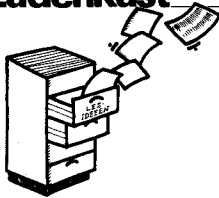


Ladenkast



regenboog
kleur
weersverschijnselen

10-12 jaar

Kees Floor, KNMI, de Bilt

De regenboog in de klas

Wanneer kun je een regenboog zien? En hoe ziet zo'n boog er precies uit? Deze en andere vragen over de regenboog heb ik besproken met de zesde klas van een basisschool en met de eindgroep van een LOM-school. Eerst maakten de kinderen elk een tekening, waarop een regenboog voorkwam. Deze tekeningen hebben we samen bekeken. Daarbij merkten we dat de getekende regenbogen onderling verschilden. Vervolgens bekeken we dia's en foto's van regenbogen aan de hand van de verschilpunten die de tekeningen hadden opgeleverd.

Mijn bedoeling met deze lessen was de leerlingen "warm te maken" voor regenbogen en, meer algemeen, voor verschijnselen die de natuur om ons heen laat zien. Verder wilde ik de leerlingen oefenen in het gedetailleerd waarnemen van zo'n verschijnsel. Een natuurkundige verklaring van de regenboog valt buiten het bestek van de lessen.

Zo'n verklaring hoort eerder thuis in de natuurkundelessen van het voortgezet onderwijs.

Tekeningen

"Maak een tekening waarop een regenboog voorkomt." Meer is niet nodig, en waarschijnlijk zelfs niet wenselijk, om aan onze regenboogtekeningen te komen. Wel kunnen we de leerlingen vragen achterop de tekening de bijbehorende plaats en tijd te vermelden.

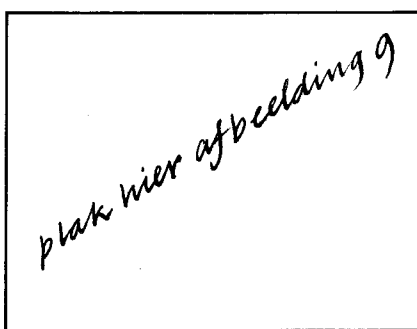
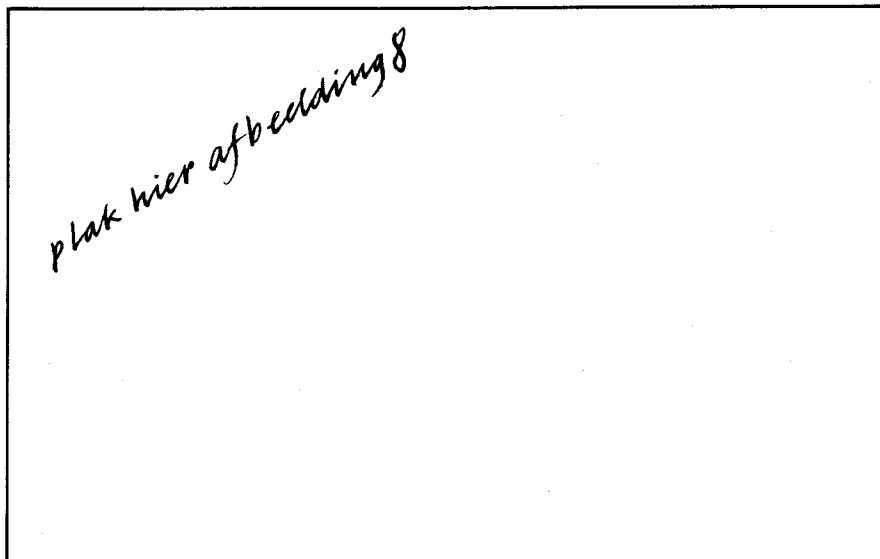
Het maken van regenboogtekeningen is leuk werk, dat mooie resultaten oplevert. Bovendien krijgen we meteen de bij de kinderen reeds aanwezige kennis over regenbogen boven tafel. Alle leerlingen van de beide groepen waar ik mee werkte hadden wel eens een regenboog gezien en konden er een in beeld brengen. De tekeningen nam ik mee naar huis, om ze te bekijken op de punten die ik later ook in de klas bij

plak hier afbeelding 6

plak hier afbeelding 7

de bespreking liet terugkomen. Deze punten zijn:

1. De vorm: een boog, dus een deel van een cirkel. Dit kenmerk is bij alle leerlingen bekend en dus op alle tekeningen terug te vinden.
2. De kleurenrijkdom, het bekendste kenmerk en ook weer op alle tekeningen aanwezig.
3. Hoeveel kleuren en welke? Nu beginnen er verschillen te ontstaan tussen de tekeningen. In de ene groep varieerde het aantal kleuren van 3 tot 5, in de andere van 4 tot 8. Dit is een moeilijk punt. U heeft natuurlijk wel eens gehoord van de 7 kleuren van de regenboog, maar kunt u ze alle 7 opnoemen? De regenbogen op de plastictasjes van C & A hebben 6 kleuren; op middeleeuwse schilderijen meestal 2 of 3. Moeten we zwart meetellen als kleur? Het wordt soms door de leerlingen toegepast.
4. De volgorde van de kleuren. Ook hier leveren de tekeningen verschillende resultaten. Het is niet altijd makkelijk om de volgorde van vier kleuren te vergelijken met de volgorde van acht kleuren. Maar wel kun je dan bijvoorbeeld opmerken dat de ene regenboog een rode buitenrand heeft, terwijl bij de andere het rood ergens middenin zit. Staan de kleuren op het plastictasje van C & A in de goede volgorde? Dan laten sommige tekeningen die ik kreeg ook een goede volgorde zien. Maar andere tekeningen wijken sterk af.
5. Regen, een donkere lucht of een donkere regenwolk komen op een groot aantal tekeningen voor. Bij andere tekeningen is er echter geen spoor van te bekennen.
6. Ook de zon is op veel tekeningen aanwezig. Op sommige tekeningen staat de zon ergens binnen de regenboog; bij andere weer erbuiten, vaak in een hoekje van het papier. Op weer andere tekeningen ontbreekt de zon echter helemaal: hoort hij er niet bij, is hij vergeten of valt hij buiten het gezichtsveld van de tekening?
7. Hoe groot is de regenboog? Bij de één is het maar een klein onopvallend boogje, dat makkelijk op de tekening past. Bij de ander is het een wijde boog, die een groot gezichtsveld vereist.
8. Hoe ver staat de regenboog weg? Ook daarin verschillen de tekeningen. Nu eens begint de boog aan of achter de horizon, dan weer staat



hij vlak bij en loopt ver voor de horizon door (bijvoorbeeld voor een huis of een ander voorwerp, op geringe afstand op de tekening langs).

9. Diversen. Soms laten de tekeningen nog andere dingen zien die misschien in de klas ter sprake kunnen komen:

- de schat aan de voet van de regenboog, een Amerikaanse legende, maar dankzij de "Donald Duck" ook bij onze schooljeugd bekend
- een berglandschap: een herinnering aan een vakantie in de bergen, waarbij de regenboog op eens zo duidelijk en indrukwekkend zichtbaar werd
- een versje of gedichtje: roept de regenboog bepaalde associaties of bepaalde stemmingen op?

Gesprek met de klas

De hierboven genoemde aandachtspunten bij het kijken naar de tekeningen van de leerlingen kwamen in het gesprek met de klas alle terug. Bij het bekijken van de tekeningen vooraf noemde ik bij elk aandachtspunt namen van leerlingen die dat punt in hun tekening hadden benadrukt.

