

Nederlands onderzoek naar weer en klimaat: een selectie van het Buys Ballot symposium 2005

GERT-JAN STEENEVELD¹, SIMON AXELSEN², REMCO VAN DE BEEK¹, WILLEM-JAN VAN DE BERG², BASTIAAN VAN DIEDENHOVEN³, MONICA GÓRSKA¹, MXOLISI SHONGWE⁴, HIDDE LEIJNSE¹, SJOUKJE PHILIP⁴, HOLGER TOST⁵, BAS VAN DE WIEL¹.
(1: WAGENINGEN UNIV., 2: IMAU, 3: SRON, 4: KNMI, 5: MAX PLANCK INST.)

De Buys Ballot onderzoeksschool (BBOS) coördineert het onderzoek op het gebied van weer, klimaat, zee en oceanografie in Nederland. De onderzoeksschool heeft het onderzoek ingedeeld in de thema's: (1) Atmosferische transportprocessen en chemische cycli, (2) Ijs en klimaat, (3) Vloeistofdynamica en niet-lineaire dynamica van atmosfeer en oceanen, (4) Grenslaagprocessen en atmosfeer-landoppervlakte interacties, en (5) Oceaan en klimaat. In BBOS zijn het IMAU, WUR (Wageningen Universiteit en Research Centre), KNMI, RIVM, SRON (Stichting Ruimteonderzoek Nederland), MPI (Max Planck Instituut) en het NIOZ vertegenwoordigd. De belangrijkste functie van BBOS is het opleiden en begeleiden van jonge onderzoekers. Van 2 - 4 november 2005 verzamelden zij zich in Kasteel Vaeshartelt in Maastricht om verslag te doen van hun jongste onderzoeksresultaten. Hier volgt van een aantal onderzoekers een korte samenvatting van hun werk.

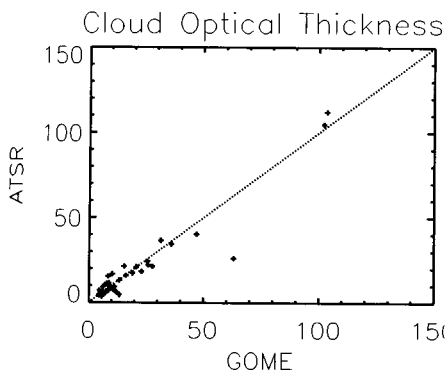
Wolkeninformatie uit satellietinstrumenten (Bastiaan van Diedenhoven, SRON)

Van de metingen van de satellietinstrumenten GOME en SCIAMACHY (G&S) wordt meer dan 95 % door wolken beïnvloed. Hierdoor kunnen grote fouten ontstaan in de gemeten concentraties van sporengassen, zoals ozon en stikstofdioxide. Voor een optimale behandeling van wolken zijn de hoogte, optische dikte en de relatieve hoeveelheid (fractie) van wolken in de metingen nodig. Voor G&S

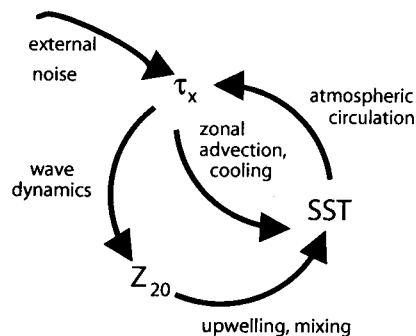
bestaan er echter geen algoritmes die al deze drie parameters uit de metingen halen. Meestal wordt voor de herleiding van wolkeninformatie een absorptieband van zuurstof, de O₂ A band, gebruikt. Omdat wolken een deel van de atmosfeer afschermen, waardoor minder zuurstof wordt gezien dan verwacht, bevat deze O₂ A band informatie over wolken. Het is echter niet mogelijk om de wolkenfractie en optische dikte beiden onafhankelijk uit de O₂ A band te herleiden. Als er daarnaast ook in het UV gekeken wordt, zijn deze parameters echter wel te onderscheiden. Dit komt doordat in het UV de bijdrage van verstrooiing aan moleculen in de atmosfeer veel sterker is. Gebaseerd op deze principes hebben wij een nieuw algoritme ontwikkeld dat wolkenfractie, optische dikte en hoogte uit de G&S-metingen haalt. De eerste resultaten van dit algoritme toegepast op GOME-metingen zien er veelbelovend uit. De parameters komen goed overeen met parameters verkregen met het ATSR2 instrument (zie figuur 1).

