

Dr. F.H. Schmidt

Verslag over het
Third Symposium on Atmospheric Condensation Nuclei and Particles,
gehouden te Cambridge, 16-18 juli 1958.

551.574.1

1. Inleiding

Sedert 1954 worden geregeld congressen georganiseerd waar zij, die werken op het gebied van de wolkenfysica, de resultaten van hun onderzoek kunnen uitwisselen.

De eerste bijeenkomst vond in 1954 plaats in Dublin; in 1956 kwamen bijeen in Zwitserland (Bazel en Locarno) en in juli 1958 vond een derde driedaags symposium plaats in het Cavendish Laboratory in Cambridge.

Men heeft zich aan het einde van dit laatste symposium afgevraagd of het bijeenkomen om de twee jaar niet te frekwent was. Hoewel de wolkenfysica nog voortdurend in ontwikkeling is en de atmosferische chemie, waarover een aantal voordrachten handelde, eerst sedert kort grondig in studie is genomen, zodat ook daarvan onze kennis snel toeneemt, was men in het algemeen van oordeel, dat het volgende congres eerst in 1961 zou moeten worden gehouden. Voorlopig is bepaald, dat dit in West-Duitsland (Aken of Heidelberg) zal plaatsvinden.

Naast de voordrachten, waarover hieronder nader zal worden gesproken, werden twee rondleidingen georganiseerd, een in het Cavendish Laboratorium en een naar de veldopstellingen van de afdeling atmosferische fysica van het Department of Physics.

In het laboratorium zelf imponeerde bovenal de veelheid van fysisch onderzoek (hydrodynamica, kristalstructuur, kernfysica, om enige onderwerpen te noemen), die daar - en gelijk bekend met belangrijke resultaten - wordt geëntameerd. Van meer direct belang voor het symposium was de demonstratie van de metingen, die in de veldlaboratoria worden verricht met betrekking tot condensatiekernen (continue registratie), elektrische ladingsscheiding bij vallende en stukspattende druppels, veldsterktemetingen, enz. Interessant was ook het waarnemen van meteorbanen met behulp van gereflecteerde stralen afkomstig van een televisiezender in Schotland.

Voorts moet worden vermeld, dat W.A. Mordy (U.S.A.) een film vertoonde waaruit een indruk werd verkregen van de coalescentie van druppels. Druppels van enige μ 's diameter, uit twee verschillende capillaire buisjes gespoten, werden sterk vergroot gefilmd op de plaats waar ze met elkaar in contact kwamen. Het samenvloeien, dat naar schatting in ongeveer 10% van de gevallen plaatsvond, was duidelijk waar te nemen. In een aantal gevallen vond slechts botsing plaats zonder dat coalescentie volgde.

Merkwaardig is ook, dat een poging om het verschijnsel duidelijker waarneembaar te maken door de druppels uit een van de twee capillairen afkomstig, te kleuren, mislukte. Er vond in het geheel geen coalescentie tussen gekleurde en ongekleurde druppels plaats. Wellicht vereist het verschijnsel gelijke oppervlaktetenspanning in beide druppels.

De experimenten waren overigens niet geheel vergelijkbaar met de processen die zich in de atmosfeer afspelen, aangezien de coalescerende druppels van dezelfde afmetingen waren, hetgeen in de natuur in het algemeen niet het geval is.

De ongeveer vijftig deelnemers aan het symposium (waarvan ongeveer de helft uit het Verenigd Koninkrijk) waren voor het merendeel gehuisvest in een van de colleges.

Uiteraard waren de diverse sprekers deskundigen op hun terrein. In enkele gevallen viel het te betreuren dat ze over te weinig synoptisch-meteorologische kennis beschikten waardoor soms voorbarige conclusies werden getrokken of in enkele gevallen voor de hand liggende conclusies niet werden getrokken.

2. Overzicht van de voordrachten

De voordrachten, twintig in getal, werden gehouden gedurende drie ochtendzittingen en een middagzitting. In het algemeen was de beschikbare tijd voldoende.

Vergeleken bij twee jaar geleden viel een verschuiving te constateren in de behandelde onderwerpen. De belangstelling voor instrumentele problemen was vrijwel geheel verdwenen (1 voordracht tegen 8 in 1956), terwijl daarentegen de atmosferische chemie en de bevroeringskernen, die in 1956 niet speciaal ter sprake kwamen, nu in vier, resp. drie voordrachten werden behandeld. In het algemeen was het programma dit jaar dan ook iets meer gevarieerd. Evenals de vorige malen zullen de volledige voordrachten worden gepubliceerd in *Geofisica Pura e Applicata*.

De behandelde onderwerpen kunnen globaal worden verdeeld in zes rubrieken, te weten:

- a. Chemie van de atmosfeer in het algemeen.
- b. Condensatie- en bevroingskernen.
- c. Samenhang tussen aerosol en straling.
- d. Luchtelectrische onderwerpen.
- e. Instrumenten.
- f. Verspreiding van deeltjes in de atmosfeer.

