

DE LUCHTVAART.

1783—1883

DOOR

Dr. G. DOIJER VAN CLEEFF.

(*Vervolg van blz. 336.*)

V

Aan het laatste gedeelte van mijn opstel, dat gewijd is aan het voordeel, hetwelk de luchtvaart voor de kennis van den dampkring heeft opgeleverd, zou ik zeer gevoelig het opschrift kunnen geven: »hooggespannen verwachtingen teleurgesteld.”

In den aanvang toch was iedereen ten volle overtuigd van de groote vorderingen, die men op natuurwetenschappelijk gebied van de nieuwe kunst verwachten mocht. Zij zou het ontstaan der wolken en de vorming van regen, hagel en sneeuw verklaren; omtrent den oorsprong der winden, het wezen van elektrische en magnetische verschijnselen en hetgeen verder in de meest duistere schuilhoeken der natuur verscholen was, zou zij een helder licht verschaffen. De sterrekundige, verlost van den storenden invloed der dampen op zijne waarnemingen, zou boven de wolken zijn kijker op de hemellichamen kunnen richten, om hunne plaats nauwkeurig te bepalen en hunne beweging te volgen. Het nuchtere woord van FRANKLIN verwekte op zijn minst genomen verbazing, toen hij een opgewonden vriend der luchtvaart, die reeds in de eerste dagen over de mogelijke gevolgen wilde uitweiden, antwoordde: »bedaar mijn vriend, het kind is pas geboren”,

en verontwaardiging zou zonder eenigen twijfel den man ten deel gevallen zijn, die in 1783 had durven gissen, dat een geacht Engelsch natuurkundig weekblad (*Nature*) naar aanleiding van den honderdsten verjaardag der jonggeborene verklaren zou: »de wetenschappelijke luchtvaart verkeert nog geheel in de dagen harer kindsheid." Zulk eene eeuwighdurende jeugd, wie vond haar in 1783 niet belachelijk?

Verschillende omstandigheden waren er de aanleiding toe, dat op wetenschappelijk gebied zoo weinig vruchten van de luchtvaart werden geoogst. ZAMBECCARI b.v. had zich wel degelijk ten doel gesteld de natuurwetenschap te dienen; verscheidene werktuigen werden medegenomen: barometer, thermometer, dynamometer om de stijgkracht van den luchtbol te bepalen, zoolang hij door touwen vastgehouden werd, magneetnaald, spreekbuis, een anemometer om den weerstand der lucht bij de rijzing of de daling te kunnen bepalen, enz. De werktuigen konden wegens den rampzaligen afloop der reis niet worden gebruikt en de meesten werden zwaar beschadigd. Dikwijls, wanneer de afloop minder treurig was, waren de luchtreizigers zoo zeer getroffen door de ongemakken der reis, dat het hun onmogelijk viel nauwkeurige waarnemingen te doen. Het behoeft ons b.v. niet te verbazen, dat de mededeelingen van ROBERTSON aangaande den elektrischen en magnetischen toestand des dampkrings door latere waarnemers werden tegengesproken, en dat ook het onderzoek van de lucht, door hem den 11^{den} Augustus 1803 medegenomen, weinig beteekende. Hij zelf verklaart toch, dat hij op zijne luchtreisen in het genoemde jaar te Hamburg dikwijls in een toestand verkeerde, die voor het doen van fijne waarnemingen zeer ongeschikt was. Hoe dikwijls gebeurde het verder, dat eene snelle beweging van den luchtbol de veranderingen van barometer en thermometer onduidelijk maakte, dat b.v. het kwik onmogelijk den warmtegraad van alle tusschenliggende lagen aantoonen kon, of dat de luchtbol voortdurend in het rond bleef draaien en daardoor de kans wegnam, om het aantal slingeringen van de magneetnaald met juistheid te bepalen. Aan zulke bezwaren is ieder luchtreiziger blootgesteld, wiens reis de bevordering der natuurkennis ten doel heeft, ook degenen, die de beste waarnemingen hebben gedaan.

Voor zoover mij bekend is, bestaan de oudste toepassingen van de luchtballen voor de uitbreiding der kennis van den dampkring in waarnemingen omtrent zijnen elektrischen toestand door den abt BERTHOLON en door DE SAUSSURE. De eerstgenoemde liet ballen op die van uit-

stekende metalen punten voorzien waren en slaagde er in uit den geïsoleerden draad, die met de bollen verbonden was, vonken te laten overspringen; DE SAUSSURE vond, dat een betrokken lucht zonder onweder positief elektrisch was¹.

In den aanvang der negentiende eeuw deed ROBERTSON luchtreizen met een wetenschappelijk doel, in 1803 te Hamburg met LHOËST, luchtreiziger van beroep, in 1804 te Petersburg met SACHAROFF, hoogleeraar in de natuurkunde. Zijne mededeelingen van den uitslag van magnetische waarnemingen wekten bevreemding op en vonden zoo weinig vertrouwen, dat het Instituut te Parijs het besluit nam een nader onderzoek hieromtrent in te stellen. Weinig of geen gewag vond ik in lateren tijd gemaakt van proeven omtrent de snelheid van het geluid door ROBERTSON en SACHAROFF gedaan. Zij spraken in eene spreekbuis, waarvan het opene einde naar de aarde was gericht; het geluid werd van daar weërkaatst en men zou nu hierin een middel hebben de snelheid van de voortplanting van het geluid te bepalen, wanneer men slechts nauwkeurig de hoogte kende, waarop men zich bevond. Bovendien maakten zij op eene bijzonderheid opmerkzaam, wier gevolgen voor de geheele menschelijke samenleving hoogst gewichtig konden zijn. Telkens wanneer in de spreekbuis gesproken werd, deelde de trilling der lucht zich aan den luchtbol mede en werd deze een weinig heen en weer geschud. Hoe krachtiger de stoot was, dien de lucht ondervond, des te sterker zou deze ook werken op alle voorwerpen, die zij op hare beurt in trilling bracht, en mit deze juiste stelling leidden de beide genoemde natuurkundigen het gevolg af, dat de schok, door eenige kanonschoten aan de lucht medegedeeld, krachtig genoeg zou zijn om zware regenwolken en onweerswolken op een eerbiedigen afstand te houden².

De leiding van den tocht, door het Institut te Parijs op touw gezet, werd opgedragen aan BIOT en GAY-LUSSAC. De luchtbol, waarvan deze geleerden zich bedienden, was vervaardigd onder toezicht van CONTÉ, die in vroegere dagen aan het hoofd had gestaan van de oefeningschool te Meudon. BIOT en GAY-LUSSAC trachtten waarnemingen omtrent het aardmagnetisme te doen. Had ROBERTSON vermeld, dat de intensiteit van het aardmagnetisme afneemt, naarmate men

¹ *Vervolg der Proefneemingen met konstige luchtballen*, beschreven door FAUJAS DE ST. FOND, vertaald door MARTINUS HOUTTUYN, bladz. 132—135 (1784).

