zo'n diagram heet de frekwentiekarakteristiek van de geluidsinstallatie. Een ideale installatie heeft een frekwentiekarakteristiek die bestaat uit een horizontale rechte lijn (alle frekwenties worden evenveel versterkt).

Proef 2. Toonregeling.

Op de meeste radio's en versterkers zitten één of twee knoppen voor de toonregeling. Wat zo'n regeling doet onderzoek je in deze proef. Je werkt bij 2 verschillende instellingen van de toonregeling: een instelling met veel lage tonen en een instelling met veel hoge tonen.

*Een radio met één knop voor de toonregeling. Bij instelling LAAG de knop helemaal naar de stand laag (bass, tiefen, low,* 𝄢*) draaien. (meestal naar links). Als niets is aangegeven moet je het even proberen. Bij instelling HOOG, de knop helemaal naar de stand hoog (treble, höhen, high,* 𝄞*) draaien.*

*Een stereoradio (receiver) met twee knoppen voor de toonregeling. Voor instelling LAAG de knop laag (bass, tiefen) helemaal naar rechts draaien en de knop hoog (treble, höhen) helemaal naar links. Bij instelling HOOG is de stand van deze knoppen juist tegengesteld.*

1) Beluister eenzelfde stukje muziek of tekst met achtereenvolgens de toonregeling ingesteld op stand LAAG en op stand HOOG.
2) Maak een frekwentiekarakteristiek zoals bij proef 1 met achtereenvolgens de toonregeling ingesteld op stand LAAG en op stand HOOG.
3) Vergelijk de resultaten met het diagram van proef 1 en met je waarnemingen bij onderdeel 1 van deze proef.

Proef 3. Filters

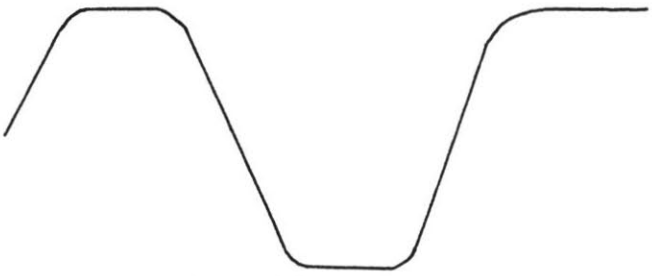
Op sommige versterkers zitten z.g. filters:
- high filter
- rumble filter
- loudness of low filter (soms ook fysiologische toonregeling genoemd).

1) Onderzoek de werking van elk van deze filters op de manier zoals in de voorgaande proeven is aangegegeven.
2) Vergelijk de zo verkregen frekwentiekarakteristiek met de karakteristieken uit proef 1 en uit proef 2.

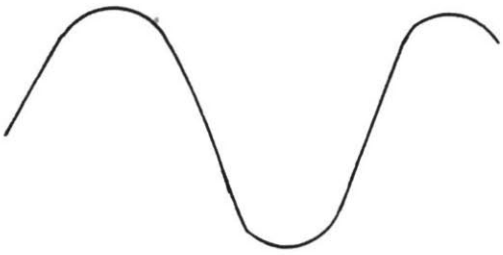
Extra proef Vervorming.

Voor de kwaliteit van het geluid is, naast een rechte frekwentiekarakteristiek, ook van belang dat er weinig "vervorming" is.
Dat betekent dat het signaal net zo uit de luidspreker komt als het in de versterker ging.

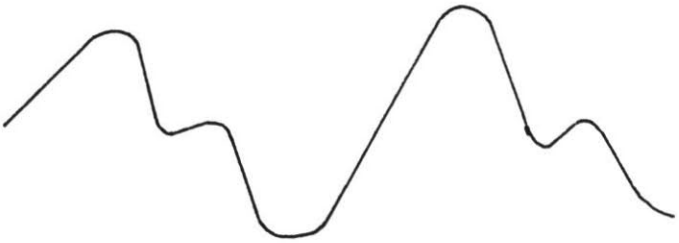
SIGNAAL UIT TOONGENERATOR



VERVORMD SIGNAAL

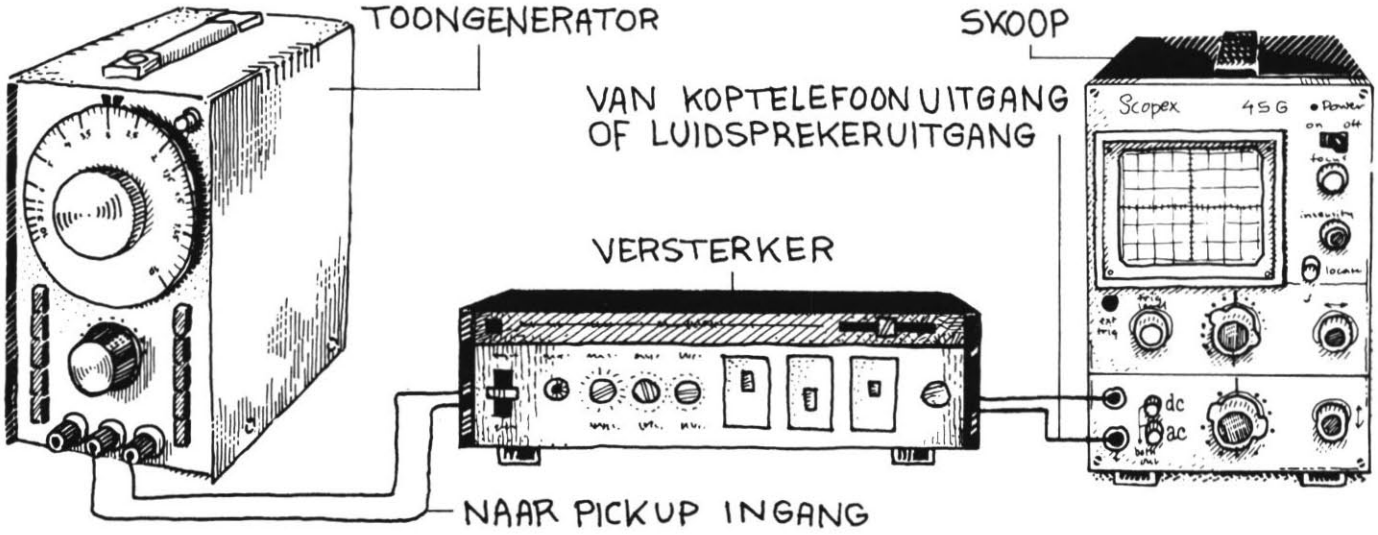


NIET VERVORMD SIGNAAL



VERVORMD SIGNAAL

1) Sluit een toongenerator aan op de pick-up ingang van een versterker of van een radio. Sluit de oscilloscoop aan op de koptelefoonuitgang van de radio of de versterker.
Je kunt ook de dB(C) meter aansluiten op de oscilloscoop en hem dwars, vlak voor de luidspreker van de radio of de geluidsbox houden.

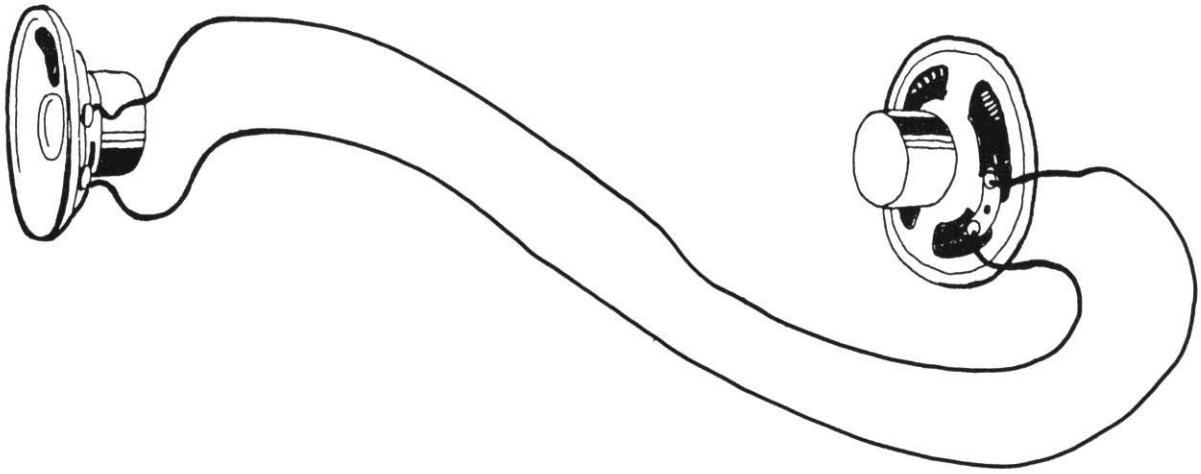



2) Ga na of je verschillen kunt ontdekken tussen signalen die de versterker ingaan en signalen die er weer uitkomen (of die uit de luidspreker komen).
3) Onderzoek of in de geluidsintallatie sommige frekwenties meer vervormen dan andere.
4) Onderzoek of de versterking van invloed is op het optreden van vervorming.

Achtergrondinformatie bij dit onderzoek vind je in leestekst 11.

Onderzoek 7

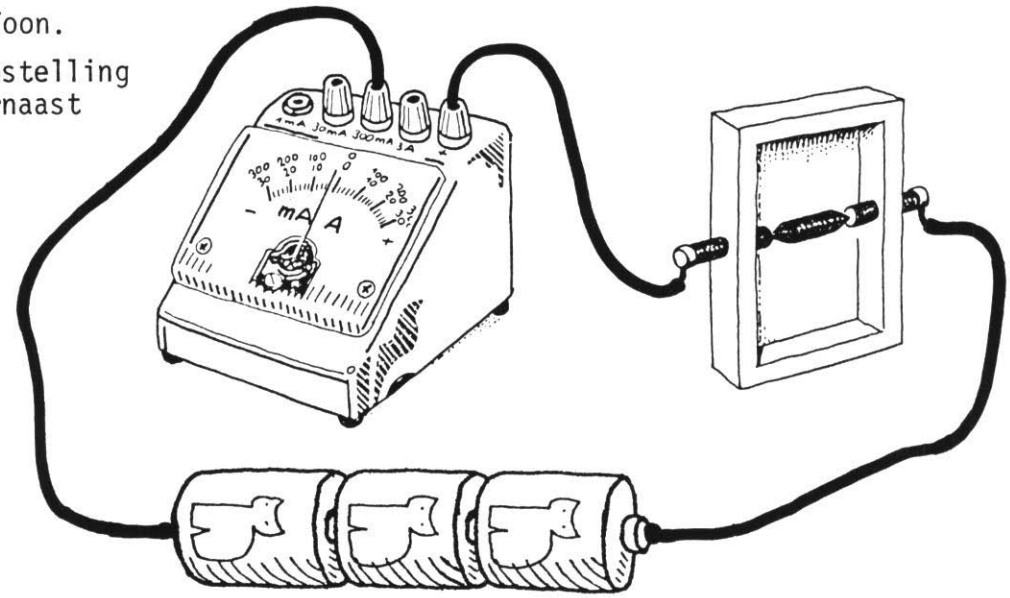
# GELUID WEERGEVEN MET DE TELEFOON



Bij proef 6 op blz 42 heb je een telefoongesprek gevoerd met twee luidsprekers, die verbonden waren met een lange draad. In de hoorn van een telefoon zit een luidspreker bij je oor. Je spreekt echter niet in een luidspreker, maar in een koolmicrofoon. Het principe van de koolmicrofoon zie je bij de volgende proef.

Proef 1. De koolmicrofoon.

1) Maak de opstelling zoals hiernaast

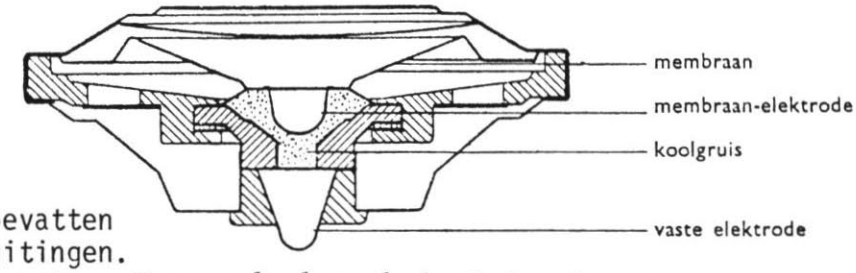


*Principe van de koolmicrofoon. In de wanden van een doosje zijn twee koolstaven bevestigd (uit een lege batterij). In de uiteinden, die naar elkaar toewijzen, is een holte uitgeslepen. Een derde koolstaafje rust met zijn punten losjes in de uitgeslepen holten. De koolstaven in de wand zijn verbonden met een batterij of een voedingskastje. In de stroomkring is een stroommeter opgenomen (stand 300 mA)*

2) Tik, roep of blaas tegen het doosje met de koolstaven. Let ondertussen op de uitslag van de mA meter.

Als er geluidstrillingen tegen het koolstaafje aankomen, verandert de stroomsterkte. Dat komt doordat het koolstaafje zelf mee gaat trillen. Daardoor gaat de stroom soms moeilijker en soms makkelijker door het kontaktpunt: de weerstand verandert steeds.

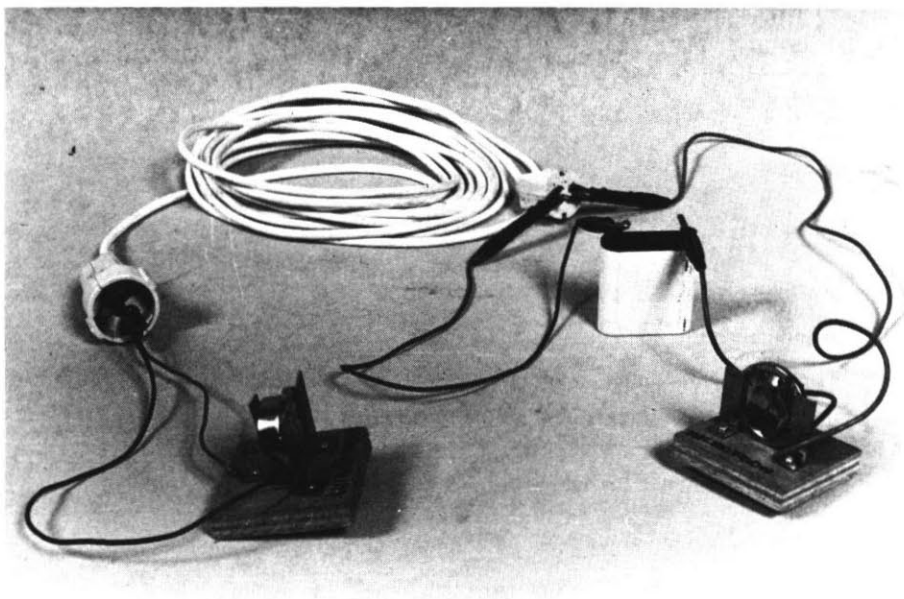
3) Neem een luidspreker of koptelefoon op in de stroomkring en herhaal de proef. Hoor je een klik?



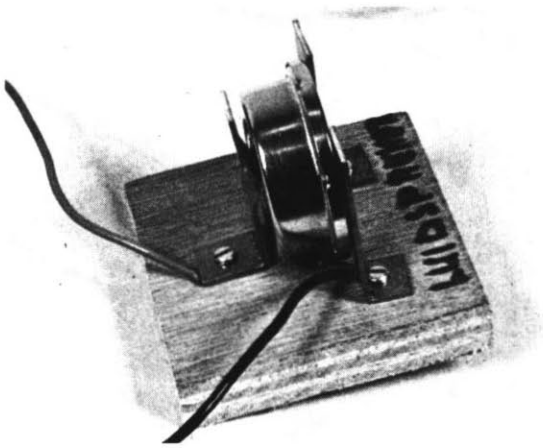

*Doorsnede door de koolmicrofoon van een telefoon*

De oudste typen koolmicrofoons bevatten één koolstaafje tussen de aansluitingen. Later is men dat gaan verbeteren met meerdere koolstaafjes, koolkogeltjes en tenslotte koolgruis. Een doorsnede van de koolmicrofoon, zoals die tegenwoordig in telefoontoestellen zit, zie je hiernaast.
Je hebt gemerkt dat een koolmicrofoon anders werkt dan een elektromagnetische microfoon (zoals de luidsprekermicrofoon).
Bij een koolmicrofoon verandert de stroomsterkte in een stroomkring doordat de weerstand van de microfoon verandert. Bij een elektromagnetische microfoon ontstaat een stroompje in een stroomkring met een spoel, doordat een magneet vlakbij die spoel heen en weer beweegt en voor een inductiespanning zorgt.

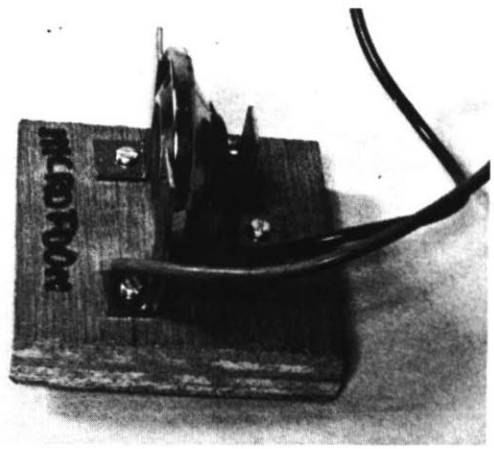
Proef 2. Telefoneren.



Voer met de opstelling hiernaast een telefoongesprek van de ene kamer naar de andere.



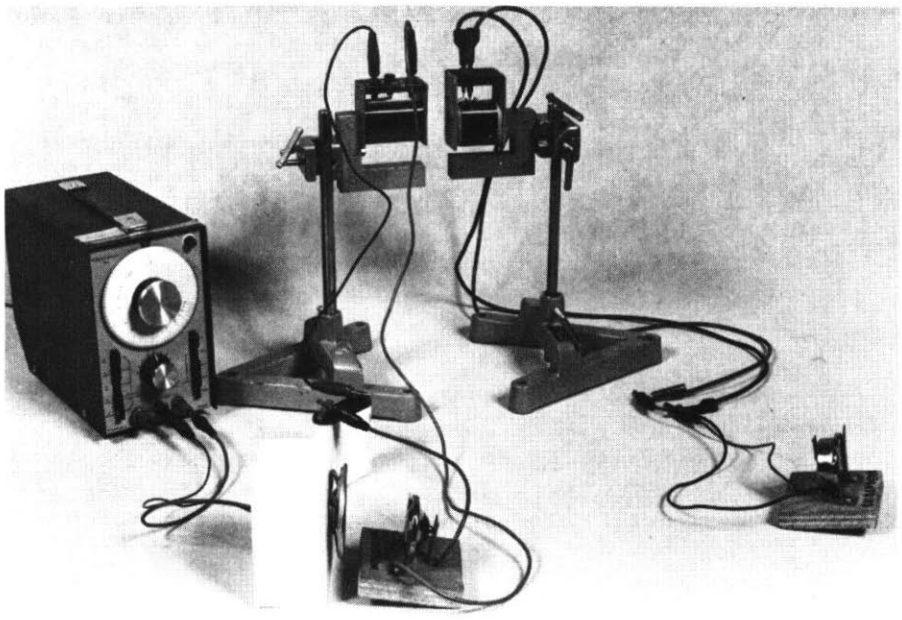
*Luidspreker van een telefoontoestel.*



*Microfoon van een telefoontoestel*

Proef 3. Draadloos telefoneren.

1) Maak de opstelling hieronder.



*Opstelling voor draadloos telefoneren*

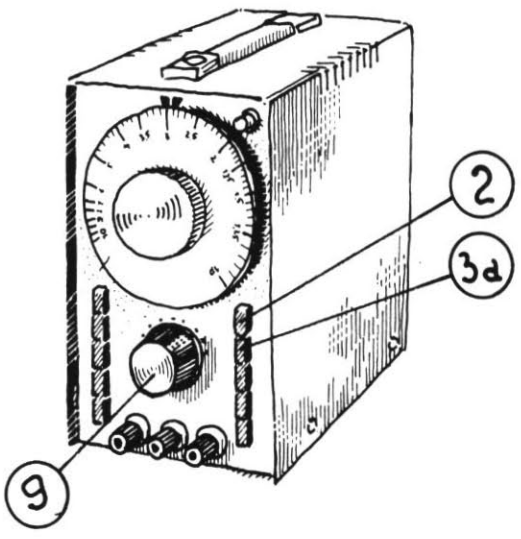
2) Probeer het geluid uit de luidspreker rechts zo luid mogelijk te maken. Verander hierbij:
   - de afstand tussen de spoelen
   - aantal windingen in de spoelen
   - wel of geen kern in de spoel
   - de spanning van de batterijen.

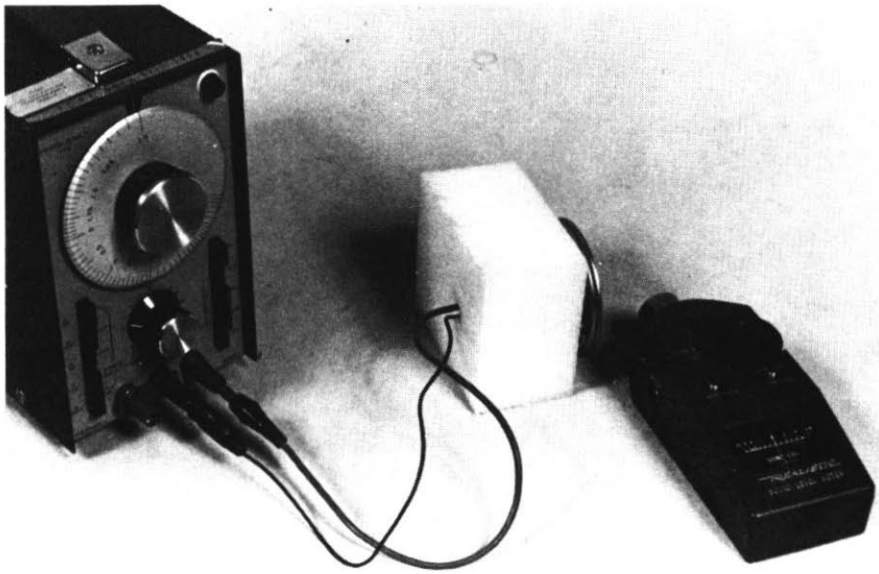
Proef 4. De geluidskwaliteit bij het telefoneren.

Ons stemgeluid geeft bij het spreken tonen met frekwenties van 75-8000 Hz bij mannen en 175-10000 Hz bij vrouwen. Bij deze proef gaan we onderzoeken of de telefoon al die frekwenties evenveel versterkt. We moeten eerst over een geluidsbron beschikken die bij elke frekwentie evenveel geluid produceert.

A Een geluidsbron met konstante geluidsproduktie.

1) Maak de opstelling van de foto op de volgende bladzijde.
   Knop 3a ingedrukt;
   knop 2 niet ingedrukt.





*Opstelling over het maken van een geluidsbron met een konstante geluidsproduktie.*

2) Stel de toongenerator zo in dat je bij 1000 Hz, 80 dB afleest. Noteer de stand van knop 9 in de tabel.

*TABEL*

| *Frekwentie (Hz)* | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 2000 | 5000 | 10.000 | 20.000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Stand knop 9* | | | | | | | | | | |

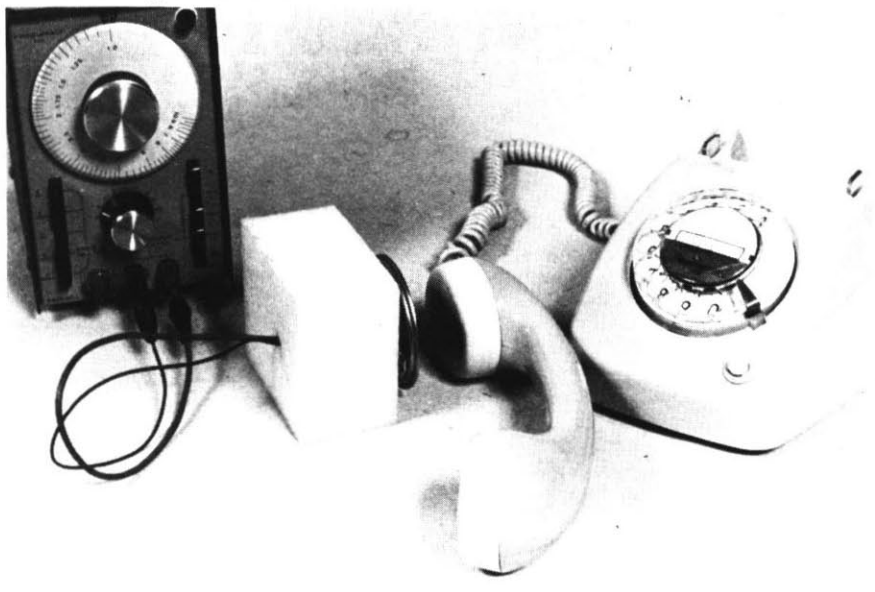
3) Herhaal onderdeel 2 voor de andere frekwenties die in de tabel staan.

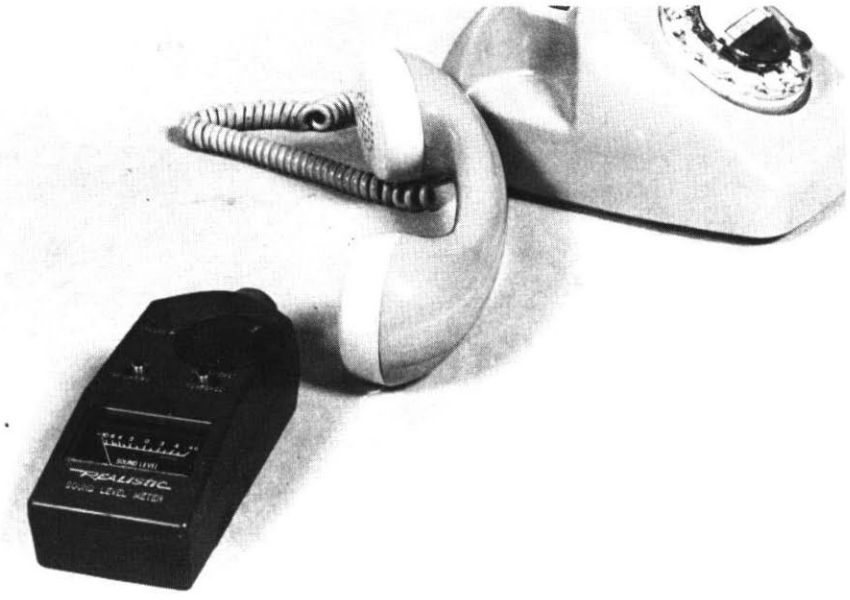
Je weet nu op welke stand je knop 9 van de toongenerator moet zetten om bij verschillende frekwenties eenzelfde geluidsproduktie te krijgen. Met deze geijkte geluidsbron gaan we de telefoon doormeten.

B De telefoon doormeten.

Voor het doormeten van de telefoon heb je twee op elkaar aangesloten telefoontoestellen nodig.