Modellen voor El Niño in een veranderend klimaat (Sjoukje Philip, KNMI)

El Niño is een sterke temperatuurschommeling van het zeewater in de Stille Oceaan die over grote delen van de wereld invloed heeft op het weer. Inzicht krijgen in hoe ENSO (El Niño – Southern Oscillation) er in de toekomst uit zal zien is daarom erg belangrijk. We gaan na of de mechanismen die El Niño veroorzaken goed gerepresenteerd worden in 19 klimaatmodellen. De terugkoppelingen van de ENSO cyclus zijn te zien in figuur 2, waarbij SST de temperatuur aan het zeeoppervlak, τ_x de windsterkte en z_{20} een maat voor de diepte van de



Figuur 1. Vergelijking van wolken optische diktes herleid uit GOME-metingen met het nieuwe algoritme en die verkregen met het ATSR2 instrument.



Figuur 2. Terugkoppelingen van de ENSO-cyclus.

thermoklien zijn. SST wordt beïnvloed door de diepte van de thermoklien en de lokale windsterkte. De sterkte van de koppelingen is bepaald in 19 modellen en vergeleken met de waarnemingen. De respons van de wind op SST is in de modellen meestal alleen te dicht bij de evenaar en te zwak. Dit wordt vaak gecompenseerd door een te sterke respons van de temperatuur op de lokale windsterkte of een te zwakke demping van temperatuurafwijkingen. Zes van de 19 modellen laten terugkoppelingen zien die meer in overeenstemming zijn met de waarnemingen. Bij deze zes modellen lijken ook het temperatuurpatroon en het spectrum het meest op de observaties. Volgens deze zes modellen zien we voor de 2050-2300 scenario's geen veranderingen in het temperatuurpatroon of in de frequentie die groter zijn dan de waargenomen lange termijn schommelingen.

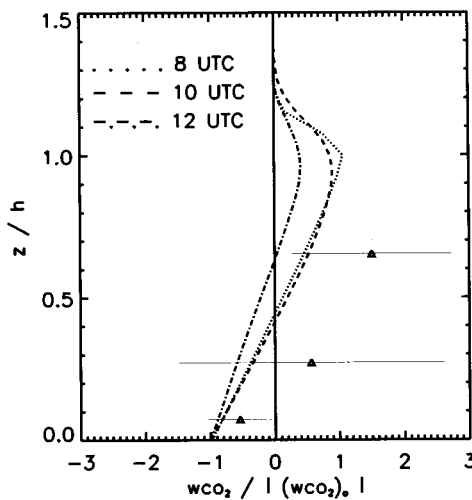
De oppervlakte massabalans van Antarctica (Willem Jan van de Berg¹, Michiel van den Broeke¹, Carleen Reijmer¹ en Erik van Meijgaard², 1: IMAU, 2: KNMI)