² *Ann. de Chimie* 52, 121. (1805).

zich verder van het oppervlak der aarde verwijderd, zij merkten op, dat zulks geenszins het geval was, althans niet tot op eene hoogte van 4000 M. Als zekere uitkomsten van hunne waarnemingen vermeldden zij nog, dat de hoeveelheid waterdamp in de lucht afneemt, naarmate men hooger stijgt, en dat de dampkring elektronegatief geladen was, in een hooger gedeelte sterker dan lager.

Toch wenschten zij hunne waarnemingen in een hooger gedeelte van den dampkring voort te zetten. Daar hun luchtbol te zwaar was om met twee personen hooger te kunnen stijgen, werd bepaald, dat GAY-LUSSAC alleen den volgende tocht zou doen. Op den 16den September 1804 had die tweede reis plaats; voor de waarnemingen van het aardmagnetisme werden drie werktuigen medegenomen: een naald om de kracht te bepalen, een tweede om de declinatie (d. i. de afwijking van de magneetnaald uit het vlak van den meridiaan, eene afwijking dus naar oost of west) en een derde om de inclinatie (de afwijking van de magneetnaald uit den horizontalen stand) te bepalen. GAY-LUSSAC ondervond echter, hoe hij nog ter school moest gaan, wat het gebruik van natuurkundige werktuigen boven in den dampkring betrof. De declinatie- en de inclinatie-naald waren beiden spoedig onbruikbaar; met de derde, horizontale magneetnaald slaagde hij er daarentegen in aan te toonen, dat de magneetkracht niet afneemt tot op eene hoogte van ongeveer 7000 M., de hoogte door zijnen luchtbol bereikt.

Behalve de reeds genoemde werktuigen waren door GAY-LUSSAC nog medegenomen: een 100-deelige thermometer, haarhygrometers (toestellen, om den graad van de vochtigheid der lucht te bepalen door middel van gespannen haren, die in eene vochtige omgeving langer zijn dan in eene droge), twee barometers, twee luchtledige, hermetisch toegesloten glazen buizen en eene zoodanige koperen buis. Eene der glazen buizen werd geopend op eene hoogte van 6561 M., de andere op eene hoogte van 6636 M.; onmiddellijk nadat de lucht naar binnen gestroomd was, werden de buizen weder volkomen gesloten. De samenstelling van deze twee porties lucht werd later onderzocht, en alleen hierom reeds zal de luchtreis van GAY-LUSSAC in de jaarboeken der wetenschap voortdurend met eere worden genoemd. Immers, hij is één der weinigen geweest, wier arbeid de verzekering heeft kunnen schenken, dat de verhouding tusschen de hoeveelheden zuurstof en stikstof in de lucht hoog in den dampkring dezelfde is als aan de oppervlakte der aarde. In den tijd, waarin de luchtreis

geschiedde, was het bovendien eene gewichtige mededeeling, dat in de hoogere deelen des dampkrings geen vrije waterstof aanwezig was.

Hoewel het kwik in den thermometer zich somtijds niet snel genoeg bewegen kon, om op ieder oogenblik den warmtegraad aan te wijzen van de luchtlaag, waarbinnen zich de luchtbol bevond, meende GAY-LUSSAC toch het recht te hebben uit zijne waarnemingen af te leiden, dat de temperatuur in de hoogere streken sneller daalt dan lager. Hij vatte deze waarnemingen in het kort zoodanig samen, dat men in het begin 191.7 M., later 141.6 M. rijzen moet, om het kwik in den thermometer 1° te zien dalen.

De waarnemingen met den hygrometer leerden, dat de hoeveelheid waterdamp in de lucht snel afneemt, wanneer men zich hooger in den dampkring verheft.¹

GAY-LUSSAC staakte zijne luchtreizen na deze tweede proefneming. Wij kunnen slechts gissen, waarom hij niet voortging op den eenmaal ingeslagen weg. Of hij en zoovele anderen afgeschrikt werden door de vele moeite, die aan de waarnemingen in zulke ongewone omstandigheden verbonden waren en door de vele tijdroovende en kostbare voorzorgsmaatregelen, die men nemen moest, wij kunnen het niet met zekerheid beantwoorden. Langen tijd duurde het in elk geval vóórdat er weder luchtreizen met een wetenschappelijk doel werden gedaan.

BARRAL en BIXIO stegen den 29sten Juni 1850 tot eene hoogte van 5893 M. op. Omtrent de daling van den warmtegraad namen zij berichten mede, die in hoofdzaak met de mededeelingen van GAY-LUSSAC overeenstemden. Ook hadden zij hunne aandacht gewijd aan de vraag, of het door de wolken teruggekaatste licht gepolariseerd is of niet, welke vraag door hen in ontkennenden zin beantwoord werd.²

Hunne luchtreis duurde geen vol uur. Door de stralende warmte

¹ *Ann. de Chimie*, 52, 75. (1803.)

² Volgens de tegenwoordige opvatting wordt het licht veroorzaakt door de trilling der aetherdeeltjes. Men stelle zich voor, dat een aantal zulke deeltjes in eene horizontale rechte lijn achter elkander gelegen zijn. Nu kan elk deeltje heen en weder trillen in alle mogelijke richtingen, die loodrecht staan op de richting der bedoelde rechte lijn: zoowel naar boven en naar beneden, als naar rechts en naar links, of in eene richting daar tusschen. Verkeert het licht in den bijzonderen toestand, waarin het gepolariseerd licht wordt genoemd, dan stelt men zich voor, dat de beweging der aetherdeeltjes slechts in twee richtingen mogelijk is, die dan loodrecht op elkaar staan: naar boven en naar beneden, naar rechts en naar links en niet daartusschen.

der zon zette de bol zich zóó sterk uit, dat hij zich ook naar beneden uitzette en de luchtreizigers verraste, die, ijverig met hunne waarnemingen bezig, niets van het ongemak hadden gemerkt. Er schoot hun geen ander hulpmiddel overig dan het gas een uitweg te verleenen door een gat in het ombulsel te maken; het gas stroomde met zooveel geweld naar buiten, dat het de reizigers geheel omgaf. Doch de tijdelijke verstoring van hunne gezondheid was het ergste ongeluk niet; het aanzienlijke gasverlies deed den luchtbol onverwacht dalen en alleen door alle losse voorwerpen (met uitzondering van de werktuigen, die gespaard bleven) naar buiten te werpen, konden zij den val nog matigen.

Vier weken later volbrachten zij hunne tweede reis. De belangrijkste waarneming, die door hen werd gedaan, had betrekking op den warmte-toestand der lucht. Al naarmate zij hooger stijgen, wordt de lucht kouder; den laagsten warmtegraad $-9^{\circ}5$ door GAY-LUSSAC aangetroffen op eene hoogte van 7016 M., nemen zij reeds ongeveer 1000 M. lager waar. De koude neemt nu veel heviger toe, zoodat zij op eene hoogte van 7049 M. het kwik tot -39° zien dalen. Wel een bewijs, hoe gering de beteekenis van eene enkele luchtreis is uit een wetenschappelijk oogpunt. De wolk, waardoor BARRAL en BIXIO zich bewogen, had eene buitengewone dikte; tusschen 2000 en 2500 M. kwamen zij er in en op 7000 M. hoogte waren zij er nog niet uit. Doch ook op deze reis hadden zij met hindernissen te strijden; de eenig overgebleven bol met lucht b.v., die voor het scheikundig onderzoek was bestemd, brak nog gedurende hunne reis van het punt, waar zij gedaald waren, naar Parijs.