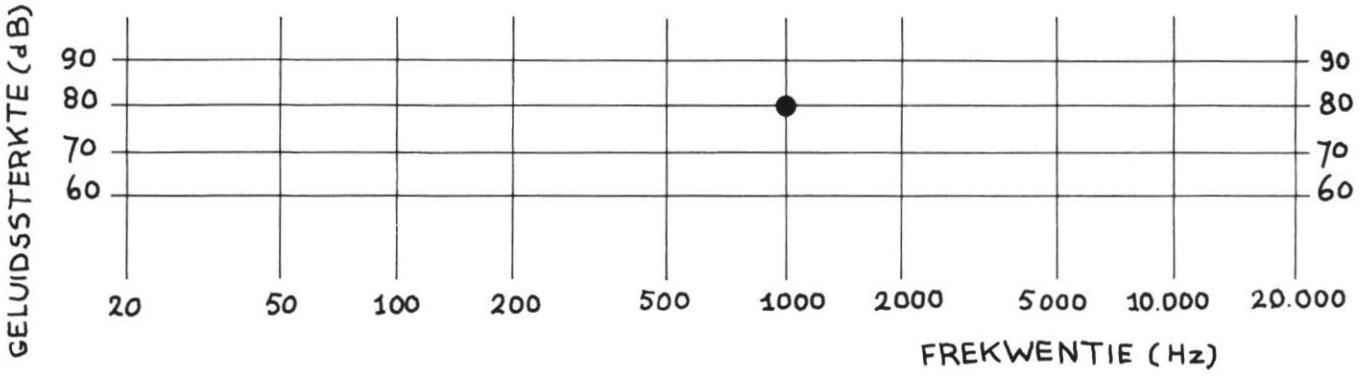
4) Plaats bij de microfoon van de ene telefoon de toongenerator met luidspreker, die je geijkt hebt bij onderdeel A.
Stel de toongenerator op 1000 Hz. Zet knop 9 in de stand die je in de tabel hebt genoteerd.





Plaats bij de luidspreker van de andere telefoon een dB meter. Stel de dB meter zo op, dat hij 80 dB aanwijst.

5) Stel de toongenerator bij de eerste telefoon achtereenvolgens in op de andere in de tabel genoemde frekwenties. Zet knop 9 steeds in de bijbehorende stand, die je in de tabel kunt aflezen. Lees de dB meter bij de tweede telefoon af en noteer de gevonden waarden in de grafiek hieronder.




6) Welke frekwenties komen goed door? Welke komen slecht door? Hoor je dat ook als je telefoneert?

Als je niet over twee telefoontoestellen beschikt, kun je deze proef ook uitvoeren met de opstelling van proef 2.

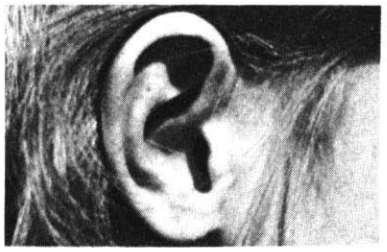
In leestekst 12 wordt de ontwikkeling van de telefoon beschreven. Leestekst 13 beschrijft de invloed van de opkomst van de telefoon en andere communicatiemiddelen op de samenleving.

# INHOUD LEESTEKSTEN


| | | blz. |
|---|---|---|
| 1. | Het oor | 75 |
| 2. | De stem | 78 |
| 3. | Geluidshinder | 79 |
| 4. | Lawaai maakt ziek | 82 |
| 5. | Popmuziek? Pas op je oren | 84 |
| 6. | Verkeerslawaai | 87 |
| 7. | De geluidsbarrière | 90 |
| 8. | Muziekinstrumenten | 91 |
| 9. | Hifi stereo | 96 |
| 10. | Geluidsopnamen | 98 |
| 11. | Geluidsapparatuur | 103 |
| 12. | 100 jaar telefoon | 105 |
| 13. | Kommunikatie en maatschappij | 112 |
| 14. | Het aardmagnetisme | 113 |
| 15. | Handleiding oscilloscoop | 116 |

Leestekst 1

# HET OOR

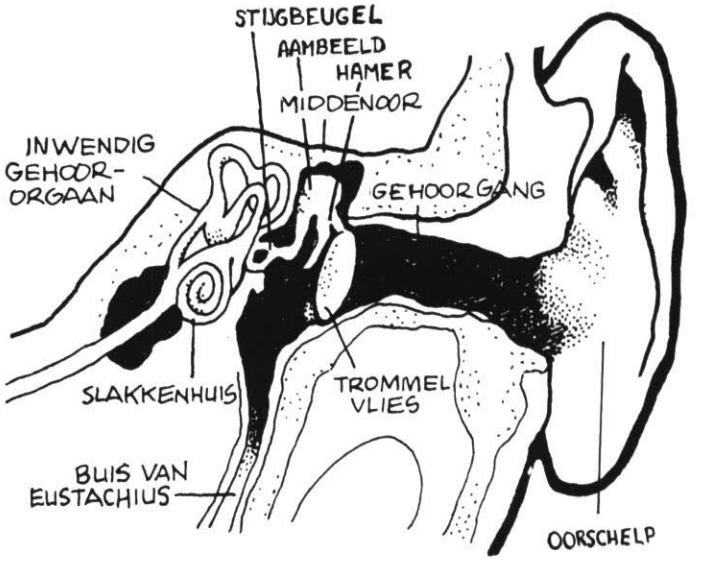


*Het oor*

Een van je zintuigen is het gehoor. Met je oor kun je geluiden horen. Het oor is niet alleen van belang voor het horen, maar ook voor de houding en het evenwicht.

Werking van het oor.

In het oor zijn drie delen te onderscheiden: het uitwendige oor, het middenoor en het inwendige oor.
Het uitwendige oor (oorschelp en gehoorgang) leidt naar het trommelvlies dat door de luchttrillingen aan het trillen wordt gebracht.
In de gehoorgang bevinden zich kleine haartjes, die het oor tegen binnendringen van vuil beschermen.
In het middenoor bevinden zich de gehoorbeentjes, genoemd naar hun vormen: hamer, aambeeld en stijgbeugel. Zij brengen de trilling van het trommelvlies over naar het met vloeistof gevulde slakkenhuis. Zij versterken de trilling ongeveer 20 maal.




In het inwendig gehoororgaan worden deze trillingen op een ingewikkelde wijze omgezet in elektrische prikkels en via de gehoorzenuw naar de hersenen vervoerd. De gehoorzenuw bestaat uit zo'n 30.000 afzonderlijke vezels. In de hersenen worden deze elektrische prikkels door jou zo omgezet dat je de signalen herkent.

Gehoorgrenzen.

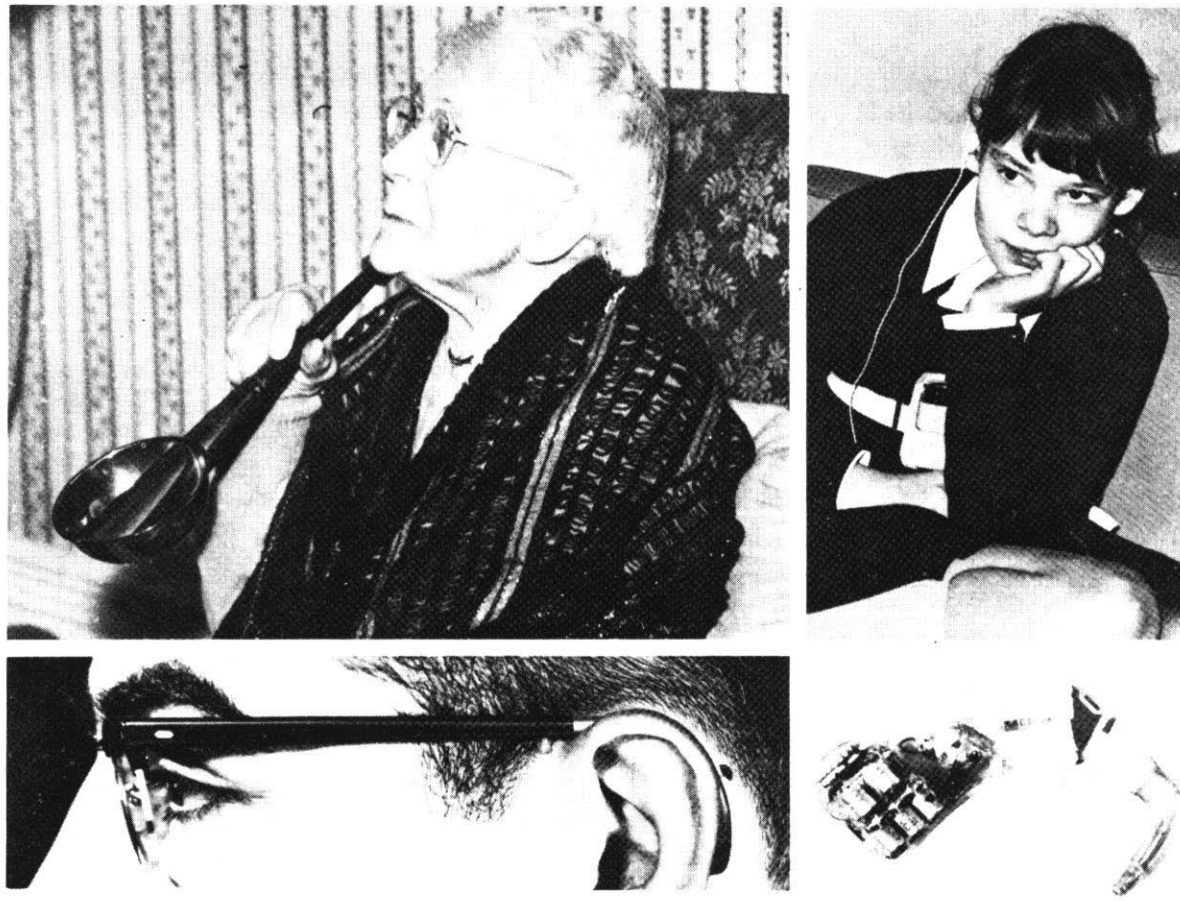
Het menselijk oor kan het geluid opvangen over een groot fekwentiebereik van ongeveer 20 tot 20.000 Hz. De hoorbaarheid van de lage tonen blijft voor iedereen het hele leven lang hetzelfde. Vanaf ongeveer 18 jaar vermindert echter de gevoeligheid voor de hoge frekwenties. Bij oudere mensen is de bovenste gehoorgrens soms gezakt tot 10.000 Hz of minder.
De geluidsterkte die je nog net kunt horen ligt bij 0 dB. Langdurige blootstelling aan lawaai boven de 90 dB kan leiden tot (tijdelijke) doofheid. Hevig lawaai (boven 100 dB) kan blijvende schade veroorzaken aan de zenuwvezels in het slakkenhuis.
Zie ook de vervolgonderzoeken en de leesteksten over geluidshinder.

De buis van Eustachius.

Een van de verdedigingsmechanismen in het oor is de buis van Eustachius. Deze buis komt uit in de neus en keelholte. Daardoor wordt er voor gezorgd dat er vrij lucht kan toe- en wegstromen ter compensatie van luchtdruk op het trommelvlies.
Een goed voorbeeld hiervan is tijdelijke doofheid bij plotselinge knallen of bij het dalen of stijgen in een lift. Door te slikken komt er via de buis van Eustachius weer lucht het middenoor in en de doofheid is voorbij.
Zo wordt ook aangeraden bij explosies je mond open te houden. Dan neemt niet alleen de druk ten gevolge van de explosie op de buitenkant van je trommelvlies toe, maar ook op de binnenkant. De kans op beschadiging van het trommelvlies is dan kleiner.

Slechthorendheid.

Slechthorendheid (of doofheid) kan verschillende oorzaken hebben, bijvoorbeeld een verstopte gehoorgang, gaatjes in het trommelvlies, ontsteking in het middenoor, schedelletsel of ouder worden.
Als het middenoor niet in orde is, kunnen geluiden via een gehoorapparaat worden omgeleid. Dit zorgt ervoor dat de geluidstrillingen via het bot van de schedel bij het slakkenhuis terechtkomen.



*verschillende soorten hoorapparaten*

Houding en evenwicht.

In het inwendig gehoororgaan zitten ook drie halfcirkelvormige kanalen die met vloeistof gevuld zijn. Deze vloeistof draait rond ten opzichte van het hoofd, als dat bewogen wordt. Hierdoor ontstaan prikkelingen in de zenuweinden aan de uiteinden van de holtes. Dit wordt aan de hersenen doorgegeven en die zorgen ervoor dat je je evenwicht houdt.
Bij heftig slingeren (zoals in een schip) of bij andere bewegingen, maken de vloeistoftrillingen dat we ons duizelig of misselijk voelen.

*. . . Zowel vroeger als nu gebruiken de mensen hoorapparaten. Voor veel hoorgestoorden is dit een pracht uitvinding, want ze kunnen hierdoor veel beter met anderen communiceren . . .*

*. . . Als je met hoorgestoorden praat, is het altijd noodzakelijk heel goed en duidelijk gearticuleerd te praten en niet binnendsmonds.*

*. . . Ze zouden voor hoorgestoorden (en niet alleen voor hen) veel meer aandacht moeten besteden aan ringleidingen. Dit zijn leidingen die b.v. van radio of TV door de kamer lopen en waar je op een heleboel plekken een luisterspoel met oordopjes op kan aansluiten. Als je dan het gewone geluid afzet, kun je van overal vandaan naar de radio of TV luisteren zonder dat anderen er last van hebben. Ook in de concertzalen zou er zo'n ringleiding voor hoorgestoorden moeten zijn, waar de muziek versterkt te horen is.*
*In fabrieken zou het ook goed zijn. Dan kun je naar muziek luisteren als je dat wilt.*
*Zo'n ringleiding is niet moeilijk aan te leggen. Ga maar eens naar de radiohandel . . .*

Leestekst 2

# DE STEM

Ieder van ons beschikt over een ingebouwd muziekinstrument: de stem. De stem kan klanken voortbrengen die verschillen in toonhoogte, klankkleur en geluidssterkte. De kombinatie van tonen die de stem voortbrengt is bijna net zo kenmerkend voor de spreker als bijvoorbeeld zijn vingerafdruk. In sommige landen gaat men daarom na of een geluidsopname van een stem als juridisch bewijsmateriaal dienst kan doen. Samen met het oor stelt de stem ons in staat kontakten te leggen met anderen, te communiceren. Dit geldt ook voor een groot aantal dieren, maar deze beschikken over veel minder verschillende klanken. De spraak heeft steeds een belangrijke rol gespeeld bij de sociale en culturele aktiviteiten van mensen. De stembanden, die ons in staat stellen te spreken, zijn gespannen over het strottehoofd, boven aan de luchtpijp. Als de lucht uit de longen langs de stembanden wordt geperst brengen de banden geluid voort. De toonhoogte (frekwentie) kan worden veranderd door de spanningen van de stembanden te veranderen. De uiteindelijke klank wordt echter meest bepaald door de mondholte, met de tong, de lippen en de kaken. Hieronder zie je bijvoorbeeld hoe de tong staat als je een A (zoals in kalm) of een ie uitspreekt. Ga bij jezelf na hoe je met je kaken, mondholte en tong andere letters van het alfabet vormt.

Leestekst 3

# GELUIDSHINDER

Sinds het moment dat de mens zich bezig is gaan houden met mechanisatie, is er lawaai gekomen dat langzaamaan de natuurlijke geluiden is gaan overstemmen. Nu was dat in het begin nog niet zo'n probleem. Maar op een gegeven moment kwam men er met name in fabrieken achter, dat arbeiders die met boormachines en andere lawaaierige apparaten werkten, aan gehoorverlies begonnen te lijden. Ook andere bronnen van geluidshinder werden snel belangrijk: het vliegverkeer, het wegverkeer, de apparaten in huis, maar ook zaken die ter ontspanning dienen: discotheken, popconcerten, kermis, autoraces, enz.

*lawaaierig werk*

De gevolgen van geluidsoverlast voor de mens vallen uiteen in twee hoofdgroepen, een direkte en een indirekte. Ten eerste is er het gehoorverlies. Wanneer iemand vaak is blootgesteld aan zeer hard geluid (boven 90 dB), treedt na verloop van tijd het verschijnsel op, dat bepaalde frekwentiegebieden minder goed gehoord kunnen worden. Blijft men met dat lawaai werken, dan wordt het gehoorverlies steeds erger: men wordt doof.
Het vervelende is echter, dat bij geluid van veel minder dan 90 dB een tweede groep gevolgen al aantoonbaar is: veel mensen raken geirriteerd bij b.v. het voortdurend gedreun van verkeer of drilboren, met name als ze er niet van kunnen slapen. Dit heeft hoofdpijn, verhoogde bloeddruk of nervositeit tot gevolg. Een indirekt gevolg van geluidsoverlast, maar net zo erg.
Wanneer is geluid nu eigenlijk wel en wanneer niet schadelijk? Het eerst is men van overheidswege normen gaan opstellen voor geluidsoverlast in fabrieken. Zo bepaalde men bijvoorbeeld, dat de maximale tijd die iemand mag werken bij een geluid van 99 dB, 1 uur per dag is. Dit gebeurde op grond van medische onderzoeken. De laatste tijd echter gaan er stemmen op, dat deze normen veel te willekeurig gekozen zijn, en dat ze in ieder geval veel strenger moeten worden.

*Jezelf beschermen tegen het lawaai van een trekker (boven) of een boor (rechts) met oordoppen*

*Geluidshinder van het verkeer tegengaan door een snelheidsbeperking.*

Een paar jaar geleden heeft men ook normen opgesteld voor het verkeerslawaai in woonwijken, rond een snelweg, nabij de startbanen van een vliegveld, enz. Nederland is echter dusdanig overbevolkt, dat die lawaainormen regelmatig overschreden worden. Vaak kan er dan niet afdoende ingegrepen worden. In principe zijn er twee mogelijkheden om geluidsoverlast tegen te gaan: jezelf beschermen of de geluidsbron aanpakken. En juist bij dat laatste huizen de moeilijkheden. Jezelf beschermen kan op vele manieren: je kunt gebruik maken van oordopjes, een helm, dubbel glas voor de ramen, geluidsisolatie, geluidswallen bij snelwegen, gaan verhuizen, een andere baan zoeken, enz. Dat zijn echter maar hulpmaatregelen, waarbij de bron zelf niet wordt aangepakt. Neem nu het wegverkeer. Je kunt zeggen: zorg dat alle vracht- en personenauto's voorzieningen krijgen, waardoor ze minder lawaai maken. Laat vliegtuigen andere, stillere motoren krijgen. Het zijn nuttige maatregelen, maar ze kosten veel geld. Zoveel, dat ze waarschijnlijk alleen genomen worden onder grote druk. Want degenen die het lawaai veroorzaken, hebben er vaak zélf niet zo'n last van. Daarom moeten de komende jaren ook andere mogelijkheden onderzocht worden. Bijvoorbeeld:
uitbreiding van het openbaar vervoer, zodat de verkeersdrukte kan afnemen;
een betere indeling van woonwijken in verband met snelwegen en vliegverkeer;
het inrichten van natuurgebieden waar het echt stil moet zijn;
en tenslotte een serieuzer nadenken over de apparaten en machines die het lawaai produceren: hebben we ze wel allemaal even hard nodig?

*Geluidshinder van het verkeer beperken door het aanleggen van geluidsmuren.*

Leestekst 4

# LAWAAI MAAKT ZIEK

"Gestamp maakt ziek" is een van de reklamekreten waarmee de Stichting voor Geluidshinder iets tegen geluidshinder onderneemt. Maar wat krijg je er dan precies van? In deze leestekst worden de "ziektes" besproken, die door een teveel aan geluid veroorzaakt kunnen worden. Je moet daarbij wel bedenken dat de reakties van verschillende mensen op geluid sterk uiteenlopen. Een stevig knallende brommer-uitlaat vindt de trotse bromfietsbezitter een prachtgeluid, terwijl een ander zich eraan ergert. Bovendien stemmen de resultaten van onderzoeken over de gevolgen van geluidshinder niet altijd overeen.

Lichamelijke effecten.

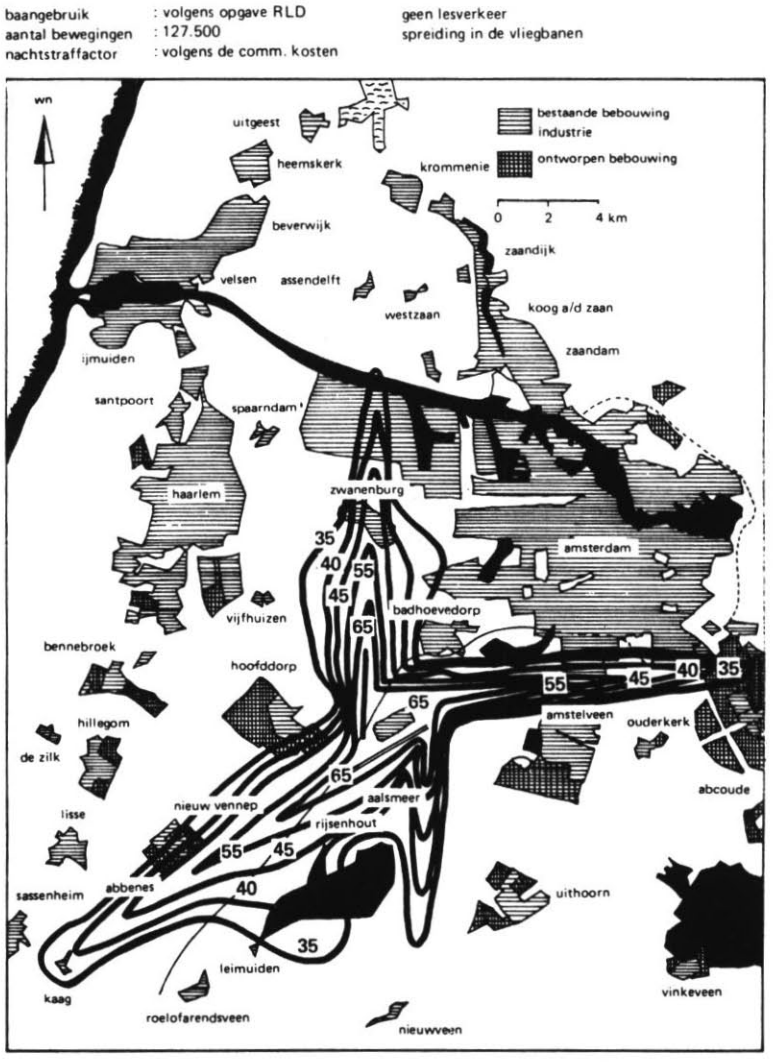
Het belangrijkste gevolg voor het lichaam van een overdosis lawaai is de beschadiging van het gehoor. Door zeer korte en hevige knallen (bijvoorbeeld van explosies) kunnen beschadigingen aan het middenoor en het inwendige oor optreden. Werklawaai (zoals in fabrieken) kán tot gevolg hebben dat we geluiden, die we eerst nog net konden waarnemen, tijdelijk niet meer kunnen horen. Het effect wordt blijvend als het lawaai lang aanhoudt. Aan die doofheid valt niet veel te doen, omdat de oorzaak een beschadiging van het middenoor is. Het optredende gehoorverlies heb je niet meteen in de gaten; het treedt namelijk eerst op bij frekwenties van 3000 tot 6000 Hz. Spreken vindt plaats met frekwenties van 500 tot 3000 Hz, zodat een gehoortest nodig is om de beginnende doofheid op te sporen. Geleidelijk breidt de doofheid zich uit tot lagere frekwenties, waardoor je een gesprek moeilijker kunt volgen.
De mate van doofheid hangt af van de duur, de geluidssterkte en de toonhoogtes van het lawaai. Bovendien zijn er grote individuele verschillen. Waarschijnlijk treedt bij mensen die in de buurt van luchthavens of verkeerswegen wonen, (nog) geen gehoorverlies op.
Het optreden van andere lichamelijke effecten is onderzocht in de Haarlemmermeer (bij Schiphol).
In een lawaaierige omgeving bleken méér mensen met hart- en vaatziekten en met een te hoge bloeddruk voor te komen dan in een stillere omgeving. In Zwanenburg/Halfweg verdubbelde tussen 1967 en 1974 het aantal bloeddrukverlagende tabletten dat jaarlijks werd omgezet, nadat het gebied in een aanvliegroute van Schiphol was komen te liggen.
Tenslotte beinvloedt lawaai de slaap: moeilijker inslapen of voortijdig wakker schrikken. Ook zonder dat je wakker wordt, kan lawaai je slaap storen. Namelijk, als het je verhindert een diepe slaap te hebben. Een diepe slaap is nodig voor het herstellen van geestelijke en lichamelijke vermoeidheid. Te weinig diepe slaap leidt tot verminderd funktioneren, vage lichamelijke klachten, depressief gedrag, geirriteerdheid.

Psychische effecten.

Gebrek aan slaap leidt tot stress; de hiervoor genoemde effecten van gebrek aan slaap zijn voor een deel van psychische aard. Ook is angst voor neerstortende vliegtuigen een algemeen voorkomend verschijnsel rond luchthavens. Rond Schiphol bleek het gebruik van kalmerende middelen groter te zijn, naarmate de omgeving meer geluidshinder ondervond. In de meest lawaaierige zône bleken zelfs kleuters al psychische klachten te vertonen.

Hinder.

Ook als het lawaai niet leidt tot bezoek aan een huisarts of psychiater, kan het als onaangenaam worden ervaren en vormt het zo een bedreiging van de gezondheid. Hinder door lawaai loopt van persoon tot persoon sterk uiteen. Bij onderzoeken bleek dat, ongeacht de omstandigheden, 10% van de mensen altijd gehinderd wordt door lawaai en 10% nooit.
Het is erg moeilijk de door mensen gevoelde hinder te meten en in verband te brengen met andere gemeten grootheden (bijvoorbeeld geluidssterkte in dB(A), duur, enz.).




*Geluidshinder rond Schiphol in kosten-eenheden (1973). Hoe meer kosten-eenheden, des te meer overlast.*

test

# Popmuziek? Pas op de oren!

**„Man, those wild sounds really become a part of you", zei een bezoeker van een Amerikaans popkoncert. Een ander merkte op: „It embalms you. It has to be so loud that it gets inside you. Otherwise it isn't any good".*) Tijdens popkoncerten en in discotheken wordt muziek gespeeld en afgedraaid op een hoog geluidsniveau. De bezoekers stellen dat op prijs. Slechts weinigen zullen zich afvragen of dat harde geluid de oren geen kwaad doet.**

**Wij hebben het geluidsniveau gemeten in een aantal vaste discotheken, bij twee drive-in discotheken en tijdens enkele popkoncerten. Aan de hand van de resultaten gaan we in op het gevaar van hoge geluidsniveaus en de maatregelen die moeten worden getroffen.**

**discotheken en koncerten**

Discotheken, drive-in discotheken en popkoncerten zijn voor jongeren bekende zaken. Voor wie er niet zo mee vertrouwd is, geven we hier van elk een korte beschrijving.

Een discotheek is een dancing, waar doorgaans uitsluitend op muziek van grammofoonplaten wordt gedanst. Die platen worden gedraaid door een disc-jockey, die tussen de platen door een praatje houdt. De luidsprekers zijn gericht op de dansvloer, maar bestrijken soms ook de zitjes en bars om de dansvloer heen.

Een drive-in discotheek wijkt inzoverre van een gewone discotheek af, dat hij niet aan een bepaalde plaats is gebonden. De geluidsinstallatie is verplaatsbaar en wordt steeds voor één show in de een of andere zaal opgesteld. De disc-jockeys zijn veelal lokaal of nationaal bekende personen.

Een popkoncert wordt „life" verzorgd door een popgroep. Deze brengt zijn eigen apparatuur mee. Tijdens het optreden staan op het podium onder andere luidsprekers, versterkers, orgels, Leslieboxen en synthesizers. In de zaal is vaak een regeltafel opgesteld, waarachter een technikus als een soort dirigent de onderlinge verhouding tussen de instrumenten regelt en waar nodig speciale effekten toevoegt. Elk instrument wordt versterkt tot aan het drumstel toe.

**metingen**

Wij hebben het geluidsniveau gemeten in een aantal vaste discotheken, bij de drive-in discotheken van Avro en Vara en tijdens enkele koncerten van Nederlandse popgroepen. Wij deden dat op de voor de bezoekers meest favoriete afstand.

Onze metingen zijn steekproeven. Wij hebben echter niet de indruk, dat het geluidsniveau elders veel anders zal zijn.

