



# KENNIS VAN KLIMAAT

EEN HOORCOLLEGE OVER  
DE WETENSCHAPPELIJKE  
INZICHTEN EN DE  
MAATSCHAPPELIJKE  
DISCUSSIE OVER  
KLIMAATVERANDERING

door Bart Verheggen

## **Inhoudsopgave**

[Bart Verheggen](#)

[Bob Kommer Studio's](#)

[H1. Het broeikaseffect](#)

[H2. De rol van CO<sub>2</sub> in het klimaat](#)

[H3. Het klimaat verandert in hoog tempo](#)

[H4. Oorzaken van klimaatverandering](#)

[H5. Toekomstprojecties](#)

[H6. Gevolgen van klimaatverandering](#)

[H7. Er zijn dingen die we kunnen doen!](#)

[H8. Het maatschappelijk klimaatdebat](#)

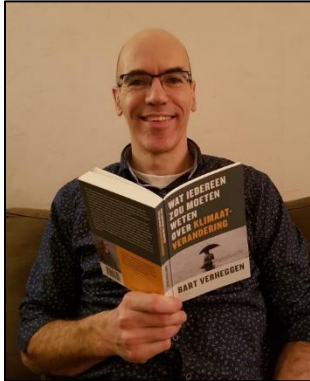
[H9. Kenmerken van wetenschapsontkenning](#)

[H10. Wetenschappelijke consensus](#)

[H11. Klimaatverandering in de media](#)

[Aanbevolen literatuur](#)

## Bart Verheggen



Dr. Ir. Bart Verheggen is een breed georiënteerde klimaatwetenschapper, werkzaam als docent aardsysteemkunde en klimaatverandering aan Amsterdam University College (AUC). Na tien jaar atmosferisch onderzoek in Canada en Zwitserland keerde hij in 2008 terug naar Nederland om bij het ECN (tegenwoordig onderdeel van TNO) te gaan werken aan diverse projecten op het gebied van klimaatverandering, luchtkwaliteit en wetenschapscommunicatie. Kort daarna is hij ook begonnen met bloggen over klimaatverandering om een wetenschappelijk gefundeerd geluid toe te voegen aan de kakofonie op internet. In de loop der jaren en met steun van een aantal goed ingevoerde wetenschapsenthousiastelingen, is het blog en bijbehorende twitteraccount uitgegroeid tot een invloedrijke stem in het gepolariseerde klimaatdebat. Naar aanleiding van de vele kritische artikelen wordt Verheggen wel de Nederlandse klimaatfactchecker genoemd. In 2020 verscheen van zijn hand het populairwetenschappelijke boek [Wat iedereen zou moeten weten over klimaatverandering](#).

Kijk voor meer informatie op zijn blog [Klimaatveranda.nl](#) en op Twitter via [KlimaatVeranda](#) en [Bart Verheggen](#).

## **Opgenomen i.s.m. Bob Kommer Studio's**

Bob Kommer Studio's, opgericht in 1952, is één van de oudste geluidsstudio's van Nederland. Naast het verzorgen van geluid voor diverse natuur- en animatiefilms, doet Bob Kommer Studio's al meer dan 20 jaar het 6-kanaals surround geluid van Omniversum en andere IMAX-theaters in Europa. De studio wordt ook gebruikt voor o.a. het inspreken van luisterboeken en het opnemen van hoorcolleges.

Kijk voor meer informatie op [www.bobkommer.com](http://www.bobkommer.com)

# Synopsis van het hoorcollege *Kennis van klimaat*

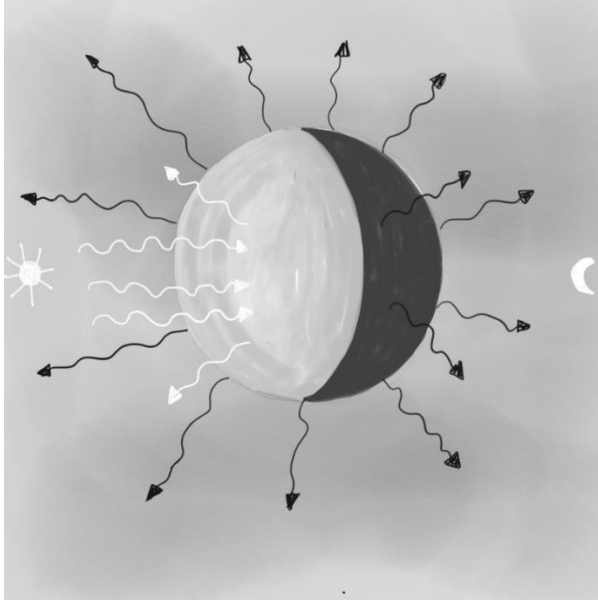
## Inleiding

Over klimaatverandering doen de meest uiteenlopende verhalen de ronde. De ene krantenkop vraagt zich af: 'Hoezo opwarming?' terwijl elders valt te lezen 'De mensheid stevent af op een klimaatcatastrofe'. Geen wonder dat veel mensen in verwarring zijn en niet precies weten hoe de vork in de steel zit.