In 1852 werden in Engeland wetenschappelijke luchtreizen gedaan door toedoen van het bestuur van het observatorium te Kew. De ervaren luchtreiziger GREEN, die reeds meer dan 800 luchtreizen achter den rug had, leende er zijnen luchtbol »Royal Nassau» toe en bestuurde den tocht; de wetenschappelijke waarnemingen werden op de beide eerste tochten gedaan door JOHN WELSH en NICKLER, op de beide laatste tochten door WELSH alleen. In de eerste plaats zou men de temperatuur en den vochtigheidstoestand op verschillende hoogten in den dampkring bepalen. Tal van werktuigen werden daartoe medegenomen: een barometer volgens GAY-LUSSAC, vier thermometers, een aspirator (een toestel, om de lucht in eene bepaalde richting te zuigen) en twee hygrometers. Om een denkbeeld van de voorzorgsmaatregelen te geven, die men genomen had, zal ik eenige bijzonderheden omtrent

de inrichting der thermometers mededeelen. De bol van iederen thermometer was omgeven door een dubbel kegelvormig zilveren omhulsel, om verwarming door de stralende warmte der zon tegen te gaan; daar de lucht zich evenwel vrij moest kunnen bewegen rondom zulk eenen bol, was het omhulsel zoowel van boven als van beneden open. Ook de buis van iederen thermometer was door eenen zilveren koker omgeven. Ondanks deze voorzorgen was het kwik nog niet volkomen voor verwarming door de zonnestralen beschermd, zoodat WELSH het terecht als eene gelukkige omstandigheid beschouwt, dat de drie eerste reizen in een bewolkten dampkring plaats hadden. Twee thermometers waren droog; van de beide anderen werd de bol van buiten voortdurend vochtig gehouden door wollen draden, waarvan het einde zich in een bakje met water bevond. De vier thermometers werden tot twee stel vereenigd; een droge en een vochtige thermometer hingen dicht bij elkaar in de open lucht; over het andere stel (de beide zilveren scheeden rondom de buizen waren door eene gebogen buis vereenigd) werd door middel van den aspirator lucht gezogen, opdat de thermometers sneller den warmtegraad van eene bepaalde luchtlaag zouden aangeven. De naar binnen gezogen lucht stroomde in zulk eene richting, dat zij eerst met den drogen bol en later met den bol, die voortdurend vochtig werd gehouden, in aanraking kwam. De laatst bedoelde thermometer wees eenen lageren warmtegraad aan, omdat de lucht op eene grootere hoogte minder rijk aan waterdamp is; er verdampte dus een weinig water uit de vochtige wol en diensgevolge had er eene temperatuurverlaging plaats, grooter naarmate de hoeveelheid van het verdampte water grooter of de hoeveelheid waterdamp in de lucht op verschillende hoogte kleiner was. Vóórdat de tocht begon, waren de verschillende werktuigen vergeleken met de normale thermometers en barometers te Kew en kende men dus de verbeteringen, die telkens in de aflezingen moesten worden gebracht.

Op de verschillende werktuigen lazen nu WELSH en NICKLER, en las later WELSH alleen, toen hij eenige geoefendheid in het doen der waarnemingen verkregen had, elke minuut eenmaal, soms tweemaal de aanwijzingen af. De gevolgtrekking, die hij er uit afleidde omtrent het dalen van de temperatuur, was, dat de warmtegraad in den aanvang afneemt, naarmate men in den dampkring rijst; vervolgens treft men eene laag van 2000 à 3000 voet dikte aan, waar de temperatuur gelijk blijft of eene geringe rijzing vertoont; later daalt zij weder,

doch niet zoo sterk als vroeger. De laag, waar de temperatuur ongeveer gelijk blijft, trof WELSH den eenen dag op eene andere hoogte aan dan op eenen anderen dag.

De reden van deze schijnbare afwijking is waarschijnlijk gelegen in de aanwezigheid van eene laag, waar de gasvormige waterdamp zich tot water verdicht. Bij zulk een verschijnsel, het tegenovergestelde van eene verdamping, merkt men ook het omgekeerde in de warmteverschijnselen op; terwijl de verdamping warmte noodig heeft en dus koude teweegbrengt, gaat eene verdichting van eene gasvormige stof tot eene vloeistof met ontwikkeling van warmte gepaard. Voor zulk eene waarschijnlijkheid pleit de omstandigheid, dat WELSH in de nabijheid van de streek der gelijkmatige temperatuur eene plotselinge verlaging van het *dauwpunt* opmerkte.

Wat men hieronder verstaat zal ik trachten op te helderen. De lucht bevat den eenen dag eene grootere hoeveelheid waterdamp dan den anderen; op eenen warmen zomerdag, wanneer de zon hare brandende stralen op het oppervlak der wateren laat vallen, heeft de verdamping in eene sterkere mate plaats dan op eenen kouderen dag. De lucht kan dan veel meer waterdamp in zich opnemen, voordat zij er mede verzadigd is. Wordt nu zulk eene warme luchtlaag, die rijk aan waterdamp is, afgekoeld door een kouderen luchtstroom, dan zal haar vermogen om eene groote hoeveelheid waterdamp in zich te kunnen opnemen verminderen. Een gedeelte van dien damp zal den vorm van droppels aannemen en zich in den vorm van mist door de lucht verspreiden of zich als droppels vloeibaar water tegen de koudere voorwerpen afzetten; de lucht behoudt dan juist zooveel waterdamp in den gasvormigen toestand, als zij daarvan bij die bepaalde temperatuur bevatten kan, m. a. w. zij is verzadigd met waterdamp. Om nu de hoeveelheid waterdamp in eene zekere hoeveelheid lucht te bepalen, koelt men deze kunstmatig af; op een gegeven oogenblik zal men hierbij zien, dat tegen den thermometer, die zich in de bedoelde lucht bevindt, een aanslag van vloeibaar water ontstaat. Men had derhalve de lucht zoover afgekoeld, dat de hoeveelheid van den aanwezigen waterdamp voldoende is om de lucht daarmede te verzadigen; bij de temperatuur, waartoe de afkoeling ging. Is het voorwerp, waartegen de aanslag ontstaat, een thermometer, zooals ik zoo even onderstelde, dan wijst deze de temperatuur aan, waarbij de aanwezige waterdamp de lucht precies verzadigen zou. Deze temperatuur noemt men het *dauwpunt*. Wanneer men b.v. zegt, dat op den 21^{sten} Juli het *dauwpunt*

20° was, dan is de hoeveelheid waterdamp op dien dag, waarop men misschien over de hitte steent en klaagt, zoo groot, dat zij bij eene temperatuur van 20° precies de lucht verzadigen zou en dus bij de geringste daling gedeeltelijk in vloeibaar water zou overgaan. Onderzocht men nu op denzelfden dag den vochtigheidstoestand der lucht nog eens en is het dauwpunt dan 12°, dan is de hoeveelheid waterdamp in de lucht in den tusschentijd verminderd; immers thans is zij zoo groot, dat de lucht bij eene temperatuur van 12° er door met waterdamp zou verzadigd zijn. Daar voor het laatste geval eene kleinere hoeveelheid waterdamp de lucht verzadigt dan bij 20°, wijst eene daling van het *dauwpunt* dus aan, dat de hoeveelheid waterdamp kleiner geworden is.