**kijk uit met koptelefoons**

Geluidsniveaus boven 100 dBA, zoals wij in de discotheken en tijdens popkoncerten hebben gemeten, kunnen ook thuis worden bereikt. Niemand zal dat echter gauw doen. Bij dat niveau zijn namelijk alle geluiden onhoorbaar, het ingooien van de ramen door getergde buren en het instorten van het huis uitgezonderd. Kans op gehoorbeschadiging door het beluisteren van popmuziek thuis is er dan ook nauwelijks, tenzij gebruik wordt gemaakt van een koptelefoon. Uit onderzoeken van ons en anderen naar de geluidsniveaus van koptelefoons, is gebleken dat deze gemakkelijk 120 dBA kunnen halen. Het gevaar daarvan is, dat men zich vaak niet realiseert, dat het geluid zo hard staat. Huisgenoten of buren beginnen niet te protesteren. Omgevingsgeluiden waarmee men de sterkte van de muziek kan vergelijken, hoort men niet. En ook voelt men het sterke geluid niet in keel-, borst- en maagholte, zoals zonder koptelefoon het geval is.

*) „Man, die woeste geluiden worden werkelijk een deel van je". „Het stroomt door je heen. Het moet zo hard zijn, dat het in je doordringt. Anders is er niks aan".

De meetrésultaten zijn uitgedrukt in decibel (dBA). Bij elke 10 dBA meer, klinkt het geluid voor het oor twee keer zo sterk. Bij 0 dBA hoort men niets en tussen 120 en 130 dBA gaan de oren pijn doen.

**resultaten**

Het geluidsniveau bleek het minst hoog in de vaste discotheken. We maten daar op de dansvloer meestal tussen 100 en 105 dBA en aan de bar tussen 93 en 98 dBA. In een enkele discotheek kwam het geluid niet boven 98 dBA op de dansvloer en 80 dBA aan de bar. Maar zelfs bij dit laatste niveau was moeilijk een gesprek te voeren.

Hoger waren de geluidsniveaus bij de drive-in discotheken van Avro en Vara, namelijk ongeveer 109 dBA. Wanneer de disc-jockey naar de mikrofoon greep, lag het nog hoger. Onderling was er tussen beide drive-in shows weinig verschil.

De hoogste geluidsniveaus maten we tijdens de popkoncerten. Op de meest favoriete plaatsen was dit 112 dBA.

De genoemde getallen worden in bijgaand tabelletje vermeld onder Leq, dat is een „gemiddeld' aantal dBA, waarbij harde geluiden zwaar worden meegeteld en als ze lang aanhouden naar verhouding nog eens extra zwaar, en waarbij de echte pieken buiten beschouwing blijven. Het maximaal gemeten niveau (Lmax) is vermeld in de tweede kolom van dat tabelletje. Dit maximum lag meestal 2 tot 5 dBA boven het Leq. Nog hoger lagen de pieken (Lpiek) die echter moeilijk met draagbare apparatuur te meten zijn. We hebben ze naderhand in het laboratorium bepaald. Daarbij bleek ons, dat onder andere slagwerk het geluidsniveau met wel 12 tot 14 dBA verhoogt. Daardoor reikten de pieken bij de popkoncerten tot liefst 128 dBA.

**ter vergelijking**

Om een indruk te krijgen van de sterkte van het geluid in discotheken en tijdens popkoncerten maten wij bij de Amstelveen-bulderbaan het geluid van vliegtuigen en bij het circuit van Zandvoort het geluid van race-auto's. Het geluid van het lawaaiigste vliegtuig dat ons passeerde, een Caravelle waar in Nederland alleen Transavia mee vliegt, bleek op honderd meter afstand net zo sterk als dat in de luidruchtigste discotheek, namelijk 105 dBA. De formule-1 race-auto's in Zandvoort zorgden langs de baan voor het geluidsniveau van een popkoncert, namelijk 112 tot 114 dBA.

**symfonie-orkest**

De geluidsproduktie van een symfonie-orkest hangt – in tegenstelling tot die van een popgroep – sterk af van het werk dat wordt uitgevoerd. Doorgaans komt het niveau vóór in de zaal niet veel boven 90 dBA.

Afgezien van het minder hoge niveau is er ook verschil in dynamiek en toonbereik.

De dynamiek d.w.z. het verschil tussen harde en zachte passages is bij popmuziek gering (doorgaans niet meer dan 10 dBA). Deze muziek wordt bijna steeds even hard gespeeld, waardoor het oor kontinu de volle belasting moet verdragen. Een symfonie-orkest daarentegen heeft een grote dynamiek; harde en zeer zachte passages wisselen elkaar af. Ook het toonbereik d.w.z. het verschil tussen hoge en lage tonen is bij popmuziek geringer dan bij de muziek van een symfonie-orkest. De popmuziek produceert voornamelijk tonen uit de middengroep waarvoor de oren het meest gevoelig zijn.

**gevolgen**

Hoge geluidsniveaus kunnen misschien wel als prettig worden ervaren, maar ze zijn niet goed voor de oren. Ze kunnen de gevoeligheid van de oren tijdelijk, maar ook blijvend verminderen. Ook kunnen ze het inwendige oor beschadigen.

Tussen 120 en 130 dBA gaan de oren pijn doen. Maar reeds voor het zover is, kan men van het harde geluid schade ondervinden. Uit onderzoekingen is gebleken, dat bij 16% van de mensen die twee uur lang waren blootgesteld aan geluid van 110 dBA de gehoordrempel was verhoogd, waardoor hun oren minder gevoelig waren geworden. De gevoeligheid herstelde zich daarna zo traag, dat gevreesd werd dat het gehoorverlies bij sommigen permanent was. Ook is duidelijk aangetoond, dat het gehoororgaan inwendig kan worden beschadigd (verdwijnen van haarcellen, optreden van vervormingen), wanneer het gedurende enige tijd aan harde geluiden is blootgesteld geweest. Het is nog niet bekend, wat de effekten van hoge geluidsniveaus op latere leeftijd zijn.

De grootste risiko's lopen natuurlijk de mensen die beroepsmatig bij de harde muziek zijn betrokken, zoals popmusici, disc-jockeys en technici. Er zijn er gedeeltelijk doof door geworden. In te-

**oproep**

Wanneer het geluidsniveau in een discotheek of bij een popkoncert zo'n 110 tot 120 dBA is, zal dit buiten in het gunstigste geval 60 tot 70 dBA zijn. Wanneer de zaal minder goed is geïsoleerd kan dit echter wel oplopen tot 85 dBA.

Niet alleen discotheken en popkoncertzalen, maar ook cafés en andere uitgaansgelegenheden kunnen de oorzaak zijn van geluidshinder in de buurt. Wij overwegen een onderzoek in te stellen naar de lawaai-overlast die wordt ondervonden van het uitgaansleven. Wij stellen het daarom op prijs de ervaringen te ontvangen, zowel positieve als negatieve, van omwonenden van uitgaansgelegenheden. Graag een briefje (zonder postzegel) naar Consumentenbond, antwoordnummer 9, Den Haag, met de vermelding „uitgaanslawaai" met daarin kort en bondig iets over

- aard van de wijk (woonwijk, binnenstad, winkelwijk, uitgaansbuurt e.d.)
- afstand tot de uitgaansgelegenheid
- dagen en uren waarop hinder wordt ondervonden
- akties die reeds tegen eventuele hinder zijn ondernomen.

Bij voorbaat onze dank.

MEETRESULTATEN (in dBA)

| lokatie | (Leq) | maximaal niveau (Lmax) | pieken (Lpiek) |
|---|---|---|---|
| vaste discotheken | 100-105 | 103-108 | 112-114 |
| drive-in discotheken | 109 | 113 | 123 |
| popkoncerten | 112 | 118 | 128 |

genstelling tot de werkers in andere lawaaiige situaties – zoals in de zware industrie, op de vliegvelden en bij het werken met pneumatische boren – worden hun oren niet beschermd. Maar ook de regelmatige bezoekers van discotheken en popconcerten lopen duidelijke risiko's.

**maatregelen**

Wij zijn van mening dat de bezoekers van discotheken en popkoncerten moeten worden beschermd tegen schadelijke hoge geluidsniveaus. De gemeenten zouden daartoe als voorwaarde voor de verlening van een muziekvergunning moeten stellen, dat het geluid beneden een bepaald niveau blijft. Dit maximale niveau moet door het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne worden vastgesteld. Zo'n voorwaarde wordt reeds door de Engelse gemeente Leeds gehanteerd. Daar mogen bezoekers van muziekevenementen met niet meer dan 96 dBA worden belaagd.

Voor vaste discotheken kan handhaving van het maximum worden gegarandeerd door in de geluidsinstallatie een begrenzer te bouwen die na meting en goedkeuring door de gemeente wordt verzegeld, en regelmatig wordt gekontroleerd. Bij drive-in discotheken en tijdens popkoncerten zou met steekproeven moeten worden nagegaan of het geluidsniveau het maximum niet overschrijdt.

Na kennisneming van onze meetresultaten van haar drive-in discotheek heeft de Vara aangekondigd maatregelen te zullen nemen om schadelijke geluidsniveaus te voorkomen. Vooruitlopend op technische wijzigingen in de geluidsapparatuur hebben de medewerkers de opdracht gekregen de geluidsproduktie te matigen.

**popmuziek**

Na kennisneming van onze meetresultaten van haar drive-in discotheek kondigde de Vara aan haar medewerkers de opdracht te hebben gegeven de geluidsproduktie te matigen in afwachting van technische wijzigingen in de geluidsapparatuur.

Wij hebben nadien nogmaals het geluid in de Vara drive-in discotheek gemeten. Er bleek helaas nog niets veranderd. Het geluid lag nog op hetzelfde hoge niveau als bij onze eerste metingen.

Leestekst 6

# VERKEERSLAWAAI

**Ieder mens heeft er recht op 's morgens wanneer hij wakker wordt de vogels te horen fluiten. Veel mensen in ons kleine, volle landje kunnen geen vogels horen. 's Morgens niet, 's middags niet en 's avonds niet. Het verkeer dat langs hun huizen raast, maakt dat onmogelijk. Daarmee wordt hun onrecht aangedaan.**

**In de afgelopen twee jaar hebben we al enkele malen aan de hand van metingen laten zien, dat het verkeerslawaai dat veel mensen moeten verduren buiten de perken gaat. In ons laatste artikel met meetresultaten hebben we aangeboden groepen die aktie willen voeren tegen verkeerslawaai te helpen door het uitvoeren van metingen. Op dit aanbod is door vele groepen ingegaan.**

### Op verzoek

De metingen waarvan we in dit artikel de resultaten geven, hebben we uitgevoerd op verzoek van aktiegroepen, georganiseerde bewoners, de Regionale Omroep Zuid (Limburg) en de Lokale Omroep Zoetermeer.

Ons aanbod om te komen meten blijft van kracht. Daarvoor gelden de volgende voorwaarden. U moet als groep optreden. U moet ons vooraf inlichten over de soort hinder die u ondervindt, planologische en/of bestemmingsgegevens leveren en een situatieschets toesturen. Tenslotte moet de meting niet alleen voor u, maar ook voor anderen van nut zijn.

### Metingen

Bij onze vorige onderzoeken hebben wij het lawaai gemeten gedurende vierentwintig uur. Onze metingen hebben zich nu beperkt tot een korte tijd overdag, buiten de spitsuren, op dinsdag, woensdag of donderdag. Het meestal drukkere verkeer tijdens de spitsuren en op maandag en vrijdag hebben we dus buiten beschouwing gelaten. Het lawaai zal dan nog groter zijn. Ook naar het lawaai 's avonds, 's nachts en 's morgens vroeg hebben we niet gekeken. Uit eerdere metingen is gebleken, dat het doorgaand verkeer en daarmee het lawaai pas na elf uur 's avonds afneemt. 's Morgens na half zes komt dat verkeer, waaronder zware vrachtwagens, weer op gang, waarna menigeen geen oog meer dicht doet.

### Meetplaatsen

Om u een beeld te geven van de wegen waarlangs we hebben gemeten, hebben we deze in tabel 1 ruwweg in drie groepen ingedeeld: wegen met plaatselijk verkeer, tweestrooks wegen met doorgaand verkeer en vierstrooks autowegen. Over de eerste groep wegen rijdt in hoofdzaak plaatselijk verkeer, waaronder meestal het openbaar vervoer, van wijk naar wijk. Bij de tweede groep denken we met name aan hoofdwegen door dorpen. Tot de derde groep horen autowegen waar het verkeer maximaal 100 km/u mag rijden. Er zijn wegen die tot twee groepen kunnen behoren, zoals de inen uitvalswegen van steden; vierstrooks autowegen die tevens worden benut door het plaatselijk verkeer. Bij tweestrooks wegen staan de huizen meestal dicht op de weg: enkele tot ten hoogste een twintigtal meters. Bij vierstrooks autowegen is dat soms enige honderden meters.

Naast de indeling in groepen geven we – elders in dit artikel – een korte beschrijving van de meetplaatsen afzonderlijk.

### Meetresultaten

We hebben de resultaten van onze metingen in tabel 1 genoteerd in dB(A). dB staat voor decibel, de eenheid van geluid. Een geluid van 0 dB is zo zacht, dat we het niet meer kunnen horen; een geluid van meer dan 120 dB is zo sterk, dat het pijn doet aan de oren. De A in dB(A) slaat op het filter, waarvan bij de metingen gebruik is gemaakt. Dit filter korrigeert het geluid voor het oor. Ons oor is namelijk niet voor alle toonhoogten even gevoelig. Lage en hoge tonen horen we zachter dan ze in werkelijkheid zijn en door meetapparatuur worden geregistreerd.

De gemeten geluidsniveaus lopen van circa 60 dB(A) in de Schoolstraat in Ouderkerk a/d Amstel tot 85 dB(A) in de De Clercqstraat in Amsterdam.

### Toegestaan geluidsniveau

De Gezondheidsraad, een adviesorgaan van de regering, heeft vastgesteld hoeveel geluid in bepaalde situaties maximaal toe-

laatbaar is (tabel 2). Voor elk van onze meetplaatsen hebben we nagegaan welk geluidsniveau volgens de Gezondheidsraad maximaal kan worden toegestaan. We hebben dit niveau vermeld in tabel 1, evenals de mate waarin dit niveau wordt overschreden.
Op alle plaatsen waar we gemeten hebben, was het geluid sterker dan maximaal toegestaan. De overschrijding liep van circa 12 dB(A) in de Oosterstraat in Groningen tot 27 dB(A) in de Fr. Romanuslaan in Maastricht. Bij iedere 10 dB(A) meer klinkt het geluid tweemaal zo sterk. Dat betekent dat de bewoners van de Maastrichtse Fr. Romanuslaan geluid moeten verduren, dat bijna zeven maal zo sterk is dan maximaal toegestaan. Tijdens de spitsuren zal het waarschijnlijk nog sterker zijn.

## Remedies

De geluidsoverlast is op de meeste plaatsen in de loop der tijd ontstaan door toename van het verkeer. In enkele recente gevallen is de weg te dicht langs de huizen aangelegd (zoals in Ouderkerk a/d Amstel), of zijn de huizen te dicht langs de weg gebouwd (zoals in Weert en Zoetermeer). Duidelijke planologische blunders dus.
Geluidshinder wordt met het meeste effekt bestreden bij de bron: het gemotoriseerde wegverkeer. Vrachtwagens, autobussen en auto's maken meer lawaai dan nodig is. Door voorzieningen aan deze voertuigen kan het lawaai worden teruggedrongen. Ook scheelt het, wanneer ze minder hard rijden. Auto's maken meer lawaai naarmate ze harder rijden. Een snelheidsbeperking kan daarom de hinder voor de omwonenden verminderen. Er moet dan wel goed worden gekontroleerd of deze snelheidsbeperking wordt nageleefd.
De beperking van het lawaai dat de auto's produceren kan nog lang op zich laten wachten. Daarom moet er nu reeds voor worden gezorgd, dat het geluid zo min mogelijk mensen kan bereiken. Dit kan gebeuren door afscherming van het geluid door een wal of scherm. Wanneer dat niet mogelijk is, zullen de huizen beter moeten worden geïsoleerd. Op stoep en balkon blijft het dan echter nog even lawaaiig.

## We gaan door

We gaan door met onze onderzoeken naar verkeerslawaai. Nog dit jaar hopen we een onderzoek in te stellen naar het geluidsniveau van de verschillende motorvoertuigen: auto's, vrachtwagens, autobussen en trams.
Bij een Holland, herrieland kunnen we ons toch moeilijk neerleggen.

tabel 1 **VERKEERSLAWAAI**

| plaats | straat/wijk | soort situatie | gemeten geluidsniveau (Leq) | door Gezondheidsraad toelaatbaar geacht maximum (Leq) | overschrijding (Leq) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1) | dB(A) | dB(A) | dB(A) |
| ALKMAAR | Vondelstraat | a | 76 | 50 | 26 |
| AMSTERDAM | de Clercqstraat | a | 85,7 | 60 | 25,7 |
| BAARLO | Napoleonsbaan | b | 71,7 | 55 | 16,7 |
| BADHOEVEDORP | v. Wijnmalenstraat | c | 68,2 | 55 | 13,2 |
| BEEK (L) | Prins Mauritslaan | b | 70 | 55 | 15 |
| BORGER | Dalkampen | b | 63 | 45 | 18 |
| DONGEN | Hoge Ham | b | 75,3 | 55 | 20,3 |
| EYGELSHOVEN | Hoofdstraat | b | 75,5 | 55 | 20,5 |
| GELEEN | Rijksweg-Zuid | b | 75,4 | 55 | 20,4 |
| GENNEP | Heyenseweg | b | 77,6 | 55 | 22,6 |
| GOUDA | Kon. Wilhelminastraat | a/b | 75 | 50 | 25 |
| GRONINGEN | Oosterstraat | a | 71,7 | 60 | 11,7 |
| HEERLEN | Ruys de Beerenbroucklaan | a/b | 70,5 | 50 | 20,5 |
| KERKRADE | Holzstraat | a/b | 72,5 | 50 | 22,5 |
| MAASTRICHT | Fr. Romanuslaan | b | 82 | 55 | 27 |
| | Pr. Rooseveltlaan | c | 72,5 | 55 | 17,5 |
| ODOORN | Hoofdstraat | b | 75,4 | 55 | 20,4 |
| OUDERKERK a/d AMSTEL | Schoolstraat/ Persijnstraat/Achterdijk | c | 59-64 | 40 | 19-24 |
| ROERMOND | Venloseweg | b | 81,2 | 55 | 26,2 |
| ROTTERDAM | Charlois-wegennet rond Maastunnel | b/c | 73-78 | 60 | 13-18 |
| SCHIEDAM | Burg. Knappertlaan | a | 73 | 50 | 23 |
| UTRECHT | Beneluxlaan | a/c | 65,4 | 50 | 15,4 |
| | Kasaidreef (Overvecht) | a/c | 67,6 | 50 | 17,6 |
| | Socrateslaan | a/c | 71,3 | 50 | 21,3 |
| WEERT | Boshoven-Vrakker | b | 62 | 45 | 17 |
| ZOETERMEER | Meerzichtlaan/Laveibos | a/c | 71,2 | 50 | 21,2 |
| ZUTPHEN | Deventerweg | a/b | 76,8 | 55 | 21,8 |

1) a = weg met plaatselijk verkeer
b = tweestrooks weg met doorgaand verkeer
c = vierstrooks autoweg

tabel 2 **DOOR GEZONDHEIDSRAAD TOELAATBAAR GEACHTE MAXIMA (Leq)**

| aard van de woonomgeving | dag * (dBA) | avond * (dBA) | nacht * (dBA) |
|---|---|---|---|
| 1. landelijke omgeving (ook voor herstellingsoorden en stille rekreatie) | 40 | 35 | 25 |
| 2. rustige woonwijk, weinig verkeer | 45 | 40 | 30 |
| 3. woonwijk in stad | 50 | 45 | 35 |
| 4. woonwijk nabij hoofdweg, drukke spoorlijn; woonwijk in stad met enkele werkplaatsen of bedrijven | 55 | 50 | 40 |
| 5. stadscentrum (bedrijven, handel, kantoren, vermaakcentra) | 60 | 55 | 45 |
| 6. gebied met voornamelijk zware industrie | 65 | 60 | 50 |

* dag = 07.00-19.00 uur
avond = 19.00-23.00 uur
nacht = 23.00-07.00 uur

Eygelshoven - Hoofdstraat

Gennep - Heyenseweg

Groningen - Oosterstraat

Maastricht - Fr. Romanuslaan

Odoorn - Hoofdstraat

Roermond - Venloseweg

**Alkmaar.** Aan de Vondelstraat ligt o.a. de flat Ruusbroechof, waarvan de voorgevel ongeveer tien meter van de weg staat. Over deze weg gaat veel plaatselijk verkeer en verkeer van één van de invalswegen van Alkmaar. De flatbewoners trachten van de eigenaar dubbele beglazing te krijgen.

**Amsterdam.** De De Clercqstraat is één van de belangrijke wegen naar het centrum. Veel verkeer van allerlei aard (personenauto's, vrachtwagens, bussen, trams) perst zich door deze straat. Het lawaaiigst is het bij de verkeerslichten door het optrekken van het verkeer.

**Baarlo.** Een klein dorp in Limburg met een weg die in hoofdzaak door doorgaand verkeer wordt gebruikt. Omdat de snelheidsbeperking tot 50 km/u pas laat begint, heeft een aantal inwoners nodeloos hinder van het lawaai van het nog snel rijdende verkeer.

**Badhoevedorp.** Op enige tientallen meters afstand van de bebouwing raast het verkeer over de verhoogde vierstrooks autoweg. Vooral sinds deze direkt met de Velser tunnel is verbonden, is de overlast van het verkeer sterk toegenomen.

**Beek.** Dit dorp heeft veel bebouwing langs een weg met in hoofdzaak doorgaand verkeer. Doordat deze weg enigszins helt, moeten de motoren veel vermogen leveren. Dit veroorzaakt extra veel lawaai.

**Borger.** Veel vrachtverkeer passeert dit dorp langs de provinciale weg. Een snelheidsbeperking ter hoogte van het dorp zou de geluidshinder aanzienlijk beperken.

**Dongen.** Dwars door dit dorp gaat een weg met in hoofdzaak doorgaand verkeer, waaronder veel vrachtwagens. Vooral lege, rammelende autotransportwagens hinderen de bewoners.

**Eygelshoven.** De inwoners van dit dorp hebben last van het verkeer over een door het dorp gaande, enigszins hellende weg.

**Geleen.** De hinder in deze plaats wordt veroorzaakt door het doorgaande verkeer over een enigszins hellende weg.

**Gennep.** De doorgaande weg door dit dorp is tevens winkelstraat.

**Gouda.** De Kon. Wilhelminastraat is een brede weg door een wijk van Gouda die wordt gebruikt door veel vrachtverkeer, afkomstig van een industrieterrein. Er bestaan plannen om deze weg op te nemen in een verkeerscirculatieplan...

**Groningen.** De Oosterstraat is een winkelstraat met doorgaand (bus)verkeer naar het centrum. Door de hoge bebouwing vlak langs de weg wordt het geluid van het verkeer weerkaatst.

**Heerlen.** De Ruys de Beerenbroucklaan is een van de wegen naar het centrum. De breedte ervan verleidt tot (te) hard rijden.

**Kerkrade.** Het doorgaande verkeer over een enigszins heliende weg is hier debet aan de geluidsoverlast.

**Maastricht.** De Fr. Romanuslaan is een uitvalsweg van Maastricht. Zwaar vrachtverkeer raast op luttele meters langs de gevels van de huizen. Het was er bijna te gevaarlijk om te meten.

De Rooseveltlaan is een brede vierstrooks invalsweg. De flats aan weerszijden zorgen voor een veelvoudige weerkaatsing van het geluid.

**Odoorn.** De drukke provinciale weg, die langs Borger loopt, gaat dwars door dit dorp. Het wegdek is daar lang niet op berekend.

**Ouderkerk a/d Amstel.** De rijksweg die langs dit dorp loopt, is vorig jaar oktober geopend. Door de verhoogde ligging van deze weg hindert het verkeer niet alleen de bewoners van de op 150 meter afstand liggende huizen, maar ook de andere bewoners van het zuidelijke gedeelte van het dorp. Een snelheidsbeperking tot bijvoorbeeld 70 km/u zou niet alleen de hinder verminderen voor dit dorp, maar ook voor het even verder en dichter bij de rijksweg gelegen Amstelveen.

**Roermond.** De Venloseweg is een uitvalsweg van Roermond. Zwaar vrachtverkeer raast op enkele meters afstand langs de huizen.

**Rotterdam.** In deze stad hebben we gemeten langs een aantal zeer drukke wegen op de zuidoever, met veel verkeer van en naar havens en Maastunnel.

**Schiedam.** De Burg. Knappertlaan is een drukke, brede weg door een woonwijk die verleidt tot (te) hard rijden. Veel vrachtwagens en bussen maken er gebruik van.

**Utrecht.** De Beneluxlaan maakt deel uit van de ringweg rondom Utrecht. Er staan veel flats langs, evenals kantoorgebouwen, die het verkeerslawaai naar de flats kaatsen.

De Kasaidreef is een drukke vierstrooks weg door een woonwijk.

De Socrateslaan is een zeer drukke weg met doorgaand en lokaal verkeer, waaronder veel vrachtwagens. Op de koopavond is het vooral het verkeer van en naar het centrum dat overlast bezorgt. Ook de bewoners van aangrenzende straten ondervinden veel hinder van het verkeer op de Socrateslaan.

**Weert.** Splinternieuwe woonwijk langs een invalsweg. De geluidswal is te laag om het geluid voldoende te keren.

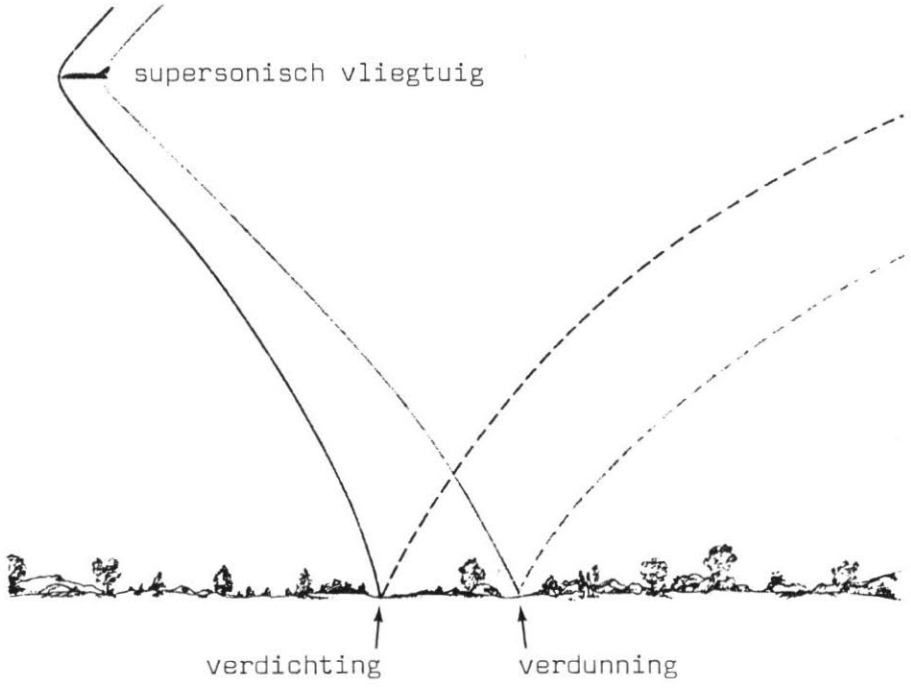
**Zoetermeer.** De Meerzichtlaan is een vierstrooks weg die de wijken van deze nieuwe stad met elkaar verbindt. Het verkeer, waaronder veel vrachtwagens en autobussen, raast op een tiental meters voorbij de ramen van de flats.

