

Korte geschiedenis

De oudste manier om te navigeren is gebaseerd op de positie van de zon en de sterren. De Babyloniërs hielden al een uitgebreide catalogus bij waarin de bewegingen van de sterren en de zon stonden beschreven. Deze catalogus heette de MUL.APIN en er wordt geschat dat die al bestond rond het jaar 1000 v.Chr. Deze gegevens werden vooral graag gebruikt door zeelieden, om hun weg te kunnen vinden over zee. De instrumenten die ze hiervoor gebruikten waren in het begin natuurlijk erg simpel, maar in de loop van de tijd was men steeds beter in staat om de positie van de sterren te bepalen, door de hoek tussen de horizon en de sterren te meten. Een belangrijke stap hierin werd gezet door Isaac Newton, die in 1699 de octant uitvond. Later werd deze in 1730 verbeterd door John Hadley en Thomas Godfrey tot een sextant (zie Figuur 1).



Figuur 1: een sextant, zoals die lange tijd door zeelieden werd gebruikt. [Teylers Museum]

Een ander instrument dat al lang wordt gebruikt voor navigatie is natuurlijk het kompas. Dit is in China uitgevonden rond het jaar 0, en werd meegenomen naar Europa rond 1250 n.Chr.

Problemen

De sextant en het kompas hebben allebei echter nadelen. Bij de sextant zijn deze redelijk duidelijk: je moet de sterren kunnen zien, iets wat nogal eens wordt verhinderd door wolken, of simpelweg omdat het dag is. Ook moet een schip enigszins stil liggen om nauwkeurig te kunnen meten, wat op zee ook lang niet altijd het geval is.

Het kompas is gebaseerd op het effect van ferromagnetisme. Dit betekent dat het kompas niet naar het noorden van de Aarde wijst, maar naar het magnetische noorden van de Aarde. Dit magnetische noorden verschuift echter elk jaar, waardoor er steeds een kleine fout zit in de richtingsbepaling. Ook zijn moderne schepen vaak gemaakt van metaal, wat het kompas sterk beïnvloedt en er soms zelfs voor zorgt dat het kompas het helemaal niet doet.



Figuur 2: de gyroscoop van Bohnenberger.

[Wikimedia Commons]

De oplossing voor al deze problemen zou een apparaat moeten zijn dat heel stabiel is – dus zichzelf kan aanpassen aan de bewegingen van het schip – en niet gebaseerd op magnetisme, maar waarmee je wel je koers t.o.v. het noorden kunt bepalen. Het eerste punt had men redelijk snel opgelost: de draaitol was in die tijd (eind 17^e, begin 18^e eeuw) al bekend. Kennelijk zorgde het snelle ronddraaien van de draaitol ervoor dat deze niet om kon vallen. Johann Bohnenberger publiceerde in 1817 een artikel over een apparaat dat deze techniek gebruikte (zie Figuur 2). Dit apparaat werd door Léon Foucault (1819-1868) gebruikt in zijn lessen en in een van zijn eigen experimenten om de draaiing van de Aarde te meten. Foucault was ook de eerste die dit apparaat de naam gyroscoop gaf.



Figuur 3: de gyroscoop van Foucault. De bol verving hij door een metalen schijf, en hij mat de verandering van de hoek van de gyroscoop met behulp van een microscoop.
[Wikimedia Commons]

