

Verslag van het vierde Internationale Symposium
over Atmosferische Condensatiekernen en Radioactiviteit

door

Prof. Dr. W. Bleeker en Dr. F.H. Schmidt.

1. Inleiding.

Het vierde internationale symposium over condensatiekernen werd gehouden van 24 tot 27 mei 1961. Het eerste gedeelte van het symposium, waarop de aandacht conform de naam van de bijeenkomst geheel was gericht op de in de atmosfeer voorkomende condensatiekernen, vond plaats op 24 en 25 mei in een collegezaal van de Goethe Universiteit te Frankfurt.

In afwijking van de gang van zaken op de voorgaande drie symposia stond thans ook radioactiviteit op het programma. Hieraan was een extra dag gewijd. De desbetreffende voordrachten werden op 26 mei in de universiteit van Heidelberg gehouden. Op 27 mei bestond er gelegenheid het natuurkundig laboratorium van deze universiteit te bezichtigen.

Er was een groot aantal deelnemers (ca. 70) uit verschillende landen (Duitsland, Engeland, Frankrijk, Ierland, Italië, U.S.A., Japan, Zwitserland, Tsjechoslowakije, Zweden en Nederland). De afwezigheid van Mason viel op. C. Junge was op het laatste ogenblik door ziekte verhinderd te komen.

Bijzonder storend was voor diverse buitenlandse bezoekers de veeltaligheid. Naast Engels en Frans werd door een aantal sprekers Duits gebruikt hetgeen voor vele anderen onverstaanbaar was, zodat discussies uitbleven.

2. Indeling der voordrachten.

De voordrachten die betrekking hadden op de eigenschappen van condensatiekernen waren in vier groepen onderverdeeld en wel in die waarin de meettechniek werd besproken, een groep voordrachten waarin de meetresultaten werden behandeld, een groep waarin de fysika van de condensatiekernen tersprake kwam en tenslotte een viertal voordrachten gewijd aan meteorologische aspecten.

Bij de behandeling van de atmosferische radioactiviteit werd in hoofdzaak de verspreiding van de atmosfeer in beschouwing genomen. Een aantal voordrachten was gewijd aan het zich hechten van radioactieve deeltjes aan het aerosol. De voordrachten zullen volledig worden gepubliceerd in *Geofisica Pura e Applicata*. In het volgende zal van de belangrijkste bijdragen een kort overzicht worden gegeven.

3. Het meten van condensatiekernen.

Het meten van condensatiekernen, zowel met betrekking tot hun aantal als tot hun afmetingen geschiedt tegenwoordig vrijwel uitsluitend met behulp van apparaten waarin door expansie een mist wordt

veroorzaakt waarvan de dichtheid - die een maat is voor de condensatiekernpopulatie - wordt bepaald uit de extinctie van doervallend licht. Bekend is de foto-elektrische kernteller die in Ierland werd ontwikkeld. Deze wordt thans o.a. in Antarctica gebruikt en de vraag deed zich daarom voor in hoeverre de daar heersende lage temperaturen de meetresultaten beïnvloedden. Dit zou bijv. het geval kunnen zijn doordat de ijking, die onder bepaalde "standaard" omstandigheden wordt uitgevoerd, bij zeer lage temperaturen niet precies geldt.

L.W. Pollak bracht verslag uit over proeven waarbij de teller bij verschillende temperaturen (tot -7°C) werd geijkt. De ijkingen bleken reproduceerbaar met de temperatuur van de toegevoerde lucht samen te hangen. Een lagere temperatuur gaf een minder sterke extinctie. Door verwarming van de lucht kon voor de lage begin-temperatuur worden gecorrigeerd.

Volgens R. Siksná is gebleken, dat de kernen die met behulp van de expansie methode kunnen worden waargenomen niet altijd eenduidig een rol spelen bij het ontstaan van druppels in natuurlijke wolken. In het algemeen wordt slechts een klein deel van de bij expansie gestelde kernen in het natuurlijke proces gebruikt. Verondersteld wordt verder dat vooral de "echte" condensatiekernen, die de grootste afmetingen bezitten in wisselwerking staan met de kleine ionen en wel zodanig dat bij toenemend aantal condensatiekernen het aantal kleine ionen afneemt.

Siksná mat nu het aantal kleine ionen dat enerzijds werd gecreëerd door een tritium bron en anderzijds in meerdere of mindere mate geannihileerd door de condensatiekernen. Het interessante van de methode is dus, dat de kernen indirect worden geteld, d.w.z. door de kleine ionen te tellen. De kernen zelf worden dus niet gemodificeerd zoals bij andere telmethodes het geval is. Men kreeg wel de indruk, dat het door Siksná ontwikkelde apparaat nog niet voor routine metingen geschikt was, maar de filosofie, die achter het geheel schuilt lijkt aantrekkelijk.