3. a. Chemie van de atmosfeer in het algemeen

Het symposium werd geopend met een overzicht door C.E. Junge over de chemie van de atmosfeer. Zijn voordracht was een samenvatting van het uitvoerige artikel in *Advances in Geophysics*, Vol. IV, 1958. De volgende belangrijke punten kwamen naar voren:

Een van de oudste problemen waar men zich in de atmosferische chemie mee bezighoudt, is dat van de afmetingen van het aerosol - afgezien van de vraag of de beschouwde deeltjes al dan niet als condensatiekern kunnen fungeren. Het is gebleken, dat een breed spectrum van afmetingen voorkomt en wel van ongeveer $10^{-2}\mu$ tot 10μ . De bovenste grens hangt samen met de zwaartekracht. Grotere deeltjes vallen nl. zo snel uit, dat ze zich niet in het aerosol kunnen handhaven. Dit zou worden bevestigd door de afmetingen van löss-deeltjes die in het algemeen niet boven 10μ komen. Het is door het opvangen van aerosol voorts gebleken, dat de aerosoldeeltjes aan vrij sterke coagulatie onderhevig zijn waardoor in verloop van enige dagen de minimale afmetingen sterk toenemen.

Bekend is voorts, dat de verdeling van de deeltjes ongeveer omgekeerd evenredig is met de straal tot de derde macht, m.a.w. de totale volume-bijdrage van de deeltjes is onafhankelijk van de straal van de deeltjes. Deze empirische regel, die door Junge zelf is ontdekt, geldt vrij nauwkeurig voor deeltjes met afmetingen van $0,1\mu$ tot 10μ .

Het is gebleken, dat zwavel vooral in grote deeltjes voorkomt, speciaal in kernen die van continentale oorsprong zijn. Dit zwavel komt gewoonlijk voor als de zuurrest SO_4^{--} en zal veelal ontstaan zijn door oxydatie van SO_2 door het zonlicht.

Oxydatie kan ook een rol spelen bij kernen die langs organische weg ontstaan. Zo zou volgens Went terpentijn vrijkomen uit coniferen, waarna oxydatie leidt tot het ontstaan van kleine deeltjes behorend

tot de klasse der Aitkenkernen. Ze zijn verantwoordelijk voor mist en nevel die vaak in naaldbossen wordt waargenomen.

Bij een nader onderzoek van de Aitkenkernen ($< 0,05\mu$), grote kernen ($0,05-0,5\mu$) en reuzen (giants, $0,5-10\mu$), die met behulp van bepaalde procedures (cascade impactor) kunnen worden gescheiden, is gebleken dat deze indeling ook chemisch zinvol is. Zo bevatten de grote kernen veelal SO_4^{--} en NH_4^- terwijl in de reuzen vooral Na^+ en Cl^- kunnen worden aangetoond. De grens (chemisch) zou ongeveer bij 1μ liggen. Overigens bevatten de grote kernen ook nu en dan Cl^- terwijl NH_4^- meer als gas voorkomt dan dat het in de grote kernen wordt aangetroffen. Merkwaardig is, dat in de grote kernen het Cl^- -gehalte van land naar zee afneemt. Blijkbaar is het chloor in de grote kernen dus niet van maritieme oorsprong. Voor de reuzen neemt daarentegen het chloorgehalte wel degelijk toe van land naar zee. Zeezoutkernen behoren dus in het algemeen tot de groep der reuzen.

Uiteraard is het mogelijk de invloed van de mens aan te tonen bij het chemisch onderzoek van de dampkring. De onderstaande tabel geeft het gehalte aan SO_4 en NO_3 in γ/m^3 en in afhankelijkheid van de situatie.

	SO_4	NO_3
steden $> 2 \cdot 10^6$ inwoners	12,4	1,3
steden $< 2 \cdot 10^6$ inwoners	2,0	0,82
platteland	0,62	0,7

Het NO_3 gedraagt zich trouwens betrekkelijk raadselachtig. Boven zee wordt het in het geheel niet waargenomen maar aan de kust is het aantal γ/m^3 NO_3 iets groter dan in het binnenland. Het schijnt dat hier nog geen bevredigende verklaring voor bestaat.

De algemene geografische verdeling van de stoffen, die in het atmosferische aerosol aanwezig zijn, kan o.a. worden afgeleid uit regenwateranalyses. Daarbij blijkt, dat het Cl-gehalte in het regenwater sterk landinwaarts afneemt. In Amerika van ongeveer 10 mg/l aan de kust tot ongeveer 0,1 mg/l in het midden van het continent. Men heeft de oorspronkelijke verklaring, die het verschijnsel toeschreef aan het volledig verbruiken van de zeezoutkernen voor condensatie in het kustgebied, prijsgegeven en schrijft een en ander thans toe aan de turbulente verspreiding van de zeezoutkernen over een dikke laag. De chemische analyse van de neerslag is volgens deze opvatting een maat voor de

afname van de zeezoutkernen in de onderste lagen waar ze door de neerslag worden ingevangen.

Merkwaardig is voorts, dat de verhouding Cl^-/Na^+ , die boven zee 1,7 bedraagt, boven land afneemt tot 0,8. Of de oorzaak hiervan gezocht moet worden in een decompositie van de NaCl-kernen en een daarmee gepaard gaan van verdwijnen van het Cl, bijvoorbeeld door hechten aan grotere deeltjes, dan wel in de aanwezigheid van Na-bronnen boven land is nog geen uitgemaakte zaak.