Met dit hoorcollege - evenals met mijn boek - wil ik een wegwijzer aanreiken voor het klimaatdebat. Hoe en waarom verandert het klimaat en hoe weten we dat eigenlijk? Welke risico's kleven daaraan en hoe kunnen we die beperken? Naast de basale wetenschappelijke inzichten komen ook veelgehoorde misvattingen aan bod, evenals klimaatvragen die wellicht bij u opkomen tijdens het lezen van de krant en het surfen op internet. Gebaseerd op de meest recente wetenschappelijke kennis, zonder bagatellisering en zonder overdrijving.

## H1. Het broeikaseffect

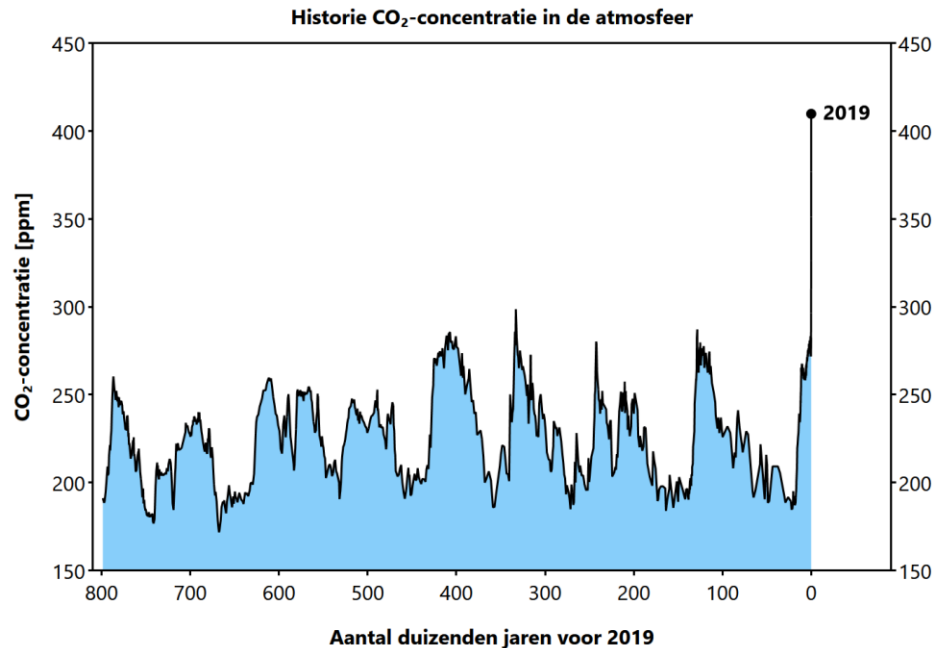
Al sinds de 19<sup>e</sup> eeuw weten we dat sommige gassen, zoals kooldioxide, methaan en waterdamp, warmtestraling absorberen. Als een soort 'deken' beperken [broeikasgassen](#) daardoor het warmteverlies van een planeet. Zonder [broeikaseffect](#) zou het aardoppervlak gemiddeld zo'n 33°C kouder zijn. Door meer broeikasgassen in de atmosfeer te brengen maken we die figuurlijke deken dikker, waardoor de aarde meer warmte vasthoudt. CO<sub>2</sub> speelt hierbij de belangrijkste rol; de hoeveelheid waterdamp - eveneens een zeer sterk broeikasgas - fungeert als een versterkende factor. Al in 1896 berekende [Svante Arrhenius](#) dat de uitstoot van CO<sub>2</sub> als gevolg van de toenemende industrialisatie tot opwarming zou leiden. Die voorspelling bleek vele decennia later inderdaad uit te komen.



