

1. Luchtdruk.

We merken het niet, maar lucht oefent een druk uit. De dichtheid van droge lucht op zeeniveau bedraagt $1,293 \text{ kg/m}^3$. Omdat lucht overal om ons heen is, drukt lucht op alle voorwerpen aan het aardoppervlak. Dat lijkt door de geringe dichtheid van weinig belang. Maar de luchtlag rondom de aarde is zo dik, dat die druk nog behoorlijk groot is. Gemiddeld drukt op elke vierkante centimeter van het aardoppervlak een kracht van ongeveer 10 Newton. De druk die in de aardatmosfeer bestaat door het eigen gewicht van de atmosfeer wordt luchtdruk genoemd.

Nu is de luchtdruk niet overal op aarde gelijk. Er komen kleine verschillen voor. De oorzaak is verschil in verwarming. Waar het aardoppervlak verwarmd wordt, zet de lucht uit. Daardoor wordt hij lichter en gaat stijgen. Er is daar dan minder lucht. Het gewicht en dus de druk wordt minder. Er is lage luchtdruk. Omgekeerd krimpt bij afkoeling de lucht in. Er kan zich meer lucht op die plek verzamelen. Het gewicht van de lucht wordt daar groter. Er is hoge luchtdruk. Luchtdrukverschillen zijn heel belangrijk. Want zij zijn er de oorzaak van, dat er weer is. Of het ergens regent of dat ergens anders de zon schijnt, wordt veroorzaakt door het verschil in luchtdruk tussen die twee plaatsen. Hoog in de lucht is het kouder dan aan het aardoppervlak. De lucht, die in een gebied met lage luchtdruk stijgt, koelt daardoor af. Door de koeling gaat de waterdamp in die lucht condenseren, er ontstaan waterdruppeltjes. Wij zien dat als bewolking. Omgekeerd wordt lucht, die daalt in een gebied met hoge luchtdruk, warmer. De waterdruppeltjes verdampen. De bewolking verdwijnt dus en de zon breekt door.

Tussen de hoge en lage luchtdruk ontstaat een luchtstroom van te veel en te weinig lucht. Dit is de **wind**. Zo zijn luchtdrukverschillen verantwoordelijk voor de drie belangrijkste weerelementen:

- **temperatuur.**
- **bewolking en neerslag.**
- **windrichting en windkracht.**

2. Het donderglas.

Eerst iets over de werking van **barometers**.

Het is heel belangrijk om te weten hoeveel de luchtdruk bedraagt. Want als je weet of het hoge of lage luchtdruk is, kun je ook verwachten hoe het weer in de komende uren zal worden. Belangrijk is vooral om te weten of de luchtdruk verandert. Want dat betekent, dat het weer zal gaan veranderen. Daalt de luchtdruk, dan zal vaak de bewolking gaan toenemen en kan er na een paar uren regen of sneeuw vallen. Stijgt de luchtdruk, dan kun je opklaringen verwachten; de bewolking breekt en de zon komt door. Het is dus van belang de luchtdruk te kunnen meten en dat op verschillende tijdstippen van de dag. Zo kun je ook de veranderingen in de luchtdruk op het spoor komen. De luchtdruk wordt gemeten met een barometer.

De barometer die je in veel huizen ziet hangen is meestal een aneroïde barometer (an-roid = zonder lucht). Deze bestaan uit een bijna luchtlede doos met gegolfde wanden en deksels, vervaardigd van dun elastisch materiaal. Als de luchtdruk hoger wordt gaan de wanden van dit doosje dichter na elkaar toe. Als de druk afneemt gaan de wanden verder uiteen. Behalve de luchtdruk kan ook het bijbehorende weer op de wijzerplaat worden afgelezen.

Op veel barometers kan de luchtdruk alleen in millimeters of centimeters kwikdruk worden afgelezen. Deze maat is afkomstig van de meting van de luchtdruk met een kwikbarometer. De kracht waarmee een kolom lucht (van bijv. 1 cm^2) op aarde drukt, is in staat de kolom kwik in de luchtlede buis omhoog te duwen tot een hoogte van ongeveer 75 cm.