Bouw van de gyroscoop

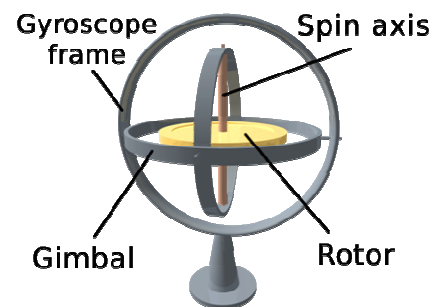
Stel je voor dat je een fietswiel aan beide kanten vasthoudt aan het uiteinde van de as. Als het fietswiel stilstaat, kun je deze zonder problemen naar rechts en naar links draaien. Als het fietswiel echter snel ronddraait, blijkt dat veel moeilijker te zijn! De gyroscoop is ook op dit principe gebaseerd. Stel je voor dat je de as van de fiets een stuk langer maakt, en een ring maakt die net wat groter is dan het fietswiel, zodat je deze aan beide uiteinden van de as kan vastmaken. Als het fietswiel snel ronddraait, kun je de ring ook ronddraaien rond de as van het fietswiel, zonder dat je hiervoor kracht hoeft uit te oefenen. Dit betekent dat het fietswiel niet sneller of trager gaat ronddraaien.

Als je het hele wiel echter naar links of naar rechts probeert te draaien kost dit weer energie. Dit kun je oplossen door nog een ring te maken, die iets groter is dan de eerste ring. Deze maak je dan op twee plekken vast aan de eerste ring, precies tussen de assen van het wiel in.

Je krijgt dan een constructie die heel erg lijkt op die in Figuur 4, afgezien van het frame er omheen. Je kunt nu de buitenste ring alle kanten op draaien zonder dat dit moeite kost! Het fietswiel blijft ondertussen keurig op z'n plek, dus hoewel een schip alle kanten op kan deinen, blijft de draaiende schijf in een gyroscoop altijd op precies dezelfde plek hangen.

Natuurlijk is het niet helemaal zo dat de schijf altijd even snel blijft

draaien. Luchtweerstand en weerstand in de draaipunten waar de ringen aan elkaar vast zitten zorgen ervoor dat de schijf heel langzaam trager gaat draaien. In moderne gyroscopen wordt dit gecompenseerd door op de schijf magneetjes te monteren, die vervolgens met een elektromagneet naast de gyroscoop even kunnen worden aangetrokken. Zo kun je dus met korte pulsjes van een elektromagneet de schijf weer sneller laten draaien.



Figuur 4: de basisstructuur van een gyroscoop.
[Wikimedia Commons]

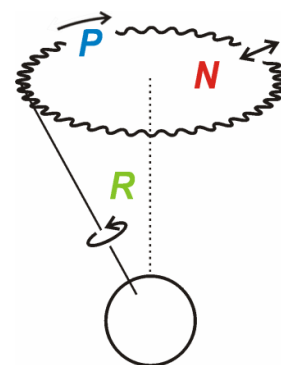
De natuurkunde

Belangrijk om op te merken is het feit dat het niet uitmaakt wat de stand van het wiel was toen je hem versnelde. Horizontaal, verticaal en alles daartussen: als het wiel eenmaal draait, wil deze in dezelfde stand blijven staan. Het enige effect dat hier van belang is, is het zogenoemde traagheidsmoment. Hoe zwaarder een schijf is, hoe meer van die massa aan de buitenrand van de schijf zit en hoe sneller deze schijf draait, hoe groter het traagheidsmoment en hoe meer kracht het kost om een draaiend object te kantelen. Een gyroscoop heeft dus niets te maken met het magnetische veld van de Aarde!

Naast de eerder genoemde verliesgevende krachten als luchtweerstand, kunnen er ook andere krachten worden uitgeoefend op een gyroscoop, bijvoorbeeld omdat je in het geval van het fietswiel, de as van het wiel naar rechts of links draait. In dat geval krijg je een effect dat te zien is in Figuur 5. De gestippelde lijn is de originele as van de gyroscoop. Als je een zijwaartse kracht op de gyroscoop

uitoefent, gaat de gyroscoop niet alleen om zijn eigen as draaien (in figuur 5 weergegeven door R), maar gaat de as van de gyroscoop ook draaien (het rondje P in figuur 5). Hierdoor gaat de gyroscoop zwabberen.