De ijskap van Antarctica is zo omvangrijk dat een verandering in de totale hoeveelheid opgeslagen ijs van significante invloed is op de globale zeespiegel. Kennis van de oppervlakte massabalans (SMB), wat hetzelfde is als de netto sneeuwaangroei, is daarbij cruciaal. De SMB is op vele locaties gemeten, maar vanwege de enorme afmetingen van Antarctica is de bedekking onvoldoende om een volledig beeld te krijgen. Eerdere studies gebruikten satellietmetingen waarbij indirect de SMB wordt bepaald, om de metingen te interpoleren. Een alternatieve methode is om de SMB te berekenen met een numeriek weermiddel. Hiervoor hebben we het regionaal atmosferisch klimaatmodel (RACMO) gebruikt. De modelresultaten blijken goed overeen te komen met de SMB-metingen, al zijn er wat kleine systematische afwijkingen. We hebben het modelresultaat vervolgens gecorrigeerd voor deze afwijkingen, figuur 3 (zie achterzijde) toont het resultaat. Vergeleken met bestaande compilaties van waarnemingen is de door ons bepaalde SMB hoger in de kustzones. Als gevolg daarvan is de gemiddelde SMB van Antarctica in deze studie 15% hoger dan tot nu toe gevonden werd. Dit verschil komt voornamelijk door het tekort aan metingen in de kustzones, waardoor de eerdere schattingen voor dit gebied sterk bepaald werden door de gebruikte interpolatiemethode. Nieuwe SMB-metingen in de kustzones

zijn daarom dringend nodig.

Relatie tussen entrainment van CO₂ en de concentratie discontinuïteit in de inversielaag (Monica Górska, Wageningen Universiteit)

Grenslaagdynamica en oppervlakteprocessen (bodemrespiratie en fotosynthese door planten) beheersen de dagelijkse gang van de CO₂-concentratie. Een belangrijk proces in de dagelijkse variabiliteit van CO₂ is de uitwisseling van CO₂ tussen de atmosferische grenslaag en de vrije atmosfeer. Om dit uitwisselingsproces beter te begrijpen, worden vliegtuigwaarnemingen en Large-Eddy



Figuur 4. LES resultaten op 8 (...), 10 (- - -) en 12 UTC (-.-.-) en vliegtuigwaarnemingen in de middag (symbolen met foutenbalk) van de dimensieloze CO₂ fluxen boven Cabauw (27 juli 1997), als functie van de hoogte.

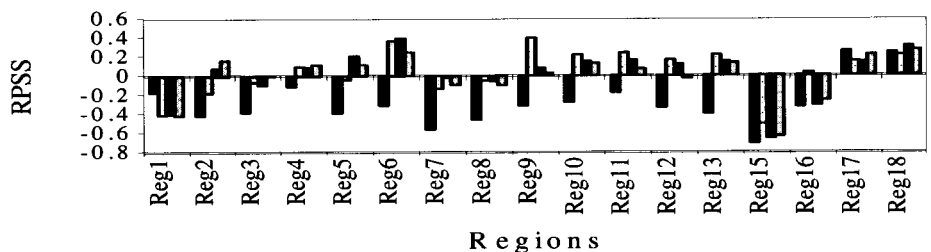
Simulatie (LES) modelresultaten bestudeerd. Een hogere concentratie in de atmosferische grenslaag dan in de vrije atmosfeer geeft een positieve uitwisselingsflux (zie figuur 4). Dit betekent dat, naast de opname van CO₂ door de vegetatie, ook het uitwisselingsproces

een bijdrage levert aan de afname van de CO₂-concentratie in de grenslaag. De grootte van de discontinuïteit in de inversielaag is bepalend voor de dagelijkse CO₂-variabiliteit. Boven Cabauw is deze discontinuïteit gemeten in de ochtend van 27 juli 1997 en deze bleek 30 ppm CO₂ te zijn. De uitwisselingsflux van CO₂ neemt gedurende de ochtend af van 100% tot 40% van de oppervlakteflux, hetgeen aangeeft hoe belangrijk het uitwisselingsproces kan zijn. Aangezien de discontinuïteit zal afhangen van bijvoorbeeld locatie en tijd, zal het uitwisselingsproces in meer of mindere mate van belang zijn. Verder onderzoek is nodig om deze relatie tussen het uitwisselingsproces en de concentratie discontinuïteit te beschrijven.