Verder gebruikte ik aantekeningen over plaats en tijd die de leerlingen op-

gaven. Daar kwamen bijvoorbeeld dingen uit als: "het regent en de zon schijnt" of " 's zomers in de avond". Het doel van de gesprekken met de klas was om vast wat wetmatigheden te ontdekken die gelden voor de regenboog. Zo blijken er steeds wel leerlingen te weten dat je de regenboog alleen kunt zien met de zon in de rug. Ook hebben sommige leerlingen wel eens regenboogkleuren gezien in een aquariumbak of een vergelijkbaar voorwerp in dezelfde volgorde als ze in een echte regenboog optreden.

Desgevraagd blijken enkele leerlingen ook wel eens een regenboog te hebben gezien in een tuinsproeier, een fontein, een waterval of een beregeningsinstallatie. Zij gaan dan graag mee met de conclusie dat je voor een regenboog zon en waterdruppels (dus niet perse regendruppels) nodig hebt.

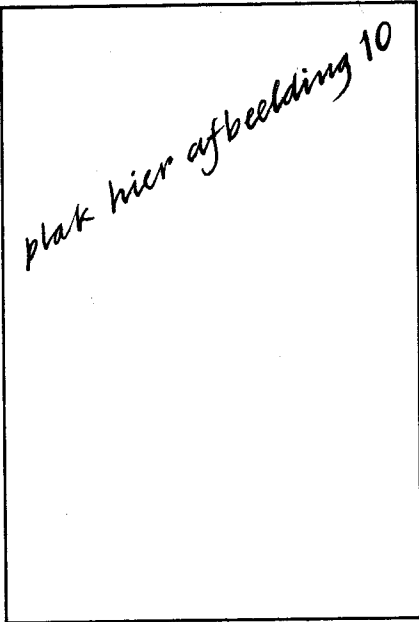
Verder heeft het klasgesprek als doel om de aandachtspunten tot leven te brengen waarmee naar de dia's of foto's van regenbogen gekeken kan worden. Natuurlijk is niet alles, waarmee de leerlingen in zo'n gesprek over de regenboog komen, bruikbaar voor de regenboog. Zo noemde een van de leerlingen de gekleurde ringen die in olie-vlekken op een nat wegdek zichtbaar zijn.

Hoewel dit ook een kleurrijk verschijnsel is en de kleuren soms in cirkelbogen optreden, is het natuurkundig niet aan de regenboog verwant.

De regenboog in de klas

Het liefst zouden we natuurlijk een regenboog in de klas hebben om deze te vergelijken met de eigen tekening of om uitsluitel te geven over de verschillen die bij het bekijken van de

Een regenboog op een zwart-wit foto is een heldere boog. Binnenin is het lichter dan erbuiten.



tekeningen gesignaleerd werden. Maar bij gebrek aan beter behelpen we ons met dia's of foto's van regenbogen. Kijk eerst uw eigen vakantiekiekiejes eens na op regenbogen. Vraag vervolgens familie en kennissen of ze u aan een opname van een regenboog kunnen helpen. Voeg daar tenslotte allerlei kalenderplaten, illustraties bij artikelen en omslagen van "natuur"boeken aan toe en we beschikken over een gevarieerde hoeveelheid "echte" regenbogen. Onderschat het belang van eigen dia's echter niet. De leerlingen vonden het erg leuk als zij de plaats waar de regenboog stond herkenden, bijvoorbeeld doordat een bekend speelpleintje of het huis van een van de leerlingen op de foto voorkwam. Bovendien werden de leerlingen zich er dan van bewust dat ze de regenboog in hun eigen omgeving kunnen waarnemen. De dia's en foto's van "echte" regenbogen bekijken we met dezelfde aandachtspunten als de tekeningen:

1. De vorm van de regenboog op de foto's is op het oog al te herkennen als een deel van een cirkelboog. (Pas op, niet nauwkeurig nameten, want door fotografisch perspectief kan de vorm op de foto afwijken van de cirkelvorm).
2. De kleurenrijkdom is op de meeste opnamen van regenbogen goed te zien. Er zijn echter uitzonderingen (zie kader). ➔
3. Hoeveel kleuren en welke? Nu begint het moeilijk te worden. Meteen valt het op dat de verschillende kleuren in de tekening veel makkelijker te onderscheiden zijn dan op de foto's: daar lopen de kleuren geleidelijk in elkaar over (en ze zijn

nooit door zwarte lijntjes gescheiden!).