*Illustratie: Marije Mooren*

## H2. De rol van CO<sub>2</sub> in het klimaat

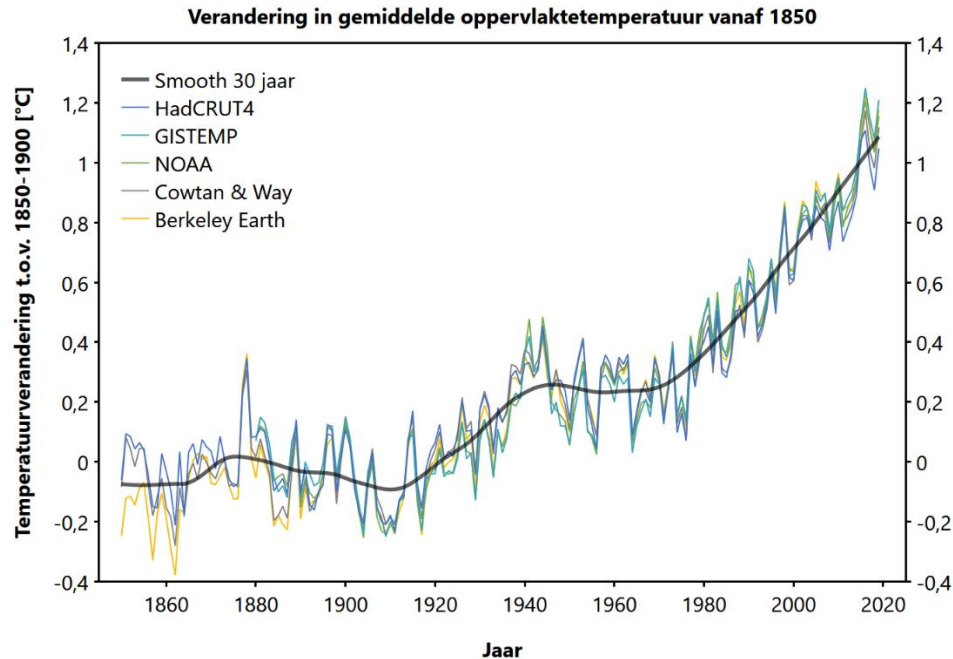
De CO<sub>2</sub>-concentratie stijgt ongekend snel en is nu aanzienlijk hoger dan in de afgelopen paar miljoen jaar is voorgekomen. De koolstofatomen in de CO<sub>2</sub> wijzen uit dat deze toename voornamelijk is veroorzaakt door het verbranden van fossiele brandstoffen zoals olie, gas en steenkool. Daarnaast komt het vrij bij ontbossing. De [CO<sub>2</sub> die we uitstoten](#) wordt voor ongeveer de helft opgenomen door oceanen (die daardoor [verzuren](#)) en door extra plantengroei. De andere helft blijft voor lange tijd, een deel zelfs vele duizenden jaren, in de atmosfeer. Ook in het [verre verleden](#) hebben veranderingen in het CO<sub>2</sub>-gehalte van de atmosfeer grote invloed gehad op het klimaat.



*Illustratie: Jos Hagelaars op basis van publiekelijk beschikbare data*

### H3. Het klimaat verandert in hoog tempo

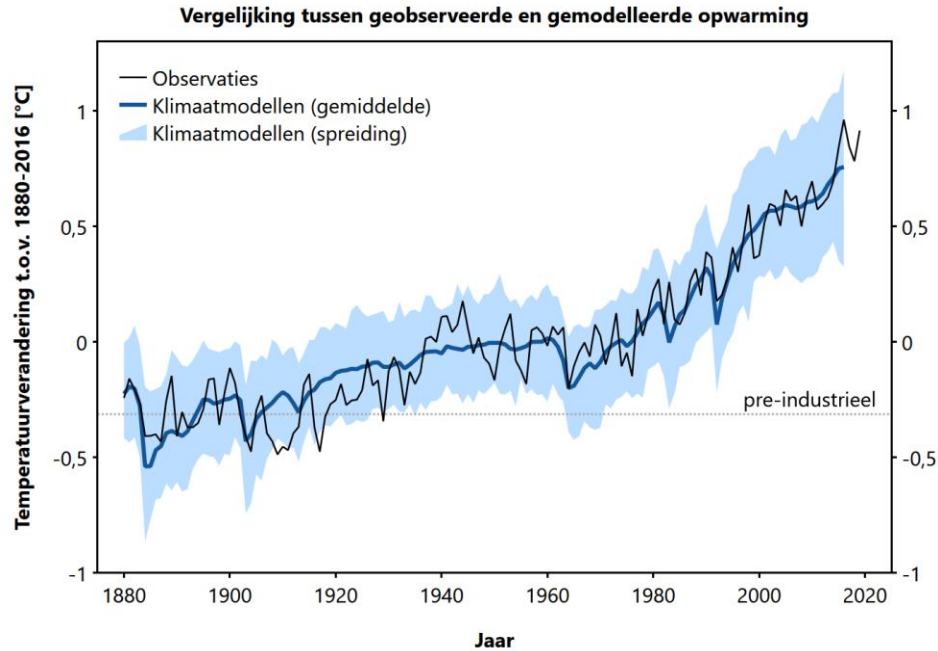
Het aardoppervlak is nu ruim 1°C warmer dan in de tweede helft van de 19<sup>e</sup> eeuw, toen met systematische metingen is begonnen. Dat lijkt weinig, maar bedenk dat tijdens de laatste ijstijd het aardoppervlak ‘slechts’ een graad of vijf kouder was dan nu. Vanwege natuurlijke variatie gaat de opwarming niet monotoon, maar met [ups en downs](#). Als gevolg van de [opwarming](#) krimpen gletsjers, neemt de hoeveelheid zee-ijs in het Noordpoolgebied af, smelt er steeds meer ijs van de grote ijskappen, [stijgt de zeespiegel](#) en treden er allerlei veranderingen op in ecosystemen.