Statistische nabewerking van GCM verwachtingen; een toepassing voor zuidelijk Afrika (Mxolisi Shongwe, KNMI)

Globale circulatiemodellen (GCMs) geven goede resultaten voor de groot-schalige atmosferische systemen, maar geven in sommige gebieden (zoals zuidelijk Afrika) vaak een systematische afwijking voor kleinschalige processen, zoals neerslag. In dit onderzoek zijn de prestaties van het ECHAM4.5 GCM beoordeeld voor zuidelijk Afrika. Het model is vergeleken met enkele simpele statistische modellen die de neerslag voorspellen voor de zuidelijk halfrond zomer (DJF) aan de hand van waargenomen zeevatertemperaturen van het voorafgaande voorjaar. De resultaten tonen aan dat het ECHAM4.5 GCM vrij slecht de DJF-neerslag voorspelt. De verwachtingen zijn zelfs slechter dan de klimatologische verwachtingen voor de meeste regio's (figuur 5). Het simpele statistische model presteert beter dan de GCM-ensembles. Met behulp

Ranked Probability Skill Scores based on climatology as a reference strategy



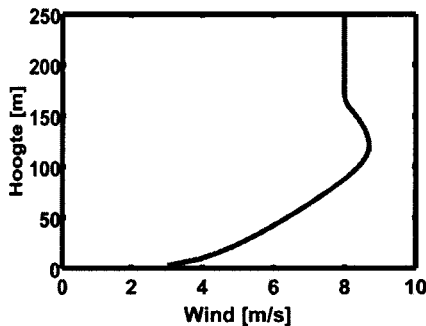
Figuur 5 Ranked probability skill scores voor de neerslagverwachtingen voor DJF over 18 regio's in zuidelijk Afrika. De zwarte balken geven de scores voor de GCM-ensembles, de witte gestippelde balken (2e serie) voor het CCA lineaire statistische model, de donkergrijze balken (3e serie) geven de scores voor het PCR-MOS model, en de lichtgrijze balken met verschillende "dots" (4e serie) geven de scores het CCA-MOS model.

van Model Output Statistics (MOS), is getracht de neerslagverwachtingen van het ECHAM4.5 GCM te verbeteren. De MOS-techniek relateert gearchiveerde GCM-verwachtingen aan historische neerslag gegevens, waarbij er tot op zekere hoogte gecorrigeerd wordt voor fouten in het model. De prestaties van deze alternatieve verwachtingen werden beoordeeld met behulp van de "ranked probability skill score". De verwachtingen werden aanzienlijk beter door een statistische nabewerking, ze werden zelfs beter dan de referentie klimatologische verwachtingen (aangegeven door positieve scores in figuur 5) voor het grootste deel van de regio's in zuidelijk Afrika. We kunnen concluderen dat de verwachtingen van het GCM verbeterd kunnen worden door de nabewerkingen die modelfouten corrigeren.

Large-Eddy Simulatie van dichtheidstroming over topografie (Simon Axelsen, IMAU)

In polaire en alpine gebieden kan een configuratie ontstaan waar de lucht boven op de gletsjer kouder en zwaarder is dan in het dal. Hierdoor kan deze lucht langs een hellend oppervlak naar beneden stromen. De vereiste configuratie voor zo'n katabatische stroming kan op twee manieren worden bereikt. In de winterperiode zal in de polaire gebieden door een tekort aan zonnestraling het oppervlak afkoelen, en in alpine gebieden kan de lucht boven de gletsjer wel warmer dan 0° C zijn, maar het sneeuwoppervlak niet. De neerwaarts stromende lucht heeft een windmaximum dat vanwege wrijving boven het gletsjeroppervlak ligt, typisch tussen de 10 en 50 meter.