J. Dessens, een zoon van de bekende Directeur van het Observatoire du Puy de Dôme, zette de werking van een in het Observatorium ontwikkelde impactor uiteen die in tegenstelling tot de bekende cascade impactors slechts met een enkel opvangplaatje was uitgerust maar met behulp waarvan toch de grootte verdeling van de deeltjes kon worden bepaald. Men kreeg niet de indruk, dat hier van een aanmerkelijke instrumentele verbetering sprake was.

Tenslotte gaven J.A. Rich en J. Law ieder een uiteenzetting over kerntellers die moeten worden beschouwd als varianten op het Ierse type. Beide types registreren en werken kwasi-continu; zij geven bijv. een aanwijzing om de minuut. Het apparaat dat door Rich werd besproken had als bijzondere eigenschap, dat het nogal robust is geconstrueerd en zonder bezwaar op vrachtauto's en in vliegtuigen kan worden gebruikt. Bij de voordracht van Law viel vooral de bijzonder fraaie ijkcurve (vergeleken met de Pollakse teller) op.

Mlle. Deloucle bracht tenslotte verslag uit over pogingen een apparaat te construeren waarmee zeer kleine deeltjes (tot $0,05 \mu\text{-toe}$) zouden kunnen worden waargenomen. Het bedoelde instrument berust op de meting van een door de deeltjes uit een scherpe bundel verstrooid licht. Het is nog in ontwikkeling.

Resumerend kan men vaststellen, dat de in gebruik zijnde kerntellers geleidelijk verder worden verbeterd. Ze berusten vrijwel alle op het klassieke Aitken-Scholz-principe, maar de druppels die tijdens de expansie ontstaan worden niet langer geteld maar foto-electrisch gemeten.

Het probleem blijft daarbij de resultaten van metingen van verschillende apparaten onderling te vergelijken.

Zie voor eerste oriëntering: Mason, The Physics of Clouds.

4. Meetresultaten.

T.C.O'Connor besprak als eerste in deze groep de resultaten van grootte-verdelingsmetingen die gebaseerd waren op het bekende lucht-electrische effect waarbij de stroomsterkte (het aantal bijv. in een Gerdien-teller ingevangen ionen) aanvankelijk lineair toeneemt met toenemend potentiaal verschil tussen de electrodes om boven een bepaald spanningsverschil constant te blijven (verzadigingsstroom).

Bevinden zich in het onderzochte luchtmonster twee soorten kernen - onderscheiden door hun afmetingen en daarmee door hun bewegelijkheid - dan kan men twee lineaire gedeelten in de spanning-stroomcurve verwachten voordat de stroom constant wordt, nl. één die samenhangt met de ionen (kernen) met grote bewegelijkheid en één die samenhangt met de grotere ionen (kernen) die dus een kleinere bewegelijkheid bezitten. Bij een geheel spectrum van ionen-dimensies verdwijnt het lineaire gedeelte. Uit de vorm van de curve kunnen dan conclusies omtrent de spectrale verdeling van de kern-dimensies worden getrokken.

A.Goetz hield een bijzonder interessante voordracht over een aerosol spectrometer en de meetresultaten die met het apparaat werden verkregen.

De werking van het apparaat berust op de afzetting van aerosol deeltjes tegen de wanden van een spiraalvormig gewonden buis waar de aerosol-bevattende lucht met grote snelheid (\sim halve geluidssnelheid!) laminair(?) doorheen stroomt.

De variabele spoed van de spiraal leidt tot het afzetten van aerosol op verschillende afstanden van het begin van de spiraal. Gemeten worden deeltjes met een diameter tussen $0,05\mu$ en 3μ .

Er is een groot verschil tussen het aerosol hetwelk van land en dat hetwelk van zee afkomstig is. Dit komt vooral tot uiting bij verwarming van de aerosol-neerslag gedurende 12-14 uur tot temperaturen van 80 à 100°C . Het aantal deeltjes, vooral de kleinere, vermindert dan sterk hetgeen zou kunnen wijzen op organische (oxydeerbare) componenten van het atmosferische aerosol. De vermindering van het aantal deeltjes varieert met de afkomst van het aerosol zoals blijkt uit onderstaande getallen:

<u>afkomst</u>	<u>vermindering</u>
zee	9 %
kust	47,5 %
Alfalfa	27,5 %
Smog	67,8 %

M. Bossolasco vergeleek de chloor-natrium verhouding in neerslag die werd opgevangen in verschillend gesitueerde regenstations. Aan de Middellandse zee kust bedroeg deze verhouding 1,7, in de Duitse bocht 5,6. De verhouding in het zeewater bedraagt 1,8. Voor stations in de Alpen bedroegen de verhoudingen 3,8 (Franse Alpen) en 8,4 (Oostenrijk). Alles bijeen een weinig zeggend verhaal!