*Illustratie: Jos Hagelaars op basis van publiekelijk beschikbare data*

## H4. Oorzaken van klimaatverandering

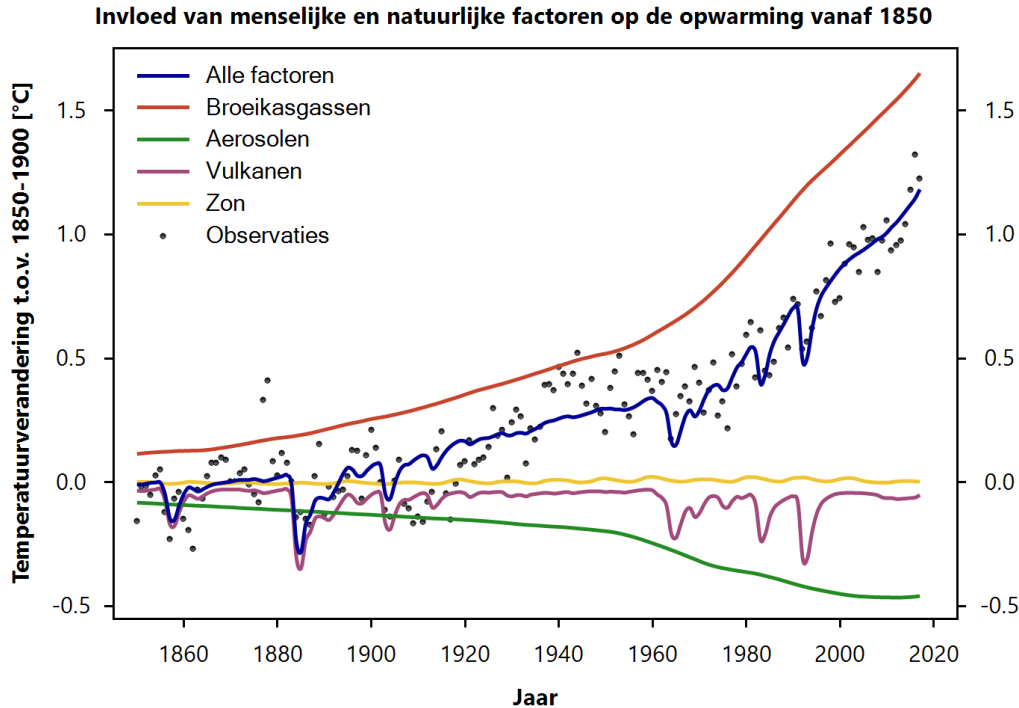
Klimaatmodellen, waarin de kennis van het klimaatsysteem in wiskundige formules is gevat, kunnen het geobserveerde temperatuurverloop goed simuleren - maar alleen als zowel natuurlijke als menselijke factoren worden meegenomen. De klimaatmodellen bevestigen wat te verwachten is op basis van welbegrepen natuurkundige theorie. Ook zijn veel klimaatveranderingen uit het verre verleden alleen te verklaren door een aanzienlijke invloed van CO<sub>2</sub>. Daarnaast wordt de [menselijke oorzaak van de huidige opwarming](#) bevestigd door specifieke 'vingerafdrukken' van het versterkte broeikas effect. Zo blijkt uit metingen vanaf satellieten en vanaf de grond dat [de aarde inderdaad meer warmtestraling vasthoudt](#), precies in die golflengten waar CO<sub>2</sub> en andere broeikasgassen de straling absorberen.