Katabatische stromingen zijn stabiele grenslaagstromingen. De stabiele grenslagen kennen we ook in Nederland. 's Nachts kan de temperatuur flink dalen en als de wind op grotere hoogtes sterk is, zal deze de stroming aandrijven. Niet de zwaartekracht maar de atmosferische

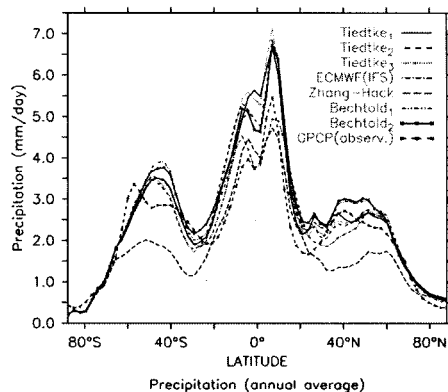


Figuur 6 Gemodelleerd (Large Eddy Simulatie) windprofiel van laagliggende jet die door de geostrofe wind is aangedreven.

wind is dan de drijfveer. Kenmerkend voor deze grenslagen is dat de turbulentie kleinschalig is en dat de grenslaag zelf heel dun is. Hierdoor kunnen deze voor het klimaat en het weer belangrijke fenomenen (zoals een nachtelijk windmaximum, zie figuur 6) niet direct in weer- en klimaatmodellen worden opgenomen en zijn parametrisaties nodig. Met een Large-Eddy Simulation (grote-wervel simulatie) model bestuderen we stabiele grenslagen om meer te weten te komen over karakteristieken, zoals temperatuur- en windprofielen, zodat goede parametrisaties kunnen worden ontwikkeld.

Het vergelijken van parametrisaties voor convectie in een globaal model (Holger Tost, Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Duitsland)

Als gevolg van de lage resolutie van globale klimaatmodellen met chemie is het nodig om voor convectie, een proces dat



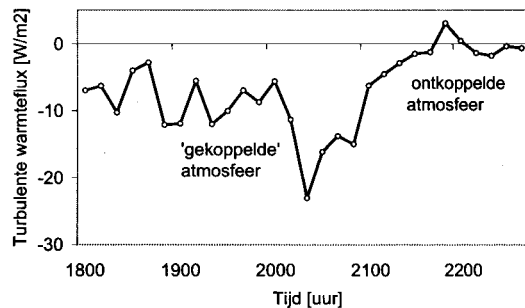
Figuur 7. Zonaal gemiddelde jaarlijkse neerslag (mm/dag) met zes jaar simulaties door verschillende convectie schema's.

zich afspeelt op schalen kleiner dan de roosterpuntsafstand, een parametrisatie te gebruiken. Hoewel de meeste moderne convectieschema's gebaseerd zijn op dezelfde basisformules, zijn er toch enkele verschillen die grote gevolgen hebben op de resultaten van het schema. In dit onderzoek zijn de volgende convectieschema's geïmplementeerd in het globale circulatie model ECHAM5/MESSy: (1) Tiedtke 1989 (met drie sluitings-aannamen), (2) Zhang-McFarlane-Hack 1995/96, (3) Bechtold 2001 (met en zonder ijsvorming), (4) ECMWF (IFS). Er zijn simulaties uitgevoerd met exact dezelfde randvoorwaarden maar met de verschillende convectieschema's. De verdeling van de neerslag in de waarnemingen wordt in het algemeen door alle modellen

goed weergegeven (figuur 7). De volgende schema's hebben grote moeite om alle verschijnselen goed weer te geven: (1) overschat de regenval in de Himalaya en de regio met de poel van warme lucht, (2) onderschat de neerslag in de depressiebanen van de gematigde breedten, (3) overschat de regenval in de Himalaya en (3) en (4) produceren te veel lichte neerslag in de subtropische subsidentiegebieden. Dit komt door het triggeren van de grootschalige wolkschema's in deze regio's. De meeste schema's overschaten de totale globale neerslag. De resultaten van de berekende massafluxen voor alle schema's zijn compleet verschillend. Secundaire parametrisaties, bijvoorbeeld convectief transport van tracers of NO_x-emissies door bliksem, die gebruik maken van de resultaten van de convectieschema's, geven compleet verschillende resultaten voor alle schema's en zijn uiterst gevoelig voor de keuze van de parametrisatie.

Ontkoppeling van de nachtelijke grenslaag boven land (Bas van de Wiel, Wageningen Univ.)