WELSH vond nu, dat het dauwpunt langzamerhand daalde, naarmate hij hooger steeg, doch ziet! plotseling vertoont zich eene sterke daling en wel in de nabijheid, zooals ik zeide, van de streek, waar de temperatuur ongeveer gelijk bleef of een weinig rees. Later nam de hoeveelheid waterdamp weder langzamerhand af, niet zoo sterk evenwel en zoo regelmatig als in het begin der reis.

Maar behalve aan de twee genoemde punten, het hoofddoel der vier opstijgingen, zou WELSH zijne aandacht wijden aan de scheikundige samenstelling der lucht op verschillende hoogten en aan de vraag, of het door de wolken teruggekaatste licht gepolariseerd was of niet. De lucht werd even als door GAY-LUSSAC opgevangen door ze in luchtledige flesschen te laten stroomen, die gesloten waren medegenomen en ook onmiddellijk weder gesloten werden, nadat de lucht er in gestroomd was. De hoeveelheid zuurstof en stikstof in die lucht werd later door MILLER bepaald; er was zoo weinig lucht, dat het onmogelijk was om na te gaan hoeveel koolzuur er in voorkwam, hoewel de aanwezigheid van dit gas zich duidelijk openbaarde. Terwijl MILLER in een monster lucht, zooals zij aan de oppervlakte der aarde voorkwam, 20.92% in volume zuurstof vond, bedroeg de hoeveelheid van dit gas 20.89%, 20.48% en 20.89% in drie hoeveelheden lucht, die afkomstig waren van hoogten van 13.460, 18000 en 18.630 voet. Dit onderzoek leerde dus hetzelfde, wat ook GAY-LUSSAC had gevonden, dat er namelijk geen grooter verschil in samenstelling bestaat tusschen de lucht, die zich op verschillende hoogten in den dampkring bevindt, dan tusschen de lucht, die van verschillende plaatsen aan het oppervlak der aarde afkomstig is, m. a. w. dat de scheikundige samenstelling van de dampkringslucht overal dezelfde is.

Het onderzoek met den polariskoop toonde eindelijk aan, dat de wolken, die zich het dichtst bij de zon bevonden, licht terugkaatsten, hetwelk in het geheel niet gepolariseerd was. Door de wolken daarentegen, die zich vertoonden aan den kant van de zon af, werd licht teruggekaatst, dat de kenmerken van eene geringe polarisatie vertoonde. Het licht, dat boven van den hemel kwam, was sterk gepolariseerd.¹

Wegens ziekte van WELSH en wegens andere redenen bleef het aantal van deze reeks luchtreizen tot vier beperkt. Zou de natuurwetenschap echter eenige blijvende vruchten van de luchtvaart plukken, dan moest het aantal waarnemingen veel grooter zijn. Dit begrepen ook de leden van de *British Association*, die in 1858 op de jaarlijksche vergadering te Leeds aanwezig waren. Zij benoemden eene commissie, aan wier zorgen de bevordering der wetenschappelijke luchtvaart werd opgedragen. Doch hoeveel doorluchtige namen de naamlijst van de leden dier commissie ook telde (AIRY, JOHN HERSCHELL, TYNDALL, DAVID BREWSTER, MILLER en vele anderen), met hoeveel ijver zij de haar opgedragen taak volvoerde, het scheen alsof alle moeite te vergeefs gedaan werd.

GREEN zou zijn beroemden luchtbol, den Royal Nassau, wederom besturen ten dienste der wetenschap; toen de eerste opstijging geschieden zou, werd de wind gedurende het vullen zoo onstuimig, dat de luchtbol zwaar beschadigd werd en vooreerst niet gebruikt worden kon. In het volgende jaar zou een andere luchtreiziger LITHGOE loods zijn aan boord van het vaartuig, waar de natuurkundige CRESWICK de waarnemingen zou doen; edoch, de luchtbol kon niet hoog genoeg rijzen. Eindelijk liet de genoemde commissie een nieuwen, grooteren luchtbol vervaardigen. Hiermede deed GLAISHER ongeveer dertig luchtreizen in de jaren 1862 tot 1868, terwijl de leiding van den tocht in den aanvang aan den luchtreiziger COXWELL was toevertrouwd. Later werd GLAISHER door een officier vergezeld, een man, die het gewicht der waarnemingen inzag en ook daarbij hulp verleen kon.

Ook thans weder werd als hoofddoel van de opstijgingen gesteld: de bepaling van warmte en vochtigheid op verschillende hoogte in den dampkring. Hygrometers, barometers en thermometers waren ook thans weder de voornaamste werktuigen. Behalve twee stel thermometers, ingericht, zooals ik boven vermeldde naar aanleiding van de opstijgingen van WELSH, werden nog medegenomen: een buitengewoon

¹ *Philos. Transactions* 143, III, 311 (1853).

gevoelige thermometer, waarvan de bol niet kogelvormig, maar van eenen ingesneden rand was voorzien, en twee andere, wier bol met koolzwart was bedekt. Deze laatsten werden aan de onmiddellijke bestraling der zon blootgesteld; het koolzwart gaf aan die bollen een groot opslorplingsvermogen. De eene thermometer werd in de vrije lucht opgesteld, de andere in een glazen buis opgesloten, die later luchtledig was gemaakt.

De waarnemingen, op de verschillende reizen door GLAISHER omtrent de temperatuur gedaan, hadden volstrekt niet altijd dezelfde uitkomst. Nu eens (b. v. 31 Maart 1863) vond hij de temperatuur voortdurend lager, naarmate hij rees, en omgekeerd voortdurend hooger, naarmate de luchtbol weder dichter in de nabijheid der aarde kwam. De temperatuursverlaging werd, zoo als ook door WELSH medegedeeld was, over een gelijken afstand kleiner; het verschil vond GLAISHER echter veel grooter dan door den Franschen natuurkundige opgegeven was; soms zegt hij, daalt het kwik 1° , wanneer men dicht bij de aarde eenen afstand van ongeveer 30 M. aflegt, terwijl men boven eene hoogte van 5000 M. minstens 300 M. hooger moet gaan, wanneer men het kwik in den thermometer nog 1° wil zien dalen.