NH_4^- vertoont een maximum boven land van de orde van 0,3 mg/l terwijl bijvoorbeeld in Florida geen NH_4^- kon worden aangetoond.

Ca^{++} komt met een maximum van 3 mg/l het meest voor boven woestijngebieden.

De volgende dag ging Junge nader in op de zwavelhuishouding van de atmosfeer. Slechts 10% van de totale in de atmosfeer aanwezige zwavel komt voor in het aerosol. Verreweg het grootste deel bevindt zich in gasvormige toestand en wel als SO_2 en als H_2S . Daarbij blijkt de hoeveelheid SO_2 , althans boven land, in het algemeen vrij sterk met plaats en tijd te fluctueren, terwijl het H_2S -gehalte betrekkelijk constant is:

	SO_2	H_2S
15 mijl NW van Boston	:20 γ/m^3	:10 γ/m^3
New York	300-600 γ/m^3	9 γ/m^3

Vermoedelijk wordt H_2S in sterke mate geoxydeerd tot SO_2 .

Ten aanzien van de zwavelproductie is vastgesteld, dat S o.a. in de lucht komt in de branding. In overeenstemming hiermede is waargenomen, dat het zwavelgehalte van de neerslag in een strook boven zee, die evenwijdig loopt aan de kust, ongeveer 2 mg/l hoger is dan boven land.

Schattingen geven, dat met de neerslag, ongeveer $3,9 \times 10^8$ ton zwavel per jaar uit de atmosfeer verdwijnt, waar tegenover staat dat de mens ongeveer $1,2 \times 10^8$ ton, d.i. slechts 30% produceert.

De rivieren voeren driemaal zoveel SO_4 naar de oceanen dan kan worden toegeschreven aan erosie. Dit overschot wordt blijkbaar aan de rivieren toegevoerd door de neerslag. In brekers zou dan weer H_2S aan de dampkring worden toegevoerd en daar oxyderen tot SO_2 .

De vraag is nu in hoeverre de door de mens geproduceerde zwavel in deze huishouding van belang is. Ten einde deze vraag te beantwoorden heeft men o.a. boringen gedaan in het Groenlandijs. Daarbij bleek, dat in de periode van ca 1915 tot 1956 geen verandering was ingetreden

in de verhouding van SO_4 en Na. Blijkbaar is Groenland in de laatste 40 jaar dus niet beïnvloed door de steeds toenemende industrialisatie.

Met dit resultaat zijn in overeenstemming de schattingen van de "halfwaardetijd" van SO_4 in de dampkring. Weliswaar lopen deze schattingen sterk uiteen, van 14 dagen tot 10 uur, maar bij de meest waarschijnlijke waarde van ongeveer 4 dagen is het begrijpelijk, dat Groenland niet op waarneembare wijze door industriële zwavel wordt beïnvloed. Het plan bestaat om een dergelijk onderzoek ook aan gletschers in de Alpen te verrichten.

Het onderzoek van het Groenlandijs heeft voorts de volgende verhouding van de belangrijkste verontreinigingen opgeleverd:

Na	0,029 ppm
SO_4	0,25
Cl	0,037
K	0,011
Ca	0,035

Uit deze getallen blijkt wel hoe belangrijk SO_4 moet worden geacht voor het ontstaan van condensatiekernen.

Resumerend kan uit het onderzoek worden vastgesteld, dat industriële zwavelproductie wel van groot belang is (pollutie, Londen!) maar dat ze slechts betrekkelijk gelocaliseerd invloed uitoefent. De belangrijke rol die SO_4 speelt bij de vorming van condensatiekernen is slechts voor een klein deel het gevolg van industrialisatie.

W.G. Durbin gaf een overzicht van metingen in vliegtuigen van het Cl-gehalte van de lucht. Het aerosol werd opgevangen op met gelatine bedekte plaatjes, die afmetingen van ongeveer 2,5 bij 25 mm hadden en die twee voet buiten de vleugel waren geplaatst. Met behulp van een sluiters kon het invangen worden gevarieerd naar tijd en plaats. Uit de grootte van de ontstane vlek kon het chloorgehalte van de deeltjes worden bepaald. Op deze wijze kon tot 10^{-13} gram chloor worden vastgesteld.

Waargenomen werd een groot verschil tussen zee en land. Boven zee werd een groot gehalte tot 2500 ft hoogte gevonden met daarboven een sterke afname. Boven land was de verdeling betrekkelijk homogeen met de hoogte.

Een bezwaar dat m.i. terecht tegen het geringe aantal metingen werd geopperd was, dat het wellicht niet juist is conclusies te trekken omtrent het verschillende chloorgedrag boven land en zee wanneer men zich

beperkt tot vluchten boven Engeland en niet verder het continent ingaat.

Op een vraag naar een verband tussen chloorgehalte en luchtsoort, dat in principe gemakkelijk zou zijn te onderzoeken, bleef de spreker het antwoord schuldig.

R. Siksna gaf ten slotte een overzicht over de in Zweden gebruikte methode om de chemische samenstelling van neerslag electrolytisch te bepalen met behulp van het geleidingsvermogen.