Soms is het niet eens te zeggen of er oranje zit tussen het rood en het geel. Verder blijkt op sommige foto's het blauw en violet aan de binnenzijde duidelijk zichtbaar te zijn, terwijl het op andere foto's ontbreekt. Aan de binnenzijde van het bovenste stuk van de regenboog zijn soms zogenaamde "overtallige bogen" zichtbaar, kleurherhalingen in roze en turquoise of violette tinten. Moeten we die meetellen bij het aantal kleuren? Het is duidelijk dat we over het aantal kleuren van een regenboog maar beter geen uitspraak kunnen doen. Of het zou moeten zijn dat het aantal wisselt van boog tot boog.

Overigens, de zogenaamde zeven kleuren van de regenboog zijn: rood, oranje, geel, groen, blauw, indigo en violet. Hierbij dient het indigo om het aantal kleuren van de regenboog te brengen op het "heilige" getal 7.

4. De volgorde van de kleuren werd zo juist al even genoemd. De volgorde is dezelfde als de volgorde van de kleuren van het spectrum. (Als we een spectrum uitleggen als de kleuren van de regenboog geeft dat natuurlijk een cirkelredene-

ring). De volgorde op het plastic-tasje van C & A is dan goed.

Als er "overtallige bogen" (zie punt 3 eerder genoemd) optreden is het natuurlijk moeilijk om van een kleurenvorgorde te spreken, omdat er dan kleurenherhalingen optreden.

5. Regen is op foto's van een regenboog moeilijk te zien, maar een donkere lucht of een buienwolk wel. Meestal komt de regenboog beter uit tegen de donkere achtergrond van de buienwolken dan tegen de blauwe hemel, die soms onder de wolk door achter de regen te zien is.
6. De zon komt op een foto van een regenboog nooit voor. De fotograaf heeft de zon steeds in de rug. (zie kader). Wel is uit de foto's soms op te maken dat de fotograaf met zijn rug naar de zon stond: de schaduwen op de foto wijzen dan vooruit in de richting van het "middelpunt" van de regenboog.
7. De grootte van de regenboog is alleen te zien op foto's die met een "supergroothoeklens" gemaakt zijn, met andere woorden het gezichtsveld op de opname is extra groot. De grootte van de boog drukt men meestal uit in graden (zie kader).

Een waarnemer die een regenboog ziet staat met zijn rug naar de zon. De vorm van de boog is een gedeelte van een cirkelboog. Het middelpunt van deze cirkel ligt tegenover de zon en even ver onder de horizon als de zon erboven staat.

Als je je ene arm in de richting van het middelpunt van de regenboog laat wijzen en de andere arm in de richting van een punt op de regenboog, dan maken je armen een hoek van 42°.