**Zutphen.** De Deventerweg is een invalsweg. Er gaat veel vrachtverkeer over, afkomstig van een nabijgelegen industrieterrein. Een kruispunt met verkeerslichten maakt het hier extra lawaaiig.

Leestekst 7

# DE GELUIDSBARRIERE

Een vliegtuig dat sneller vliegt dan het geluid veroorzaakt op een groot gebied op het aardoppervlak onder zijn baan een onverwachte, luide knal. Hoewel vooral militaire vliegtuigen door de geluidsbarrière vliegen, worden er soms ook wel gewone lijnvluchten sneller dan het geluid uitgevoerd (bijvoorbeeld door de Frans-Britse 'Concorde').
De supersonische knal werd voor het eerst waargenomen in de tweede wereldoorlog. De schokgolven die bij snelle vluchten worden veroorzaakt, planten zich door de lucht voort zodat ze het aardoppervlak bereiken en daar de plotselinge knallen veroorzaken, die aan een ontploffing doen denken. Zo'n schokgolf is te vergelijken met de boeggolf van een snel varend schip of van een speedboot.
Eerst bereikt een verdichting de waarnemer en even later een verdunning (vergelijk de tekening op blz.14).



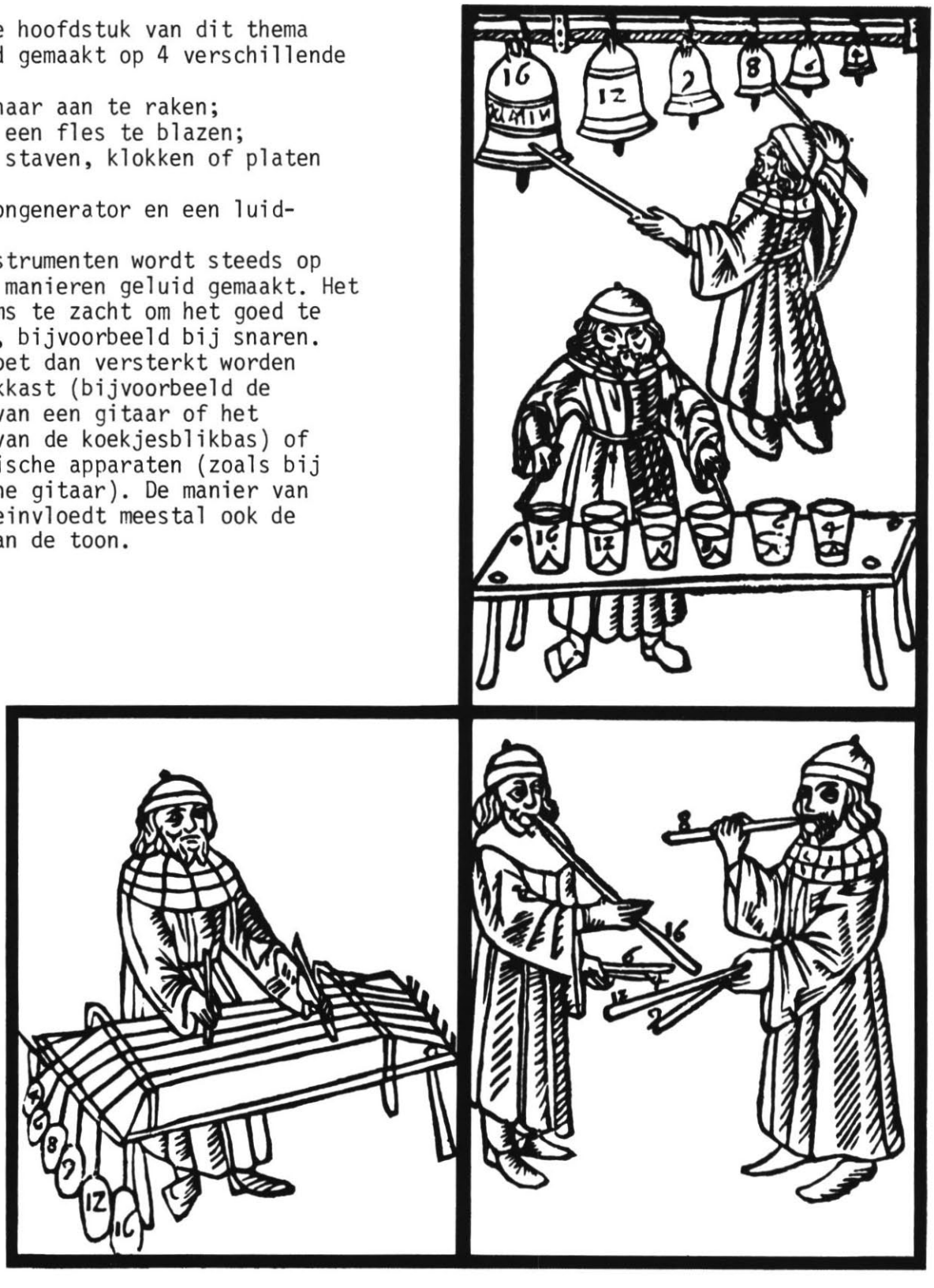

Meestal worden deze apart waargenomen, zodat je een dubbele knal hoort. De knal wordt vanaf ongeveer 160 km van de plaats waar het vliegtuig opstijgt gehoord in een gebied dat zich 50 tot 65 km uitstrekt aan weerszijden van de baan. Recht onder de baan van het vliegtuig is de knal het hardst; het vliegtuig is al weer 30 tot 50 km ver weg als de waarnemer op de grond door de knal wordt opgeschrikt.
De supersonische knal is zowel binnen als buiten te horen. Binnen klinkt hij meestal heel anders dan buiten, afhankelijk van het gebouw waarin je zit. Bovendien merk je binnen vaak trillingen van de vloer, de muren en de ramen. Hierdoor kan schade veroorzaakt worden aan gebouwen, vooral wanneer de bouwkwaliteit te wensen overlaat.

Leestekst 8

# MUZIEKINSTRUMENTEN

In het eerste hoofdstuk van dit thema heb je geluid gemaakt op 4 verschillende manieren:
- door een snaar aan te raken;
- door langs een fles te blazen;
- door tegen staven, klokken of platen te slaan;
- met een toongenerator en een luidspreker.

Bij muziekinstrumenten wordt steeds op een van deze manieren geluid gemaakt. Het geluid is soms te zacht om het goed te kunnen horen, bijvoorbeeld bij snaren. Het geluid moet dan versterkt worden met een klankkast (bijvoorbeeld de klankkasten van een gitaar of het koekjesblik van de koekjesblikbas) of met elektronische apparaten (zoals bij de elektrische gitaar). De manier van versterken beinvloedt meestal ook de klankkleur van de toon.



Snaarinstrumenten.

Bij snaarinstrumenten wekt een snaar het geluid op. Bij een gitaar brengt de gitarist een snaar in trilling, met de hand of met een plectrum (een stevig plaatje). Bij de viool gebeurt dat meestal met een "strijkstok" die de violist over de snaar heen en weer beweegt. De goede toonhoogte van een snaar stel je in door bij het stemmen de juiste spanning op de snaar te kiezen. In proef 1 op blz.6 heb je gezien dat een hogere spanning een hogere toon geeft. De kracht waarmee het ene uiteinde van zo'n instrument aan het andere trekt kan erg groot zijn. Bij een viool is dat al ongeveer 250 N. De onderdelen waaruit de snaarinstrumenten zijn opgebouwd moeten dus zó stevig zijn, dat ze deze krachten kunnen ondergaan zonder te breken of krom te trekken.
Op een viool zitten vier snaren, op de "gewone" gitaren (Spaanse gitaar en elektrische gitaar) zes. Toch kun je er veel meer tonen mee voortbrengen, door de snaar in te korten. Een kortere snaar geeft een hogere toon (vergelijk proef 1 op blz.6). Dat inkorten gebeurt door de snaar met de vinger tegen de hals te drukken.

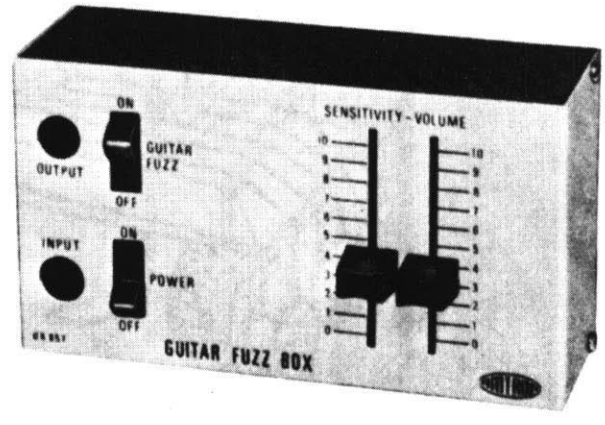
Het geluid van de snaren wordt versterkt met een klankkast (akoustisch) of met een element en een elektronische versterker (elektrisch). De invloed van een klankkast is goed te horen als je een klinkende stemvork op een klankkast zet. De manier van versterken is van invloed op de uiteindelijke klank: een elektrische gitaar klinkt anders dan een akoustische gitaar. Bij elektrische instrumenten kan de klank beinvloed worden met vervormers (fuzz, wah-wah).

De klankkast van een instrument is groter naarmate het lagere tonen produceert. Daarom is de contrabas in het orkest zo'n groot instrument. Bij elektrische instrumenten is de omvang niet gebonden aan de omvang van de klankkast: de basgitaar is ongeveer even groot als een gewone elektrische gitaar, maar veel kleiner dan de (akoustische) contrabas.

Bij enkele snaarinstrumenten heeft elke toon één of meer eigen snaren. Dit is het geval bij de harp en de piano. De snaren van de lage tonen zijn veel langer en dikker dan de snaren van de hoge tonen (vergelijk proef 1 op blz.6 en opdracht 1 op blz.9).

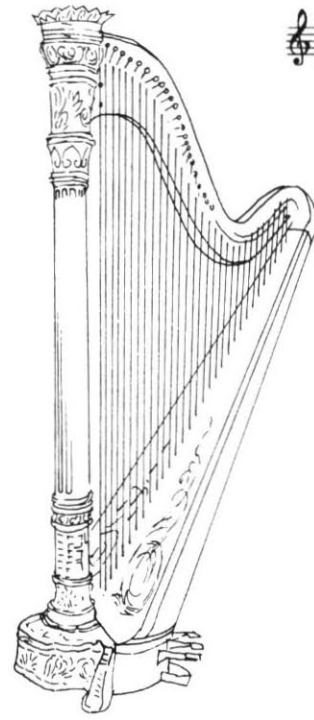
*viool, cello en contrabas op dezelfde schaal getekend.*

*Gitarist.*

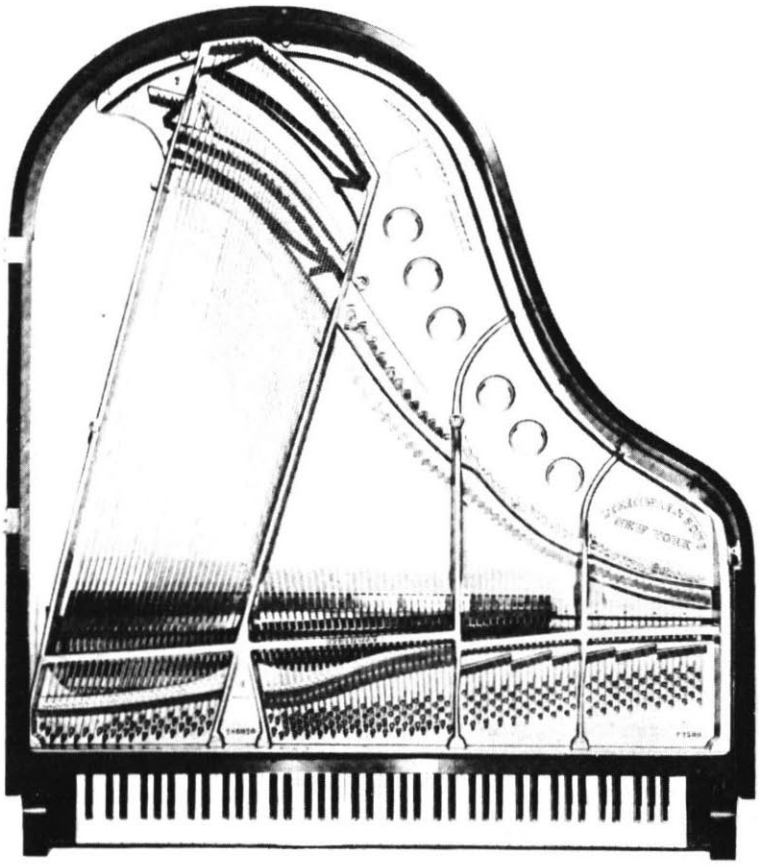



*Fuzz*

Bij een piano brengen hamertjes de snaren in trilling. Door het grote aantal snaren is de kracht die de ene kant van de piano op de andere kant uitoefent erg groot. Bij een concertvleugel soms meer dan 250.000 N. De snaren zitten daar ook op een metalen frame. De zangbodem en de kast van de piano zorgen voor de versterking van de tonen die de snaren voortbrengen. De elektrische piano is geen snaarinstrument. Hier brengen metalen plaatjes de tonen voort. De toon die ontstaat als een hamertje tegen zo'n plaatje tikt, wordt versterkt met een elektronische versterker.



*Harp*



*Bovenaanzicht van een concertvleugel. De snaren van de lage tonen (links) zijn schuin over de snaren van hogere tonen gespannen.*

Blaasinstrumenten.

Bij blaasinstrumenten wordt het geluid opgewekt door een luchtkolom in trilling te brengen. Bij fluiten (bijvoorbeeld blokfluit, dwarsfluit) blaast de speler lucht tegen een scherpe rand (vergelijk het tegen de rand van een fles blazen bij proef 2 op blz.6). Er ontstaat daardoor een ruisend geluid, waarvan vooral die toonhoogte wordt versterkt die bij de lengte van de buis past. De lengte van de buis kun je kleiner maken door een of meer gaten vanaf het uiteinde van de

*Dwarsfluit*

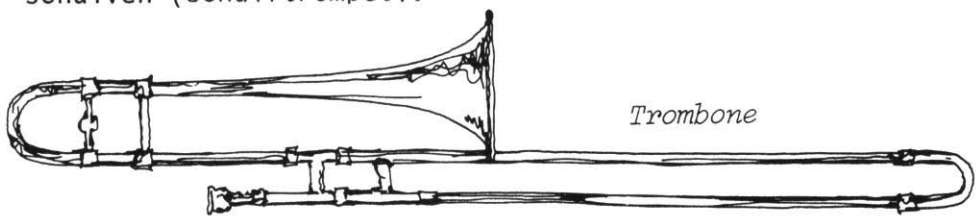
buis te openen (of niet meer af te dekken). Een kleinere lengte van de buis betekent een hogere toon.
Bij het mondstuk van een ander type blaasinstrumenten (zoals een klarinet, hobo, saxofoon of fagot) bewegen zich een of twee dunne stukjes riet, die door de speler in trilling kunnen worden gebracht. De toonhoogte die bij de lengte van de buis past, wordt weer versterkt.

*klarinet*

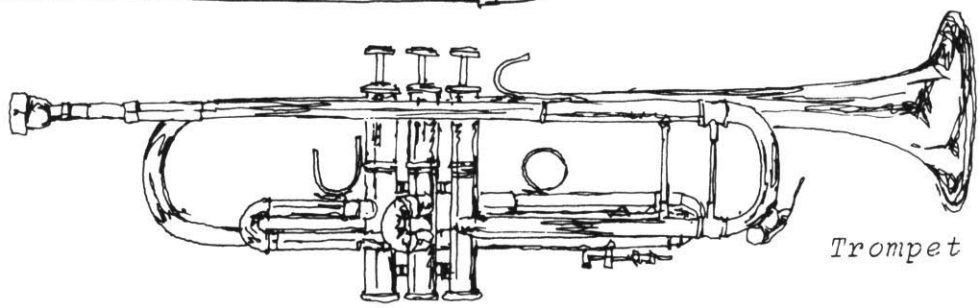
*Hobo*

*Saxofoon*

Bij trompetten, tuba's en trombones wordt een luchtkolom in trilling gebracht door trilling van de lippen van de speler. De trombonespeler varieert de lengte van de pijp door een buis op zijn instrument verder naar voren of naar achteren te schuiven (schuiftrompet).

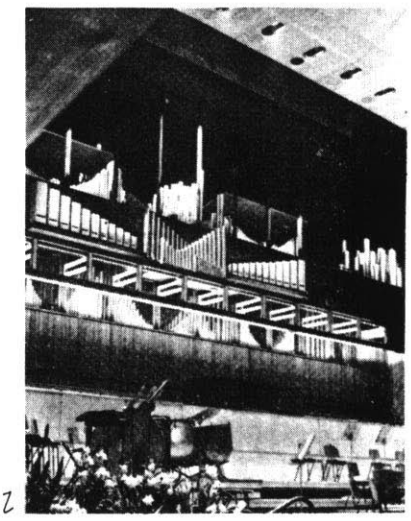


*Trombone*



*Trompet*

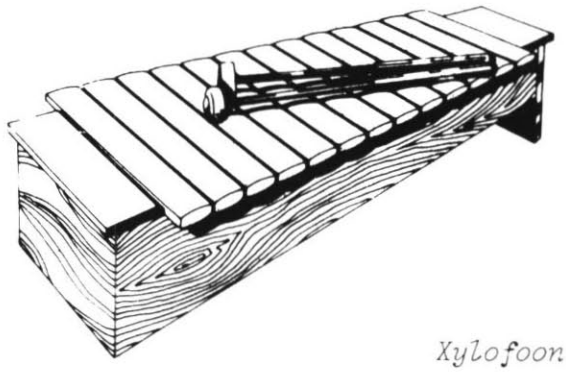
Een pijporgel is nauw verwant aan de blaasinstrumenten. Hier is weer voor elke toonhoogte minstens één grote pijp beschikbaar. Meestal zijn het echter meerdere pijpen, die dan verschillen in klankkleur.



*Orgel*

Instrumenten met klinkende platen of staven.

Deze manier van geluid voortbrengen wordt niet alleen toegepast bij de drums en bekkens van het drumstel. Er bestaan ook instrumenten waarmee melodieën gespeeld kunnen worden, bijvoorbeeld het klokkenspel, de xylofoon en de elektrische piano.

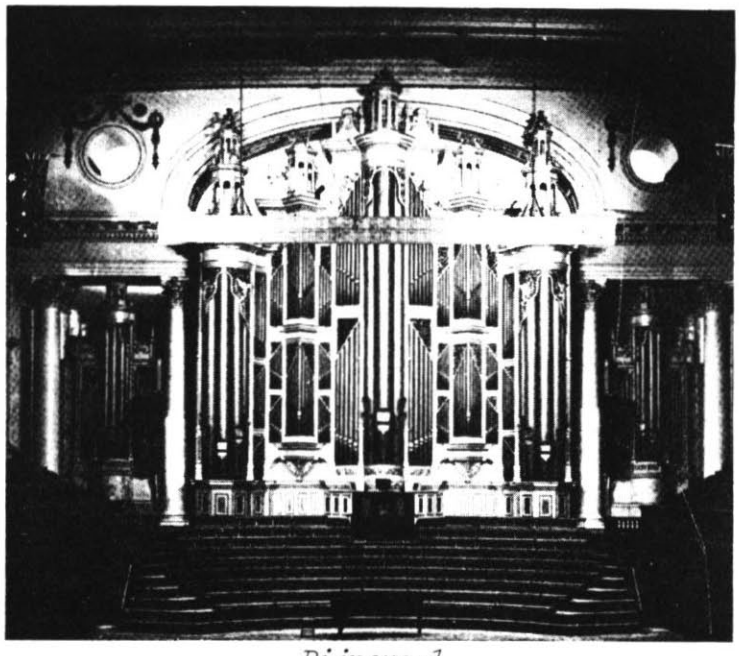


*Xylofoon*

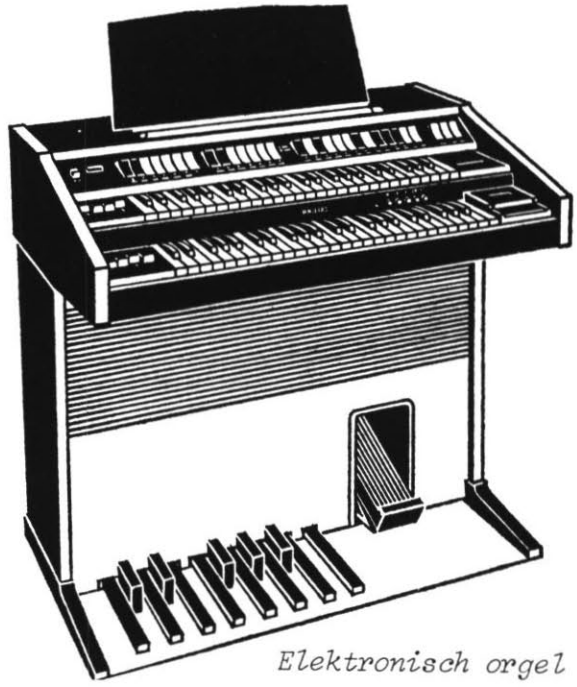
Elektronische muziekinstrumenten.

In elektronische muziekinstrumenten wordt het geluid elektronisch opgewekt en versterkt. Bovendien wordt de klankkleur elektronisch beinvloed. Het elektronisch orgel ontstond als nabootser van een pijporgel (kerkorgel). Het ontwikkelde zich als een zelfstandig instrument met eigen mogelijkheden. Dit geldt nog sterker voor de synthesizer, een elektronisch muziekinstrument dat een groot aantal nieuwe klanken aan de grote verscheidenheid van reeds bestaande toevoegde.

*Synthesizer*



*Pijporgel*



*Elektronisch orgel*

Leestekst 9

# HIFI STEREO

Stereo (of volledíger: stereofonie) is de term voor een bepaalde geluidstechniek. Het is de techniek waarbij zowel bij opname als bij weergave gebruik wordt gemaakt van een geheel dubbele installatie. Dat wil dus zeggen: twee microfoons die tezamen met twee opnameversterkers twee gescheiden opnamesignalen in de stereo-grammofoonplaat of de geluidsband bewerkstelligen. En bij weergave: een "twee-in-één" pickupelement pikt beide gescheiden signalen onafhankelijk van elkaar op en voert ze onafhankelijk van elkaar naar twee gelijke versterkers. Twee luidsprekers of luidsprekergroepen, elk aangesloten op één van beide versterkers, vormen het einde van de dubbele keten.
De twee microfoons zijn zodanig opgesteld, dat de linker microfoon de van links en de rechter microfoon de van rechts komende geluiden opvangt. Wordt bij weergave de bij het linker kanaal behorende luidspreker ook links van ons (of beter: schuin links vóór ons) opgesteld en de andere luidspreker rechts, dan horen we uit welke richting een bepaald geluid komt.
Maar er is meer. Het bijvoorbeeld van rechts komende geluid bereikt niet alleen ons rechter, maar ook ons linker oor. En omdat geluid een zekere tijd nodig heeft om zich voort te planten, komt het iets later bij het linker oor aan dan bij het rechter. Beide gehoorsindrukken overlappen elkaar niet, zij het dat de verschillen uiterst gering zijn. Maar ons gehoor reageert er toch op. We horen daardoor niet alleen wat links of rechts van ons is, maar ervaren ook ruimte. Er is een derde dimensie bijgekomen. Horen we bij een eenkanalige of monorale weergave het geluid, hoe zuiver het ook mag zijn, duidelijk uit een enkele luidspreker of luidsprekergroep komen, bij stereofonische weergave is dit zogenaamde "sleutelgateffect" verdwenen. De

muziek is er, in een breed front. Want zo frappant is de ruimtewerking, dat ook het middengebied, het gebied tussen de linker en rechter luidspreker dus, schijnbaar met geluid is opgevuld. Als we onze ogen dicht doen, zien we als het ware de musici voor ons, van links naar rechts en hebben we het gevoel er achter langs te kunnen lopen: het staat los van de muur.
Stereofonie is geen reclamestunt, door een of andere handige zakenman uitgedacht. Stereo is de uitbreiding van "mono", het is tweekanalige weergave, niets minder maar ook niets meer. Want de aanduiding "stereo" zegt nog niets over de kwaliteit. Daarom wordt er nog een andere term gehanteerd: Hi-Fi stereo. Het is gebleken, dat wanneer aan bepaalde eisen, onder meer wat betreft luidsprekeropstelling, wordt voldaan, stereofonisch weergegeven muziek al gauw bijzonder goed klinkt.Het hogetonenbereik bijvoorbeeld kan hoorbaar toenemen. Deze schijnbare geluidsverbetering is een wat ingewikkelde zaak waarin verschillende factoren een rol spelen. Een van die factoren is het feit, dat de toehoorder zozeer door het stereofonische geluid wordt omspoeld, er als het ware zo mee wordt bezig gehouden, dat de geluidskwaliteit op het tweede plan komt. Een andere factor is de onderlinge beinvloeding van de uit de luidsprekers komende, gescheiden geluidssignalen. Hoe het ook zij, stereo kan door een zeer bescheiden installatie zeer bevredigend worden weergegeven. Het is zelfs zo, dat een bevredigende stereoinstallatie eenvoudiger en goedkoper is te verwezenlijken dan een naar verhouding even bevredigende monorale installatie. Let wel: we spreken hier over "bevredigend". Dat is nog maar het begin van de ladder, dat is eenvoudig "stereo". Maar het is uiteraard ook mogelijk een stereoplaat weer te geven met behulp van stereo-apparatuur die het predikaat Hi-Fi met ere voert. Zo'n installatie is niet goedkoop, maar benadert de werkelijkheid verrassend goed.