4. b. Condensatie- en bevroingskernen

In een inleidende beschouwing stelde B.J. Mason de vraag aan de orde waar de bevroingskernen, die zich volgens de nieuwere opvattingen in de atmosfeer bevinden, vandaan komen. Men vindt in het algemeen twee opvattingen: 1) de bevroingskernen zijn afkomstig van de grond. 2) Ze komen als meteor-stof in de dampkring (Bowen, die recent nog eens opnieuw de juistheid van zijn hypothese heeft trachten aan te tonen).

Ten einde tot een uitspraak te kunnen komen onderzocht Mason 30 mineralen, verdeeld in deeltjes van $0,2\mu - 2\mu$ op hun geschiktheid om als bevroingskern te fungeren door ze in een stabiel zeepvlies te brengen dat voor de helft uit water bestond en dit systeem tot beneden het vriespunt af te koelen.

Het bleek daarbij, dat meteoriet-deeltjes eerst bij -17°C tot de vorming van ijskristallen aanleiding gaven. De meest werkzame stof was kaoliniet, een belangrijk bestanddeel van klei. Het gaf reeds bevroizing bij -9°C bij een deeltjesgrootte $< 1\mu$. Kaoliniet heeft een tricline structuur en is niet hexagonaal.

Ook een aantal kunstmatige kernen werd onderzocht, o.a. CuS , dat bij -5°C bevroizing gaf en CuO en AgJ waarop bij -4°C ijskristallen ontstonden. Zand en kwarts bleken niet actief te zijn.

Het merkwaardige verschijnsel deed zich voor, dat de kernen "getrained" kunnen worden. Laat men het ijs van het als bevroingskern gefungeerd hebbende deeltje verdampen (niet smelten!), bijv. bij -1°C , dan ontstaat na nieuwe afkoeling reeds bij een hogere temperatuur een ijskristal dan eerst het geval was.

Zo kon men de bevroizingstemperatuur van kaoliniet van -9°C op -4°C brengen. Aanvankelijk weinig actieve deeltjes kunnen dus actiever worden gemaakt. De vermoedelijke verklaring is dat het ijs aan het oppervlak van het deeltje weliswaar verdampt, maar dat het zich in de poriën

van het kerntje handhaaft. Dit proces zou het grote aantal bevroeringskernen in de hogere luchtlagen kunnen verklaren zonder dat het noodzakelijk zou zijn zijn toevlucht te nemen tot de meteorieten-hypothese van Bowen.

Ten aanzien van kunstmatige bevroeringskernen merkte Mason nog op, dat de vaak tegenstrijdige resultaten van verschillende onderzoekers voor een deel kunnen worden toegeschreven aan het feit, dat het vaak moeilijk is de desbetreffende stoffen zoals AgJ in zuivere toestand te verkrijgen, terwijl onder laboratoriumomstandigheden ook de lucht vaak niet voldoende kernvrij is.

Onderzocht was verder de regelmatigheid van de kristalstructuur. Op slides van een geschikte stof, bijv. AgJ, werd ijsvorming tot stand gebracht. De dunne ijskristallen kunnen worden gebruikt als $\frac{1}{4}\lambda$ -plaatjes. Bij bestraling met wit licht ontstaan kleureffecten die een maat geven voor de dikte van het ijskristal. Lantaarnplaatjes toonden deze methode van onderzoek op zeer fraaie wijze.

R.W. Fenn gaf een verslag van een iets van de normale wijze afwijkende methode om bevroeringskernen uit de lucht te onderzoeken, althans kwantitatief. Lucht werd tussen twee platen, die een onderlinge afstand van 2 mm hadden, doorgevoerd. De ene plaat werd op een temperatuur van 100°C gebracht terwijl de andere op het dauwpunt van de lucht werd gehouden. Door het grote temperatuurverschil worden de deeltjes die zich in de lucht bevinden neergeslagen op de koudste plaat, die dan verder werd afgekoeld tot ijsvorming optrad. Het aantal kristallen kan worden geteld. Er bleken veel grotere concentraties te worden waargenomen dan in een normale expansiekamer. Dit hangt samen met het feit, dat in deze laatste de lage temperatuur zich slechts betrekkelijk kort handhaaft.

Voorts bracht Fenn verslag uit over verstrooiingsmetingen aan het atmosferische aerosol. De verstrooiing is afhankelijk van het aantal deeltjes maar kan niet worden gecorreleerd met transmissometermetingen aangezien deze laatste sterk afhankelijk zijn van de absorptie.

H.W. Georgii bracht verslag uit over in West-Duitsland verrichte onderzoekingen, die tot doel hadden een kwantitatief verband tussen condensatiekernen en bevroeringskernen aan te tonen. De waarnemingen werden verricht in Frankfurt, op de Feldberg (1800 m) en op de Zugspitze (3000 m).

In Frankfurt werd een jaarlijkse gang in het aantal bevroeringskernen geconstateerd met een maximum in de winter en een minimum in de zomer. Ook bij sterke zonnestraling lag het aantal altijd onder het gemiddelde.

Ook met betrekking tot de dagelijkse gang werd een bepaald gedrag geconstateerd. Het aantal Aitkenkernen vertoonde een middagmaximum in tegenstelling tot de grote kernen en de "giants". Het aantal bevroeringskernen verliep parallel met de laatste beide groepen. Hetzelfde werd op de Feldberg en de Zugspitze gevonden. Daarentegen werd nergens een verband tussen de Aitkenkernen en de bevroeringskernen geconstateerd.