H.W. Georgii gaf vervolgens een overzicht over het werk dat door C. Junge (die immers zelf door ziekte verhinderd was om aanwezig te zijn) is verricht met betrekking tot de aerosol verdeling in de stratosfeer. Totaal werd het aerosol - met name de Aitkenkernen die in de hogere luchtlagen vrijwel uitsluitend aanwezig zijn - gemeten tijdens zeven vluchten waarbij een hoogte tot 25 km werd bereikt. Alle vluchten gaven eenzelfde karakteristieke aerosol verdeling.

De concentratie bleek boven de tropopauze bij ca 1cm^{-3} te liggen waarbij in het algemeen bij de overgang van troposfeer naar stratosfeer een sterke afname van de concentratie plaats vindt.

Dicht onder de tropopauze komen sterke variaties in het kerngehalte voor. Lage concentraties hier zouden samenhangen met de subsidentie van stratosferische lucht.

In het algemeen kan de atmosfeer tot 25 km hoogte in vier lagen worden verdeeld al naar het verloop van het kerngehalte in die lagen:

grond - 5 km	snelle afname
5 km - 12 km	constant
12 km - 15 km	snelle afname
15 km - 25 km	constant.

Het kernbudget wordt in de hogere luchtlagen door vier processen geregeld:

1. toename door turbulente diffusie van aan het aardoppervlak gevormde kernen.
2. afname door coagulatie van kernen.
3. afname door uitregenen.
4. afname door sedimentatie.

Opvallend is dat het aantal Aitkenkernen in de hogere troposferische lagen (de tweede hierboven genoemde laag) van dezelfde orde van grootte is als het aantal druppels dat per cm^3 in convectieve bewolking wordt aangetroffen (ca 300 cm^3). Junge trekt hier de conclusie uit, dat de in de hogere troposfeer aanwezige Aitkenkernen voornamelijk door de convectieve bewolking omhoog worden getransporteerd en restanten zijn van verdampte wolkendruppels.

Naar de mening van verslaggevers moet voorzover het bijdragen tot de kennis van condensatiekernen betreft, het werk van Junge als het beste worden beschouwd waarvan op het symposium verslag werd uitgebracht.

J. Podzimek gaf een overzicht over in Tsjechoslowakije uitgevoerde onderzoekingen naar het voorkomen van grote condensatiekernen in de benedenste paar km van de atmosfeer. De kernen werden met betrekking tot afmetingen en chemische samenstelling onderzocht met behulp van de z.g. Liesegangse ringen, die door kernen worden achtergelaten in een op bepaalde wijze geprepareerd gelatine laagje.

Het chloorgehalte van de lucht in Tsjechoslowakije blijkt ongeveer gelijk te zijn aan dat van zwavel en is derhalve vermoedelijk van industriële oorsprong. Industrieel chloor is ook bekend uit het gebied van de Rotterdamse Nieuwe Waterweg.

De verdeling van de deeltjes met de hoogte is o.a. een functie van de deeltjes grootte en wordt ongeveer gegeven door

$$n(r) = A r^2 e^{-Er}$$

waarbij n de concentratie voorstelt, r de straal van de beschouwde deeltjes en A en B van de hoogte boven het aardoppervlak afhangen.

Boven 300 m waar de maximale concentratie wordt aangetroffen, neemt de concentratie weer langzaam af.

Welke factoren spelen een rol bij het ontstaan van condensatiekernen? Teneinde deze vraag te kunnen beantwoorden onderzocht J. Law de verticale verdeling van condensatiekernen in de benedenste drie meter van de atmosfeer in de omgeving van Cambridge.

Het bleek, dat z_{300}/z_{30} zowel als z_{300}/z_{10} en z_{300}/z_3 iets groter dan 1 was.

In het algemeen bleek de verticale verdeling bij benadering door een logaritmische te kunnen worden weergegeven. De productie van condensatiekernen zou in die onderste lagen worden gegeven door $P = C e^{-\alpha h}$ waarbij C en α gelijk zijn aan respectievelijk 4 en $1/200$ voor de nacht, 110 en $1/10$ voor de vroege ochtend en 200 en $1/50$ voor overdag.