*Illustratie: Jos Hagelaars op basis van [Lewandowsky et al.](#)*

Natuurlijk zijn er naast broeikasgassen ook andere factoren die het klimaat beïnvloeden. Zo zorgen vulkaanuitbarstingen voor een tijdelijke afkoeling doordat de uitgestoten zwaveldeeltjes zonlicht weerkaatsen. Ook bij veel menselijke activiteiten komen dergelijke [aerosolen](#) vrij, waardoor het opwarmende effect van broeikasgassen enigszins wordt getemperd. De [zonneactiviteit](#) varieert over een elfjarige cyclus, maar is sinds de jaren '50 van de vorige eeuw juist iets gedaald. Andere natuurlijke processen opereren veel te langzaam om de naar geologische maatstaven pijlsnelle opwarming te kunnen verklaren.

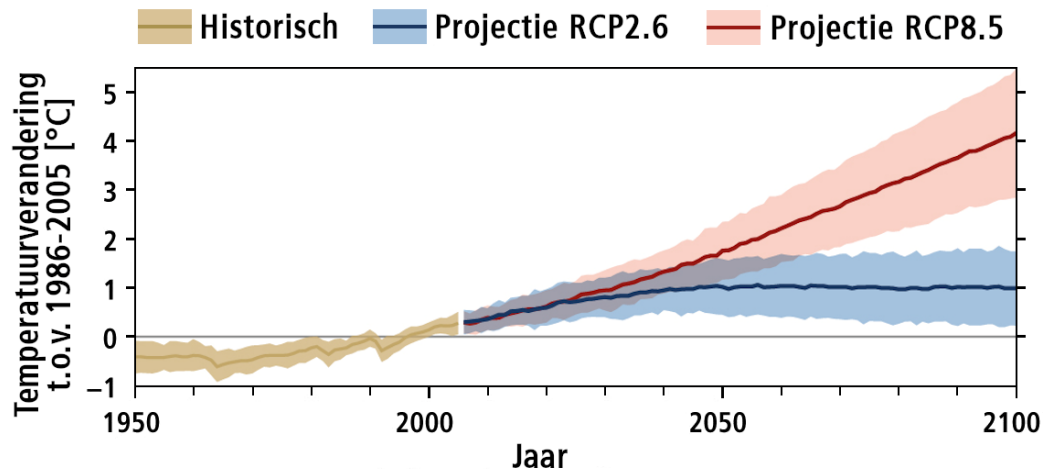




Illustratie: Jos Hagelaars op basis van Zeke Hausfather op [CarbonBrief](#).

## H5. Toekomstprojecties

De [opwarming die we in de toekomst kunnen verwachten](#) hangt sterk af van de hoeveelheid broeikasgassen die wij met z'n allen nog gaan uitstoten. Daarom kunnen er alleen conditionele voorspellingen (als ..., dan ...) worden gedaan, gebaseerd op mogelijke emissiescenario's. Als de emissies heel snel worden teruggeschroefd (zoals in het RCP2.6 scenario, blauw in de grafiek) kan de opwarming beperkt blijven tot onder twee graden ten opzichte van het pre-industriële niveau. Zonder enige vorm van klimaatbeleid (zoals in het RCP8.5 scenario, rood in de grafiek) zal de aarde aan het eind van deze eeuw zo'n drieënhalve tot zes graden zijn opgewarmd. Er is dus nog een behoorlijke onzekerheidsmarge voor de mate van opwarming. Dat komt omdat we niet precies weten [hoe gevoelig het klimaat is](#) voor veranderingen in bijvoorbeeld de CO<sub>2</sub>-concentratie. Niettemin is het duidelijk dat een heel forse emissiereductie nodig is om de opwarming tot maximaal twee graden te beperken.



Illustratie: Jos Hagelaars op basis van figuur 1a uit [IPCC SROCC 2019](#). De grafiek begint in 1950, toen de aarde al een paar tienden van een graad warmer was dan eind 19<sup>de</sup> eeuw.