Lang niet altijd is de lucht in een hooger gedeelte van den dampkring kouder dan lager, meer dan eens trof GLAISHER dezelfde omstandigheden aan, waaromtrent WELSH bericht had gebracht. Op zijne eerste luchtreis (30 Juni 1862) wijst de thermometer met den drogen bol, waarover door den aspirator geen lucht gezogen wordt, op eene hoogte van 1400 M. 6° ; op eene hoogte van 2685 M. is het kwik langzamerhand tot -1° gedaald; deze daling blijft voortduren en de thermometer wijst op eene hoogte tusschen 3874 en 4104 M. -2.7° ; daarop rijst het kwik een weinig; de hoogste stand 3.4° neemt GLAISHER waar, wanneer hij zich op eenen afstand van 5918 M. van den aardbol bevindt. Daarop wijst de thermometer weder aan, dat de hoogere luchtlagen steeds kouder zijn dan hetgeen zich er onmiddellijk onder bevindt. Ten hoogste bevreemdend is de verbazing, door deze onregelmatige verandering van den warmtetoestand bij GLAISHER opgewekt. »Nu reeds,” zegt hij; »moet ik één der artikelen van mijn wetenschappelijk geloof prijs geven!” Maar had hij dan geen kennis genomen van de waarnemingen door zijnen voorganger en landgenoot gedaan?

Zulk eene ontmoeting van luchtlagen, warmer dan de daar be-

neden liggende, kwam op verscheidene luchtreizen meer dan eens voor. Den 18den April 1863 b.v. trof GLAISHER op eene hoogte van 2800 M. eene wolk aan, waarin de thermometer voortdurend denzelfden stand 0° bleef aanwijzen. Vier minuten later verlaat zijn luchtbol de wolk op eene hoogte van 3500 M.; de temperatuur daalt nu plotseling tot -6° en blijft geregeld dalen, totdat de afstand van de reizigers tot het oppervlak der aarde 6500 M. bedraagt. Op nog grootere hoogte is de lucht echter weder warmer, zoodat de thermometer rijst van -11° tot -8° . Nog grootere veranderlijkheid vertoonde de temperatuursverandering op den 6den April 1864. Aan het oppervlak der aarde wees de thermometer 7° à 8° ; gedurende eenen afstand van 100 M. rees hij een weinig; vervolgens daalde hij langzaam, zoodat het kwik op eene hoogte van 1200 M. 0° aanwees; de daling, die zich nu vertoonde, werd door eene rijzing vervangen, zoodat er op eene hoogte van 2500 M. weder eene temperatuur van 0° heerschte; nu bleef de thermometer eenigen tijd onder het vriespunt, om nogmaals te rijzen en op eene hoogte van 4000 M. dezelfde temperatuur aan te wijzen, die op eene hoogte van 700 M. heerschte, dus eenige graden boven het vriespunt.

Dikwijls vond GLAISHER eene warmere luchtlaag daar, waar wolken dreven, zooals WELSH vroeger medegedeeld had. Den 12den Januari 1864 trof hij eenen warmen luchtstroom aan, die zich evenals de golfstroom in noordoostelijke richting voortbewoog. Zulk een golfstroom in de lucht heeft volgens hem waarschijnlijk eenen belangrijken invloed op het klimaat van Engeland en Noorwegen.

Leert reeds hetgeen ik tot nog toe omtrent de waarnemingen van GLAISHER mededeelde, dat er van eene bepaalde, voor iederen dag geldende verandering van de warmte geen sprake kan zijn, nog grootere afwijking van de algemeen gekoesterde denkbeelden vertoonde zich den 2den October 1865. Twintig minuten over 6 uur had 's avonds te Woolwich de opstijging plaats; de temperatuur was toen 16° en ziet! in plaats van te dalen, rijst zij. Deze rijzing duurt tot op eene hoogte van 600 M. ongeveer, het hoogste punt op dezen tocht door den luchtbol bereikt. Algemeene wetten omtrent de verdeling der warmte heeft GLAISHER dus niet kunnen afleiden uit hetgeen hij waarnam. Misschien zijn die wetten ongelijk voor de verschillende uren van den dag.

De vochtigheidstoestand der lucht werd vooral berekend uit het verschil der aanwijzingen van den drogen en den vochtigen thermo-

meter. De droge wees de temperatuur van de lucht aan, die door middel van den aspirator met kracht over den bol werd gezogen; vervolgens stroomde dezelfde lucht over den bol van den vochtigen thermometer. Bevat de lucht weinig waterdamp, dan verdampt een gedeelte van het water en de thermometer wijst een lager cijfer aan dan de droge. Wordt het verschil plotseling grooter, dan gaat de luchtbol uit eene vochtige in eene drogere luchtlaag over. Wijst het kwik in de beide thermometers ongeveer even hoog, dan is de lucht verzadigd met waterdamp. Het dauwpunt door de hygrometers aangewezen stemde zeer goed overeen met het cijfer voor den vochtigheidstoestand, hetwelk uit het verschil van de beide thermometerstanden werd afgeleid.

De meening, dat de hoeveelheid waterdamp afneemt, naarmate men zich hoger in den dampkring bevindt en dat men eindelijk lagen vindt, die bijna geen waterdamp bevatten, mag volgens GLAISHER volstrekt niet als een algemeene regel worden beschouwd. Wel is waar trof hij soms op 3600 M. hoogte eene laag, waar het dauwpunt -10° bedroeg, maar daarom was de hoeveelheid waterdamp volstrekt niet geregeld afgenomen. Zoo zag hij eens op eene hoogte van 212 M. het dauwpunt plotseling rijzen van $9^{\circ}2$ tot $10^{\circ}3$ of het kwik in den vochtigen thermometer hoger staan wanneer de luchtbol in een noordelijken hooger en luchtstroom overging. Zelfs gebeurde het, dat eene afwisseling van lagen rijker en armer aan waterdamp herhaaldelijk plaats had. De lijnen, die de verandering van het dauwpunt voorstellen bij eene heldere en eene bedekte lucht tot op eene hoogte van 6500 M. zijn zoo onregelmatig, dat men uit haar verloop geen vast besluit trekken mag aangaande den vochtigheidstoestand van nog hooger liggende luchtlagen.

Twee bijzonderheden, die althans in een nauw verband staan met den waterdamp, wil ik hier nog vermelden. In de eerste plaats, dat GLAISHER den 26^{sten} Juni 1862 eene dichte sneeuwbus aantrof beneden eene laag, waarin de regen bij stroomen ter neder viel. Hierdoor wordt ten overvloede nog eens aangetoond, dat eene lagere luchtlaag niet altijd warmer dan eene hoogere is. Vervolgens vond hij den 21^{sten} Juli 1862 de meening van GREEN bewaarheid, dat er zich boven een donkere wolk waaruit het regent, een tweede laag wolken bevindt, die de zonnestralen onderscheppen en de afkoeling van de lagere lucht veroorzaken.

Onder de verschillende werktuigen, waarvan GLAISHER voorzien was

op zijne luchtreizen, noemde ik zoo straks twee thermometers, waarmede hij de stralende warmte der zon meten wilde. De verwarming door middel der zonnestralen was altijd geringer dan aan de oppervlakte der aarde; zij schijnt zwakker te zijn naarmate de drukking kleiner is.