Uiteraard berust het hier gevonden - en overigens niet erg stevig gefundeerde - logaritmische verband tussen n en z op geheel andere oorzaken dan het logaritmische windprofiel in een indifferente atmosfeer. Een opmerking tijdens het symposium waarbij op deze overeenkomst in profiel werd attent gemaakt was dan ook weinig ter zake.

Teneinde enige gegevens te verkrijgen over het damp aantrekkende karakter van condensatiekernen i.h.a. onderzocht G. Gotsch het gedrag van deze kernen in oververzadigde waterdamp, benzinedamp en acetondamp. Het bleek dat de groeicurves van de kernen bij alle drie stoffen ongeveer parallel liepen.

Tenslotte bracht H. Dessens verslag uit over proeven met betrekking tot de condensatie van waterdamp bij temperaturen beneden 0°C .

In een geïsoleerd kistje waarin temperaturen tot -35°C konden worden bereikt, werd nagegaan bij welke temperatuur voor het eerst condensatie optrad op bepaalde wateraantrekkende kristallen. De volgende resultaten werden o.a. gevonden:

NaCl	- 28°C	R.V.	$76\% \pm 2$
NH ₄ Cl	- 18°C		$84\% \pm 2$
KCl	- $8,5^{\circ}\text{C}$		$92\% \pm 0,5$
KNO ₃	- $3,5^{\circ}\text{C}$		$97\% \pm 0,5$

Het moment waarop de condensatie intrad werd bepaald uit het moment waarop het kristal voor het eerst bolvormig werd, er zich dus blijkbaar vloeibaar water op af zette.

Een en ander werd met een microscoop waargenomen. Het kristal was met behulp van spinrag in het vat geplaatst.

Uit combinatie van deze proeven met hetgeen bekend is omtrent het optreden van condensatie bij positieve temperaturen kan de gevolgtrekking worden gemaakt dat de relatieve vochtigheid waarbij aan een zuiver kristal de eerste condensatie optreedt ongeveer lineair toeneemt met afnemende temperatuur. Dit geldt dus zowel voor het positieve als voor het negatieve temperatuurgebied.

5. Physica van het aerosol

W.J. Megaw beschreef als eerste in deze groep de resultaten van door het United Kingdom Atomic Energy Authority uitgevoerde experimenten met betrekking tot het ontstaan van condensatiekernen ten gevolge van straling. Er wordt van sommige zijden immers ondersteld, dat de introductie van kernenergie het aantal condensatiekernen zou hebben vergroot.

In een vat werd gefilterde lucht binnengevoerd (lucht zonder kernen dus) die dan ook geen nevel gaf bij expansie in een Pollak-teller. Na toevoer van thoron ontstond na expansie wel een nevel. Hetzelfde verschijnsel deed zich voor na bestraling van de gezuiverde lucht met Röntgenstralen. Ook stikstof en koolzuurgas vertoonden het verschijnsel. In het algemeen was een zekere minimale stralingsdosis noodzakelijk om een aantoonbaar aantal kernen te doen ontstaan.

Boven deze minimale dosis nam het aantal kernen met toenemende stralingsdosis toe.

Er bleken nog enige secundaire invloeden een rol te spelen. Zo was het aantal in lucht gevormde kernen zowel bij zeer geringe als bij zeer hoge vochtigheid gering. Toevoer van SO_2 leidde tot het ontstaan van meer kernen. Het verband is ongeveer lineair.

De diffusie-coëfficiënt D van de pas gevormde kernen bleek na enige minuten ongeveer $10^{-2} \text{ cm}^2/\text{sec}$ te bedragen, na ca 5 uur $10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$.

Met behulp van de in het desbetreffende gebied geldige betrekking

$$D = \frac{kT}{6\pi\eta a}$$

waarbij a de straal van het deeltje voorstelt en de overige symbolen de gebruikelijke betekenis bezitten, volgt dat het hier om zeer kleine deeltjes, met afmetingen van de orde van een molecule gaat.

W. Hoppe bracht verslag uit over soortgelijke proeven waarbij echter UV straling tot 2400 \AA was gebruikt. Een en ander kennelijk met de bedoeling om het "zonsopkomsteffect" (het veranderen van kerngehalte en geleidingsvermogen van de lucht omstreeks zonsopkomst) nader te toetsen.

De resultaten van de proeven waren weinig uniform. Het ontstaan van kernen werd op de gebruikelijke wijze met een Pollakse kernteller gemeten.

In de eerste plaats bleek, dat het aantal kernen dat ontstond aanvankelijk met toenemende bestralingstijd toenam om na 5 tot 10 minuten bestraling weer af te nemen. Voegde men 1% H_2 toe aan de lucht die aan de straling werd blootgesteld, dan verdween het effect van de kernvorming geheel.