Het uitfilteren van de grote kernen en giants deed ook het aantal bevroeringskernen afnemen. Bij -30°C was nog slechts 24% van de oorspronkelijk bij die temperatuur werkzame bevroeringskernen over, terwijl bij -8°C geen bevroering meer kon worden waargenomen. Bij het uitfilteren van de giants waren de overgebleven percentages bevroeringskernen resp. 78% bij -30°C en 33% bij -15°C .

Blijkbaar beïnvloedt de grootte van de bevroeringskernen de activeringstemperatuur sterk. Wellicht zijn de gemengde kernen (vast inwendige omgeven door vloeistofhuidje), die alleen bij de grote kernen en de giants voorkomen, verantwoordelijk voor de bevroering.

G. Gotsch gaf een overzicht van theoretische studies en experimenteel werk dat in Zwitserland werd verricht in verband met het aangroeien van condensatiekernen tot wolkenelementjes.

De gebruikelijke opvatting is, dat de groeikrommen, die op grond van de theorieën van Thomson en Köhler kunnen worden geconstrueerd, kunnen worden beschouwd als evenwichtscurves; de kernen beginnen spontaan tot druppels aan te groeien wanneer het punt in de curve, waarvoor de relatieve vochtigheid maximaal is, wordt gepasseerd. Het evenwicht wordt dan onstabiel. Dit zou betekenen, dat de kleinere condensatiekernen pas gaan groeien wanneer de grotere zodanig zijn gegroeid, dat ze uit de omgeving waar ze zich oorspronkelijk bevonden zijn gevallen.

Maar in dat geval zou het betrekkelijk grote oververzadigingen vereisen of althans veel tijd kosten voordat de kleine kernen aan de beurt zouden kunnen komen. Dit nu is in strijd met hetgeen men gewoonlijk in de atmosfeer waarneemt, terwijl Gotsch ook bepaalde laboratoriumexperimenten als een bewijs beschouwt van het feit dat er bij het groeien van kernen geen sprake behoeft te zijn van een voortdurende verschuiving langs een evenwichtskromme. De experimenten wezen o.a. uit, dat een

zeer groot aantal Aitkenkernen tot druppeltjes aangroeit bij oververzadigingen van minder dan 3% ! Dit zou volgens spreker in overeenstemming zijn met het feit, dat het aantal wolken druppeltjes per volume-eenheid meer in overeenstemming is met het aantal Aitkenkernen dan met het aantal grote kernen of giants.

Aangezien de Aitkenkernen een diameter beneden $2 \cdot 10^{-1} \mu$ bezitten, kunnen ook de klassieke Thoursouse theorieën betreffende de dampspanning boven gebogen oppervlakken hier moeilijk ongecorrigeerd worden toegepast.

Zo schijnen er thans allerlei moeilijkheden te zijn bij de nauwkeurige toetsing van de theorie der druppelvorming in de atmosfeer waarvan men zo lang heeft gedacht, dat ze het verschijnsel van de wolkenvorming volledig kan verklaren.

Bij de discussies bleek overigens, dat verscheidene aanwezigen, o.a. Mason, twijfelden aan de nauwkeurigheid van de gereleveerde metingen.

Uit een voordracht van W.A. Mordy over hetzelfde onderwerp bleek o.a. dat in cumuli eerst op ongeveer 50 m boven de wolkenbasis de condensatie over de kernen van verschillende grootte ongeveer verdeeld is zoals de klassieke theorie vereist.

Een drietal voordrachten, dat min of meer op zichzelf stond, kan ten slotte het beste bij groep b worden ingedeeld en zal hier kort worden vermeld.

J.R. Atkinson besprak het gedrag van bellen in een vloeistof. De theoretische problemen, die zich hierbij voordoen, zijn vergelijkbaar met die welke een rol spelen bij de behandeling van condensatiekernen in de atmosfeer. Het gaat in beide gevallen om een gekromd oppervlak en de dampspanning waarbij een evenwichtstoestand mogelijk is. Het gedrag van bellen wordt geleidelijk van meer belang in verband met bepaalde kernfysische onderzoeken.

In het algemeen spelen bij de bellen die bij deze onderzoeken worden gegenereerd elektrische ladingen een rol, die overeenkomt met die van de opgeloste hygroscopische stof bij de condensatiekernen.

T.C. O'Connor gaf een overzicht van experimenten waaruit bleek, dat verhitte glas- en metaalplaten condensatiekernen afscheiden. Na een tijd verwarmd te zijn geweest neemt de productie van kernen af om ten slotte geheel tot een einde te komen. Wordt de plaat na te zijn afgekoeld weer aan verse buitenlucht blootgesteld, dan kan het verschijnsel

opnieuw worden teweeggebracht. Het gaat hierbij om verhittingen tot beneden 250°C . Electriche gloeidraden vertonen een analoog gedrag. De geproduceerde kernen (de gloeidraad heeft een capaciteit van 10^{10} kernen in ongeveer 30 minuten!) hebben in het algemeen een diameter van ongeveer 10^{-5} cm, d.i. de normale afmeting.

Verondersteld wordt, dat de kernproductie een gevolg is van organisch stof, dat door de lucht op de plaat of draad wordt gebracht en dat bij verhitting weer in de lucht ontsnapt. Het proces zou wellicht ook onder normale meteorologische omstandigheden een rol kunnen spelen.