Uit den afstand, door den luchtbol binnen eenen bepaalden tijd afgelegd, leidde GLAISHER het gevolg af, dat de bovenwinden eene grootere snelheid bezitten dan de wind aan de oppervlakte der aarde. Den 12den Januari 1864 b.v. legde hij binnen twee uur en elf minuten eenen afstand van 70 mijlen af, terwijl de horizontale snelheid van den wind, door de anemometers te Greenwich aangewezen, gedurende denzelfden tijd slechts 6 mijlen bedroeg.

Eindelijk wordt in het reisverhaal¹ nog gesproken van eene bepaling van de hoeveelheid ozon (zuurstof in eenen bijzonder krachtig werkenden toestand), doch merkwaardige uitkomsten leverde dit onderzoek niet op. Een enkele maal werd in de hoogere deelen des dampkrings ozon aangetroffen, terwijl de lucht te Greenwich daarvan geen spoor bevatte.

Het grootste gedeelte van deze belangrijke reeks van luchtreizen was reeds volbracht, toen in Frankrijk, het vaderland der luchtvaart, een tiental opstijgingen plaats had, waaraan CAMILLE FLAMMARION als natuuronderzoeker en EUGÈNE GODARD als luchtschipper deelnamen. Had in Engeland de *British Association*, eene vereeniging, die zich de uitbreiding van alle natuurwetenschappen ten doel stelt, de zaak ter harte genomen, in Frankrijk was het eene vereeniging tot bevordering der luchtvaart, *la Société aérostatique*, die het werk op zich nam. Het onderzoek, hetwelk men zich voorstelde te doen, betrof in hoofdzaak dezelfde onderwerpen, waaraan GLAISHER en WELSH hunne krachten hadden toegewijd.

Wanneer men het boeiende reisverhaal, door FLAMMARION geschreven, leest, slaagt hij er zonder eenigen twijfel in, den lezer eene voorstelling te verschaffen van den indruk door de ontzagwekkende stilte van den luchttocean, den liefelijken, zachten gloed van het maanlicht en de heerlijke pracht van het licht der zon op hem gemaakt, vooral wanneer de luchtbol zweeft boven honderden toppen en punten, de

¹ *Voyages Aériens par J. GLAISHER, CAMILLE FLAMMARION, W. DE FONVIELLE et GASTON TASSANDIER* (1870).

wolken, die het zonlicht naar boven terugkaatsen. De aarde, waar het gewoel der menschelijke hartstochten heerscht, is dan geheel voor den luchtreiziger verborgen; hij ademt in eene lucht, waar een geest van reinheid, van vrede en rust hem van alle kanten tegen stroomt. »De zon half achter eene wolk verborgen wekt onwillekeurig,» zegt GLAISHER, »de gedachte op aan den Schepper, die zijn werk »aan ziet, het getuigenis der grootheid van de werken zijner hand.» »Hier heerscht het licht; hier straalt de warmte in het rond; hier is de dampkring vol vreugde; men schijnt hier de droeve stranden van den rouw geheel achter zich te laten en zich in een nieuw bestaan te verheugen. De ziel voelt de kracht om hare vleugels uit te slaan, de overtuiging aangaande hare onsterfelijke bestemming openbaart zich krachtiger dan te voren, en een voorsmaak van een hooger leven geniet zij hier.¹

Het zou mij niet geheel onverwacht voorkomen, wanneer de een of andere bloedverwant van NURKS in deze woorden van GLAISHER en FLAMMARION aanleiding vond den neus voor hunne wetenschappelijke waarnemingen op te trekken. Voor mij zijn die woorden daarentegen een bewijs, dat zij zich geheel en al, zonder eenig voorbehoud aan hunne tochten wijdden; niets menschelijks was hun vreemd en ter wille van hunne waarnemingen zich aan den indruk onttrekken, dien de heerlijke schepping op hen maakte, zij hebben het niet vermocht, zij hebben er waarschijnlijk niet naar gestreefd. Mocht NURKS nu nog beweren dat zulk eene »opwinding» hen ongeschikt maakte hunne taak ten uitvoer te brengen, één blik op de tabellen, waarin GLAISHER zijne talrijke waarnemingen opteekende, ontnemt aan dat verwijt alle kracht.

Gewoonlijk las FLAMMARION alle drie minuten de aanwijzingen van de verschillende werktuigen af. Hoedanige en hoevele deze waren vond ik niet vermeld.

Aangaande den vochtigheidstoestand der lucht deelt hij mede, dat de hoeveelheid waterdamp, die hij aantrof, een weinig toeneemt van de aarde af tot op eene luchtlaag, waarin zij een maximum bereikt, en dat zij dan langzamerhand vermindert. De laag, waar de hoeveelheid waterdamp het grootst is, ligt op verschillende dagen op zeer ongelijken afstand van de aarde. Zij werd b.v. aangetroffen op hoogten van 1100, van 150, van 500 Meter O. a. is hierop de helder-

¹ FLAMMARION, *Voyages aériens* p. 223.

heid of bedektheid van de lucht van invloed. Deze waarnemingen zijn niet volkomen in overeenstemming met die van GLAISHER, die de waarschijnlijkheid ontkende van eene voortdurende langzame vermindering van de hoeveelheid waterdamp in de hoogere streken des dampkrings. Wanneer men nu in aanmerking neemt, dat de laatstgenoemde dertig luchtreizen deed en bij gevolg een veel grooter aantal waarnemingen dan FLAMMARION, terwijl hij zich bovendien hooger in den dampkring verhief dan deze, dan geloof ik, dat de minder volledige waarnemingen van dezen geen recht geven de gevolgtrekkingen van den Engelschen onderzoeker in twijfel te trekken. In de reisverhalen van FLAMMARION vindt men als het hoogste punt door den luchtbol bereikt eene hoogte van 4150 M. Nog tweemaal rijst hij hooger dan 2000 M., namelijk eenmaal tot 3300 M. en eens tot 2400 M.

Eene tweede gevolgtrekking van FLAMMARION staat met de vorige in een nauw verband en behoeft niets van hare waarde te verliezen. Het onderscheid tusschen de warmte der lucht in de schaduw en in het licht is namelijk grooter in een hooger gedeelte van den dampkring dan aan de oppervlakte der aarde. Dit was trouwens eene bekende zaak en ieder ervaren luchtreiziger vult zijnen luchtbol niet zóó sterk met waterstof of lichtgas, dat het doek gespannen is, ook o. a. omdat de luchtbol zich sterk uitzet door de stralende warmte der zon. FLAMMARION vindt echter bovendien, dat het verschil tusschen den thermometerstand in het licht en in de schaduw toeneemt, *naarmate* de hoeveelheid waterdamp vermindert. Het is een bewijs voor de belangrijke rol, die de waterdamp speelt bij het bewaren van de warmte der aarde. Op eene hoogte van 4150 M., waar de lucht weinig waterdamp bevatte, bedroeg het genoemde verschil niet minder dan 20°. De voeten der luchtreizigers binnen het schuitje waren aan eene koude van — 9° blootgesteld, terwijl gezicht en handen door de zon bestraald, daardoor tot + 10° 5 zouden kunnen worden verwarmd.