Voegde men NH_4 toe dan nam eerst de kernvorming met toenemend NH_4 gehalte af om later weer toe te nemen.

Bij toevoeging van H_2S nam de kernvorming vrijwel lineair met het H_2S gehalte toe.

Bij toevoeging van SO_2 werd een kwadratische toename gevonden.

Het geheel is dus nogal verward en men kreeg niet de indruk dat het zonsopkomsteffect langs deze weg kon worden verklaard.

Schokkend was in dit verband ook de mededeling, dat in de natuur (dus zonder kunstmatige UV bestraling!) het zonsopkomsteffect ook zou worden waargenomen in geheel afgesloten betonnen ruimtes waar geen zonlicht doordringt. Blijkbaar is het effect nog min of meer een raadsel.

R. Mühleisen gaf enige theoretische beschouwingen ten beste met betrekking tot de ruimtelading die op zou treden bij mist. Deze ladingen zouden ontstaan tijdens het groeien van de druppeltjes door een verschil in bewegelijkheid van de ionen (Facy-effect?).

Een andere verklaring zou zijn, dat aan de bovenzijde van de mistlaag een negatieve lading zou bestaan ten gevolge van het feit, dat waterdruppels aan de buitenzijde negatief geladen zijn. Deze "oppervlaktelading" zou negatieve ionen afstoten. Deze opvatting wijst naar de mening van de verslaggevers op een verkeerd idee van spreker met betrekking tot de begrenzing van een mistlaag. Deze is i.h.a. toch wel minstens enige meters dik zodat moeilijk kan worden volgehouden, dat de bovenzijde van een mistlaag een soort oppervlakte-lading zou bezitten. Ietwat pijnlijk was de opmerking van Wormell die mededeelde dat in Engeland was gebleken, dat in bepaalde gevallen een ruimtelading in mist door hoogspanningskabels zou zijn veroorzaakt.

Al met al een weinig overtuigend verhaal van Mühleisen!

Van Ierse zijde (V.P. Flanagan en R.J. Nolan) werden nog enige beschouwingen gewijd aan het ionisatie-evenwicht in aerosolen. Een en ander leverde weinig nieuws op. In het algemeen gaat trouwens de belang-

stelling van deze Ierse onderzoekers meer uit naar zeer kleine ionen (bv. zeer kleine ongeladen kernen) dan naar de condensatiekernen die bij de wolkenvorming een rol spelen.

Tenslotte hield Podzimek een theoretische beschouwing over het Facy-effect, d.i. het zich hechten van aerosoldeeltjes aan wolkenelementjes tijdens het condensatieproces. Ook dit leverde geen nieuws op.

6. Meteorologisch aspecten

In dit laatste gedeelte van het symposium, althans voor zover het betrekking had op condensatiekernen, bracht F.H. Schmidt verslag uit over bepaalde resultaten die werden verkregen tijdens proefvluchten met een Fokker F 27 Friendship door het NLL. Tijdens deze vluchten, die vrijwel alle boven de Noordzee plaatsvonden en waarbij het vliegtuig op zijn luchtwaardigheid tijdens ijsafzettingsomstandigheden werd getest, werd o.a. de druppelgrootte in de wolken bepaald. Uit het omvangrijke materiaal dat tijdens de vluchten werd verzameld blijkt een significant verband te bestaan tussen het relatieve aantal grote druppels en de windsnelheid op zeeniveau.

Verondersteld wordt, dat zowel het toenemen van de afmetingen der maritieme condensatiekernen met toenemende windsnelheid als het toenemen van de turbulentie bij toenemende wind voor het gevonden verband verantwoordelijk zijn.

H. Dessens bracht verslag uit over een grootscheeps experiment dat tot doel had na te gaan welke rol convectie speelt bij het vertikaal transporteren van aerosolen. Daartoe werd een kunstmatige convectieve stroming gemaakt met behulp van een honderdtal branders. Reeds 5 minuten na het ontsteken van de branders, die totaal 70.000 kW leveren, ontstaat bij gunstige meteorologische omstandigheden een cumulus congestus met basis op ca 1500 m en een top op ongeveer 12 km.

Het ligt in de bedoeling om in de toekomst in het midden van de Cu sondes op te laten, eventueel met behulp van raketten, en het aerosol in de gehele wolk met impactors of andere, dergelijke instrumenten, te meten.

In een nogal dubieuze mededeling van G. Soulage werd getracht een verband te leggen tussen het aantal ijskristallen per liter en het zicht. Nu is het bekend, dat het geringe aantal ijskristallen dat zich gewoonlijk in de atmosfeer bevindt nauwelijks van invloed is op het zicht. Bovendien werd gebruik gemaakt van zeer subjectieve zichtmetingen in de vrije atmosfeer. Het resultaat van het onderzoek, een ongeveer omgekeerd evenredig verband tussen aantal ijskernen en zicht, mag, hoe logisch een dergelijk verband ook lijkt, dan ook zeker niet op grond van het onderhavige onderzoek als vaststaand worden beschouwd.