Wat je je ook kunt voorstellen, is dat de gyroscoop bij een heel grote zijwaartse kracht niet in staat is om stabiel te blijven. Als de rotatie P te groot wordt gaat de gyroscoop zo hard zwabberen dat hij uiteindelijk heel chaotisch gaat bewegen en 'omvalt'.



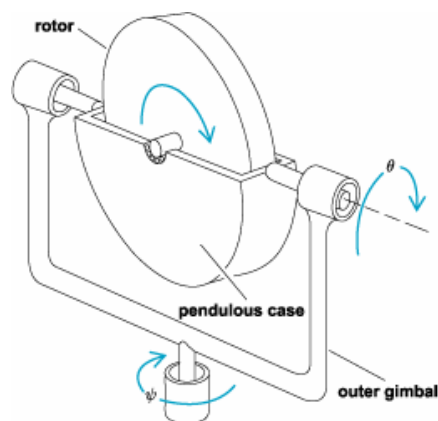
Figuur 5: precessie (P) en nutatie (N) van de gyroscoop. [\[Wikimedia Commons\]](#)

Toepassingen

De gyroscoop wordt tegenwoordig in veel verschillende apparaten toegepast.

Schepen en vliegtuigen gebruiken gyrokompassen om hun richting te bepalen. Veel smartphones gebruiken een elektronische gyroscoop (MEMS gyroscoop) om een verandering in de draaiing van de smartphone te detecteren, hetzelfde geldt voor bijvoorbeeld de Wii-mote van de Nintendo Wii. Maar ook een segway maakt gebruik van een vijftal gyroscopen om richtingsveranderingen te meten, en met de motoren vervolgens te compenseren zodat ze rechtop blijven staan.

Als laatste gebruiken ook veel satellieten en bijv. ISS gyroscopen om hun draaiing te bepalen, en deze zelfs te beïnvloeden. ISS heeft vier grote gyroscopen aan boord, waarbij met behulp van grote elektromagneten een draaiing in de as van de gyroscoop kan worden veroorzaakt. Deze draaiing zorgt er vervolgens voor dat het hele ruimtestation gaat draaien, omdat de massa van de gyroscopen zo groot is.



Figuur 6: een gyrokompass zoals je die in een schip tegenkomt. [\[McGraw-Hill Encyclopedia\]](#)

Maar tot nu toe is de meest belangrijke toepassing nog steeds het gyrokompass. Hiervan is een plaatje te zien in Figuur 6. Het grote spinnende wiel zorgt ervoor dat het best moeilijk is om net als bij het fietswiel een zijwaartse kracht uit te oefenen op de U-vormige houder. Als je zorgt dat het draaipunt helemaal onderaan soepel kan draaien, blijft het gyrokompass altijd dezelfde richting uit wijzen.

Je kunt je voorstellen dat een gyrokompass op een schip nogal beïnvloed kan worden door het deinen op de golven. Daarom hangt de schijf in een bak die heen en weer kan slingeren. Als het schip (de U-vorm) dus heen en weer slingert rond de gestippelde as die door de schijf heen loopt (aangegeven met de letter θ aan de rechterkant van de figuur) heeft dat zo geen invloed op de rotor. Door de draaiing van de hele U-vorm te meten (aangegeven onderaan het figuur met de letter ψ) kun je precies het aantal graden bepalen ten opzichte van het noorden van de Aarde, en weet je dus welke koers je vaart. Dit betekent niet dat het wiel ook persé naar het noorden hoeft te staan! Zoals eerder aangegeven maakt het niet uit hoe je het wiel neerzet, want als het hard genoeg draait blijft het altijd in diezelfde richting staan. Als je precies weet onder welke hoek het wiel staat ten opzichte van het noorden, dan kun je gemakkelijk de koers van het schip berekenen ten opzichte van het noorden door bij de gemeten hoek de 'ingestelde' hoek van het wiel op te tellen. Het makkelijkste is natuurlijk om het wiel wel naar het noorden te laten wijzen, want dan is de gemeten hoek ook direct je koers.