Tusschen de waarnemingen van GLAISHER en die van FLAMMARION omtrent de langzame vermindering der warmte bestaat geen verschil, doch wegens de zooeven genoemde omstandigheden zijn die van den eersten van veel grooter gewicht. Ook nu vernemen wij weder, dat de vermindering in temperatuur langzamerhand kleiner wordt; de gemiddelde afstand, dien men moet afleggen, om den thermometer 1° te zien dalen, is voor de eerste vier graden: 125 M.; later wordt deze gemiddelde afstand, telkens voor 2° à 3° genomen: 166, 200, 250 M. FLAMMARION bleef steeds beneden de grens, waarboven

GLAISHER eene veel langzamer vermindering der warmte aantrof. Vergelijkt men de gemiddelde getallen, die ik zoo even noemde en die berekend waren uit den uitslag der waarnemingen op eenen helderen dag gedaan, met de overeenkomstige getallen, afgeleid uit waarnemingen door FLAMMARION op een donkeren dag gedaan, dan zou daaruit blijken, dat het verschil tusschen de warmte der boven elkander gelegen luchtlagen op zulk eenen dag iets kleiner is. De wolken brachten ook thans weder eene ongeregeldheid in den gang van deze geleidelijke vermindering der warmte te weeg. Binnen eene wolk nam de thermometer eenen hooger stand in dan daar boven of beneden, terwijl ook warmere of koudere streken aangetroffen werden, die als luchtstroomden zich door den dampkring verbreiden.

In de vierde plaats spreekt FLAMMARION over de snelheid en de richting van den wind op verschillende hoogten. De snelheid van den wind neemt toe, wanneer men zich eenige honderden M. boven de oppervlakte der aarde verheft; vervolgens blijft zij over eenen zekeren afstand gelijk, neemt een weinig af en begint boven 1000 M. weder te vermeerderen. In het verslag van eene opstijging in den nacht tusschen 18 en 19 Juni 1867 gedaan vond ik de uitspraak, dat over dag de bovenwinden minder sterk zijn dan de winden aan de oppervlakte der aarde, terwijl deze verhouding 's nachts omgekeerd zou zijn. In de mededeelingen van de uitkomsten der reizen aan de *Académie des Sciences* werd evenwel van dit onderscheid geen gewag gemaakt. Als de gemiddelde snelheid van den luchtbol wordt eene snelheid van 10 *lieues* (ongeveer 40500 M.) in het uur genoemd. Het scheen dat de wind zich niet volgens eene rechte lijn voortbewoog, maar volgens eene lijn, die zich een weinig van links naar rechts ombuigt. De lijn, b. v. die de richting aanwijst van de reis op den 23^{en} Juni 1867 van Parijs naar La Rochefoucauld bij Angoulême, toont aan, dat de luchtbol eerst door eenen noordewind naar het zuiden gedreven, hoe langer hoe meer van deze richting afweek en zich langzamerhand naar het Z. W. W., later naar het Z. W. bewoog. In den regel wijkt de luchtbol in denzelfden zin van de oorspronkelijke richting af. Op de genoemde reis van Parijs naar Angoulême bevond de luchtbol zich echter lang niet altijd op denzelfden afstand van de aarde. Wanneer men de lijn beschouwt, die de verschillende hoogten aanwijst, waarop de luchtbol op de vleugelen van den wind voortgedreven werd, dan blijkt, dat de voorwaartsche beweging plaats had op eenen afstand van 1900, 200, 900, 200, 1000, 1250, 1250—625,

625, 625—1100 M. boven den zeespiegel. Mag men het er nu voor houden, dat één en dezelfde luchtstroom op deze verschillende hoogten heerschte? of maakte FLAMMARION hier misschien kennis met luchtstroomen van verschillende richting, die hij slechts éénmaal meent waargenomen te hebben op zijne tien luchtreizen, toen de richting van den wind op eene hoogte van 900 M. van N. N. O. eensklaps Z. werd? Ik meen tot deze onderstelling te meer recht te hebben, omdat de kromming van de lijnen, die de richting van de beweging des luchtbols en dus ook van den wind aanwijzen, tegengesteld is met de wet van BUYS BALLOT. Plaats u, zoo luidt deze wet, met den rug naar den wind, en gij hebt op het noordelijk halfrond aan uwen linkerkant een gebied van lagere drukking, aan uwen rechterkant een gebied van hoogere drukking. De lucht zal trachten dit verschil in drukking te vereffen; zij zal dus van rechts naar links stroomen. Dit gebeurt nu niet volgens eene rechte lijn maar volgens een spiraal, die zich dus van rechts naar links krommen moet, dus juist in tegengestelde richting als waarin de kromme lijnen loopen, die volgens FLAMMARION de richting van den wind zouden aanwijzen.

Behalve de eigenlijke meteorologische waarnemingen deelt deze Fransche geleerde nog enkele andere zaken mede. Verschillende aardsche geluiden hoort hij op eene aanzienlijke hoogte, zonder dat zij aanmerkelijk verzwakt zijn. Op eene hoogte van 900 M. geniet hij van een concert even goed, alsof hij in den tuin aanwezig geweest was; zelfs kan hij de verschillende tonen nog duidelijk onderscheiden, nadat hij driehonderd, vijfhonderd M. hooger gestegen is. 's Nachts plant het geluid zich sterker voort dan over dag, omdat de lucht dan overal meer gelijkmatig is. Het effen watervlak geeft een duidelijker echo dan het hobbelige land. De tijd, die er verliep tusschen het oogenblik, waarop een geluid werd voortgebracht in de richting der aarde, en het tijdstip, waarop de echo terugkwam, leerde dat het geluid zich met eene snelheid van 333 à 340 M. in de secunde voortplantte. Uit deze twee proeven (genomen op hoogten van 1352 à 1357 M. en 255 M.) volgt dus, dat de voortplantingssnelheid van het geluid onder die omstandigheden niet van die aan de oppervlakte der aarde verschilt. Geluiden, onhoorbaar op eenen bepaalden afstand van de aarde, werden vernomen, wanneer er zich eene wolk op dezelfde hoogte bevond.