Ten slotte gaf P.J. Hutton een methode aan om na te gaan hoe snel ionen aangroeien wanneer ze worden blootgesteld aan verzadigde waterdamp. Daartoe werden de ionen middels een electricch veld in beweging gebracht en gedwongen een straal van verzadigde waterdamp te passeren. In deze straal worden de ionen een eind meegesleurd om na het verlaten van de baan weer uitsluitend (zij het langzamer door het groeien in de straal) te bewegen onder invloed van het electriche veld. De plaats waar de ionen de tegenovergelegen electrode bereiken kan worden waargenomen en is een maat voor de beweeglijkheid van de ionen en samen met de oorspronkelijke beweeglijkheid voor de snelheid waarmee ze in de waterdampstraal zijn gegroeid. Resultaten van metingen konden nog niet worden getoond.

5. c. Samenhang tussen aerosol en straling

Het verband tussen aerosol en straling komt op twee wijzen tot uiting. Enerzijds beïnvloedt de zonnestraling het karakter van de atmosferische kernen, anderzijds wordt een deel van de straling door het aerosol onderschept.

Over het eerste effect sprak F. Verzár, de Zwitserse bioloog, die zich geleidelijk meer is gaan interesseren voor de fysische problemen, die het aerosol biedt.

Het is een bekend verschijnsel, dat het aantal condensatiekernen op grotere hoogte, buiten grote bevolkingscentra, bijv. op 1800 m boven een sneeuwoppervlak, waar Verzár o.a. zijn hieronder te bespreken metingen heeft verricht, overdag een maximum vertoont. Men heeft dit wel toegeschreven aan convectie of advectie van kernen uit meer bevolkte gebieden.

Men heeft zich echter ook wel afgevraagd of een dergelijke dagelijkse gang - die overigens boven zee niet is waargenomen, voor zover de weinige metingen daar althans een eenduidige conclusie mogelijk

maken - zou kunnen samenhangen met de zonnestraling.

Verzár nu heeft in lucht die zich in een vat bevond, het aantal condensatiekernen per volume-eenheid gemeten, vervolgens de lucht in het vat blootgesteld aan zonlicht, o.a. via gewoon vensterglas en daarna het aantal werkzame kernen opnieuw gemeten. Er bleek een geweldige toename te worden waargenomen. Nadat de lucht een tijd van het zonlicht was afgeschermd nam het aantal kernen weer geleidelijk af. Het verschijnsel deed zich ook voor bij lucht, die de voorgaande nacht in het vat was gevoerd. Het was minder sterk bij bewolkte lucht en verdween geheel bij neerslag.

Uit het feit, dat bij gebruik van gewoon vensterglas het effect optrad mag worden geconcludeerd, dat het niet een gevolg is van infrarode straling. In Bazel, dus op veel geringere hoogte, werd hetzelfde effect geconstateerd waaruit zou volgen, dat ook UV slechts in geringe mate voor het verschijnsel verantwoordelijk is. Wel werd ook bij bestraling met behulp van een UV kwarts-kwiklamp een toename van condensatiekernen gevonden. Het merkwaardigste is wellicht nog, dat ook een toename werd gevonden bij bestraling van zuivere stikstof en zuurstof en N_2O . Daarbij moet worden opgemerkt, dat het bijzonder moeilijk is deze gassen in geheel zuivere toestand te krijgen. Mason wees er bijv. op, dat het bijna onmogelijk is alle S te verwijderen.

Israël had soortgelijke waarnemingen gedaan op de Zugspitze, waarbij niet het moment van zonsopgang van belang is maar het moment waarop de zonnestraling het waarnemingsstation bereikte.

Nolan veronderstelde, dat het bij het verschijnsel gaat om de vorming van NO_2 , dat hygroscopische eigenschappen heeft.

In het algemeen wist men echter niet goed raad met Verzár's mededelingen.

W.T. Roach besprak de verzwakking van het infrarood tussen 8 en 13μ ten gevolge van het aerosol. Tussen de genoemde golflengten wordt slechts weinig door H_2O geabsorbeerd terwijl ook de CO_2 absorptie eerst bij 15μ van belang begint te worden. Het bleek nu, dat in het beschouwde golflengtegebied een aantal absorptielijnen werd aangetroffen met een absorptiecoëfficiënt, die kennelijk samenhang met het voorkomen van pollutie.

Zo werden in Londen absorptiecoëfficiënten van 0,3 en 0,5 gevonden voor 11μ en $12,5\mu$ terwijl de overeenkomstige waarden in Ascot 0,1 en 0,16 bedroegen. Deze laatste waarden werden als nog betrekkelijk hoog

beschouwd en zouden moeten worden toegeschreven aan verstrooiing door stofdeeltjes in de onderste kilometer van de atmosfeer.

6. d. Luchtelectrische onderwerpen

Van de voordrachten over luchtelectriciteit hadden er drie betrekking op het ontstaan van ionen of kernen terwijl in een vierde het oude probleem van de koppeling der fluctuaties van kernen en ionen in de atmosfeer in beschouwing werd genomen. Daarnaast kwamen de samenhang van de kunstmatige radioactiviteit en het luchtelectrische veld en de kernhuishouding ter sprake.