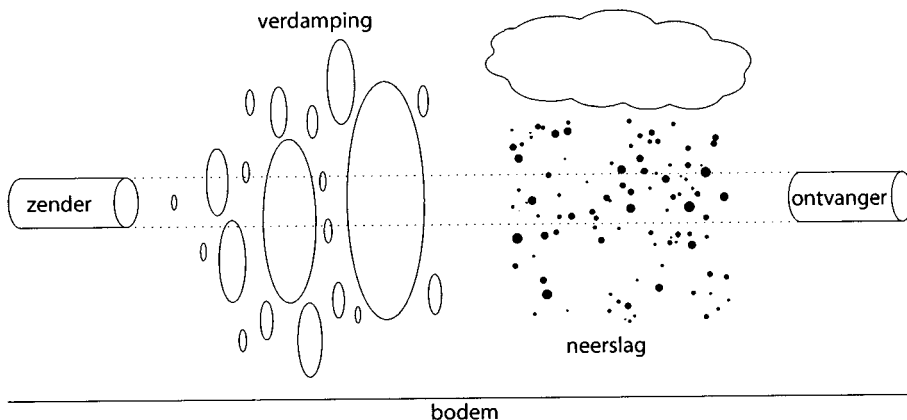
Als 's avonds de wind wegvalt wordt de activiteit van atmosferische turbulentie sterk onderdrukt. Dit komt omdat de wind, die 's nachts de 'motor' achter de turbulentie is, dan de turbulentie niet meer aandrijft en omdat de lucht nabij het aardoppervlak 's nachts koeler is dan de lucht daarboven. Koude lucht is 'zwaar' en dus wordt turbulente menging bemoeilijkt. Uiteindelijk komt de turbulentie en het turbulente transport van warmte en vocht, zelfs volledig tot stilstand (figuur 8). Men spreekt dan van een zogenaamde 'ontkoppelde atmosfeer': de atmosfeer is ontkoppeld van het land/zeeoppervlak. Deze ontkoppeling kan gedurende het hele jaar optreden, vooral in onbewolkte situaties (voldoende koeling) met een relatief zwakke wind overdag. Vooral 's winters heeft de



Figuur 8. De turbulente warmteflux naar het aardoppervlak valt weg tijdens een heldere avond. Metingen afkomstig van Cabauw, KNMI.

ontkoppeling grote consequenties voor de weersverwachting. Bij gebrek aan een turbulent warmtetransport kan het aardoppervlak namelijk aanzienlijk kouder worden dan wanneer het transport wel aanwezig is. Een dergelijke weersituatie leidt niet zelden tot vorstverschijnselen aan de grond met alle gevolgen van dien (denk bijvoorbeeld aan verkeer/files). In deze theoretische studie wordt getracht om de oorzaak van het genoemde fysische verschijnsel te verklaren. Daartoe wordt het karakter van de fundamentele bewegingsvergelijkingen bestudeerd. Het doel is om te komen tot een stuk praktisch 'gereedschap' waarmee kan worden voorspeld of de betreffende nacht zich als een ontkoppelde of als een 'normale' (dat wil zeggen) gekoppelde nacht zal manifesteren.