## H6. Gevolgen van klimaatverandering

Elk aspect van het leven wordt direct of indirect [door klimaatverandering beïnvloed](#). Door de hogere temperaturen neemt de verdamping toe, wat tot droogte kan leiden en daardoor bijvoorbeeld tot een grotere kans op bosbranden. Extreme neerslag neemt echter eveneens toe, met wateroverlast tot gevolg. Door het uitzetten van het warmere water en het smelten van ijs stijgt de zeespiegel. De natuur kan in veel gevallen de snelle veranderingen van het klimaat niet bijbenen. De meeste [koraalriffen](#), ook wel bekend als de kraamkamer van de oceanen, zullen het einde van deze eeuw waarschijnlijk niet halen. De voedselproductie kan door klimaatverandering onder druk komen te staan, al is dat sterk afhankelijk van de regio. Door bijvoorbeeld ondervoeding, wateroverlast en een groter verspreidingsgebied van bepaalde infectieziekten beïnvloedt klimaatverandering ook de volksgezondheid. In sommige gebieden kan de hitte zelf levensbedreigend worden.

Veel bestaande problemen worden door klimaatverandering verergerd, bijvoorbeeld honger, armoede, gezondheid, natuurrampen, maatschappelijke ontwrichting, en dergelijke. De gevolgen hangen natuurlijk sterk af van de mate van opwarming. En die hebben we - gelukkig - grotendeels zelf in de hand.



Illustratie via [NASA Global Climate Change](#) en shutterstock

## H7. Er zijn dingen die we kunnen doen!

We zullen ons hoe dan ook moeten aanpassen aan een veranderend klimaat. Om de opwarming te beperken zullen we daarnaast de uitstoot van CO<sub>2</sub> en andere broeikasgassen fors moeten reduceren. Aangezien we nu nog voornamelijk van fossiele brandstoffen afhankelijk zijn is een [energietransitie](#) daarvoor van wezenlijk belang. Een belangrijke rol is daarbij weggelegd voor energie-efficiëntie, maar desondanks is de verwachting dat de mondiale vraag naar energie vooralsnog fors zal toenemen. Als onderdeel van de transitie zullen we een groter deel van de energievraag gaan afdekken met elektriciteit, en voor specifieke toepassingen wellicht met waterstof of biomassa. Windenergie en zonne-energie zijn bekende duurzame [energiebronnen](#) met een zeer lage CO<sub>2</sub>-uitstoot per kWh aan opgewekte elektriciteit. De snelle kostendaling hiervan heeft zelfs experts verrast.

De uitdaging is van een dusdanige omvang dat we ook minder populaire opties, zoals biomassa, CO<sub>2</sub>-opslag en kernenergie, zullen moeten overwegen, natuurlijk met open oog voor de voor- en nadelen die aan elke energiebron kleven. Hoe meer opties we [uitsluiten](#) van het palet aan oplossingen, hoe moeilijker het wordt om de CO<sub>2</sub>-uitstoot daadwerkelijk naar nul te brengen. Naast de energietransitie zullen we ook kritisch moeten kijken naar het landgebruik, en bijvoorbeeld ontbossing zoveel mogelijk tegengaan.

Technisch en economisch is er veel mogelijk, maar de politieke en maatschappelijke werkelijkheid blijkt weerbarstig: wereldwijd is de uitstoot nog nauwelijks gereduceerd. Het tempo waarin we de omslag naar een CO<sub>2</sub>-neutrale economie maken beïnvloedt de mate van opwarming waarmee de mensheid voor [vele duizenden jaren](#) te maken zal hebben.

## H8. Het maatschappelijk klimaatdebat

Het klimaatsysteem is uiterst complex. Dat schept ruimte voor verschillende interpretaties. Toch verklaart dit maar voor een deel het felle maatschappelijke debat over klimaatverandering. Er woedt per slot van rekening geen hevig maatschappelijk debat over b.v.

sterrenkunde. Dat is ook een complex onderwerp, maar het heeft geen directe maatschappelijke consequenties. Wat drijft mensen om [goed begrepen natuurkunde niet te willen accepteren](#)? Het antwoord heeft in veel gevallen te maken met iemands ideologie en wereldbeeld. Discussies over een wetenschappelijk detail verzanden inderdaad maar al te vaak in een tirade over het overheidsbeleid. Als je een diepe afkeer voelt tegen overheidsingrijpen en regulering is het verleidelijk om het probleem te bagatelliseren of zelfs te ontkennen. Die dynamiek is terug te zien bij vele onderwerpen: corona, stikstof, klimaatverandering, etc.

