Waarom zijn wolken wit?

Als je in Nederland naar buiten kijkt, zie je negen van de tien keer grijze wolken en zo nu en dan een volmaakt witte versie. Deze drijvende waterzakken zijn zo onmiskenbaar in ons leven dat we ons vaak niet afvragen waarom ze zo zijn als ze zijn. Bijvoorbeeld: waarom zijn wolken wit danwel grijs?

Afbeelding 1. Wolken.Waarom zijn de wolken wit? Foto: Michael Jastremski.

Het blijkt dat achter bovenstaande vraag een hele berg interessante natuurkunde schuilt en dat veel fundamentele processen samenspelen om kleur aan de wolken te geven. In dit artikel zullen we deze processen beschrijven. Waarschijnlijk zul je na het lezen met een heel

andere blik naar de wolken kijken!

Voordat we kunnen beginnen met het verklaren van de kleur van wolken, moeten we eerst weten wat er precies in wolken zit en hoe licht met de wolk wisselwerkt.

In wolken zit water. Wolken bestaan uit heel kleine waterdruppeltjes die gemiddeld genomen een diameter hebben van ongeveer 20 micrometer. Een regenwolk zal een iets hoger gemiddelde hebben; witte wolken iets kleiner.

Licht bestaat uit golven. Deze golven kunnen we wiskundig beschrijven met een aantal vergelijkingen, die de *Maxwellvergelijkingen* heten. Door deze vergelijkingen goed te bestuderen, kunnen we uitrekenen hoe licht en materie met elkaar wisselwerken. Neem bijvoorbeeld een regelmatige ('vlakke') lichtgolf en stuur deze af op een bolvormig waterdruppeltje. De Maxwellvergelijkingen zullen ons nu exact vertellen hoe de ingaande vlakke golf zal veranderen als deze de waterdruppel gepaseerd is. Deze veranderde golf noemen we de *verstrooide golf* en dit proces staat dan ook bekend onder de naam *verstrooiing*.

Kwalitatief kunnen we het volgende opmerken over verstrooiing van licht met een waterdruppel: hoe groter de golflengte van de inkomende vlakke golf ten opzichte van de diameter van de waterdruppel, hoe kleiner de invloed van de druppel zal zijn. In het omgekeerde geval is het juist zo dat de waterdruppel heel veel invloed heeft en is er veel verstrooiing.

Zichtbaar licht heeft een golflengte tussen de 0,4 en 0,7 micrometer. Om onze vraag te kunnen beantwoorden, moeten we dus precies in het overgangsgebied kijken: de golflengte en de diameter van de druppel hebben ongeveer dezelfde groote. De meeste theoretisch fysici zouden nu zenuwachtig worden, want meestal kunnen we alleen betrouwbare berekingen doen voor ofwel heel grote golflengtes in vergelijking met de diameter van de waterdruppel, of heel kleine.

Het prachtige van verstrooiing van licht met bolvormige objecten is dat we juist wél betrouwbare berekeningen kunnen doen als de golflengte vergelijkbaar is met de diameter van de bolletjes. Deze theorie werd in 1908 door Gustav Mie ontwikkeld en kan voor ons precies verklaren waarom wolken wit zijn. Als we bestuderen wat de Mie-theorie voorspelt

over hoeveel licht er verstrooid wordt door de kleine waterdruppeltjes, dan zien we dat dit niet erg afhankelijk is van de golflengte. Bovendien zegt de Mie-theorie ons dat het verstrooide licht niet veel van richting verandert. Dit betekent dat elke kleur van het zichtbare licht in dezelfde mate verstrooid zal worden; wij zien dat dan als wit licht.

Het mooie van de Mie-theorie is dat die zich niet alleen beperkt tot bolvormige deeltjes met een diameter vergelijkbaar met de golflengte, maar ook geldt voor grotere bolletjes. Dit stelt ons in staat om allerlei voorspellingen te doen over de verstrooiing van licht: niet alleen door waterdruppels, maar ook door intergalactisch stof of door de dikke rookwolk na een vulkaanuitbarsting. Natuurlijk kan ik hier nog veel meer voorbeelden aan toevoegen, maar misschien kun je zelf over het volgende nadenken. Waarom is de rook van een sigaret een beetje blauwig als deze van de sigaret afkomt, maar na uitademing ervan wit?