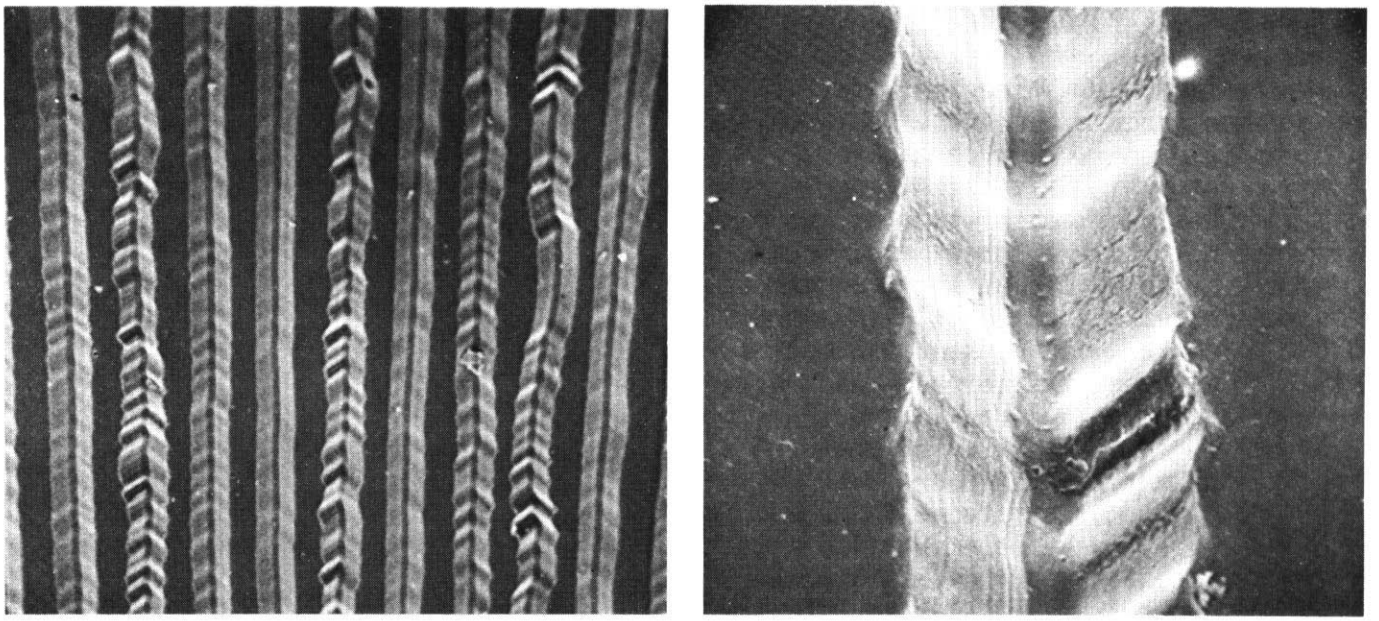
LEESTEKST 10

# GELUIDSOPNAMEN

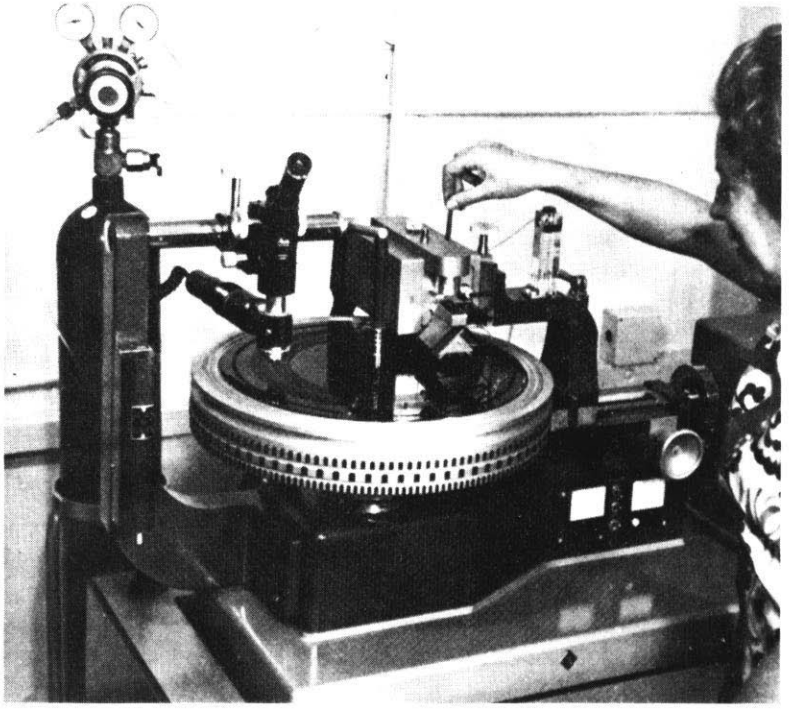
Veel van het geluid uit je radio of je geluidsinstallatie is afkomstig van grammofoonplaten, van geluidssporen bij geluidsfilms of van geluidsbanden. Hier gaan we na hoe die gemaakt worden en hoe ze werken.

Grammofoonplaat.

Een grammofoonplaat is een vlakke schijf met een lange spiraalvormige groef erin. Hieronder zie je een deel van zo'n grammofoonplaat, sterk vergroot. Het golvende spoor van de oorspronkelijke opname wordt gemaakt door een beitelvormige saffier, die heen en weer beweegt met het geluid dat moet worden vastgelegd (vergelijk het getrokken geluidsspoor bij proef 6 op blz.11). De frekwentie van de bewegingen van de saffier is dezelfde als de frekwentie van de toon die wordt opgenomen. De uitwijking in zo'n beweging hangt af van de geluidssterkte.

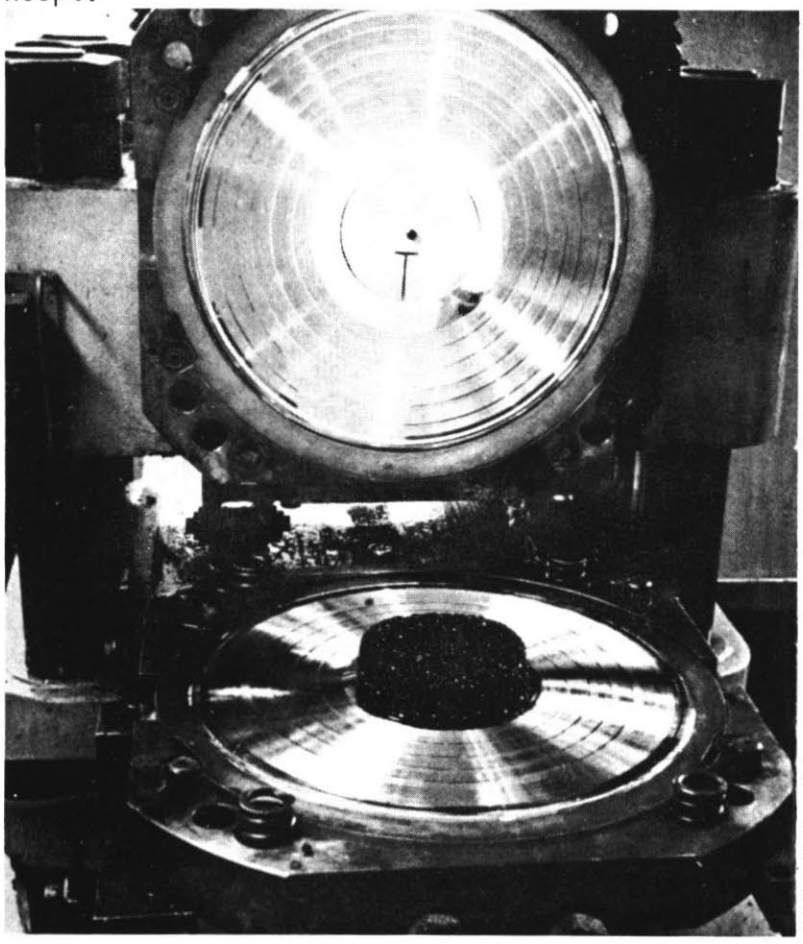


*Groeven van een grammofoonplaat, 200 x vergroot (links) en 500 x vergroot (rechts).*



*Het vervaardigen van de originele plaatopname*

Bij een plaatopname vangt een microfoon het geluid op en zet het om in elektrische trillingen. Dit elektrisch signaal wordt versterkt en daarna gebruikt om de beitel over de vlakke plaat te sturen.
De originele plaatopname wordt vastgelegd op een speciale schijf. Deze draait rond met een konstante omwentelingssnelheid. De beitel beweegt geleidelijk naar het midden en maakt zo de spiraalvormige groef op de plaat. Als de microfoon geen geluid opvangt, komt er geen elektrisch signaal bij de beitel zodat de groef glad wordt. Als de microfoon wel geluid opvangt, stuurt het versterkte elektrische signaal de beitel heen en weer en ontstaat er een golvend spoor. De zo opgenomen plaat wordt gebruikt voor het maken van een koperen matrijs. Deze geeft een exacte kopie van de originele schijf als hij stevig in zacht materiaal wordt gedrukt. Het gebruikte materiaal is een speciaal soort kunststof; dit is zacht bij hoge temperaturen maar hard op kamertemperatuur. Dit zijn de platen die je in de platenwinkel koopt.



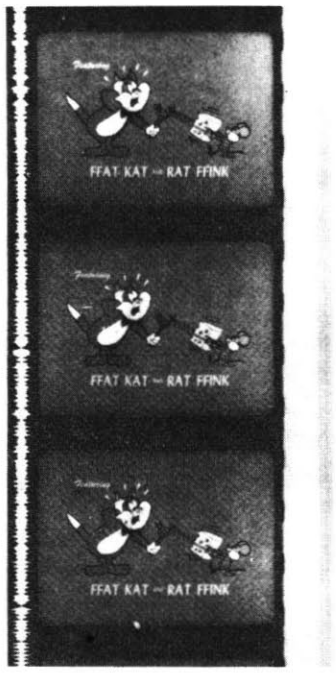
*Het persen van een grammofoonplaat.*
*Als de koperen matrijs (boven) op de zwarte korreltjes kunststof gedrukt wordt, veranderen deze in een gewone grammofoonplaat.*

Bij het afspelen van de plaat beweegt de naald van de pick-up door de groef. De naald volgt het golvende patroon precies zoals de beitel het oorspronkelijke spoor maakte. De naald is verbonden met een materiaal dat een elektrisch signaal afgeeft als het wordt gebogen of samengedrukt. Deze eigenschap van sommige kristallen en keramische materialen wordt "piëzo-elektriciteit" genoemd.
Als de naald de groef volgt wordt het kristal gebogen of samengedrukt.
De elektrische signalen die daardoor ontstaan komen in frekwentie en sterkte overeen met het oorspronkelijke geluid. Deze elektrische signalen wor-

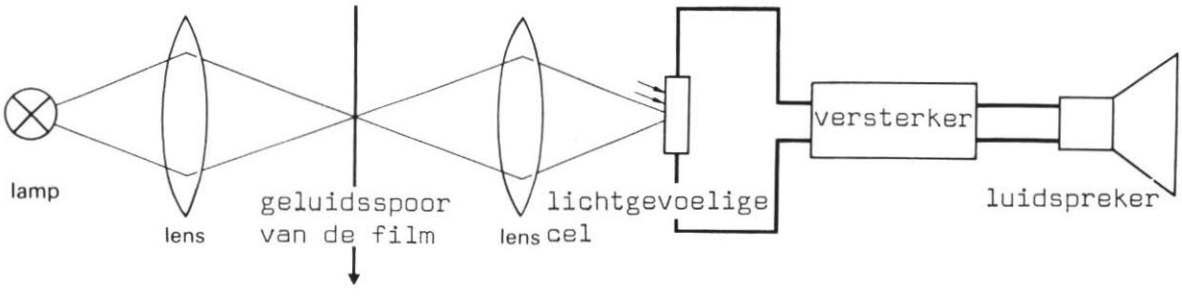
den versterkt en doorgegeven aan een luidspreker, die het opgenomen geluid uiteindelijk weergeeft.
Voor stereo-opname worden twee microfoons gebruikt, die elk hun eigen elektrisch signaal afgeven. Elk van beide signalen zet de beitel in beweging, elk in een eigen richting. De richtingen staan loodrecht op elkaar, zodat de beweging van de beitel ten gevolge van de ene microfoon niet beinvloed wordt door de andere microfoon. Zo ontstaat een groef met twee verschillende signalen. Bij het afspelen van de plaat beweegt de naald eveneens in twee verschillende richtingen en geeft daarbij twee verschillende signalen. Elk signaal komt bij een eigen luidspreker (zie ook leestekst 9).

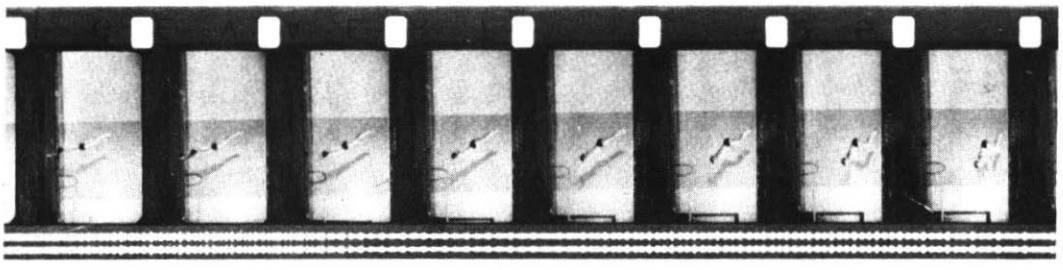
Geluidsspoor bij film.

Het gegolfde patroon in de lengterichting naast de filmbeeldjes is het geluidsspoor van de film. Bij het maken van zo'n spoor vangt een microfoon het geluid op. Deze zet het om in een elektrisch signaal. Het elektrische signaal wordt versterkt en daarna doorgegeven aan een instrument dat de hoeveelheid licht regelt die op het geluidsspoorgedeelte van de film valt. Bij het ontwikkelen van de film zie je een gegolfd patroon; de frekwenties in het patroon komen overeen met de frekwenties van het oorspronkelijke geluid. Bij het projecteren van de film valt er niet alleen licht door de filmbeeldjes, maar ook door het geluidsspoor. De hoeveelheid licht die door het spoor valt, hangt af van de zwarting van de film. Deze lichtsterkte wisselt dus met dezelfde frekwentie als het oorspronkelijke geluidssignaal. Een fotocel zet het wisselende lichtsignaal om in een elektrisch signaal. Dit wordt versterkt en met behulp van een luidspreker weergegeven.




*Gedeelte van een film met een geluidsspoor (mono).*



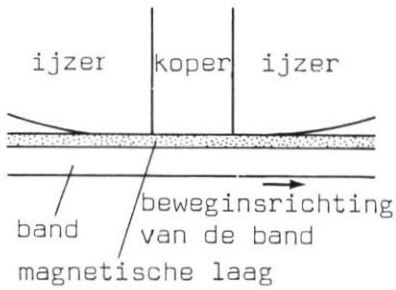



*Film met twee geluidssporen (stereo)*

*Geluidsbanden voor spoelenrecorder (links) en cassetterecorder (rechts)*

Geluidsband.

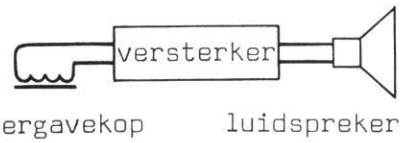
Bij een plaat of een film kun je de gegolfde geluidspatronen duidelijk zien. Op een magnetische geluidsband of cassette kun je echter geen opnamespoor ontdekken. Hier wordt de informatie over het oorspronkelijke geluid opgeslagen op een plastic band waarin zich een dun laagje poeder van een magnetisch materiaal bevindt. Het materiaal kan worden gemagnetiseerd met een elektromagneet. Hoe groter de stroom is die door de elektromagneet gaat, des te sterker wordt het materiaal gemagnetiseerd.
Bij een bandopname vangt een microfoon het geluid op, en zet het om in elektrische trillingen. Het signaal wordt versterkt en doorgegeven aan een elektromagneet (de opnamekop). Deze opnamekop magnetiseert een smal strookje op de geluidsband, wanneer de band met een konstante snelheid langs de kop glijdt.




*Een opnamekop van een bandrecorder, sterk vergroot. De magnetische veldlijnen lopen vooral door de magnetische laag van de geluidsband en niet door het (niet magnetische) koper.*

Omdat de stroomsterkte door de opnamekop varieert, varieert ook het magnetisme in de band. De frekwentie van de wisselingen in de magnetisatie is dezelfde als de frekwentie van het opgenomen geluid. Een groot verschil in magnetisatie komt overeen met een grote geluidssterkte. De uiteindelijke "bespeelde" band brengt dus alle informatie over het oorspronkelijke geluid, ook al kun je dat niet zien.

Het afspelen van de band gaat met het principe van de magnetische inductie. Een magneet die je bij een spoel heen en weer beweegt, veroorzaakt elektrische stroompjes in de spoel (zie proef 1 op blz.37). In de bandrecorder of een cassetterecorder is de band een soort magneet waarin de sterkte varieert op verschillende plaatsen van de band. De "weergavekop" is een spoel. Doordat de band met een konstante snelheid langs de weergavekop beweegt, veroorzaken de magneetveld-veranderingen elektrische stroompjes in de weergavekop. Deze worden versterkt en daarna door de luidspreker als geluid weergegeven. Het geluid uit de luidspreker is vrijwel hetzelfde als het oorspronkelijk opgenomen geluid.




*Het afspelen van een magnetische geluidsband.*

De variaties in magnetisme op geluidsband moeten meer dan een bepaalde minimale afstand uit elkaar liggen, om nog door de koppen te kunnen worden opgenomen of weergegeven. Daardoor kunnen geluiden boven een bepaalde frekwentie niet meer worden opgenomen of weergegeven. De kwaliteit van het weergegeven geluid is daarom minder dan die van het opgenomen geluid. De geluidsweergave is beter als de band sneller langs de koppen loopt. Dezelfde afstand op de band geeft dan een hogere frekwentie weer. De betere geluidskwaliteit kost dan wel meer band, zodat in de praktijk steeds kwaliteit tegen de kostprijs moet worden afgewogen.

Tegenwoordig maakt men ook voor plaat- en geluidsspoor-opnamen eerst een bandopname. De band wordt pas omgezet op grammofoonplaat of geluidsspoor als de producer en studiotechnici volledig tevreden zijn over de kwaliteit. Een groot voordeel van bandopname is de mogelijkheid om de opgenomen band direkt af te draaien. Ook is het mogelijk de kwaliteit van de opname te kontroleren en de verschillende instrumenten te mengen en na elkaar op te nemen. Zo zijn er platen waarop één persoon een heel orkest speelt.

*Een bandopname maken met een cassetterecorder.*

Leestekst 11

# GELUIDSAPPARATUUR

In folders van geluidsapparatuur kom je vaak een groot aantal moeilijke en indrukwekkende woorden tegen. Over een aantal hiervan kun je in deze leestekst lezen.

Komponenten van de geluidsapparatuur.

Het geluid dat in de huiskamer wordt weergegeven is afkomstig van een radiozender, opgenomen op een grammofoonplaat of opgenomen op de geluidsband. Het signaal van de zender wordt ontvangen met een *tuner* (ontvanger, afstemmer); de grammofoonplaat wordt afgespeeld met een *pick-up* (grammofoon). Een geluidsband wordt afgespeeld op een *bandrecorder (tapedeck)* of een *cassetterecorder (cassette deck)*.

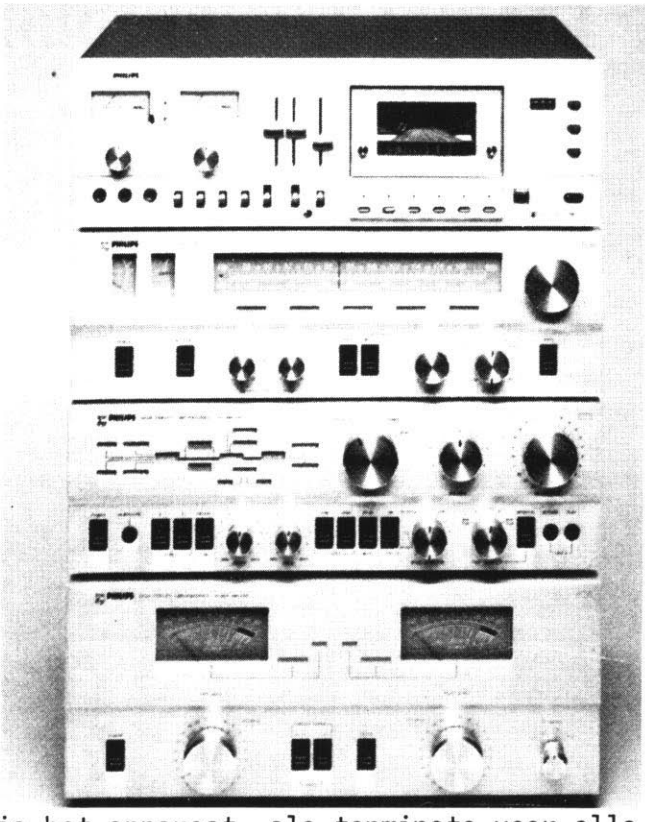
*Bandrecorder*

*Pick-up*

De elektrische signalen die deze apparaten leveren zijn te zwak om direkt via een luidspreker weer te geven. Ze moeten daarom versterkt worden met een *versterker*. Een versterker met ingebouwde tuner heet in de folders een *receiver* (gewoon engels voor "ontvanger"). Het signaal dat sommige pick-up elementen (magneto dynamische elementen) leveren is zo zwak, dat het nog een keer extra versterkt moet worden in een *voorversterker*, voordat het naar de versterker kan. De versterker bevat gewoonlijk een gedeelte waarbij geluidssterkte en klankkleur geregeld kunnen worden en een gedeelte dat het signaal geschikt maakt voor luidsprekers. Soms zijn deze onderdelen echter uitgevoerd in aparte kastjes *(stuurversterker* en *eindversterker)*. Wanneer de genoemde geluidsapparatuur is ingebouwd in een metalen rek, noemt men dat een *audio-rack*. Soms is daarin nog een plaatsje over voor platen en banden. De luidsprekers zijn ondergebracht in *luidsprekerboxen*. Meestal bevatten de boxen meer dan één luidspreker: een *woofer* of lage-tonen-luidspreker, een luidspreker voor het middengebied en een *tweeter* of hoge-tonen-luidspreker. De *cross-over frekwenties* zijn de grenzen tussen tonen die door de ene of door de andere luidspreker van de box worden weergegeven (bijvoorbeeld 1300 en 6000 Hz).

Geluidskwaliteit.

Het *frekwentiebereik* geeft aan welke frekwenties het apparaat nog kan opnemen of weergeven. Voor een tuner bedraagt het frekwentiebereik bijvoorbeeld 20 tot 15 000 Hz ± 1 dB; bij een versterker bijvoorbeeld 10 tot 20 000 Hz ± 1 dB (vergelijk het oor: 20 tot 17 000 Hz voor 18 jarigen). De ± 1 dB betekent dat alle signalen ongeveer even goed doorgegeven of evenveel versterkt worden. De geluidssterkte wijkt binnen het opgegeven gebied nooit meer dan 1 dB af van de horizontale rechte lijn in de frekwentiekarakteristiek (zie blz.65). Algemeen geldt: hoe groter het frekwentiebereik, des te beter



*Geluidsbox*

*Stereo-apparatuur. Van boven naar beneden een cassettedeck, tuner, stuurversterker en eindversterker.*

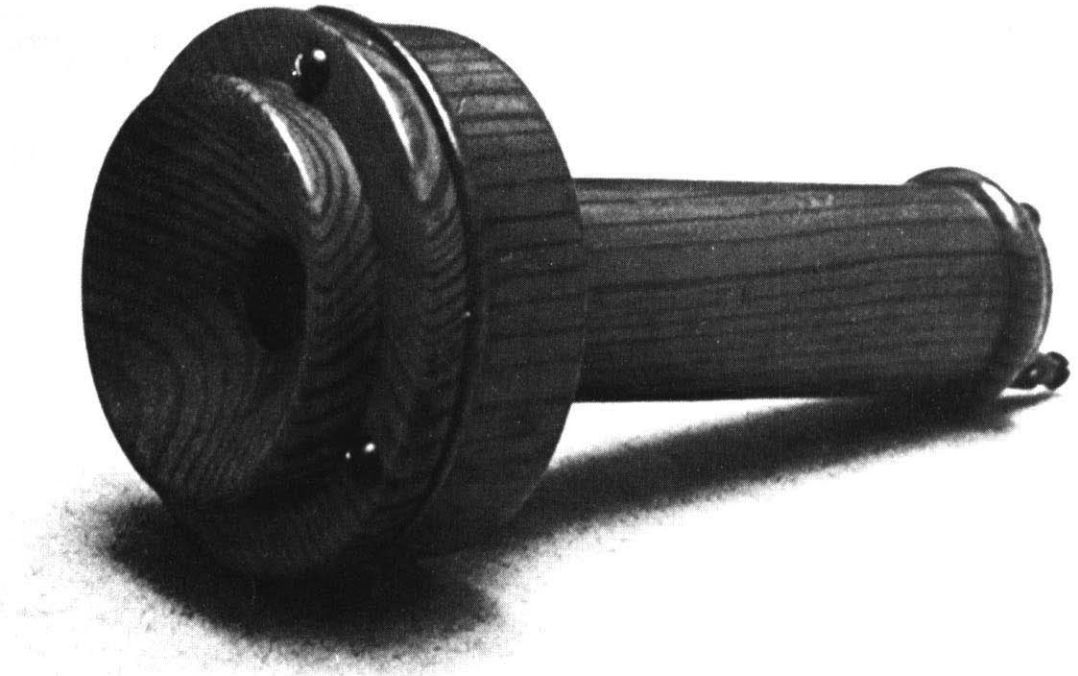
is het apparaat, als tenminste voor alle frekwenties dezelfde marge geldt (bijvoorbeeld ± 1 dB). De *vervorming* (in %) geeft aan hoe goed de vorm van het beeld van het uitgangssignaal op een oscilloscoop lijkt op het beeld van het ingangssignaal op een oscilloscoop. Hoe kleiner de vervorming is, des te beter is de geluidskwaliteit.
De *signaal/ruisverhouding* in dB is de verhouding van de geluidssterkte van het gewenste signaal tot de geluidssterkte van ongewenste ruis in de apparatuur. Gewoonlijk is met de *brom* (storing tengevolge van de frekwentie van het lichtnet) dan al rekening gehouden. Sommige bandrecorders en cassetterecorders hebben een zogenaamd *dolby-systeem* om de signaal/ruisverhouding te verbeteren. Hoe groter de signaal/ruisverhouding, des te beter is de geluidskwaliteit.
De geluidskwaliteit neemt af als een geluidsband niet met konstante snelheid langs de koppen beweegt of als de draaisnelheid van een pick-up niet konstant is. Langzame snelheidsveranderingen noemt men: *wow*; snelle: *flutter*. Hoe kleiner de wow en de flutter, des te beter is het geluid. Bij een pick-up veroorzaakten de motor en de draaitafel soms nog ongewenste signalen: *rumble*. Ook de rumble moet een zo klein mogelijke waarde hebben.
De *naalddruk* van een pick-up moet niet te groot zijn (bijvoorbeeld "1 gram"). Dan gaan de grammofoonplaten het langst mee.

Bij tuners komen we vaak nog een aantal andere begrippen tegen. De *gevoeligheid* geeft aan hoe sterk een antennesignaal minstens moet zijn om weergave mogelijk te maken. Hoe kleiner de opgegeven waarde, des te makkelijker kan de tuner het signaal uit de lucht pikken. Als een tuner twee signalen met dezelfde golflengte oppikt, probeert deze het zwakke signaal nog verder te verzwakken. Deze eigenschap wordt opgegeven als *vangverhouding* (in dB). Hoe kleiner de vangverhouding, des te beter is de kwaliteit van de tuner. De *selektiviteit* geeft aan hoe goed de tuner een signaal van een bepaalde frekwentie kan onderscheiden van een ander signaal, waarvan de frekwentie in de buurt ligt van het eerste signaal. Hoe groter de selectiviteit, des te beter is de ontvangst van een bepaalde zender.
Bij stereoweergave hebben we te maken met twee verschillende signalen die tegelijkertijd worden ontvangen. De apparatuur moet deze signalen zo goed mogelijk uit elkaar houden. De mate waarin dit gebeurt wordt meestal aangegeven door de *kanaalscheiding* of *overspraak* (in dB). Hoe groter de kanaalscheiding, des te beter het apparaat. Bij tuners spreekt men van *stereoscheiding*. Dat is de kanaalscheiding bij een bepaalde frekwentie, bijvoorbeeld 1000 Hz.

Leestekst 12

# 100 JAAR TELEFOON

Alexander Graham Bell (1847-1922) op 29-jarige leeftijd.
In dat jaar (1876) vond hij een (bruikbare) telefoon uit.



*Hoorgedeelte voor een oude telefoon (Bell)*

Honderd jaar geleden kreeg de mens telefoon. Een nieuwe vorm van telecommunicatie werd het berichtenverkeer ten dienste gesteld.
Reeds eeuwen is de mens in staat geweest berichten over grote afstanden te verzenden. Ging dit eerst met vuur- en vlagsignalen, in 1793 voerde de Conventie de optische telegraaf van Claude Chappe in, die Napoleon zulke grote diensten heeft bewezen. In het midden van de vorige eeuw kwam, na een aarzelende aanloop van ongeveer 75 jaar, de elektrische telegraaf in gebruik.
Zelfs het woord telefoon was in 1876 niet nieuw. In het laatste decennium van de achttiende eeuw bedenkt de Duitser Huth een systeem van spreekbuizen dat hij, in een in 1796 uitgekomen boekje, aanbeveelt ter vervolmaking van de telegraaf van Chappe. Hij noemt zijn uitvinding, ter onderscheiding van de telegraaf, telefoon.
De Fransman Sudre noemt zijn in 1828 bedachte signaaltrompet ook telefoon, terwijl Wheatstone dit woord in 1831 gebruikt voor een stelsel van houten staven waarmee hij geluiden kan overbrengen.
Romershausen, die hoopt via holle spoorstaven over grote afstanden te kunnen spreken, kan alweer geen beter woord voor zijn bedenksel vinden dan telefoon.
Reis was de eerste die het woord telefoon gebruikte voor een, in 1860 door hem ontworpen, apparaat waarmee geluiden langs elektrische weg konden worden overgedragen. Zijn uitvinding werd echter door de natuurkundigen van zijn tijd niet naar waarde geschat en zijn toestellen waren zeker niet geschikt om de spraak verstaanbaar over te brengen, hoewel hij dat zelf in de toekomst wel mogelijk achtte.