Bij de KMNI wordt gewerkt met een barograaf. Dit is een zogenaamde zelfregistrerende luchtdrukmeter. Zo'n barograaf maakt een zeer systematische en nauwgezette wijze van meten mogelijk.

Een bijzonder soort barometer is het **weerglas**. Dit is een heel algemeen klinkende naam voor een instrument, dat daarom niet meer van deze tijd lijkt te zijn. Dat klopt ook inderdaad: het is een van de oudst bekende weerinstrumenten, waarmee men waarnemingen over het weer kon doen.

De oudste weerglazen worden uit het begin van de zeventiende eeuw gemeld. Het weerglas schijnt toen een heel populair instrument te zijn geweest. Het was eigenlijk het eerste weerkundige instrument, waarmee weersvoorspellingen konden worden gedaan. In die tijd, met veel zeevaart, had men natuurlijk behoefte aan weersverwachtingen. Op schepen werd het weerglas veel gebruikt. Daarom heet het weerglas ook wel **scheepsbarometer**. Vanwege de duidelijke reactie van het instrument bij onweer en vanwege het belang in die tijd van de voorspelling van onweersbuien staat het weerglas ook bekend onder de naam "**donderglas**". Een donderglas lijkt wel wat op een barometer, maar er zijn nogal wat verschillen. Zo heeft een donderglas geen schaalverdeling. Een barometer heeft deze altijd en dat duidt op de toeneming van nauwkeurigheid in de waarnemingen over het weer in de loop der eeuwen. Het donderglas is gevuld met water en niet met kwik, zoals de kwikbarometers. Vaak is aan het water een kleurstof toegevoegd.

De vorm van het donderglas doet een beetje denken aan een ouderwetse theepot. Door die vorm zijn de veranderingen in de hoogte van de waterspiegel het best waarneembaar. Aan het glas zit een tuit, waar doorheen bij extreme weersveranderingen water kan ontsnappen. Normaal zal dat niet gebeuren, omdat het glas voor tweederde met water is gevuld.

3. De meetmethode.

Het donderglas kan niet gebruikt worden als een meetinstrument. Dat kan niet, want er is geen schaalverdeling aanwezig. Het kan uitsluitend weersveranderingen weergeven. Dat gebeurt door de invloed van de luchtdruk op de hoogte van de waterspiegel. Wordt de luchtdruk lager dan stijgt het niveau van het water. Ook bij stijgende temperatuur komt het water hoger te staan, maar de invloed van de luchtdruk is het grootst. Het donderglas heet niet voor niets zo. Vooral in de zomer kan bij warm weer het weer plotseling omslaan door een naderend onweer. Dan werkt het instrument het best. Door de hoge temperatuur en de plotseling snel dalende luchtdruk bij een naderende onweersbui komt het water in het donderglas omhoog en kan zelfs uit de tuit gaan lekken. Het zal duidelijk zijn dat het donderglas niet geschikt is voor metingen met getallen.

Vroeger werd de luchtdruk altijd aangegeven in cm kwik. Dat kwam, doordat de kwikbarometer de oudste barometer is. Normale luchtdruk was 76 cm kwik. Later werden er andere barometers geconstrueerd, die niet meer hoefden te werken met de gevaarlijke vloeistof kwik. Nog lang bleef het de gewoonte om de luchtdruk toch in cm kwik aan te geven. Daarnaast kwam een andere maat in gebruik: 75 cm kwik werd gelijk gesteld aan 1 **bar = 1000 millibar**. Dat betekende dat de normale luchtdruk ongeveer 1013 mb (millibar) was. Sinds het begin van de jaren tachtig is millibar vervangen door **hectopascal (hP)** in overeenstemming met het nieuwe stelsel van maten. 1 mb = 1hP.

