

Het dopplereffect

Ultrageluid wordt niet alleen gebruikt om in het lichaam te kijken, maar ook om de stroomsnelheid van het bloed te meten. Dat gaat op dezelfde manier als bij de radarcontrole in het verkeer. De naderende auto kaatst de radargolven met een iets hogere frequentie terug: het *dopplereffect*. (Zie ook p. 58.)

Het dopplereffect is goed hoorbaar als je op tv een formule-1-wedstrijd volgt. De toon die je hoort bij het naderen van de raceauto is hoger dan bij het verwijderen. Dit komt doordat de geluidsgolven die de motor uitzendt bij het naderen iets in elkaar worden gedrukt (kortere golflengte, dus hogere frequentie en hogere toon) en bij het verwijderen iets worden opgerekt (langere golflengte, dus lagere frequentie en lagere toon).

Als de geluidsbron stilstaat en jij beweegt in de richting van de bron, hoor je het dopplereffect ook. In dat geval passeren de verdichtingen en verdunningen je oor in een hoger tempo. Bij het radarpistool is de snelheid van de golven gelijk aan de lichtsnelheid $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s.

Bij kleine snelheden geldt voor het verschil in frequentie Δf tussen de gereflecteerde frequentie en de frequentie van de bron f_{bron} :

$$\Delta f = 2 \cdot \frac{v_{\text{bloed}}}{v_{\text{geluid}}} \cdot f_{\text{bron}}$$

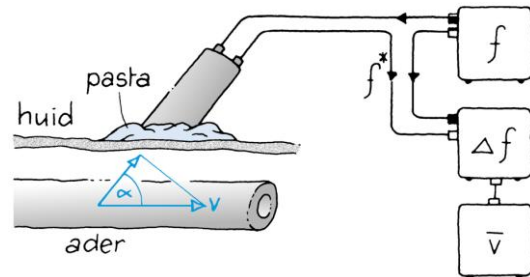
De bloedlichaampjes of de auto vangen de golven eerst op (bewegende waarnemer) en zenden ze daarna weer terug (bewegende bron). Het dopplereffect treedt dus twee keer op.

Bij een snelheidsmeting van auto's is de golflengte van de uitgezonden radargolven 9,0 mm.

- Bereken de frequentie van de radargolven.
 - De teruggekaatste radargolven hebben een veel kleinere amplitudo en een iets kleinere golflengte dan de uitgezonden radargolven.
- Geef de oorzaak voor beide veranderingen.
 - Het frequentieverschil tussen de uitgezonden radargolf en de ontvangen golf is 5,6 kHz.
- Bereken de snelheid van de naderende auto in km/h.

Bij een meting aan de snelheid van het bloed wordt ultrageluid gebruikt en bewegen de golven met de geluidssnelheid (1540 m/s). De geluidsgolf weerkaatst tegen bloeddeeltjes.

Voor v_{bloed} moet je de component van de snelheid nemen in de richting van de transducer.



► Hier wordt de stroomsnelheid van het bloed in een halsslagader bepaald met ultrageluid van 2,0 MHz. De meetpen die de golven uitzendt en weer opvangt, maakt een hoek van 50° met de slagader die het bloed naar het hoofd brengt.



- Is de terugkerende toon hoger of lager dan 2,0 MHz?
- Bereken de stroomsnelheid als de golflengte verschuift met 0,012%.
 - Voor een paar tientjes kunnen aanstaande moeders zelf de hartslag van hun kind meten met een dopplersensor. Een ultrasonische geluidspuls van 3,0 MHz wordt naar het hartje gestuurd.
- Bereken de golflengte.
 - Het pompende hart zendt een golf retour die tijdens een hartslag van frequentie verandert. Stel de frequentie van de teruggekaatste golf is maximaal 170 Hz lager.
- ¹Trekt het hart dan samen of zet het uit?
- ²Bereken de grootste vaart van de hartkamer.