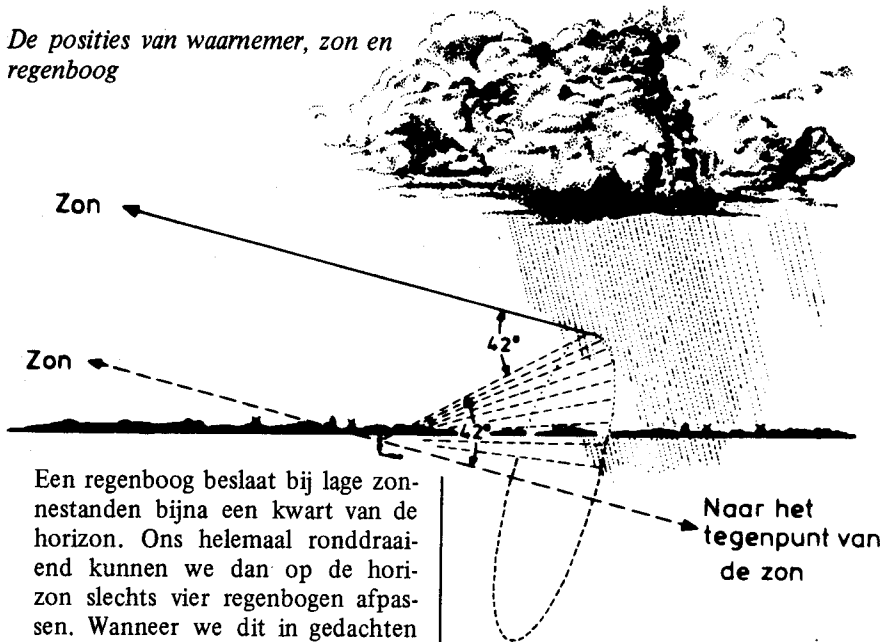
De middellijn van de regenboog (tweemaal de straal) bedraagt 84°. Als de zon zeer laag staat, staan de benen van de regenboog dus 84° van elkaar af, dat is bijna een kwart van de horizon.

Kleurarme regenbogen

Een regenboog is gewoonlijk een kleurrijk verschijnsel. Er zijn echter drie uitzonderingen.

1. Rond zonsopkomst en zonsondergang, als de zon rood gekleurd is, is de regenboog alleen rood. De regenboog toont namelijk de kleuren van het zonlicht; omdat de kleur van de laagstaande zon rood is mogen we in de regenboog dus geen andere kleuren verwachten.
2. Wanneer de druppels waarin we de regenboog zien erg klein zijn, zoals bij een regenboog in de mist (mistboog), vervagen de kleuren. Dan is alleen de rode buitenrand nog redelijk zichtbaar.
3. Bij maanlicht kan soms ook een regenboog worden waargenomen. Nu ontbreken de kleuren (met uitzondering van een rode buitenrand) omdat het oog bij geringe lichtsterktes niet op kleuren reageert.

De posities van waarnemer, zon en regenboog



Een regenboog bestaat bij lage zonnestanden bijna een kwart van de horizon. Ons helemaal ronddraaiend kunnen we dan op de horizon slechts vier regenbogen afpassen. Wanneer we dit in gedachten houden blijken de getekende regenbogen vaak te klein. Dat dit echter niet alleen voor kindertekeningen geldt, laat de afbeelding hieronder zien.



Joseph Hecht: De ark van Noach (New York Public Library)

8. Hoe ver staat de regenboog weg?

Op deze vraag kan geen eenduidig antwoord gegeven worden. De regenboog vormt zich in regen die door de zon beschenen wordt en door een waarnemer onder de goede hoek wordt gezien. Is de regen alleen dichtbij, dan moet de boog ook dichtbij zijn. Is de regen alleen ver weg, dan is de boog ook verder weg. Eigenlijk bevindt de regenboog zich niet op een bepaalde plaats, maar is hij overal in de richting waarin we hem zien, voor zover zich daar tenminste door de zon beschenen regen bevindt. Soms is er aan de hand van foto's van regenbogen wel iets over de afstand tot de boog op te merken. Dit is het geval als er een huis of een ander gebouw of de foto staat, waar de regenboog nog voor langs loopt. Wel is de regenboog vóór zo'n object dan minder duidelijk

dan erboven. Dat komt doordat voor het gebouw alleen de druppels tot aan het gebouw bijdragen aan het licht van de regenboog; boven het gebouw werken ook druppels die zich verder weg bevinden mee aan de vorming van de boog.

9. Diversen. Sommige foto's van regenbogen laten zien dat het regenboogverschijnsel meer omvat dan alleen de grote, kleurrijke boog waarover we tot nog toe spraken. Naast deze boog (de hoofdregenboog) bestaat het volledige verschijnsel uit nog een tweede boog (de bijregenboog) en een karakteristiek donker gebied tussen de beide bogen (zie kader).