De laatste voordracht over condensatiekernen werd gehouden door S. Godard, die de druppelgrootte van het aerosol bepaalde uit interferentiëringen (kransen). Het resultaat van de metingen was niet bijzonder belangwekkend. Wel werd uit het veranderen van de kransen vastgesteld, dat in een expansiekamer gevormde druppels geleidelijk in diameter toenemen met de tijd.

7. Radioactiviteit

De voordrachten over radioactieve aerosolen en de daarmee verband houdende meteorologische problemen besloegen slechts één dag in het programma.

Opvallend goed was het overzicht waarmee N.G. Stewart de serie inleidde, en dat als algemene titel had "The transport and deposition of debris from nuclear test explosions".

Stewart begon met enige mededelingen omtrent de grootte van de radioactieve deeltjes in stratosfeer en troposfeer. De stratosferische deeltjes hebben in het algemeen een afmeting van minder dan 0,5 μ . Alhoewel men in troposfeer dezelfde afmetingen zou verwachten, omdat deeltjes meest uit stratosfeer komen, beweert Junge dat de troposferische deeltjes groter zijn (57 % van radioactiviteit op deeltjes $> 1 \mu$, 35 % in 0,1 - 1,0 μ en 8 % $< 0,1 \mu$). Pierson zegt dat deeltjes in troposfeer even groot zijn als in stratosfeer. Junge meent dat deeltjes in troposfeer groter zijn wegens hechten van radioactiviteit aan grotere deeltjes en wegens successieve condensatië- en verdampingsprocessen.

Het verwijderingsmechanisme is te scheiden in de zg. "dry deposition" en de afzetting via de neerslag. De droge verwijdering is een gevolg van turbulentie en botsing van deeltjes. De "natte fall-out" is groter dan de droge. Men heeft een zekere depositiesnelheid gedefinieerd als:

$$v_g = \frac{\text{fall-out per tijdseenheid}}{\text{lucht concentratie}}$$

Voor droge fall-out is $v_g = 0,1$ cm/sec, voor natte is $v_g = 1$ cm/sec. Als men verder voor verschillende maandsommen van de regen de hoeveelheid Sr-90 en Cs-137 fall-out uitzet krijgt men een lijn, die bijna door de oorsprong gaat, hetgeen aantoont, dat de droge fall-out in klimaten als het onze relatief gering is.

Het is belangwekkend te weten te komen, hoe de regen deze radioactiviteit heeft verkregen. Men heeft druppels in wolken opgevangen en op radioactiviteit onderzocht. Het blijkt nu volgens Stewart, dat 40 % in de wolk is verkregen en 60 % onder de basis (wash-out). Dit brengt het probleem van de zg. "collection efficiency" van de deeltjes weer naar voren. Greenfield heeft indertijd gezegd, dat wash-out klein is als deeltjes klein zijn. Reiter heeft radioactiviteit op stations van verschillende hoogten vergeleken en voor het onderste station van twee stations, die 330 meter in hoogte verschillen, een 20 % hogere waarde gevonden.

De spreker meent uit laboratoriumproeven van Mason te mogen concluderen dat er toch een voldoende groot wash-out effect hebben. Merkwaardig is dat bij lange regens de concentratie van de radioactiviteit in de lucht 50 % van de oorspronkelijke waarde blijft behouden. Behalve een verwijderingsproces is er ook een aanvoer. Als men de specifieke radioactiviteit in de regen uitzet tegen de regenval in 24 uur (genormaliseerd voor een bepaalde radioactiviteit van de lucht), krijgt men een snel afvallende kromme. Er is dus een snelle verwijdering in het begin; het eerste gedeelte is toe te schrijven aan de wash-out; later speelt de constante specifieke radioactiviteit van de wolken de grootste rol.

Hoe lang is nu de halve verblijftijd van de radioactieve deeltjes? Spreker laat het bekende plaatje zien van de afnemende van de radioactiviteit, gemeten bij vliegtuig-opstijgingen boven de Atlantische Oceaan, waaruit tot een verblijftijd van 30 - 60 dagen is afgeleid.