P.J. Nolan kwam terug op een verschijnsel, dat hij ook twee jaar tevoren in Bazel heeft besproken, nl. het ontstaan van zeer kleine kernen ($10^{-3}\mu$) ten gevolge van puntontladingen. Het is moeilijk om deze zeer kleine kernen aan te tonen aangezien dit in een gewone teller een tijd van ongeveer een halve minuut vergt terwijl de levensduur van de kernen in het algemeen zeer kort is. Er bestaat een zgn. kritische spanning, die varieert met de eigenschappen van de gebruikte naald. Ze wordt gevonden door in een diagram, waarin het aantal kernen Z tegen de aangelegde spanning is uitgezet, het rechte gedeelte van de curves, die het verband tussen Z en V geven, te extrapoleren tot $Z = 0$. In werkelijkheid ontstaan er reeds geringe aantallen kernen bij een lagere spanning dan die, welke door bovengenoemde extrapolatie werd gevonden. De kritische spanning is dus een soort theoretische grootheid die een maat is voor het verloop van de Z - V -curve bij Z niet al te klein. De spanning waarbij in werkelijkheid enige kernen beginnen te ontstaan noemt Nolan de drempelwaarde. Deze drempelwaarde is onafhankelijk van de gebruikte naald.

De verhouding van het totaal aantal gevormde kernen en het aantal ongeladen kernen bedroeg $\frac{Z}{N_0} = 1,08$. Dat betekent dus, dat vrijwel alle kernen ongeladen zijn.

De afmetingen van de kernen werden gevonden uit de diffusiecoëfficiënt, die 0,2 bedraagt, wat overeenkomt met een straal van $0,25 \times 10^{-7}$ cm. De deeltjes coaguleren vermoedelijk snel tot een afmeting van 10^{-7} cm.

Er liggen hier vele moeilijkheden waarvoor men geen oplossing wist te vinden. O.a. vroeg men zich af in hoeverre ionen invloed uitoefenen op de bepaling van de diffusiecoëfficiënt.

Het belang van Nolan's mededeling zou kunnen zijn, dat ook bij de puntontladingen, die bij onweersachtige toestanden in de atmosfeer voorkomen, kernen worden gevormd.

C.J. Adkins beschreef experimenten die zijn uitgevoerd om een kwantitatieve verklaring te vinden voor het feit, dat bij het vallen van neerslag op de grond bij een negatief electricisch veld een groot aantal positieve ionen ontstaat.

Met behulp van een zorgvuldig geconstrueerde apparatuur, die bij de rondgang door het veldlaboratorium werd gedemonstreerd, werd aangetoond, dat:

1. ionen slechts worden gevormd wanneer de druppels in een electricisch veld vallen;
2. grote druppels meer ionen geven dan kleine;
3. bij het vallen van de druppels op een "zacht" oppervlak minder ionen ontstaan dan bij het vallen op een "hard" oppervlak;
4. beneden een bepaalde valhoogte, die in afhankelijkheid van de druppelgrootte bij ongeveer 1 m ligt, geen ionen meer worden gevormd.

De theoretische opvatting omtrent het effect (geïnduceerde oppervlaktelading door het eindigen van de veldlijnen op het druppeltje) kan de grootte-orde van het effect verklaren.

Het verschijnsel zal zich, aangezien het om oppervlakteladingen gaat en niet om normale Wilsonse polarisatie, ook voordoen bij het breken van druppels in de vrije atmosfeer hetgeen aanleiding kan geven tot het ontstaan van positieve ruimteladingen in gebieden met sterke neerslag.

In een tweede voordracht beschreef Adkins de apparatuur, die werd gebruikt om het effect in de vrije natuur waar te nemen en de resultaten van deze waarnemingen. Daarbij werden zowel het electricische veld nabij de grond als de ionen waargenomen.

Bij droog weer werd een wisselend aantal ionen gemeten, afhankelijk van de wind. Daarbij deed zich dus blijkbaar de invloed gevoelen van bepaalde ionenbronnen. Gedurende regen ontstond een groot aantal ionen, negatief geladen bij positief veld en omgekeerd (het lucht-electrische veld is positief wanneer de aarde een negatieve lading heeft ten opzichte van de hogere luchtlagen).

Na het eindigen van de neerslag handhaafden de kleine ionen zich vaak gedurende enige uren. Het verschijnsel moet vermoedelijk niet worden toegeschreven aan eventuele radioactiviteit van de neerslag, maar eerder aan het schoonwassen van de atmosfeer door de neerslag waardoor weinig grotere deeltjes aanwezig zijn.

Ionen werden slechts gevormd wanneer nabij het aardoppervlak een waarneembaar electricisch veld aanwezig was. Veranderingen in de richting van de veldlijnen door overtrekkende onweerswolken werden onmiddellijk gevolgd door veranderingen in het teken der gevormde ionen.

H. Israël gaf een zeer kort overzicht van onderzoekingen betreffende het verband tussen fluctuaties in het lucht-electrische veld en meteorologische omstandigheden. Zijn voordracht was een vervolg op hetgeen hij in Bazil over hetzelfde onderwerp naar voren had gebracht en bevatte weinig nieuwe gezichtspunten.