Ruimtelijke classificatie van neerslag met behulp van operationele radardata (Remco van de Beek¹, Remko Uijlenhoet¹ en Iwan Holleman², 1: Wageningen Universiteit en 2: KNMI Standaard regenmeters representeren slechts puntmetingen en kunnen weinig vertellen over de variabiliteit van de neerslag tussen de punten. Een neerslag-radar kan wel een ruimtelijk beeld geven van de neerslag, maar is meestal minder nauwkeurig. De radar-reflectiviteit wordt over het algemeen met de Marshall-Palmer Z-R relatie omgezet in een neerslagkaart. De relatie houdt echter geen rekening met verschillende neerslagtypes en is opgesteld voor stratiforme condities. Het doel van dit onderzoek is het classificeren van neerslag in stratiform of convectief, om hier vervolgens verschillende Z-R relaties op toe te passen. Voor deze classificatie gebruiken we: CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator), echotophoogte en het bliksemproduct. Deze laatste wordt gemeten met het SAFIR-netwerk. In de toekomst zal ook Vertically Integrated Liquid (VIL) onderdeel uitmaken van het programma. Op het CAPPI-product wordt een berekening toegepast die gebaseerd is op de intensiteit van een punt ten opzichte van zijn nabije omgeving. Als dit verschil een gegeven waarde overschrijdt wordt de locatie met een bepaalde straal eromheen als convectief geclassificeerd. Voor de echotophoogte en bliksemdata wordt een vergelijkbare methode toegepast. Voorlopige conclusies zijn dat het CAPPI- en bliksemproduct goede resultaten kunnen opleveren. Voor de echotophoogte is dit echter veel moeilijker en daarom zal deze voorlopig als weegfactor gebruikt worden. Vooral van het VIL-product wordt



Figuur 9. Grafische weergave van de microgolf link. Links wordt het signaal beïnvloed door turbulente wervels en rechts door regendruppels.

verwacht dat deze kan bijdragen aan een goede classificatie van neerslag.

Verdamping en neerslag meten met één en hetzelfde instrument (Hidde Leijne, Remko Uijlenhoet, Han Stricker en Wouter Meijninger, Wageningen Universiteit)

Het microgolf link meetinstrument kan kan neerslag en verdamping meten en bestaat uit een zender en een ontvanger voor elektromagnetische golven (zie figuur 9). Deze golven worden beïnvloed door regendruppels of door turbulente wervels die warmte en waterdamp transporteren en zorgen voor een constant fluctuerend veld van brekingsindices in het pad van het signaal. De fluctuaties in de intensiteit van het signaal zijn dus een maat voor de intensiteit van de turbulentie, en dus voor het transport van warmte en waterdamp. Om onderscheid te kunnen maken tussen het effect van temperatuur en luchtvochtigheid wordt gebruik gemaakt van metingen van de totale beschikbare energie en een energiebalans. De verdamping en de sensibele warmtestroom worden berekend

door middel van de Monin-Obukhov Similarity Theory en metingen van de windsnelheid op een gegeven hoogte in de grenslaag. De gemeten verdamping is vergeleken met de verdamping berekend uit het signaal van de 2.2 km lange 27 GHz microgolf link in Flevoland in de zomer van 1998. Er kon worden geconcludeerd dat verdamping meten goed kan met dit instrument.

Als het regent wordt het signaal verzwakt doordat regendruppels de elektromagnetische golven lokaal gedeeltelijk uitdoven. Het blijkt dat de totale uitdoving (op logaritmische schaal) gemeten op een punt een vrijwel lineair verband heeft met de regenintensiteit bij 27 GHz, waardoor de uitdoving een goede maat is voor de padgemiddelde regenintensiteit. Uit een experiment met hetzelfde instrument als hierboven over een 5 km pad tussen Rhenen en Wageningen in combinatie met een lijnopstelling van zes regenmeters blijkt dat dit instrument inderdaad zeer geschikt is om regen te meten.

Uit talloos veel miljoenen, of: TBS-ers in de meteorologie

WOUTER LABLANS

Het bestaan van homoniemen in de taal -geheel verschillende betekenissen voor eenzelfde woord- is een bron van woordgrapjes, zoals Henk de Bruin in Meteorologica van September 2005 heeft aangetoond met het woordje 'weer'. Een homoniem voor 'ons weer' is het weer uit 'zich te weer stellen tegen een vijand' waar het begrip weerplicht van is afgeleid. Als Henk de Bruin pleit voor

'sociale weerplicht' dan bedoelt hij sociale dienstplicht, want weerplicht is per definitie militaire dienstplicht, maar een kniesoor die daar op let.

Als we vast houden aan 'ons weer' dan is de weerweigeraar van Henk de Bruin iemand die bij regen niet naar zijn werk gaat en een weerdienstweigeraar een KNMI-er die bij een reorganisatie wei-