Spreker behandelt dan de verdeling van de radioactiviteit in afhankelijkheid van de geografische breedte en de seizoensverandering, en komt dan te spreken over het Dobson-Brewer model. Hij meent dat nieuwe metingen van de verdeling van de waterdamp in de stratosfeer, van wolfram 185 (nog steeds maximum concentratie in equatoriale streken) en van tritium niet met het Brewer-Dobson model in overeenstemming zijn. Zijn collega Goldsmith heeft een nieuw model van de stratosferische circulatie ontwikkeld.

Pierson, evenals Stewart werkzaam in Harwell, hield een voordracht over de verdeling van radioactieve stoffen afkomstig uit equatoriale en

arctische ontploffingen en het verblijf daarvan in de stratosfeer. De spreker gaf vele plaatjes van de verdeling van Sr-90 met de breedte en van de afhankelijkheid van tijd, hoogte en breedte van de verhoudingen Sr-89/Sr-90, Zr-95/Cs-137 en Ce-144/Cs-137. Het schijnt dat de breedte afhankelijkheidskrommen met de tijd variëren.

De enorme hoeveelheid materiaal, die aan het auditorium werd gepresenteerd maakte het niet gemakkelijk een overzicht te krijgen. De belangrijkste punten in het betoog waren: a) gedurende 1959 was de verhouding Sr-89/Sr-90 en dus de verhouding van polair Sr-90 tot equatoriaal Sr-90 onafhankelijk van de breedte; b) gedurende dezelfde periode was de verhouding Zr-95/Cs-137 op 55°N belangrijk hoger in de troposfeer dan in de lage stratosfeer en c) uit de verhouding Ce-144 - Cs-137 in troposferische lucht volgt dat tot juli 1959 de hoeveelheid polaire radioactiviteit 50 % van het totaal was en dat deze verhouding tot een lagere waarde daalde in 1960. De bedoeling van de spreker was aan te geven, dat elk model van de atmosferische circulatie en van de uitwisseling tussen stratosfeer en troposfeer in staat moet zijn bovengenoemde feiten te verklaren.

Het lijkt er op, zei de spreker, dat de equatoriale stratosferische radioactieve stoffen van de Hardtack tests (zomer 1958) door de tropopauze-opening de troposfeer hebben bereikt. De arctische radioactiviteit van de Russische proeven kwam eerst na menging met de Hardtack debris door de tropopauze-opening en pas daarna door de polaire tropopauze (model Goldsmith).

Riebine hield een voordracht over de verandering van de specifieke radioactiviteit van de regen in afhankelijkheid van de hoeveelheid. Het viel op, dat hij geen genormaliseerde gegevens gebruikte, zoals Stewart (zie boven). Hij theoretiseerde een weinig over theoretische krommen, die men zou kunnen krijgen in afhankelijkheid van de hoogte bij verschillende verdelingen van de radioactiviteit met de hoogte.

Philoppot gaf een overzicht van enige metingen van de luchtactiviteit in Frankrijk. Hij wees er op, dat men weinig invloed van de Sahara-experimenten had geconstateerd. Uit metingen aan de grond en in de hogere luchtlagen kan men een kromme construeren die de afhankelijkheid van de radioactiviteit met de hoogte weergeeft. De voordracht leverde niet veel nieuws omdat geen meteorologische beschouwingen aan het cijfermateriaal werden vastgeknoopt.

In zeker opzicht was de voordracht van Storebö het tegendeel van die van Philoppot, omdat ze sterk meteorologisch getint was. Storebö heeft ongeveer een jaar bij Martell in de V.S. gewerkt en gegevens van de radioactiviteit in afzonderlijke regens onderzocht, en daarbij tegelijkertijd grondkaarten, 500 mb kaarten, tropopauze topografieën en doorsneden getekend. Bijzondere aandacht werd besteed aan de regenval in een "cut-off low" met verlaagde tropopauze. Er waren drie regens onderzocht, die merkwaardig grote verschillen vertoonden. Storebö meent dat het wash-out proces zeer belangrijk is.

Voorts werden achtereenvolgende monsters van weersystemen en gelijktijdige monsters van hetzelfde weersysteem op verschillende plaatsen onderzocht.

Als de neerslag uit warme lucht valt neemt in het algemeen de radioactiviteit met de tijd af. Dit zou men niet verwachten als men aan het klassieke Noorse warmtefront-model denkt. De schrijver meent op grond hiervan, dat men het model van het regerende weersysteem moet wijzigen.

Flohn vergeleek het Brewer-Dobson circulatie model met het model, waarbij horizontale uitwisseling van radioactieve stoffen door menging via de tropopauze openingen plaats heeft. Hij is van mening, dat er bij de equator kleine discontinuïteiten in de tropopauze zijn en liet ten bewijze daarvan een aantal lantaarnplaatjes zien.