Luchtdrukverschillen in de natuur zijn niet zo geweldig groot. In Nederland wisselen de waarden doorgaans tussen de 990 en 1035 hP. Waarden onder de 990 hP zijn al extreem lage luchtdrukwaarden. De laagste luchtdruk ooit gemeten is 874 hP in de Grote Oceaan in het oog van een tropische wervelstorm. De hoogste luchtdruk kwam voor in Siberië en bedroeg 1083 hP.

Toch kunnen die betrekkelijk kleine verschillen heel ingrijpende verschijnselen veroorzaken: zware stormen, windhozen, hagelbuien, bliksem en onweersbuien, grote hoeveelheden regen, waardoor overstromingen ontstaan, en dikke pakken sneeuw. Daarbij is vooral het luchtdrukverschil tussen twee plaatsen van belang, meer dan het feit of de luchtdruk hoog of laag is. Hoe groter het verschil, hoe heftiger zijn de weersverschijnselen, en dan vooral als het luchtdrukverschillen over korte afstand zijn. Je kunt dus steeds het beste spreken over hoge luchtdruk ten opzichte van een andere plaats, waar de luchtdruk lager is. Beide plaatsen kunnen dan best een hoge luchtdruk hebben, hoger dan de normale luchtdruk van 1013 hP. Daarom is het ook belangrijk de luchtdrukverandering waar te nemen, meer nog dan het getal, want die geeft de weersverandering aan.

4. Schoolgebruik.

Dat betekent, dat met behulp van het donderglas geen systematische waarnemingen gedaan kunnen worden en het ook geen zin heeft om de leerlingen op deze wijze te leren waarnemen. Het donderglas is een instrument om af en toe naar te kijken en op te merken hoe er plotselinge veranderingen in het waterniveau optreden.

Het donderglas is heel geschikt om de samenhang tussen de weersverschijnselen aan te tonen, vooral luchtdruk en temperatuur. Daarmee kan een dimensie toegevoegd worden aan de beperkte mogelijkheden van waarneming door alleen onze zintuigen. Het donderglas leent zich niet zo goed voor individuele opdrachten voor leerlingen. Het is meer geschikt voor een groepsopdracht of voor één individuele leerling gedurende een langere periode van waarneming op vaste tijdstippen. Aan de techniek en systematiek van het waarnemen behoeft daarbij niet veel aandacht besteed te worden, aangezien aan de werking van het donderglas weinig exactheid ontleend kan worden. Het donderglas kan goed gebruikt worden in combinatie met systematische waarnemingen van een barometer en/of thermometer. De leerling kan daarbij nagaan op welke momenten van verandering in luchtdruk en temperatuur er ook verandering in het vloeistofniveau van het donderglas plaats vindt. Op die manier kan een zinvolle vergelijking van verschillende instrumenten nagestreefd worden.

5. Opdrachten.

1. Het donderglas geeft plotselinge veranderingen van het weer aan. Je kunt dat zien door een stijging van de hoogte van de vloeistof in het glas. Meestal betekent dat een verslechtering van het weer: zware buien, vaak met onweer of veel wind. Op het donderglas staat geen maatverdeling aangegeven. Om de veranderingen goed te kunnen zien, is het handig een papiertje naast het donderglas te plakken en met een streep het vloeistofniveau aan te geven.
 - a. Ga op vaste tijdstippen gedurende een week na of het vloeistofniveau verandert. Doe dat elk uur.
 - b. Als dat niveau verandert of veranderd is, kijk dan naar buiten of het weer verandert en noteer op welke manier.

dag	uur	verandering donderglas	verandering weer

2. Waarnemingen aan het donderglas kun je goed samen doen met waarnemingen aan een barometer en een thermometer. Van de barometer en de thermometer noteer je op vaste tijdstippen van de dag de juiste waarde. Van het donderglas noteer je tegelijkertijd of het vloeistofniveau veranderd is. Doe je waarnemingen elke dag om 9, 12 en 15 uur gedurende twee weken. Onderstreep achteraf de temperatuur en luchtdruk van de momenten waarop het vloeistofniveau van het donderglas veranderde. Wat is je conclusie?

dag	uur	luchtdruk	tempratuur	verandering donderglas