## H9. Kenmerken van wetenschapsontkenning

[Wetenschapsontkenning](#) kan soms lachwekkend zijn – zoals het nog steeds voorkomende geloof in een platte aarde – maar ook bloedserieus en gevaarlijk, met name als het om gezondheid, milieu of klimaat gaat. Het is nuttig om de retorische trucjes, waar wetenschapsontkenning op leunt, te doorzien. Zo wordt er veelvuldig gebruik gemaakt van drogredeneringen, zoals de op zichzelf correcte stelling dat het klimaat altijd al is veranderd. Hiermee wordt vaak geïmpliceerd dat de huidige opwarming dus ook door natuurlijke factoren moet zijn veranderd. Een beetje alsof een brandstichter zichzelf probeert vrij te pleiten door te wijzen op het feit dat bosbranden altijd al van nature zijn voorgekomen. De conclusie ('onschuldig') volgt niet uit de premisse (dat het ook van nature voorkomt). Daar komt nog eens bij dat CO<sub>2</sub> juist vaak een sleutelrol vervulde bij klimaatveranderingen in het verre verleden. Wetenschapsontkenning gaat veelal gepaard met een zweem van [complotdenken](#). Je moet voor jezelf per slot van rekening toch kunnen verklaren waarom al die wetenschappers zeggen wat ze zeggen? Ook hier weer parallellen te over met de huidige discussie over corona.

## H10. Wetenschappelijke consensus

Over de basale inzichten zijn [wetenschappers het in hoge mate eens](#): de aarde warmt op en dat komt door de mens. Als relatieve leek is het rationeel om die consensuspositie te accepteren, omdat je het wetenschappelijke proces vertrouwt op basis waarvan die consensus tot stand is gekomen.

## H11. Klimaatverandering in de media

In de maatschappelijke dynamiek van politiek, economische belangen en media blijken pseudosceptische standpunten meer aandacht en gewicht te krijgen dan ze wetenschappelijk

gezien verdienen. Een balans van tegengestelde meningen kan daarmee een vertekend beeld van de wetenschappelijke inzichten geven, ook wel '[false balance](#)' genoemd.

Afsluitende opmerking, [geschreven in het kader van corona](#), maar evenzeer van toepassing op klimaatverandering:

*Laten we, juist in tijden van crisis, het hoofd helder houden en vertrouwen op de wetenschap als methode bij uitstek om de werkelijkheid om ons heen te begrijpen. Vervolgens kunnen we, mede op basis van die wetenschappelijke informatie, bepalen hoe we met de crisis om willen gaan. In de politieke besluitvorming daarover kunnen we het natuurlijk hartgrondig met elkaar oneens zijn. Maar een gedeelde visie op de werkelijkheid, zoals de wetenschap die met enig voorbehoud en voortschrijdend inzicht verschaft, is daarbij onontbeerlijk. Complottheorieën en wetenschapsontkenning kunnen we missen als kiespijn. [Bart Verheggen in [Het Parool](#), 12 augustus 2020]*

## Aanbevolen literatuur

Overview rapporten van overkoepelende organisaties zoals het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) of Nationale Wetenschapsacademies geven een heel doorwrocht overzicht van de stand van de wetenschap.

- [IPCC](#) rapporten zijn wat dat betreft de gouden standaard, maar niet altijd het meest toegankelijk. Van het meest recente 'fifth assessment report' is een [Nederlandse samenvatting](#) uitgebracht door het PBL en KNMI (2015). Recenter zijn enkele 'special reports' verschenen van het IPCC over [de anderhalve graden grens, ijs en oceanen](#), en [landgebruik](#).
- [De achtergrond van het klimaatprobleem](#), PBL, 2013. Goed leesbaar rapport, niet al te lang, relevante informatie om het maatschappelijk debat te duiden.
- [Climate Change: Evidence and Causes](#), the Royal Society and the US National Academy of Sciences, 2020. Recent en goed leesbaar rapport in de vorm van veelgehoorde vragen en antwoorden en een kort overzicht van de klimaatwetenschappelijke inzichten.
- [What we know. The reality, risks, and response to climate change](#), American Association for the Advancement of Science, 2014. Eveneens een kort en krachtig document, geschreven vanuit een risicoperspectief.
- [Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I](#), U.S. Global Change Research Program, 2017. Grootschalig assessment report met een focus op de Verenigde Staten.
- [The Global Climate in 2015–2019](#), World Meteorological Organization, 2019. Grootschalig assessment report met een focus op de veranderingen gedurende de periode 2015-2019.
- [World Energy Outlook](#), International Energy Agency, 2019. Jaarlijks assessment van trends en prognoses wat betreft het energiesysteem.

Websites van overheidsinstanties geven doorgaans een goed en neutraal overzicht van de beschikbare kennis. Relevante Nederlandse instituutwebsites zijn bijvoorbeeld:

- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, [KNMI](#): uitleg over veranderingen in het klimaatstelsel. Wekelijks [klimaatbericht](#).
- Planbureau voor de Leefomgeving, [PBL](#): uitleg over beleidsmaatregelen op het gebied van klimaat, leefomgeving en energie.
- Compendium voor de Leefomgeving, [CLO](#): feiten en cijfers over klimaatverandering en het energiesysteem.