Volgens de turbulentietheorie van Taylor is de uitbreiding van het aerosol afhankelijk van de standaardvectordeviatie van de winden en een functie van de tijd. Flohn heeft de standaarddeviatie van de N-S component van de wind op 300 mb bepaald voor het noordelijk halfrond tot 25 km hoogte en voor zomer en winter.

Plaatjes toonden de verdeling aan. Het blijkt, dat de maximale waarde op gematigde breedten vlak onder de tropopauze wordt aangetroffen, terwijl aan de equator op alle hoogten een minimum aanwezig is. Boven 18 km is de standaarddeviatie van de meridionale component in de zomer aanmerkelijk geringer dan in de winter.

Flohn maakt ook een schatting van de uitbreiding van het radioactieve stof in afhankelijkheid van de waarde van bovengenoemde component.

Bij $\sigma = 3$ m/sec is die uitbreiding in 1, 7, 30 en 90 dagen respectievelijk 187, 830, 1875 en 3320 km; bij $\sigma = 15$ m/sec worden deze getallen 935, 4050, 9350 en 16600 km. Gecombineerd met de bovenvermelde doorsneden kan men concluderen, dat er inderdaad in equatoriale breedten weinig meridionaal transport is.

Bricard besprak de vorming van radioactieve ionen door aanhechting van radium A na verval van radon, terwijl Schumann een korte samenvatting gaf van een publikatie van Kawano en Nakatani (Japan) over de meting van de grootte-verdeling van natuurlijk radioactieve aerosolen met behulp van een 4-traps cascade impactor en autoradiografie.

Schumann gaf eveneens een overzicht van een mededeling van Styra (Wilna, Littaun), die de natuurlijke radioactiviteit in wolken-elementen had onderzocht. De druppels waren op twee manieren met een vliegtuig verzameld; ten eerste door ze te laten bevriezen op een met vast koolzuur gekoelde cilinder en ten tweede door ze op te vangen op filtreerpapier.

De producten van de uranium- en de thoriumreeks werden bepaald en vergeleken met het voorkomen in zeewater en gesteenten.

Men heeft ook een indruk gekregen van de verdeling van de natuurlijke radioactiviteit met de hoogte in de wolk. Er werden twee typen gevonden, nl. Cumuluswolken waarin van de basis af de radioactiviteit toeneemt tot een maximum dat op ongeveer zestienden van de hoogte boven de basis ligt en Cumuluswolken met een hoge waarde aan de basis, afnemend met de hoogte en daarna weer toenemend tot een maximum met afnemend naar de top. Bij laatstgenoemd type is het tweede maximum sterk uitgesproken in hoge Cumuli.

Jacobi besprak het invangen van natuurlijke radioactieve nucleïden door aerosoldeeltjes en neerslagdeeltjes.

Goldsmith sprak over de meting van de afzetting van submicron-deeltjes onder invloed van waterdampgradiënten en de efficiency van dit mechanisme met betrekking tot het invangen van kleine radioactieve deeltjes door wolkendruppeltjes in de natuur. De spreker wilde experimenteel een indruk krijgen van het Facy-effect.

Door een ruimte waarin een gradiënt van waterdamp werd onderhouden tussen met water verzadigd filtreerpapier (boven) en zwavelzuur (beneden) werd een met thorium B gemerkt aerosol geleid (deeltjes grootte 0,1 - 0,4 μ). De radioactiviteit werd nooit op filtreerpapier aangetroffen; wel op het zwavelzuur. Het blijkt dat de depositiesnelheid (zie voordracht Stewart) afhangt van waterdampgradiënt. Het was mogelijk een idee te krijgen van de evenredigheidsconstante in de formule

$$V = KD \frac{dh}{dx},$$

waarin $\frac{dh}{dx}$ de gradiënt en D de doorsnede van de deeltjes voorstelt.

De vraag is nu, hoe groot is dit effect in de natuur. Op grond van theoretische beschouwingen meent Goldsmith, dat het te verwaarlozen

klein is. Hij heeft dit ook experimenteel bevestigd. In een Wilson kamer liet hij op zoutkernen druppeltjes aangroeien tot 15μ in lucht, die 5000 submicron-deeltjes per cc (radioactief gemerkt met thorium) aanwezig waren. Met een cascade impactor werden de grotere druppeltjes opgevangen en autoradiografisch op radioactiviteit onderzocht. De fotografische films vertoonden geen spoor van opgevangen radioactiviteit.

De spreker meent dat de Brownse beweging veel belangrijker is dan het Facy-effect.

Tenslotte besprak Lassen hetzelfde probleem als Jacobi, nl. de aanhechting van radioactieve deeltjes aan aerosolpartikeltjes.

-o-o-o-o-