Het regenboogverschijnsel houdt meer in dan de bekende kleurrijke, heldere boog, de zogenaamde hoofdregenboog. Dikwijls is een tweede boog te zien, de zogenaamde bijregenboog. Deze staat evenals de hoofdboog tegenover de zon. Hij is lichtzwakker dan de hoofdboog, wordt daarom minder vaak opgemerkt en is daardoor minder bekend. De bijregenboog is groter dan de hoofdregenboog: de straal bedraagt 51°. De kleurenvolgorde van de bijregenboog is tegengesteld aan die van de hoofdboog: de rode rand (r) zit nu aan de binnenkant, de violette rand (v) aan de buitenkant. Tussen de beide bogen is de hemel donkerder dan binnen de hoofdboog en buiten de bijboog. Ook deze lichtsterkteverdeling is op te vatten als een onderdeel van het regenboogverschijnsel.

De (hoofd)regenboog is een halve cirkel als de zon op de horizon staat. Klimt de zon langs zijn baan aan de hemel omhoog, dan zakt de regenboog naar beneden. Bij hoge zonnestanden is de boog zelfs helemaal onder de horizon verdwenen. Hoge zonnestanden komen voor in de zomer rond het middaguur (eigenlijk rond ca. 13.40 uur zomertijd). Misschien kan bij het

langslopen van de aantekeningen van de leerlingen over plaats en tijd van hun tekening al geconstateerd worden dat er geen tekeningen van rond het middaguur voorkomen.

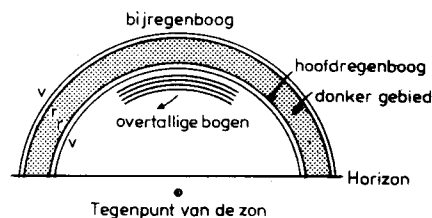
Overigens is de regenboog niet tot het zomerseizoen beperkt: hij kan het hele jaar door worden waargenomen.

Uitbreiding

Met regenboogaantekeningen van leerlingen, foto's of dia's van regenbogen en de bovenstaande aantekeningen kan men in zijn klas een afgerond programma over de regenboog brengen. Er zijn natuurlijk uitbreidingen mogelijk. Hier vast twee ideeën, als aanzet om zelf verder te denken:

A: Als de zon schijnt kan in de klas of op het schoolplein een proef gedaan worden, die laat zien dat je voor een regenboog waterdruppels en zonneschijn nodig hebt. De waterdruppels worden geleverd door een (AA-glucon) plantensproeier met pomp (zie foto). Merk op dat op de foto de druppels binnen de regenboog lichter zijn dan de druppels er buiten. Ziet U twee regenbogen, dan zijn dat meestal niet de hoofdboog en de bijboog. Doe een oog dicht en u houdt één regenboog over: elk oog heeft zijn eigen regenboog.

B: De oudst bekende beschrijving van een regenboog staat in de Bijbel: Genesis 6-9, het verhaal van Noach (Nowee) en de zondvloed. De lessen over de regenboog kunnen een aanleiding zijn



Schematische voorstelling van het regenboogverschijnsel

om met de klas op dat bijbelverhaal in te gaan.

Literatuur

Een verklaring van de regenboog valt buiten het bestek van de lessen en van dit artikel. Wie hierover meer wil lezen kan terecht in de literatuur. De artikelen uit Natuur en Techniek en Zenit bevatten veel foto's, die in de klas gebruikt kunnen worden.

- M. Minnaert: "De natuurkunde van 't vrije veld 1", Thieme, Zutphen 1968.
- C. Floor: "Regenbogen" Natuur en Techniek 45, blz. 814-833, december 1977.
- C. Floor: "De kleuren van de regenboog", Faraday 49, blz. 19-24, februari 1980.
- M. van Uden: "De regenboog" Zenit 7, 262 (juni 1980).

plak hier afbeelding 11

Een proef over de regenboog. Binnen de boog zijn de druppels helderder dan daarbuiten