Op internet is ontzettend veel informatie te vinden over klimaatverandering, maar met veel variatie in de betrouwbaarheid. Enkele websites die zich baseren op de wetenschappelijke inzichten zijn de volgende:

- [Klimaatverandering](#): context, reflectie & discussie. Dit is het blog dat ik samen met drie anderen onderhoud. Een lijst met blogposts, gerangschikt naar onderwerp en naar boekhoofdstuk, is [hier](#) te vinden.
- [Skeptical Science](#): getting skeptical about global warming skepticism. Met name de [lijst met veelgehoorde misvattingen](#) – en de wetenschappelijke context ervan – is heel handig.
- [Real Climate](#): climate science from climate scientists. Diepgravende artikelen over klimaatwetenschap.
- [Carbon Brief](#): clear on climate. Goed leesbare artikelen over alle aspecten van klimaatverandering.
- [Climate Feedback](#): a scientific reference to reliable information on climate change. Kritische beschouwing van Engelstalige media artikelen.
- [Milieucentraal](#): praktisch over duurzaam. Een schat aan informatie over de milieueffecten van zo ongeveer alles.

#### Nederlandstalige boeken:

- Bart Verheggen, [Wat iedereen zou moeten over klimaatverandering](#), 2020.
- Jan Paul van Soest, [De Twijfelbrigade. Waarom de klimaatwetenschap wordt afgewezen en de wereldthermostaat 4 graden hoger gaat](#), 2014.
- Pieter Boussemaere, [Tien klimaatacties die werken](#), 2018.
- Jelmer Mommers, [Hoe gaan we dit uitleggen](#), 2019.
- Anabella Meijer, [Eerste Hulp bij Klimaatverandering](#), 2018.
- Jaap Tielbeke, [Een beter milieu begint niet bij jezelf](#), 2020.
- Marc ter Horst, [Palmen op de Noordpool](#), 2018. Kinderboek over klimaatverandering.

#### Engelstalige tekstboeken:

- Andrew Dessler, [Introduction to Modern Climate Change](#), 2<sup>nd</sup> edition, 2015.
- David Archer, [Global Warming: Understanding the Forecast](#), 2<sup>nd</sup> edition, 2011.
- Michael E. Mann and Lee R. Kump, [Dire Predictions: Understanding Climate Change](#), 2<sup>nd</sup> edition, 2016.
- William F. Ruddiman, [Earth's Climate, Past and Future](#), 3<sup>rd</sup> edition, 2014.
- Raymond T. Pierrehumbert, [Principles of Planetary Climate](#), 2010.
- Andreas Schmittner, [Introduction to Climate Science](#), 2018, available online.
- Hugues Goosse et al., [Introduction to climate dynamics and climate modeling](#), 2008-2010, available online.
- Spencer Weart, [The Discovery of Global Warming](#), regularly updated, available online.

## Colofon

Home Academy geeft hoorcolleges uit voor thuis en onderweg. Direct te downloaden of onbeperkt te streamen in de Home Academy Club. Interessante onderwerpen, van geschiedenis tot natuurwetenschappen, voorgedragen door boeiende sprekers. Zo kan je kennis opdoen in de auto, in de trein, op de fiets of thuis op de bank. Download de Home Academy app voor het beluisteren van onze hoorcolleges op een mobiel of tablet.

Kijk verder op [www.home-academy.nl](http://www.home-academy.nl)

**Uitgave** Home Academy Publishers  
Middelblok 81  
2831 BK Gouderak  
Tel: 0182 – 370001  
E-mail: [info@home-academy.nl](mailto:info@home-academy.nl)

Opname Bob Kommer Studio's (Den Haag, juli – augustus 2020)  
Stem Inleiding F.C. van Nispen tot Sevenaer  
Muziek Intro Cok Verweij  
Mastering Frits de Bruijn  
Vormgeving Floor Plikaar

© Hoorcollege Copyright 2020 Home Academy Publishers B.V.  
ISBN 978 90 8530 208 7  
NUR 930, 77, 78

Alle rechten voorbehouden. Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 gestelde uitzonderingen, mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, uitgeleend, verhuurd, uitgezonden, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door (foto)kopieën, opnamen of enig andere manier, zonder voorafgaand schriftelijk toestemming van de uitgever.