Merkwaardigerwijze komt voor 1877 in geen van de patentaanvragen het woord telefoon voor. Er is slechts sprake van omschrijvingen, zoals bij voorbeeld ‚Sound Telegraph', door Meucci gebruikt in zijn caveat (een caveat is geen patentaanvrage maar een in ons land niet in gebruik zijnde beschermingsaanvrage voor een nog niet uitgewerkt idee) dat hij in 1871 aan het patentbureau in Washington voorlegt.
In 1874 verwerft de Amerikaan Elisha Gray een Brits patent onder de titel: ‚Transmitting Musical Tones by Electricity', terwijl Alexander Graham

**De spraakleraar Bell samen op een foto met zijn bekendste en meest begaafde leerlinge Helen Keller (Universiteitsmuseum, Utrecht).**

Bell een jaar later zijn ‚Harmonic Telegraph' een telegraaf die tonen van verschillende hoogte gebruikt om meer telegrammen tegelijkertijd langs één draad over te zenden, patenteert.
Het kan nauwelijks verwondering wekken dat deze twee mensen, die zich zo intensief bezig hielden met het elektrisch transporteren van akoestische signalen, op het schijnbaar utopische idee kwamen dat ook de spraak langs elektrische weg moet kunnen worden overgebracht.
Dit leidde tot de wonderlijke gebeurtenissen in het patentbureau te Washington op 14 februari 1876.
Kort na elkaar verschenen op die dag de zaakgelastigden van Bell en Elisha Gray op het bureau, de eerste presenteerde een patentaanvraag, terwijl de tweede een caveat aanbood.
Wonderlijk genoeg gebruikten ook deze uitvinders in hun aanvragen het woord telefoon niet. Bell heeft het over ‚Improvement in Telegraphy', terwijl Gray bescherming vraagt voor zijn ‚New art of transmitting vocal sounds telegraphically'.
Lag in de harmonische telegraaf de kiem voor de latere draaggolf-telegrafie en telefonie, de ‚Improvement in Telegraphy' was het begin van de telefoon.
Welke mensen verschuilen zich achter de namen Gray en Bell, wie waren het die bijna tegelijkertijd voor vrijwel dezelfde uitvinding wettelijke bescherming zochten?

De eerstgenoemde was een technicus met grote ervaring op het gebied van de elektriciteit en de telegrafie, de tweede was spraakleraar. Alexander Graham Bell, logopedist en hoogleraar in de fysiologie van de spraak, maar amateur op het gebied van de elektriciteit gaf de mens het communicatiemedium dat de telegraaf verre zou overvleugelen.

**Logopedist-uitvinder**
De weg naar de uitvinding van de telefoon door een spraakleraar is minder verwonderlijk dan het op het eerste oog lijkt, zeker wanneer de vader van deze uitvinder een in zijn tijd beroemd logopedist blijkt te zijn, die op zijn beurt zoon is van een welbespraakt toneelspeler en later spraakleraar. Het bevorderen van de communicatie tussen, veelal zwaar door spraak- of gehoorgebreken gehandicapte mensen stond bij deze drie generaties van de familie Bell centraal.

Deze vader nu, Melville Bell, schreef samen met een andere bekende Engelse logopedist, Henry Sweet, verhandelingen over de spraakleer. Ook met Alexander J. Ellis, een ander bekend Engels foneticus, werkte hij veel samen. Dit drietal verwierf in het midden van de vorige eeuw grote bekendheid op het gebied van de spraakleer en nu nog worden hun namen met eer genoemd in verschillende standaardwerken over fonetiek.

Het waren de bijdragen tot het goede gebruik van de Engelse taal van dit drietal die George Bernard Shaw, 34 jaar nadat hij in een ‚last attempt to earn an honest living' secretaris was van de Edison Telephone Company of London in 1879, tot het schrijven van zijn ‚Pygmalion' brachten. Voor de hoofdpersoon Henry Higgins stond Henry Sweet model. Melville Bell, die als Shakespeare-kenner veel eer verwierf, werd in kringen van fonetici beroemd om zijn ‚Visible Speech'. Dit is een fonetisch alfabet gebaseerd op de vorm van de mond bij het uitspreken van de verschillende spraakklanken.

Het is te begrijpen dat Melville Bell zijn zonen reeds vroeg op het spoor van de spraakleer zette. Hij droeg hun op om een mechanische spraakmachine te construeren, hetgeen resulteerde in de dood van hun kat, die zij voor hun proeven nodig meenden te hebben.

**De code van de klinkers**

Een ander probleem dat Melville erg bezig hield was het klankverschil tussen de klinkers onderling. Om achter de akoestische eigenschappen van de klinkers te komen, luisterde hij zorgvuldig naar de gefluisterde vocalen. Hij meende daarbij te ontdekken dat er in elke klinker verschillende tonen te horen waren en wel zo dat wanneer deze in een bepaalde volgorde werden gefluisterd er een stijgende rij van tonen waargenomen werd. Waarschijnlijk wist hij toen niet, dat hij zeker de eerste niet was die dit fenomeen ontdekte.

Reeds in 1781 had de Duitse arts Hellwag dit in zijn ‚Dissertatie Inauguralis Physiologica Medica De Formatione Loquelae' beschreven. Zelfs in zijn eigen land hadden reeds eerder onderzoekers zich met dit fenomeen bezig gehouden. Zo trachtte Willis de vocalen na te bootsen met behulp van speciaal daartoe gevormde orgelpijpen, terwijl Wheatstone daarop in 1837 zijn kritiek publiceert.

Het is echter de Utrechtse fysioloog en oogarts, stichter van het in 1858 in gebruik genomen ‚Nederlands Gasthuis voor Behoeftige en Minvermogende ooglijders te Utrecht', Franciscus Cornelis Donders (1818-1889) die de hoogte van de in de klinkers te horen tonen, wederom door het luisteren naar de gefluisterde vocalen, redelijk goed bepaalt en het ontstaan ervan verklaart op grond van resonantie van keel- en mondholte. Volgens Donders wordt het akoestische verschil tussen de klinkers veroorzaakt door de aanwezigheid van bepaalde boventonen in deze spraakklanken die voor elke klinker specifiek zijn.

Donders deelt de resultaten van zijn onderzoek in 1857 mee in een gepubliceerde brief aan de Duitse foneticus Brücke.

Hermann von Helmholtz (1821-1894) fysioloog en fysicus, aan wie de theorie van de voor de klinkers specifieke tonen, later door Hermann de formanten genoemd, meestal wordt toegeschreven, geeft zelf alle eer aan Donders in zijn, in 1862 verschenen boek: ‚Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik'.

Helmholtz deed tegelijkertijd met Donders nagenoeg dezelfde fonetische experimenten. Om te bewijzen dat de keel- en mondholte bij het uitspreken van de verschillende klinkers steeds op een andere toon zijn afgestemd, hield hij stemvorken voor de mond wanneer hij deze in de voor de klinkers gebruikte stand bracht. Voor elke klinker blijkt de keel- en mondholte met een andere stemvork mee te klinken. Helmholtz kon op grond van deze proeven de theorie van Donders niet alleen ondersteunen, hij ontdekte dat sommige klinkers twee specifieke tonen blijken te hebben, terwijl Donders er slechts een vond. (Tegenwoordig worden aan elke klinker meer dan één specifieke toon of formant toegekend.)

Helmholtz ging met zijn experimenten nog verder. Hij construeerde een apparaat om de klinkers kunstmatig op te wekken. Dit apparaat bestaat uit een aantal van een resonator voorziene stemvorken. De laagstgestemde vork wordt, volgens het principe van de zelfonderbrekende elektrische bel, in trilling gehouden en deze drijft langs elektrische weg de hoger afgestemde vorken aan. Door de resonators te verschuiven ten opzichte van de stemvorken, kan de sterkte van de gehoorde tonen gevarieerd worden. Is de sterkte zodanig dat de met de voor de specifieke tonen van een bepaalde klinker overeenkomende stemvorken het luidst klinken, dan is het of die klinker gehoord wordt.

Ging het tot dusver om het luisteren naar de klinkers, het was wederom Donders die deze omstreeks 1864 tegelijk registreerde met de trillingen van een stemvork met behulp van de door Leon Scott in 1855 bedachte en in 1857 door König in Parijs vervaardigde ‚phonautograaf'. Dit is een apparaat dat de geluidstrillingen in de lucht opvangt met een aan het smalle einde van een hoorn aangebracht membraan. Op dit membraan is een stiftje gehecht dat de trillingen neerschrijft op een bewegende, beroete glasplaat of een roterende, met een beroet papier bedekte trommel. Dit apparaat en ook de andere door Donders voor zijn vocaalonderzoek gebruikte toestellen worden bewaard in het Utrechts Universiteitsmuseum.

**Het vocaalonderzoek van Graham Bell**

Gestimuleerd door het vocaalonderzoek van zijn vader gaat ook Graham de klinkers beluisteren. Tot zijn verwondering ervaart hij het omgekeerde van wat zijn vader hoorde. In plaats van de toon te horen stijgen bij het luisteren naar een bepaalde reeks klinkers, ervoer hij lager wordende tonen.

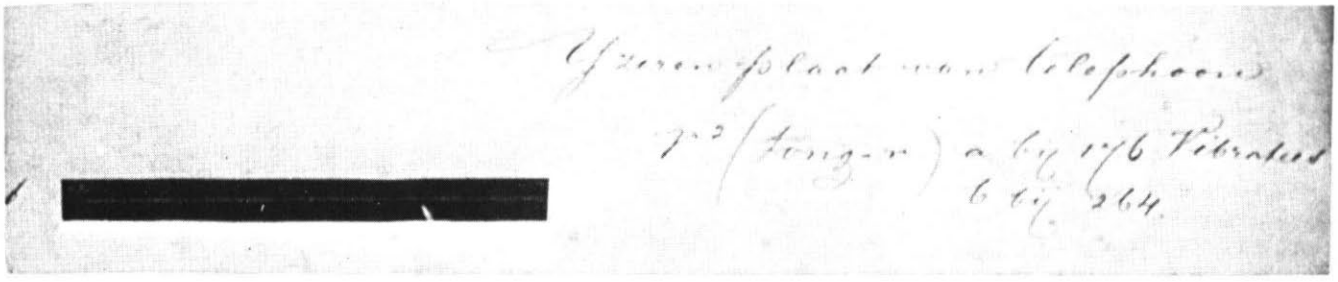
Om zekerheid te krijgen begon de jonge Bell in 1865 een reeks proeven. Hij begon met zijn keel en wangen te bekloppen, terwijl hij zijn mond in de voor de klinkers gebruikelijke stand bracht. Duidelijk kon hij daarbij horen hoe er uit de mond steeds een andere toon kwam wanneer hij de stand er van veranderde.

Om het ontstaan van deze tonen te verklaren, vergelijkt hij de keel- en mondholte, of aanzetstuk, met flessen die verschillende hoeveelheden water bevatten of halzen van uiteenlopende wijdte hebben.

Op grond van deze vergelijkende proeven komt Bell tot de veronderstelling dat keel- en mondholte zich gedragen als resonators die voor iedere klinker op andere, voor die klinker specifieke, frequenties zijn afgestemd. Dit bewijst hij tenslotte door stemvorken voor de mond te plaatsen, terwijl deze in de verschillende klinkerstanden gebracht wordt. Steeds klinkt de mondholte mee met die stemvorken waarvan de frequenties overeenkomen met die welke in de gefluisterde klinkers gehoord worden. Graham kan zelfs voor verschillende klinkers aantonen dat het om twee specifieke tonen gaat. Dit verklaart de uiteenlopende observaties van hem en zijn vader. Of een dalende dan wel een stijgende toon gehoord wordt bij het luisteren naar een

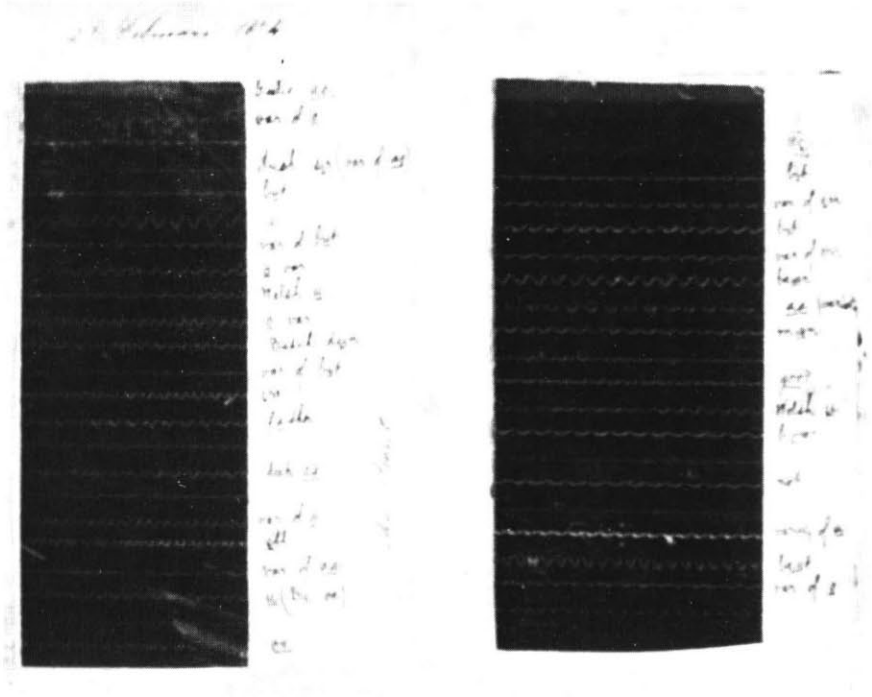
**Al in 1877, dus één jaar na de uitvinding, kon men in een Utrechts café gebruik maken van het nieuwe wereldwonder, de telefoon (Universiteitsmuseum, Utrecht).**

De Sprei
van Mevrouw L V., te Woerden ver
loot is gevallen op
No. 22.
Café HAMMERS,
Bell's Telephon,
Dagelijksch in werking te zien.
Café de la Renaissance.
Heden Zaterdag, Zondag en Maandag
avond
Soirée-Musicale.
Het geheel nieuwe voordragten.



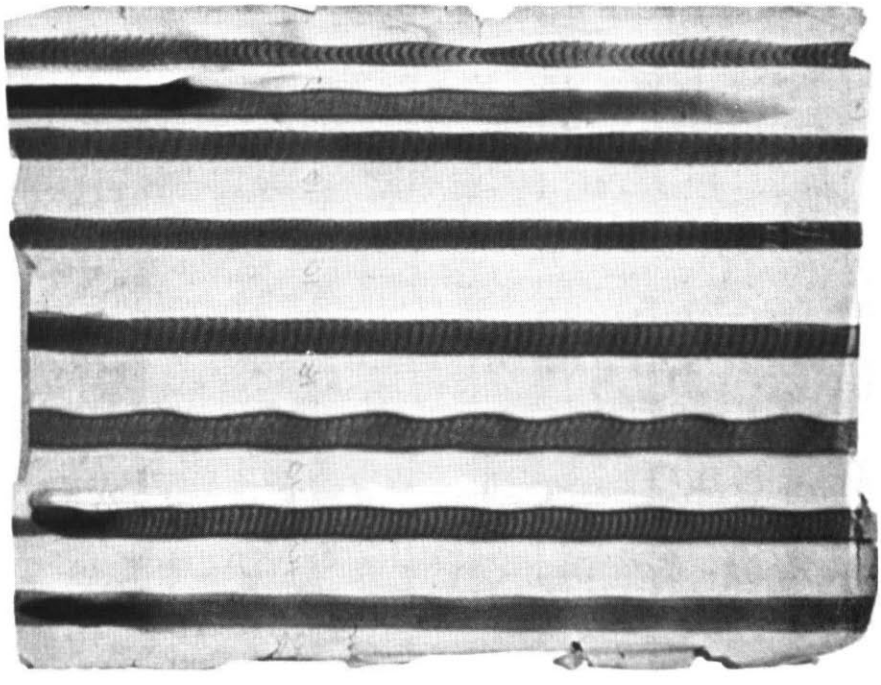
Door Donders met behulp van de phonautograaf van Scott geregistreerde bewegingen van de telefoon-trilplaat (Universiteitsmuseum, Utrecht).

bepaalde reeks gefluisterde klinkers, hangt er van af op welke tonen gelet wordt.
Enthousiast over zijn ontdekking schrijft Bell zijn resultaten aan de bekende foneticus en vriend van zijn vader, Alexander J. Ellis. Zijn enthousiasme vermindert echter snel wanneer hij het antwoord ontvangt.
Ellis deelt hem namelijk lakoniek mee, dat hij niets anders heeft gedaan dan het werk van Helmholtz herhalen en dat hij gaarne bereid is het boek waarin dit te lezen is, ‚Die Lehre von den Tonempfindungen' aan hem uit te lenen.
De teleurgestelde Graham, die de voor het lezen van het boek van Helmholtz noodzakelijke Duitse taal niet machtig is, besluit om Ellis een bezoek te brengen. Dit doet hij in 1866, waarbij hij zijn uiterste best doet om Ellis bij de verklaring van de proeven van Helmholtz te volgen.
Hoewel hij op het gebied van de akoestiek voldoende onderlegd is, mist hij de nodige kennis van de elektriciteit om de vocaalsynthese met behulp van elektrisch aangedreven stemvorken te begrijpen.
Hij komt dan ook tot de onjuiste veronderstelling, dat Helmholtz bij machte was de klinkers langs elektrische weg over te dragen. Zo dat met klinkers kan, dacht Bell, moet dat voor medeklinkers ook mogelijk zijn, waarbij hij in wezen de eerste stap naar zijn, nog tien jaar in het verschiet liggende, uitvinding zette.



De spraakklanken uitgesproken door Henry Sweet en door Donders met de phonautograaf van Scott geregistreerd (Universiteitsmuseum, Utrecht).

Voorbeeld van een spraakklankregistratie met behulp van de manometrische vlam zoals Bell die ook maakte, opgenomen door Donders in Utrecht (Universiteitsmuseum, Utrecht).



**Amerika**

Melville Bell, vindt in Engeland minder enthousiasme voor zijn Visible Speech dan hij had gehoopt en beproeft daarom zijn geluk in Amerika door over dit onderwerp voordrachten te houden in de Verenigde Staten en in Canada. Hij besluit tenslotte zich te vestigen in dit laatste land, in de hoop dat het klimaat gunstig zal zijn voor Graham, wiens ziekteverschijnselen maar al te veel overeenkomen met die van de

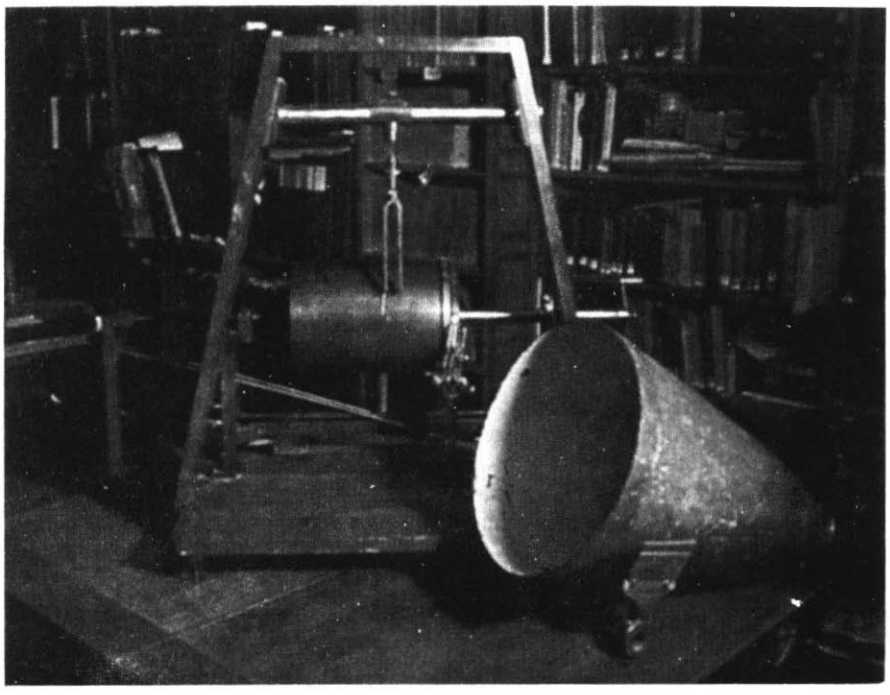
gevreesde longtuberculose die beide broers het graf in sleepte.
In 1870 gaat de familie Bell wonen in Brantford, waar de jonge Bell spoedig geheel geneest. In de zomer van dat jaar, zet hij de in Engeland begonnen proeven met de telegraaf voort, terwijl hij daarnaast de Franse vertaling van het, inmiddels beroemd geworden boek van Helmholtz met ijver bestudeert.
Melville zet inmiddels zijn lezingen over Visible Speech voort. In Boston waar hij ook voordrachten houdt over Shakespeare, werd hem gevraagd om het volgend jaar lezingen te houden en lessen te geven over en met behulp van Visible Speech. Afgezien van het feit, dat andere afspraken in Canada hem reeds bonden, voelt hij er weinig voor zijn Visible Speech, waaraan hij twintig jaar heeft gewerkt, ook nog eens zelf praktisch te gebruiken bij het geven van spraaklessen en het instrueren van onderwijzers. Daarom adviseert hij, zijn zoon daartoe uit te nodigen.
Zulks geschiedde en in maart 1871 wordt Alexander Graham uitgenodigd om met behulp van Visible Speech les te geven aan het doofstommeninstituut in Boston tegen een vergoeding van 500 dollar.
Al snel wint hij de harten, niet alleen van het dertigtal kinderen dat hij in zijn klas vindt, maar ook van de onderwijzers die verbaasd staan over de wijze waarop hij de kinderen benadert en het tempo waarin hij hen leert de spraakklanken voort te brengen.
Zijn succes vergroot zijn zelfvertrouwen en de omgang met de, door de maatschappij onbegrepen en vaak eenzame kinderen wekt zijn warme liefde voor hen op. Het is dan ook niet te verwonderen dat hij spoedig met de gedachte speelt een eigen instituut te openen.
Naast de ontplooiing van zijn zo bijzonder grote didactische gaven, ziet Graham ook kans om zijn kennis op het gebied van de geluidsleer en de elektriciteit te vergroten. Al spoedig ontdekt hij dat in het Instituut voor Technologie te Boston de door Helmholtz ontworpen apparaten, waarvan de werking hem in 1866 zo duister was, te vinden zijn. Hij is zo gelukkig dat professor Monroe hem de werking ervan wil demonstreren.
Bell heeft deze kennis hard nodig voor zijn werk. Kon de toepassing van Visible Speech hem behulpzaam zijn om zijn dove pupillen de juiste stand van de mond voor het uitspreken der verschillende spraakklanken te leren, de verschillen tussen de stemhebbende en de stemloze medeklinkers kon hij er niet mee duidelijk maken. In het bijzonder leverden de verschillen tussen de explosieve medeklinkers zoals P en B grote moeilijkheden op. Sprak Bell zelf deze klanken uit, dan kon hij de kinderen het trillen van zijn stembanden laten voelen, door hen de hand op zijn keel te laten leggen. Bij de kinderen zelf lukte dit niet zo goed.
Het zoeken was dus naar een of andere, mogelijk elektrische, methode om de verschillen tussen de spraakklanken zichtbaar te maken.
Toch was dit niet de enige reden die Bell zo ijverig de leer van geluid en elektriciteit deed bestuderen. Op de achtergrond van zijn denken speelt nog steeds de telegrafie.
Door zijn kennis van deze vakken te bundelen hoopt hij een belangrijke verbetering van de telegraaf te bereiken, die het mogelijk moet maken meer dan één telegram tegelijkertijd langs één draad te verzenden.
Er bestond, door de toename van het telegraafverkeer, grote behoefte aan deze uitvinding.
Bell houdt er zich dermate mee bezig, dat de problemen van de medeklinkers er tijdelijk door op de achtergrond raken.
De oplossing van het probleem van de meervoudige of multipele telegraaf, die in 1875 tot een octrooi leidt, zoekt Bell in de ‚Harmonische telegraaf'. De proeven van Helmholtz en zijn eigen ideeën over de elektrische piano brengen hem er toe om aan de kant van de zender een aantal elektrisch aangedreven, op bepaalde tonen afgestemde, tongetjes elektrische trillingen te laten opwekken, die gelijkgestemde tongen aan de ontvangstzijde doen meetrillen. Door een, in het circuit van elk afzonderlijk zend-tongetje aangebrachte, seinsleutel te bedienen kan langs één en dezelfde draad een aantal telegrammen naar de gelijkgestemde ontvangtongen worden overgebracht.
Hoewel Bell van mening was dat een, door een permanente magneet gepolariseerd tongetje in de om deze magneet aangebrachte spoel inductiespanningen kan opwekken, acht hij deze spanningen te gering om stromen van voldoende sterkte langs de telegraaflijn te zenden om er de tongen aan de ontvangstzijde mee in trilling te kunnen brengen.
Hij past daarom het principe van de zelfonderbreking toe dat Helmholtz gebruikte voor zijn elektrisch aangedreven stemvorken en zoals wij het uit de elektrische bel kennen.
In deze proeven met de harmonische telegraaf, ligt de kiem voor de uitvinding van de telefoon besloten.

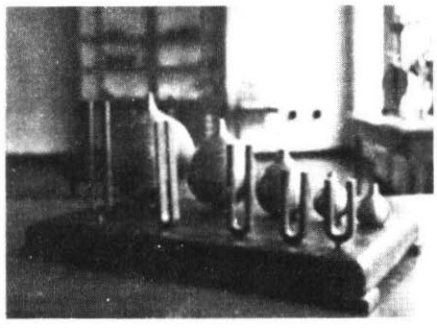
**Hoogleraar in de fysiologie van de spraak**

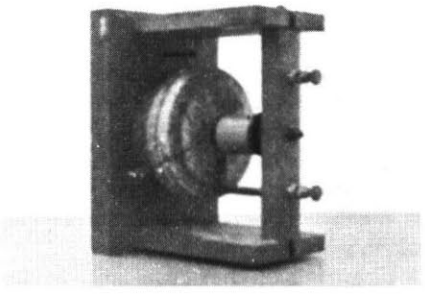
Voor alles blijft Bell toch de spraakleraar. In het jaar 1872 brengt dit hem zelfs in conflict met zijn vader. Melville wil zijn zoon namelijk tot reizend propagandist van zijn Visible Speech maken, terwijl de zoon een eigen opleiding voor de fysiologie van de spraak wil openen, met het doel spraakgebreken zoals stotteren en stamelen te genezen en Visible Speech te onderwijzen en te gebruiken bij het onderwijs aan doven.
Graham wint de strijd en opent zijn opleiding te Boston in het najaar van 1872. Dit leidt een jaar later tot zijn benoeming als hoogleraar in de fysiologie van de spraak in die plaats.