De veldsterkte vertoont turbulente fluctuaties die van hetzelfde karakter zijn als die, welke worden gevonden bij de temperatuur of de vochtigheid. Zo neemt de "onrust" toe na zonsopkomst om 's nachts weer tot geringe waarden af te nemen. Ook 's zomers is het verschijnsel sterker dan 's winters. Bij fluctuaties in de straling ten gevolge van het overtrekken van wolken treden ook grote electricische schommelingen op. Bij waarnemingen tijdens een zoneclips bleek de onrust tijdens de eclips kleiner te zijn dan ervoor en erna.

De verklaring van deze verschijnselen zou gelegen zijn in het gedrag van grotere deeltjes, die in aantal van ogenblik tot ogenblik variëren als gevolg van de turbulentie. De kleine ionen, die in hoofdzaak de veldsterkte bepalen (stroom \approx constant) hechten zich daardoor in meerdere of mindere mate aan deze grote deeltjes vast.

Ten slotte vestigde J. Tyldesly de aandacht op veranderingen, die gedurende de laatste jaren plaatsgevonden zouden hebben in de electricische toestand van de atmosfeer en die wellicht zouden kunnen samenhangen met de kunstmatige radioactiviteit.

Op een bepaald station in NW-Engeland (Eskdalemuir) werden de volgende waarden van de veldsterkte gemeten gedurende een periode van dertig jaar:

1928-1937	237 V/m
1950	201
1954	153
1957	92

Men zou dit kunnen verklaren uit een toegenomen aantal kleine ionen in de onderste lagen van de atmosfeer, bijv. door S_r^{90} -fall-out.

In Kew is een dergelijk effect in het algemeen niet waargenomen, hoewel daar gedurende een enkel jaar (1954) ook wel een afname van de veldsterkte (tot 50-60% van de gemiddelde waarde) is opgetreden. Dit

zou misschien kunnen worden toegeschreven aan het feit, dat de lucht in Kew veel meer aerosol bevat dan die in het landelijke Esk-district. Bovendien zou een worldwide effect moeten kunnen worden aangetoond als hier sprake zou zijn van een gevolg van de experimenten met kernwapens. Een mogelijke verklaring van de in Eskdalemuir gevonden afname van de veldsterkte zou nog kunnen liggen in de nabijheid van Windscale, "dat gedurende de laatste 8 jaar wel altijd een beetje gelekt zal hebben".

Anderzijds geven schattingen van de te verwachten afname van de veldsterkte als gevolg van de fall-out van Sr^{90} bedragen, die van de waargenomen grootte-orde zijn. Hier ligt een probleem, dat voorlopig nog op zijn oplossing wacht.

7. e. Instrumenten

De enige bijdrage, die geheel op het gebied van het ten behoeve van de fysica der condensatiekernen ontwikkelde instrumentarium lag, was die van L.W. Pollock, handelende over de foto-electrische teller.

Het principe van de teller ligt opgesloten in de betrekking

$$J = J_0 \exp \left[-\pi l \sum n r^2 K_s \right]$$

waarbij J_0 en J de intensiteiten van het licht geven voor en na het doorlopen van de met kernen gevulde ruimte met lengte l , n het aantal kernen per cm^3 , r hun straal en waarbij K_s een functie is van $\alpha = \frac{2\pi r}{\lambda}$ met λ de golflengte van het licht.

Een van de moeilijkheden van het apparaat ligt uiteraard in de ijking. Voorts scheidt de coalescentie van de deeltjes problemen.

Gezien de veranderde belangstelling en het feit dat er vele nieuwe technieken zijn ontwikkeld om iets van de samenstelling van het aerosol te weten te komen waarbij men tegenwoordig vooral aandacht schenkt aan de chemische eigenschappen, viel de voordracht een beetje uit de toon.

8. f. Verspreiding van deeltjes in de atmosfeer

In verband met het Windscale ongeluk is onderzocht hoe snel radioactieve jodium (J^{131}) zich aan deeltjes hecht.

A.C. Chamberlain bracht een kort verslag uit over dit onderzoek. J^{131} , van een puntbron afkomstig, werd met ongefiltreerde lucht tussen twee platen doorgezogen. Zolang het jodium zich niet op deeltjes afzet,

kan op grond van diffusiebeschouwingen worden nagegaan hoe de concentratie van het op de platen afgezette jodium met de afstand tot de bron verandert.

Bij de meting bleek, dat op reeds geringe afstand van de bron geen jodium meer wordt afgezet, hetgeen erop wijst dat de jodiumverspreiding niet meer met het gewone moleculaire diffusieproces kan worden verklaard.

Uit deze proeven blijkt dus, dat het jodium zich snel op in de lucht aanwezige deeltjes zoals stof en kernen vastzet.

R. Carreras uit Zürich gaf een overzicht van proeven betreffende de verspreiding van AgJ in de dampkring. Ten einde hiervan een idee te krijgen werd een geringe hoeveelheid J^{131} toegevoegd en in de atmosfeer verspreid. Per vliegtuig werden vervolgens monsters genomen. Het bleek echter dat de radioactiviteit, die op enige afstand van de bron werd gemeten, zodanig in het niet zonk bij de algemene achtergrond dat de methode als onbruikbaar moest worden terzijde gezet.

Ook een chemische analyse leverde niets op.