**De telefoon**

Mogelijk zijn de nieuwe opleiding en het hoogleraarschap er de oorzaak van dat Bell in het voorjaar van 1874 hernieuwde pogingen doet om te komen tot de visualisering van de spraakklanken voor het onderwijs van de dove kinderen.
Aanvankelijk zoekt hij daartoe zijn heil in de, door König in Parijs uitgevonden, manometrische vlam. Deze vlam brandt op gas, dat de brander bereikt via een, met een membraan afgesloten, doosje. Het door het geluid in trilling gebrachte membraan varieert de gasdruk zodanig dat de hoogte van de vlam verandert in het ritme van de geluidstrillingen.
Door een draaiende spiegel gezien, vertoont de vlam zich als een lichtband waarvan de bovenkant het beeld van de trilling weergeeft.
Naar dit beeld kijkend, moet volgens Bell het voor de kinderen eenvoudig zijn de, door de docent uitgesproken, klanken na te maken.
Hij komt echter bedrogen uit. Doordat de hoge tonen slecht worden weergegeven, bevat het beeld onvoldoende informatie om tot een goede imitatie te leiden.
Vervolgens denkt hij de oplossing te vinden in het gebruik van de door Scott uitgevonden en door König vervaardigde phonautograaf, die Donders in Utrecht een tiental jaren geleden voor hetzelfde doel gebruikte. Ook deze oplossing leidt om dezelfde reden tot mislukking.







**Boven: de door Donders gemodificeerde phonautograaf van Scott die hij voor zijn fonetisch onderzoek gebruikte (Universiteitsmuseum, Utrecht).**

**Links onder: de door Donders gebruikte resonantiebollen van Helmholtz (Universiteitsmuseum, Utrecht).**
**Rechts onder: model van de eerste telefoon van Bell (Postmuseum, Den Haag).**

Wanneer, zo dacht de fysioloog Bell, het oor de hoge tonen wel kan weergeven, waarom dat orgaan dan niet gebruikt om het geluid voor de phonautograaf op te vangen.
Van de bekende oorarts, Clarence J. Blake, met wie hij zijn problemen besprak, ontvangt hij een van een lijk afkomstig en zorgvuldig uitgeprepareerd menselijk gehoororgaan. Hiermee blijkt het inderdaad mogelijk de hoge tonen te registreren. Maar het confronteert Bell tegelijkertijd met het feit, dat het kleine en dunne trommelvlies bij machte is om de relatief grote massa der gehoorbeentjes in beweging te brengen.
Wanneer dit in het oor kan, dan moeten ook andere relatief grote massa's volgens hem door het geluid in trilling gebracht kunnen worden.
Gedachtig aan het eerder opgekomen en verworpen idee van de magnetisch gepolariseerde tongen voor het opwekken van inductiestromen, ontwerpt Bell nu een instrument voor het overbrengen van spraakklanken.

In de ban van de, onder invloed van Ohm en Helmholtz, gevestigde mening dat geluid, om dit elektrisch over te brengen, eerst in zijn samenstellende tonen ontleed dient te worden, ontwerpt hij een uit afgestemde tongen samengesteld harpje. De tongen worden in dit instrument door een met een spoel bewikkelde permanente magneet gepolariseerd.
Door de spoel van dit harpje via een draadgeleiding met die van een gelijksoortig instrument te verbinden dacht Bell, zoals hij aan Blake schrijft, spraak te kunnen overbrengen. Hij oppert in dezelfde brief echter ook de mogelijkheid om het geluid voor dit doel op te vangen met een membraan.

**De harmonische telegraaf brengt de oplossing**

Nog steeds gelooft Bell niet werkelijk dat de door de trillende tongen opgewekte inductiespanningen groot genoeg zijn om aan de andere kant van de lijn gelijk gestemde tongen mee te laten trillen. Het harpje wordt evenmin als de elektrische piano ooit gemaakt.
Tijdens experimenten met de harmonische telegraaf, blijkt een van de tongen van de zender zodanig vast te zitten, dat het contact niet meer verbroken wordt. Er worden daardoor geen stroomimpulsen verzonden; de stroom blijft door het contact lopen. Watson, Bell's assistent, probeert de vastgeraakte tong los te trekken. Op dat moment hoort Bell de gelijkgestemde tong van de ontvanger trillen. Hij verzoekt Watson nogmaals aan de tong te trekken en weer wordt het geluid gehoord.
Het wordt Bell nu duidelijk, dat de tong in de ontvanger gaat trillen door de inductie-stromen die aan de zendzijde ontstaan doordat de tong daar met de hand in trilling wordt gebracht. Zijn oude idee over de inductiestromen blijkt dus toch juist te zijn.
De stap naar de telefoon is nu snel gezet.
In het veld van een U-vormige elektromagneet is een ijzeren tongetje geplaatst, dat met behulp van een pennetje verbonden is met het midden van een dun membraan. Het membraan dat een korte buis afsluit, vangt de geluidstrillingen op en zet deze met behulp van het tongetje en de elektromagneet om in inductiespanningen. Een eenvoudiger toestel is niet denkbaar. Watson bouwde het door de onderdelen samen te brengen in een houten freem. Met een identiek toestel, via een batterij om het magneetveld op te wekken, verbonden met het eerste konden de inductiestromen weer in geluid omgezet worden.
De pogingen van een spraakleraar om spraakklanken voor doven zichtbaar te maken verschaften de mogelijkheid om deze langs elektrische weg over te brengen.
De telefoon was niet langer een toekomstdroom en werd op 7 maart 1876 geoctrooieerd.

**De telefoon naar Nederland**

Zelden veroverde een uitvinding zo snel de wereld als de telefoon dat deed. Reeds in het najaar 1877 waren te Utrecht in een viertal zaken telefoons te koop en kon dit wonderlijke medium in het café van de heer Hammers aan

de Neude door zijn klanten beproefd worden, waartoe hij zelf de verbindingsdraad over het dak gelegd had.
Donders, die zoals uit het voorgaande reeds bleek, zeer in de fonetiek geïnteresseerd was, zou geen rechtgeaard fysioloog geweest zijn, wanneer hij niet als een der eersten de spraakoverdracht van de telefoon beproefde. Hij onderzoekt zelfs verschillende trilplaten met behulp van de phonautograaf van Scott.
Ook in Delft vindt de telefoon in die periode wetenschappelijke belangstelling. Johannes Bosscha (1831-1911), leraar en een jaar later directeur van de Polytechnische School, bepaalde de amplitude van de trilplaat en komt daarbij tot de conclusie dat deze bij gewone spraak 500 maal kleiner is dan de golflengte van het gele licht.
Beide geleerden delen hun resultaten mede tijdens de zitting van de Koninklijke Academie te Amsterdam op zaterdag 29 december 1877. Donders deelt daarbij zelfs mee dat het mogelijk gebleken is om met behulp van door de telefoon opgewekte spanningen een zenuw van een kikker zodanig te prikkelen dat de kuitspier samentrekt.
Het is in die dagen nog een probleem hoe iemand aan de telefoon geroepen kan worden; de telefoonbel bestond nog niet. Donders deelt nu tijdens deze zitting van de Academie zijn hoogst originele idee mee, om een kikker als zodanig te gebruiken. Daartoe is het slechts nodig de pees van de kuitspier met de pal van een wekker te verbinden en de draden van de telefoon over de zenuw te leggen. Wanneer er nu, aan de andere kant van de lijn, ‚ho' in de telefoon wordt geroepen, trekt de spier de pal weg en de wekker loopt af.
Bij zorgvuldig gebruik van de kikker, meent Donders dat deze zeker meer dan 24 uur bruikbaar blijft.
Drie jaar later ontmoeten Bell en Donders elkaar, twee mensen die niet alleen intens geïnteresseerd zijn in de fonetiek, maar die zich beiden met hart en ziel inzetten voor de slechthorende en slechtziende mens. Dit gebeurt tijdens de Parijse tentoonstelling in 1881, waar Bell zijn telefoon demonstreert met alle vernieuwingen die dit instrument inmiddels gemaakt hebben tot een door velen gewaardeerd communicatiemiddel. Zelfs de Opera kan in die dagen per telefoon beluisterd worden.
Uit het dagboek van Donders blijkt dat hij op 15 november in de tentoonstelling met Bell kennis maakt en dat hij de volgende dag met hem dineert. Helaas

**Franciscus Cornelis Donders die vóór Helmholtz en Bell de verschillen tussen de klinkers op grond van resonantie verklaarde (Universiteitsmuseum, Utrecht).**

meldt het dagboek niet, wat de twee bij die gelegenheden bespraken, maar dat de fonetiek aan de orde kwam kan worden aangenomen. Hun grote gemeenschappelijke belangstelling zal het gesprek echter tot ver buiten dit gebied gevoerd hebben.

**Na de telefoon**

Naarmate de telefoon aan populariteit wint, stijgt het aantal echte en pseudo uitvinders dat Bell in zijn rechten bestrijdt. Tal van processen worden hem aangedaan, maar steeds weer treedt hij als overwinnaar uit het strijdperk.
Door dit alles gedesillusioneerd dreigt hij zelfs de hele telefoonzaak de rug toe te keren, om zich weer geheel aan het lot van de slechthorende mens te wijden.
Al gebeurt dit in de praktijk dan niet zo dramatisch, toch is de periode dat Graham zich actief met de techniek van de telefoon bezighoudt maar kort.
De revenuen van zijn uitvinding en de erdoor verworven populariteit stellen hem in de gelegenheid meer voor de slechthorenden te doen dan hij vroeger ooit gehoopt kon hebben.
In tal van voordrachten pleit hij voor de techniek van het liplezen boven die van de gebarentaal, die in het begin van de negentiende eeuw, mede onder invloed van de inmiddels beroemd geworden spraakpedagoog Abbé de l'Epée (1712-1789), de eerste grotendeels had verdrongen. Dit doet hij niet alleen op grond van de goede ervaringen die zijn dove vrouw Mabel met het spraakafzien heeft, maar vooral omdat hij deze wijze van communicatie voor de doven en slechthorenden zelf beter acht.
Bell is er namelijk van overtuigd dat de gebarentaal, doordat ook de spreker zelf deze moet beheersen, de doven en slechthorenden naar elkaar toedrijft en hen van de maatschappij isoleert. Het liplezen, daarentegen, stelt de dove mens in staat om maatschappelijk contact buiten zijn eigen kring te hebben, waardoor de dreigende vereenzaming voorkomen wordt.
Deze zelfde angst voor de vereenzaming, dreef Bell ertoe onderzoekingen te doen naar de vererving van slechthorendheid. Sterk raadt hij, op grond van de resultaten van deze onderzoekingen, huwelijken tussen doven en slechthorenden af.
Ook stelt hij, met behulp van een door hem zelf ontworpen elektrische audiometer, een onderzoek in naar het aantal slechthorenden en doven om met de gegevens druk op de overheid te kunnen uitoefenen om financiële steun te verkrijgen voor het onderwijs aan deze groep van gehandicapten.
Tot zijn dood toe heeft Bell geijverd voor de oprichting van scholen voor doelgericht onderwijs aan slechthorenden en doven, waarbij hij er steeds op hamert, dat deze inrichtingen verbonden moeten zijn aan scholen voor kinderen met een normaal gehoor, alweer om de gevreesde vereenzaming en groepsvorming te voorkomen.
Veel doven en zwaarder gehandicapten heeft Graham persoonlijk geholpen en het is zeker dat hij er, meer dan wie ook, toe heeft bijgedragen dat de belangstelling voor de dove mens overal ter wereld gewekt werd, met als resultaat een betere begeleiding van slechthorende en dove kinderen.

De opdracht in de biografie van Helen Keller, een doof en blind meisje, dat door Bell de weg werd gewezen die het haar mogelijk maakte niet alleen lager onderwijs maar ook de middelbare scholing met groot succes te volgen, drukt het best de dank uit die vele doven hem verschuldigd zijn:

To
ALEXANDER GRAHAM BELL
Who has taught the deaf to speak
and enabled the listening ear to hear
speech from the Atlantic to the Rockies,
I Dedicate
this Story of My Life.

Leestekst 13

# KOMMUNIKATIE EN MAATSCHAPPIJ

Over de vroegste ontwikkelingen van de telefoon hebben jullie al uitgebreid kunnen lezen in leestekst 12. Langzaamaan werd het aantal telefoonaansluitingen groter, zodat niet langer elk huis met elk ander verbonden kon worden. Men installeerde daarom telefooncentrales, de eerste tijd be"mand" door telefonistes, later via automatische doorverbindapparatuur. Steeds meer mensen konden op die manier profiteren van het gemak van de telefoon. Immers hoe gemakkelijk was het nu niet geworden om een ver familielid op te bellen, snel de dokter te alarmeren, of iemand om inlichtingen te vragen.
Rond 1965 deden de satelieten hun intrede, zodat soepele verbindingen met alle delen van de wereld tot stand konden komen. Door bepaalde firma's zijn al onderzoekingen gedaan naar de zogenaamde beeldtelefoon, een uitvinding waardoor het mogelijk zou moeten worden om tegelijk met iemands spraak ook een beeld op een scherm zichtbaar te krijgen.
Sinds de uitvinding van de telefoon zijn er ook nog andere vormen van kommunikatie ontstaan: radio, televisie en telex. Al deze zaken hebben het leven van de mens grondig veranderd.

Hier volgen enkele voorbeelden van de invloed van toenemende kommunikatiemogelijkheden:

- Tempo.
  Wat een centrale rol speelt de telefoon eigenlijk in het jachtige leven van alle dag. Het is een van die schakels die het mogelijk hebben gemaakt, dat de maatschappij met minder tijd veel meer kon doen (naast bijvoorbeeld het verkeer, de elektronika, enz.). Opgegroeid tussen deze tempomakers lijkt dit alles misschien een vanzelfsprekendheid, maar met de gevolgen (zenuwpatienten, hartklachten) zal niemand toch tevreden kunnen zijn.
- Onpersoonlijkheid.
  Voor grotere afstanden is de telefoon zeker het ideale middel voor kommunikatie. Het bespaart veel reistijd en moeite. Wat zie je echter vaak: iemand op kantoor belt zijn/haar kollega, die twee kamers verder werkt; de buurvrouw belt op, terwijl ze misschien aan de andere kant van de muur zit. Het persoonlijke kontakt wordt op die manier vervangen door..... ja door wat eigenlijk? Een trillend plaatje.
- Betrokkenheid bij wereldgebeuren.
  Via allerlei kommunikatiemedia komt tegenwoordig nieuws en informatie de huiskamer binnen. Een oorlog rolt binnen enkele uren al over het televisiescherm. Het geeft je een direkte betrokkenheid bij wat er in de wereld gebeurt, doordat alle informatie up-to-date is, en daarnaast in alle duidelijkheid getoond wordt en van kommentaar voorzien. Vaak echter wel ongewenste informatie en ongewenst kommentaar: vooral de televisie biedt een handige mogelijkheid tot beinvloeding vanwege het passieve kijkgedrag van veel mensen.

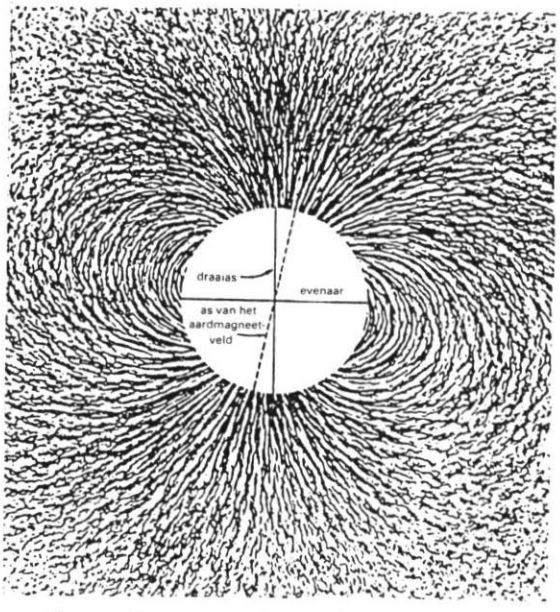
Zo is het eigenlijk ook met deze leestekst: laat hij je aan het denken zetten, maar neem niet bij voorbaat aan, dat wat gedrukt staat in een leestekst altijd waar is.

Tot slot een paar woorden over de besluitvorming over kommunikatie en kommunikatiemiddelen. De beginperiode van de telefoon kende vele onderzoekers die vooral uit een soort geestdrift steeds nieuwe technieken ontwikkelden. De twintigste eeuw wordt echter overheerst door kommerciële belangen en dat vond ook zijn weerslag bij de kommunikatie. De telefoonmaatschappij mag dan een staatsbedrijf geworden zijn, bij televisie en kranten was het zakendoen. De reklame deed zijn intrede. De informatie werd en wordt (vaak/soms?) gekleurd volgens de overtuiging van de redakteur of programmamaker.
Vaak lijkt het erop of we haast gedwongen worden nieuwe snufjes aan te schaffen, omdat we anders niet "mee" zouden doen. Een stukje bewustwording waar nog heel veel aan schort.....

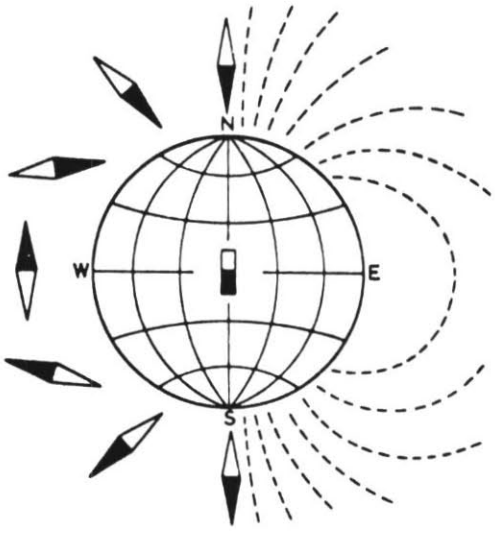
Leestekst 14

# AARDMAGNETISME

De aarde gedraagt zich als een reusachtige magneet. Daarom gaat een gemagnetiseerde naald, die draaibaar is opgesteld (bijvoorbeeld een kompas), overal op aarde zo staan, dat hij ongeveer naar het geografische noorden wijst. Een kompas wijst niet precies naar het noorden, omdat de as van de "aardmagneet" niet precies samenvalt met de draaias van de aarde, die door de aardrijkskundige noordpool en zuidpool loopt. Het verschil tussen de richting van het aardrijkskundige noorden en de richting die het kompas aanwijst, heet *declinatie*. In ons land wijst een kompasnaald nu $4^{o}$ teveel naar het westen; de declinatie is $4^{o}$ west. Voor mensen die lopen op kompas of voor schepen die varen op kompas is het noodzakelijk de declinatie te kennen om een preciese route te kunnen uitstippelen. Daarom staat de declinatie vaak op kaarten aangegeven.
Een kompasnaald die ook om een horizontale as kan draaien, gaat zo staan dat hij met zijn noordpool naar beneden of naar boven wijst. De hoek tussen het (horizontale) aardoppervlak en de kompasnaald heet de *inclinatie*. In ons land is de inclinatie ongeveer $67^{o}$.
Het magnetisch veld van de aarde wordt tegenwoordig gemeten met een groot aantal magnetische stations en vanuit vliegtuigen. Het nederlandse magnetisch meetstation staat in Witteveen (Drente).
Op sommige plaatsen blijkt het magnetisch veld zich niet helemaal te gedragen volgens het gemiddelde patroon. Zulke magnetische afwijkingen worden meestal veroorzaakt door bepaalde gesteentes of ertsen in de grond.
Uit magnetische eigenschappen in sommige gesteentes heeft men kunnen afleiden dat het aardmagneetveld niet altijd zo is geweest als het nu is. Sommige perioden van de geschiedenis van de aarde was het veld zwakker of waren de magnetische noordpool en zuidpool verwisseld. In de gesteentes op de bodem van de oceanen zijn die wisselingen van noord- en zuidpool soms terug te vinden. Daaruit kon men afleiden dat de oceaanbodem vanuit het midden van de oceanen aangroeit, waardoor de continenten uit elkaar drijven.
De oorzaak van het aardmagnetisch veld moet gezocht worden binnenin de aarde.
In de aarde zit een kern, die van binnen vast en van buiten min of meer vloeibaar is. De kern bestaat voornamelijk uit geleidende materialen (ijzer en nikkel).

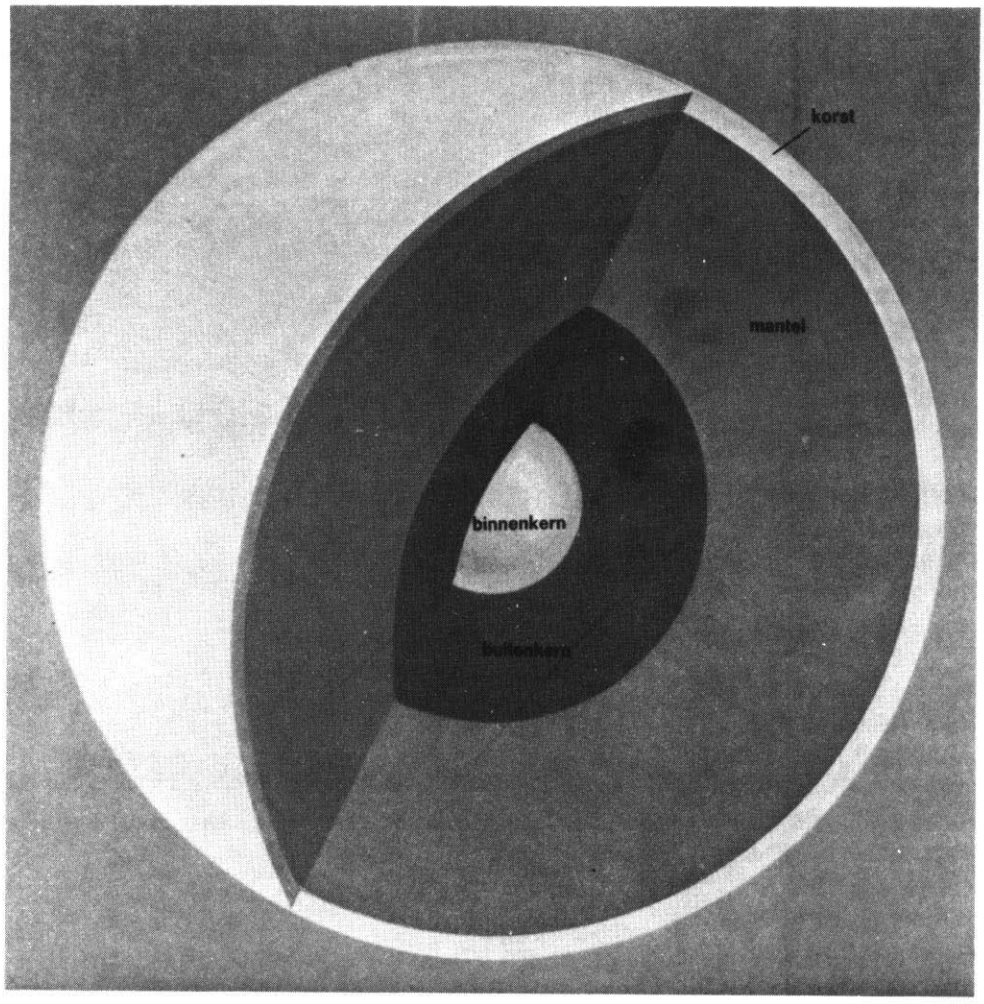


*De aarde gedraagt zich als een reusachtige magneet*



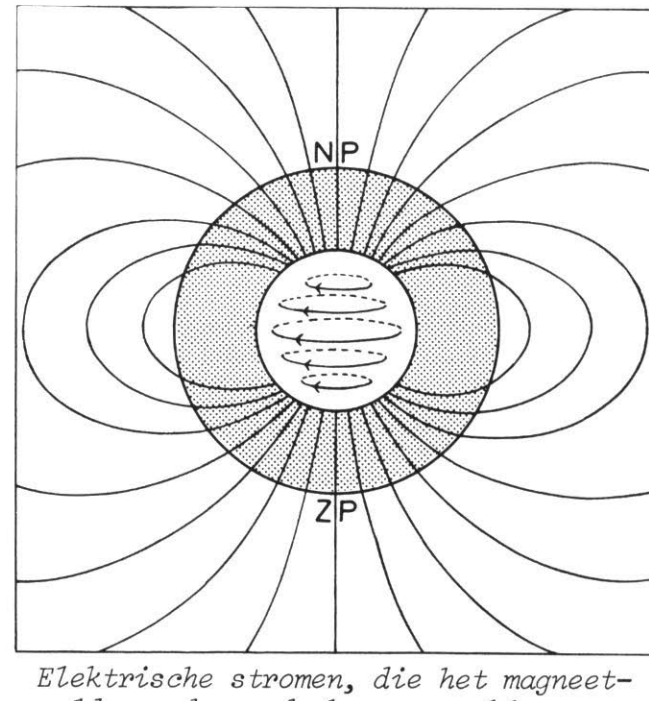
*Veldlijnen en stand van het kompas rond de aarde*

*Kompas*

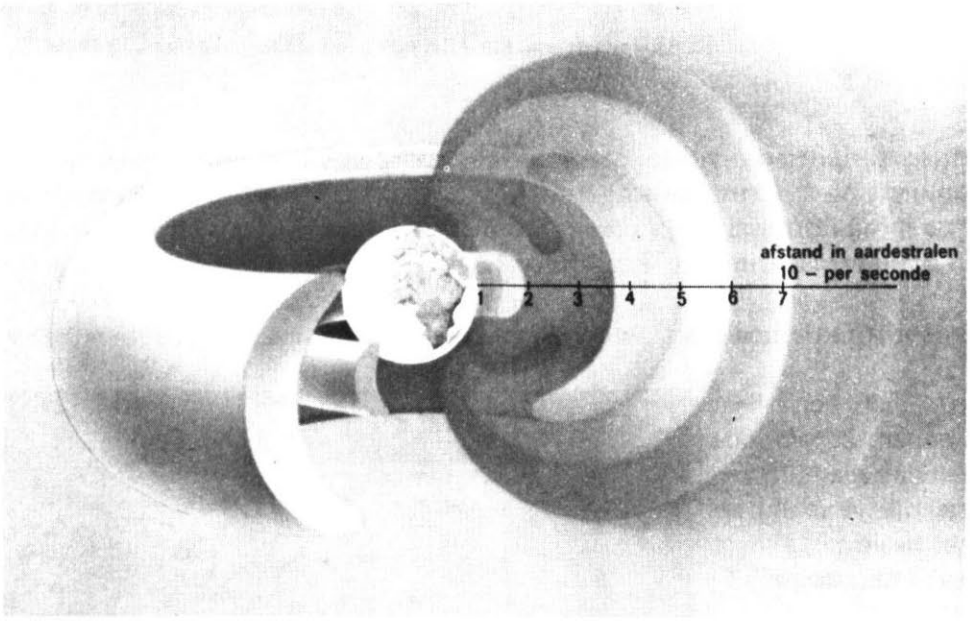



*Het inwendige van de aarde*

In de buitenkern komen elektrische stromen voor die, net als de stroom in een spoel, een magnetisch veld veroorzaken. Soms draait de stroomrichting om, waardoor ook het magnetische noorden en zuiden omwisselen (vergelijk proef 6 op blz. 27 ). De gebieden in de buitenkern van de aarde waar de stromen lopen, bewegen heel langzaam t.o.v. het aardoppervlak. Daardoor bewegen ook de kenmerken van het aardmagnetisch veld, zoals de declinatie, langzaam over het aardoppervlak. In 1860 was de declinatie in ons land ongeveer $19^{o}$ west, nu (1979) $4^{o}$ west.
Op kaarten waarop de declinatie staat vermeld, staat daarom altijd ook een jaartal; te oude kaarten (bijvoorbeeld 10 jaar oud) zijn niet meer bruikbaar. Behalve deze langzame veranderingen zijn er ook kleine dagelijkse veranderingen van het aardmagneetveld. Deze worden veroorzaakt door stromingen in de hogere luchtlagen.




*Elektrische stromen, die het magneetveld van de aarde kunnen verklaren*




*Schematische voorstelling van de Van Allen gordels*

De magnetosfeer.

Het aardmagnetisch veld strekt zich ver uit in de ruimte om de aarde heen. Het gebied waar het aardmagneetveld nog van invloed is, heet de magnetosfeer. Aan de kant van de zon ligt de grens op een afstand van ongeveer 65 000 km; van de zon af is de magnetosfeer ongeveer tweemaal zo groot. In de magnetosfeer komen op enkele duizenden km van het aardoppervlak twee stroken of gordels voor van deeltjes die zich zeer snel bewegen. Deze zogenaamde "Van Allen gordels" omringen de aarde bijna helemaal, behalve bij de magnetische polen. Deze gordels ontstaan door de wisselwerking van het aardmagnetisch veld en deeltjes die de zon uitzendt, en die de aarde bereiken. Soms zendt de zon naar verhouding erg veel van die deeltjes uit; men spreekt dan van een magnetische storm. De eigenschappen van het aardmagnetisch veld zijn dan iets anders dan normaal en het radioverkeer wordt sterk gestoord. Meestal worden de Meestal worden de zonnedeeltjes gevangen in de Van Allen gordels; soms bereiken ze echter de veel lager gelegen ionosfeer, waar ze tot op ongeveer 1000 km hoogte het poollicht (noorderlicht) veroorzaken.

*Het noorderlicht*

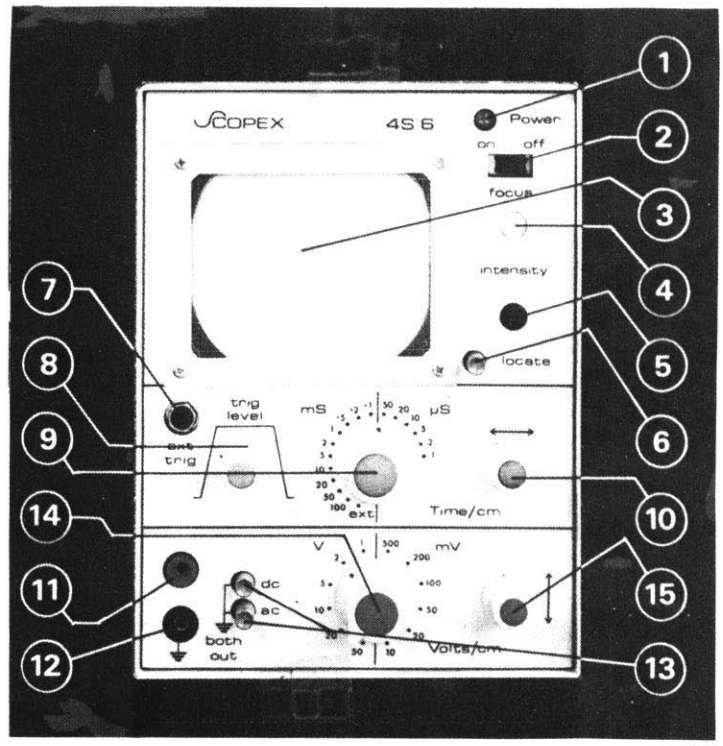
Leestekst 15

# HANDLEIDING OSCILLOSCOOP

Met de oscilloscoop kun je elektrische trillingen zichtbaar maken op een soort televisiescherm. Op dat scherm verschijnt een lichte stip die van links naar rechts beweegt en dan weer snel terug beweegt. Door een elektrische trilling in te voeren in de ingang (meestal links onder) wordt de stip tevens vertikaal heen en weer bewogen. Daardoor ontstaat een beeld van de trillingen in de tijd.

Hieronder staat een gedetailleerde instruktie hoe je de „scoop" moet bedienen en hoe je hem af moet lezen.

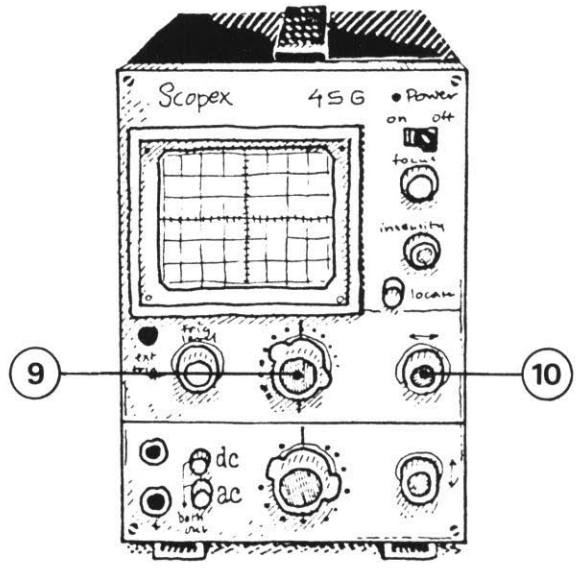
1. **Aanzetten**. Zet on-off knop (2) op „on". Het „power"-lampje moet dan branden. Zet de rode punt van knop (9) op 1 ms en de rode punt van knop (14) op 20 V. Na enige tijd verschijnt er dan een horizontale lijn in het beeld (als je hem niet kunt vinden, druk dan even op „locate" (6) en kijk waar hij vandaan komt.
   Draai knop (15) zo dat de lijn in het midden van het beeld staat.




2. **Scherp stellen**. Draai aan knop „focus" (4) totdat de lijn zo smal mogelijk is.

3. **Niet teveel licht!** Draai aan knop „intensity" (5) totdat de streep duidelijk, maar niet te fel is.

4. **De tijdinstelling.** Knop (9) is heel belangrijk. Met die knop bepaal je de tijd die de stip erover doet om 1 cm op het scherm af te leggen.
   Om dat goed te zien draai je eerst de knop op „ext". Dan staat de stip links in het beeld op de rand (dat kun je eventueel bijstellen met knop (10) „←→"). Zet de knop dan op 100 ms (milliseconde!) . Dan loopt de stip 1 cm naar rechts in 100 ms (= 0,1 s). Dus doet hij over de breedte van het beeld (8 cm) 0,8 s. Dat is met het oog gemakkelijk te volgen.



Draai nu de knop op 50 ms en vul voor jezelf even in: nu doet de stip over 1 cm .. ms, dus over het hele beeld .. ms. Maak voor jezelf een tabel van alle knoppenstanden op de volgende manier.

| stand | dus over 1 cm: | dus over de beeldbreedte (8cm): |
|---|---|---|
| 100 ms | 0,100 s | 0,800 s |
| 50 ms | .. s | .. s |
| 20 ms | .. s | .. s |

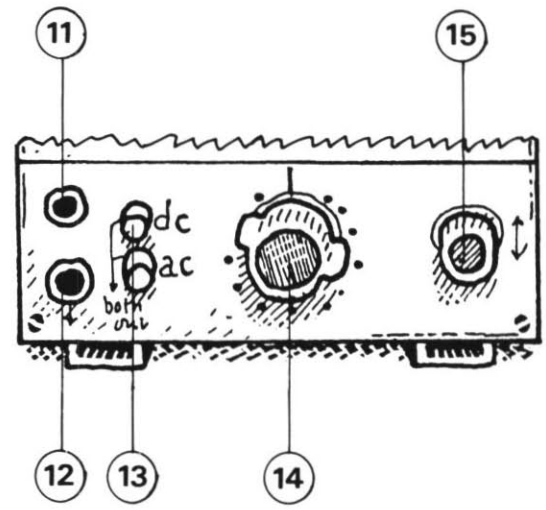
Aan de rechterkant van de schaal bij knop (9) staan geen ms (milli-seconde) meer, maar $\mu$ s = 0,000 001 s = $10^{-6}$ $\mu$ s.
Er geldt dus: 1 s = 1000 ms = 1000 000 $\mu$ s = $10^3$ ms = $10^6$ $\mu$ s.

Je hebt waarschijnlijk ook allang gemerkt dat de stip bij 10 ms al niet meer met het oog te volgen was. Het oog kan de stip nog volgen tot hij er 0,1 s over doet om het hele beeld te doorlopen.

Denk er verder om: de stip loopt alleen van links naar rechts. Aan het eind „flipt" hij zeer snel terug.

## 5. Registreren van een signaal (gelijkspanning)

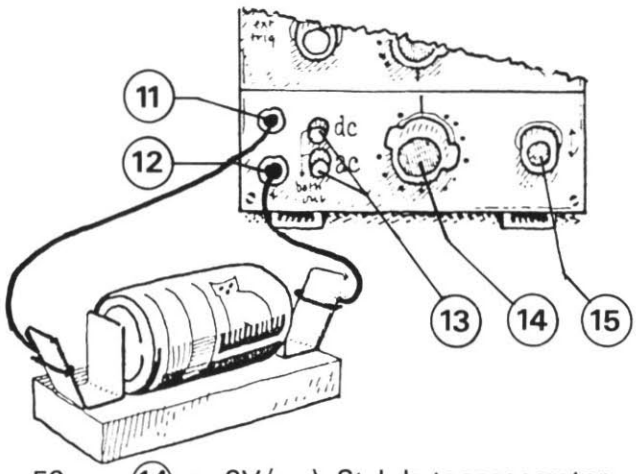
We gaan nu eerst even naar het onderste deel van het paneel.




- zet knop (14) op 2 V/cm. Dat betekent dat in vertikale richting een verplaatsing van 1 cm wordt veroorzaakt als je op de ingang (11) en (12) een spanning van 2 V zet.
- we testen dat met een 4,5 V batterij. Zet die klaar.
- druk de knop „dc" (13) in. Dan houdt de „scoop" de konstante spanning vast ( op „ac" registreert hij alleen de wisselingen in de spanning! )
- sluit nu de polen van de batterij aan op (11) en (12). Als het goed is moet de lijn (zet knop (9) maar even op 1 ms) nu 2¼ hokje boven of onder de oorspronkelijke stand zitten.
- verwissel de aansluiting tussen (11) en (12): dan springt de lijn naar de andere kant.
- laat de batterij aangesloten en draai de knop op 5 V/cm. Dan moet de afwijking van de lijn 0,9 hokje worden.
- neem ook nog eens een batterij van 1,5 V en draai de knop op 2 V/cm, 1 V/cm en 500 mV/cm (= 0,500 V/cm). Voorspel waar de streep terecht zal komen en kijk of het klopt.

## 6. Registreren van een signaal (wisselspanning)

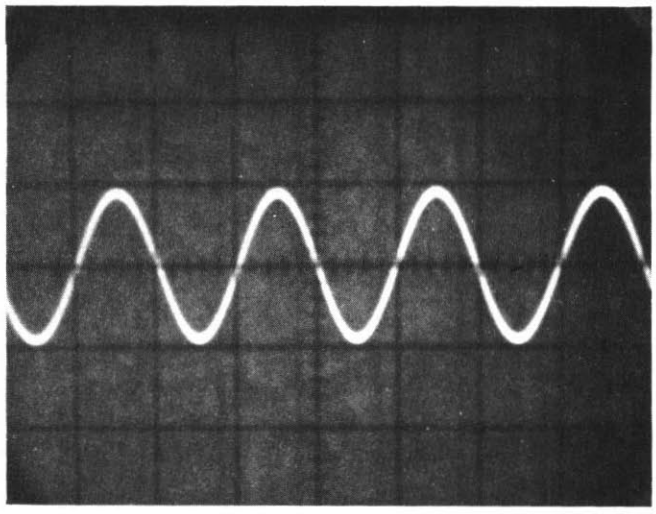
- Zet knop (9) op 100 ms. Sluit de batterij van 1,5 V aan. Zet knop (14) op IV/cm. Schakel nu de verbinding met de batterij telkens aan en uit.
  Kijk wat er gebeurt.
- Zet nu (13) op „ac" en herhaal wat je net gedaan hebt.



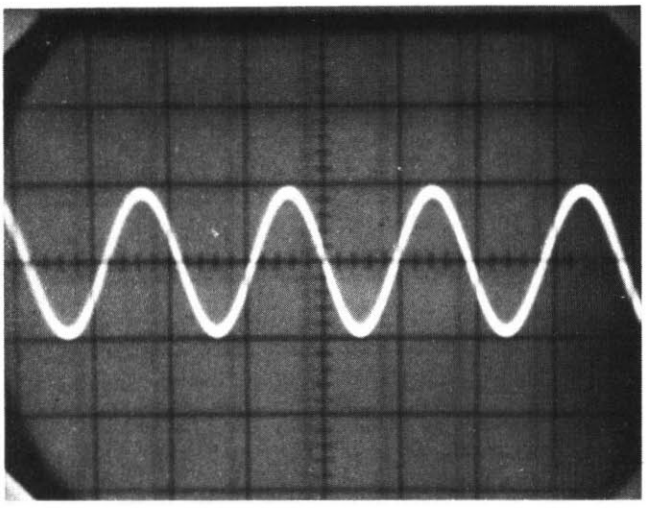

- sluit nu de toongenerator aan op de oscilloscoop (9) op 50 ms, (14) op 2V/cm). Stel de toongenerator in op „output level": 6 V, frequentie 10 Hz (1.0 x 10). Kijk wat er gebeurt. De stip loopt naar rechts, maar gaat 10 x per seconde (10 Hz) op en neer.
- zet de toongenerator op 100 Hz (x 100 indrukken) en de oscilloscoop naar 5 ms (óók 10 x zo snel!). Draai nu aan knop (8) „trig level" (zie punt 8 van deze handleiding) totdat je een stilstaand beeld krijgt. Schrijf eens op hoe dit beeld nu ontstaan is.

## 7. Bepalen van de frequentie en amplitudo (zie ook 6)

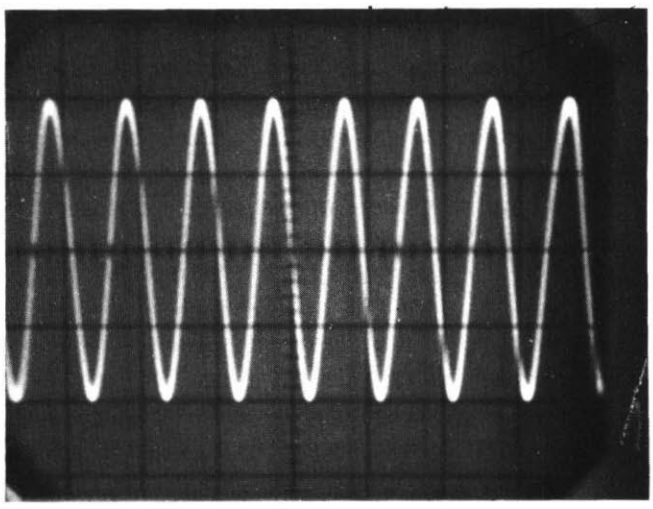
Dat beeld ziet er dan zó uit. Je ziet nu: op iedere cm zit een halve trilling. Dus een halve trilling duurt 5 ms. Dus een hele trilling duurt 10 ms. 10 ms = 0,01 s (een honderdste seconde). Er gaan dus 100 trillingen in een seconde. De frequentie van de toongenerator was dus 100 Hz. Klopt (gelukkig)!



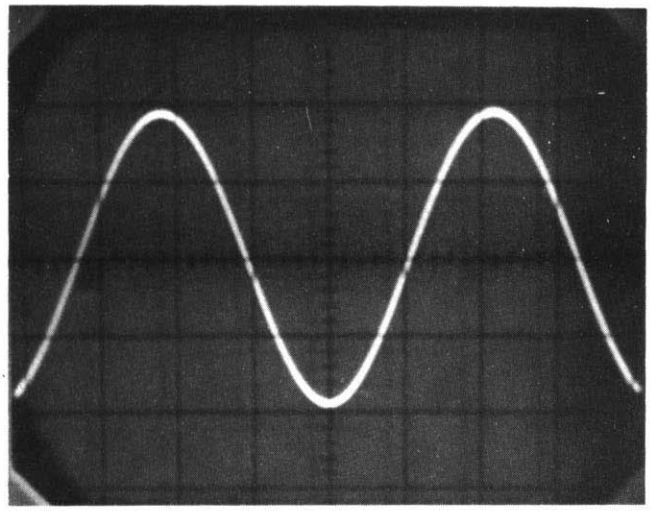
- Oefen dit nu door de frequentie én het voltage te bepalen van de volgende signalen (gegevens van de oscilloscoop staan eronder).



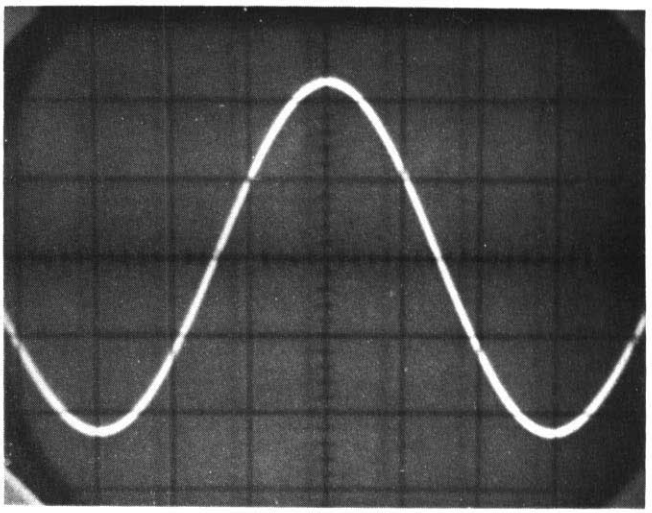
(9) op 0,2 ms, (14) op 2V/cm



(9) op 0,5 ms, (14) op 2 V/cm



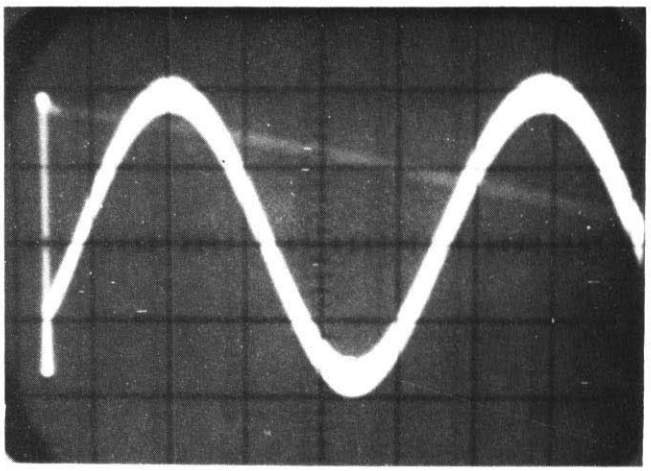
(9) op 20 $\mu$s, (14) op 200 mV/cm



(9) op 5 $\mu$s, (14) op 10 mV/cm

**8. „Triggeren"**

- stel de scoop in op 20 $\mu$s, 100 mV/cm. Laat uit de toongenerator een signaal komen van 0,4 V, 10.000 Hz (1.0 x 10 K). Draai knop (10) zo, dat je het begin van het spoor op de scoop kunt zien. Draai de intensiteit (5) zo hoog mogelijk op.
  Zie je de stip „terug flippen"?
- Je kunt nu op twee manieren een stilstaand beeld krijgen, nl. door de knop (8) naar links te draaien (rode punt bij stijgende stuk) of naar rechts (dalend stuk).
  Zie je het verschil?



**Een beetje uitleg.** De z.g. „trigger" zorgt ervoor dat het trekken van de lijn door de „scoop" begint op een bepaald moment van het binnenkomende signaal. De stip wacht dus even (vertikale streep) en loopt dan netjes met het signaal mee. De knop (8) dient ervoor om dat moment vast te leggen. Dat kan ergens in het opgaande deel (rode punt bij stijgend stuk) of in het neergaande deel (dalend stuk) van de trilling.

**9. Storingen en aansluiten**

- zet de knop (14) op 100 V en (9) op 10 ms. Steek een snoertje in ingang (11).
  Beschrijf wat je ziet.
- pak met je hand het andere uiteinde van het snoertje beet. Wat zie je nu?

Deze signalen komen uit de ruimte om je heen. Je ziet in ieder geval storing van het lichtnet en vaak ook radiostoring (beter te zien bij 1 $\mu$s, 20 mV/cm). Hilversum 1 zit op een frequentie van 1 000 000 Hz! Jijzelf bent dan de ontvanger. Om te voorkomen dat je bij je metingen last hebt van deze storingen moet je voor je verbindingen met de scoop een zogenaamde *coaxkabel* gebruiken.
Een coaxkabel heeft een metalen mantel rond de aan- en afvoerdraad van het signaal. Meestal wordt dit omhulsel *geaard* d.w.z. met de aarde in verbinding gebracht. De mantel zorgt ervoor dat storingen uit de ruimte niet tot het signaal doordringen, omdat ze meteen door de mantel worden afgevoerd. Dit gebeurt bijv. als jij de kabel vastpakt.
Ook als je geen coaxkabel hebt, is het goed de apparaten te aarden en de „aardes" onderling te verbinden, bijv. de aarde van de scoop en de aarde van de toongenerator.

PLON

*Begeleidingscommissie S.V.O.-project 0213 (vooronderzoek voor het PLON, 1972-1974)*

F. van de Maesen (voorzitter tot 1973); hoogleraar natuurkunde Technische Hogeschool Eindhoven
N.J. Heijkoop (voorzitter 1973-1974); inspecteur voortgezet onderwijs
W.P.J. Lignac (secr.); secretaris Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde
S. Auer, algemeen didacticus Universiteit van Amsterdam
F. Balkema, inspecteur voortgezet onderwijs
H.P. Hooymayers, lector natuurkundedidactiek Rijks Universiteit Utrecht
H.J.L. Jongbloed (1972-1973), mediadeskundige NIAM
J. Schweers, leraar natuurkunde havo/vwo
J. Smit, inspecteur voortgezet onderwijs
E. Warries, hoogleraar onderwijskunde Technische Hogeschool Twente
M. van Wieringen (1973-1974), mediadeskundige NIAM

*Stuurgroep PLON (1974-heden)*

H.P. Hooymayers (voorzitter), hoogleraar natuurkundedidactiek Rijks Universiteit Utrecht
W.P.J. Lignac (secr. tot 1978), secretaris Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde
A.A.M. Agterberg (secr. sedert 1978), secretaris Advies Commissie voor de Leerplan Ontwikkeling Natuurkunde in oprichting
P. Broekman (sedert 1980), hoofd afdeling Bèta en Gamma-vakken CITO
F. Dekkers (sedert 1979), hoofddocent natuurkunde Moller Instituut
H. Lengkeek (tot 1977), leraar natuurkunde mavo
D.A. Lockhorst (tot 1978), leraar natuurkunde havo/vwo
J. Schipper (sedert 1980), medewerker A.P.S.
A. Snater (tot 1980), hoofddocent natuurkunde Stichting Opleiding Leraren
F.J. Steenbrink (tot 1978), leraar natuurkunde vwo
J.M.F. Teunissen (tot 1975), onderwijskundige Rijks Universiteit Utrecht
W.C. Vink (tot 1979), directeur Christelijke Mavo te Putten
R. de Vries (sedert 1980), leraar natuurkunde havo, vwo, namens de NVON
E. Warries (tot 1975), hoogleraar onderwijskunde Technische Hogeschool Twente
S.A. Wouthuysen (tot 1976), hoogleraar natuurkunde Universiteit van Amsterdam

*Kerngroep mavo*

G.H. Frederik, vakdidacticus Rijksuniversiteit Utrecht; tot 1979 voorzitter van de ACLO-n i.o.
H. Eeftink (sedert 1980), leraar natuurkunde mavo
D. Hobo (tot 1979), directeur van de Chr. Mavo de Lier
S.G.C. Markering, hoofddocent natuurkunde Gelderse Leergangen
Ch. van Raemdonck (sedert 1980), leraar natuurkunde mavo (PLON)
J. Vastbinder (sedert 1980), leraar natuurkunde M.T.S.
W.C. Vink (tot 1979), directeur Christelijke Mavo Putten

*PLON-team mavo/havo/vwo-onderbouw*

H.F. van Aalst
W. van Bochoven (1976-1978)
W. Bijker (1979-1981), Rijks Universiteit Utrecht
H. Boelhouwer (sedert 1979), S.V.O.
S.O. Ebbens (1976-1980)
C. Floor (1979-1980)
A.C.L. van Gameren (sedert 1977)
D. van Genderen, Rijks Universiteit Utrecht
F.L. Gravenberch (sedert 1978)
C.A.S. Groen (tot 1980)
W.H. Kamphuis (sedert 1975)
J. Kortland (sedert 1980)
B.M. de la Parra (sedert 1977)
B. Pelupessy
P. de Raad (1977-1978), onderzoeksassistent
A.E. van der Valk (sedert 1980)
R.F.A. Wierstra
Th. Wubbels (1978-1979)
J. Zwarts (1977-1978), onderzoeksassistent

*PLON-administratie*

E. van den Broek (1976-1979)
R. Lindeman (1977-1980)
M. Rolff van den Baumen (1974-1979)
B. Schillert (sedert 1980)
A.G. Schwering (sedert 1980)
H. Veurink (tot 1974)

*Tekeningen*

A. Lurvink (Onderwijsmedia instituut – Rijks Universiteit Utrecht)
H. de Waal (Onderwijsmedia instituut – Rijks Universiteit Utrecht)

*Foto's*

A.C.L. van Gameren (PLON)
W.H. Kamphuis (PLON)

*PLON-CITO (namens CITO)*

F. Boessenkool
P. Broekman
C. Hellingman
T. Heuvelmans
H. Jaspers
J. de Kanter

*Proef- en volgscholen 1980-1981*

Chr. Mavo Putten te Putten
Chr. Mavo de Lier te De Lier
Thorbecke S.G. te Arnhem (mavo-afdeling)
Edith Stein College te Den Haag
Chr. Mavo Mariahoeve te Den Haag
Maasveld Mavo te Blerick
Regina Pacis Streekschool te Oudewater
R.S.G. Schagen te Schagen
Hertog Jan College te Valkenswaard
Marnix College te Ede
Niels Stensen College te Utrecht
Ashram College te Alphen a/d Rijn
Mavo de Bark te Zaandam
S.G. Oost Betuwe te Bemmel
R.S.G. Broklede te Breukelen
Eemland College Noord te Amersfoort
Grotius College te Heerlen
S.G. Nijmegen Oost te Nijmegen
Chr. S.G. de Brug te Lelystad
Dr. Edith Stein Mavo te Eindhoven
Michaël Mavo te Beek-Ubbergen
Chr. S.G. Jan van Arkel te Hardenberg
Mavo 't Fregat te Zaandam
Chr. S.G. Revius te Deventer

*Overzicht van PLON-thema's voor mavo en onderbouw havo-vwo*

**VOOR DE 2e KLAS**

- Een eerste verkenning in de natuurkunde
- Mensen en metalen – themaboek
- Keuzeonderzoeken
- Werken met water – themaboek
- Leven in lucht
- IJs, water en stoom (I en II)

*Tevens zijn beschikbaar:*
- Terugblik 2e klas, avol/app. gidsen, rommelpakket Leven in lucht, waterbladen en demonstratiebladen Werken met water.

**VOOR DE 3e KLAS**

- Bruggen
- Zien bewegen
- Geluid weergeven
- Natuurkunde in de samenleving: Water voor Tanzania
- Elektrische schakelingen – instructieboekje
- Energie thuis
- Natuurkunde in de samenleving: Energie in de toekomst

*Tevens zijn beschikbaar:*
- Kleur en licht
- Avol/app. gidsen

**VOOR DE 4e KLAS MAVO EN DE 3e KLAS HAVO-VWO**

- Verkeer en veiligheid
- Krachten – instructieboekje
- Natuurkunde in de samenleving: Stoppen of doorrijden?
- Verwarmen en isoleren
- Schakelen en regelen
- Machines en energie
- Natuurkunde in de samenleving: Kernwapens

*Tevens zijn beschikbaar:*
- Repeteerthema voor het eindexamen mavo
- Examenboekje voor mavo
- Avol/app. gidsen