Meer dan eens wachtte FLAMMARION de komst van den dageraad in den luchtbol af. Het zachte maanlicht werd geel, wanneer men het

met de eerste stralen van het morgenlicht vergeleek, en reeds voordat dit laatste in lichtkracht er mede gelijk stond, kon de maan de vergelijking niet doorstaan. Het was alsof het maanlicht alleen de uitwendige oppervlakte der voorwerpen verlichtte, terwijl het licht van den komenden dageraad alles scheen te doordringen en met nieuw leven bezielde. Een tweede verschijnsel, verwonderlijk voor ieder die het verneemt, was een lichte, geen donkere schaduw door den luchtbol op de wolken of over den grond geworpen. Dit gebeurde voor de eerste maal in den vroegen ochtend van 10 Juni 1867, van ongeveer vijf uur tot kwart over zeven. Toen werd de lichtgevende schaduw onzichtbaar en zeventien minuten later verspreidde de gewone donkere schaduw zich over het veld; voor de tweede maal vertoonde zich een lichte schaduw van den luchtbol 's avonds tegen zeven uur; zij volgde dezen in zijnen loop, doch werd onzichtbaar, toen de luchtbol zijne schaduw op de wateren van de Seine wierp. FLAMMARION schrijft dit verschijnsel toe aan de terugkaatsing van het licht door de fijne waterdruppels, die in den morgen en gedurende den avond over het land zijn verspreid. De luchtbol werpt een donkere schaduw over het veld, maar toch valt op de waterdruppels nog genoeg licht, dat zij daarvan een gedeelte kunnen terugkaatsen. Dit licht is natuurlijk minder krachtig dan het licht, hetwelk door het omgevende gedeelte van het aardoppervlak wordt teruggekaatst. Dezelfde oorzaak, de terugkaatsing van het licht door de blaasjes waterdamp, veroorzaakte volgens dezen luchtreiziger het prachtige verschijnsel, waarbij een wolk een beeld van den luchtbol vertoonde door een stralenkrans van heerlijke kleuren omgeven; zulk een verschijnsel (anthelium) werd ook door reizigers waargenomen, die te voet hooge gebergten beklommen. Men had het vroeger verklaard door de aanwezigheid te onderstellen van ijsnaaldjes in den dampkring, die het licht zouden terugkaatsen. Op de plaats zelve aanwezig, waar de oorzaak van het verschijnsel zetelde, verklaart FLAMMARION deze meening voor onjuist, daar de temperatuur der wolk het recht niet geeft het voorkomen van ijsnaaldjes aan te nemen.

De waarnemingen van GLAISHER, waarover ik boven sprak, hadden voornamelijk betrekking op deelen van den dampkring, die op eene aanzienlijke hoogte waren gelegen. Met groote snelheid doorsneed zijn vaartuig het gedeelte van het gasvormig omhulsel, hetwelk het dichtst bij de aarde was. Doch ook aan deze lagen onthield hij zijne aandacht niet. In 1869 maakte hij gebruik van de aanwezigheid van

HENRY GIFFARD's *ballon captif* in Londen, om daarmede eene reeks van 27 luchtreizen te volbrengen, soms elf op éénen dag.

Het vermoeden, dat de verdeling der warmte op de verschillende uren van den dag ongelijk zou zijn, reeds vroeger door hem uitgesproken, werd thans bewaarheid. Dezelfde werktuigen werden medegenomen als op de vroegere reizen. Alleen moest de bol van den vochtigen thermometer thans door een omhulsel tegen den wind beschermd worden, opdat het aanwezige water daardoor niet ging verdampen en de temperatuur dientengevolge werd verlaagd. Immers terwijl de vrije luchtbol met zijnen geheelen inhoud zich even snel voortbeweegt als de omgevende lucht en men dientengevolge in zulk eenen luchtbol van den wind niets bemerkt, veroorzaakt de kabel, die den *ballon captif* niet loslaat, dat de wind hem in zijne vaart niet medenemen kan. Thans laat de wind zijne werking gevoelen.

Herhaaldelijk ondervond GLAISHER, dat de wind heviger werd, naarmate hij zich hooger in den dampkring verhief, of dat er op eene hoogte van 1000 M. eene merkbare beweging in de lucht was, terwijl men beneden bijna windstilte had. Van het omgekeerde geval getuigden G. TISSANDIER en DE FONVIELLE; volgens hen heerschte er den 11den April 1869 windstilte op eene hoogte van 2000 M., terwijl er aan de oppervlakte der aarde eene finke koelte was.

Wanneer men spreken wil over de verspreiding der warmte in de luchtlagen, waaraan GLAISHER thans in het bijzonder zijne aandacht wijdde, moet men beginnen met onderscheid te maken tusschen den toestand op bewolkte en dien op onbewolkte dagen. Zijne waarnemingen leidden tot de kennis van eenen algemeenen regel voor dagen, waarop de hemel helder was. Over dag wordt de lucht kouder, naarmate men eene hooger gelegen laag onderzoekt; doch het verschil tusschen den warmtegraad van twee lagen dicht bij de aarde is dan grooter dan tusschen den warmtegraad van twee hogere lagen, die zich op een even grooten afstand van elkaar bevinden. Dit verschil is het grootst op den tijd, waarop de lucht beneden het warmst is, dus in de eerste uren na den middag. Later op den dag wordt het kleiner. Tegen het ondergaan der zon verdwijnt het geheel; het verschil in temperatuur is dan voor twee lagen, die even ver van elkander verwijderd zijn, even groot, hetzij men die lagen dicht bij de aarde of op grootere hoogte kiest. Hoe de toestand 's nachts is, kon GLAISHER niet nagaan, daar de bemanning van den *ballon captif* in dien tijd geen opstijgingen wilde doen. Het zou kunnen zijn, dat de verhou-

ding dan juist omgekeerd was. Op een bepaald punt boven in den dampkring koelt de lucht binnen een bepaald tijdsverloop minder sterk af dan op een punt aan de oppervlakte der aarde binnen denzelfden tijd. Is nu 's nachts de afkoeling beneden sterk, dan vindt men hier misschien eene koudere lucht dan hooger. Zulk een geval had GLAISHER zelf den 2den October 1865 reeds opgemerkt.¹ In den voormiddag van den 7den Februari 1869 treffen G. TISSANDIER en DE FONVIELLE op 1000 M. eene temperatuur van 28° aan, terwijl zij beneden slechts 13° bedroeg.

In den geregelden gang van deze verdeeling der warmte worden door allerlei omstandigheden storingen gebracht. De waterdamp, die zich hier en daar tot nevels of tot droppels vloeibaar water verdicht, moet hier wel in de eerste plaats worden genoemd, daar bij die verdichting eene zekere hoeveelheid warmte vrij wordt, die zich aan de lucht mededeelt. En dat verscheidene omstandigheden aan de oppervlakte der aarde haren invloed op de temperatuur der lucht tot op eene aanzienlijke hoogte laten gevoelen, ondervonden de twee Fransche luchtreizigers zoo even door mij genoemd. Op eenen afstand van 150 à 200 M. van de aarde zwevende, zagen zij hunnen thermometer 3° à 3°.5 rijzen, wanneer zij zich bevonden boven rotsen, die door de zonnestralen waren verwarmd, en daalde het kwik oogenblikkelijk even sterk, zoodra er boomen recht onder hen waren.

GLAISHER is meteoroloog, FLAMMARION sterrekundige; de luchtvaart hield hen een tijdlang bezig, maar heeft hen niet geheel aan hunne eigenlijke werkzaamheden kunnen ontrukken. Nadat zij eene reeks van luchtreizen hadden gedaan met het oog op de vruchten, welke de wetenschap er van verwachten mocht, keerde de een naar zijn meteorologisch observatorium, de ander naar zijne kijkers terug. Met GASTON TISSANDIER is dit niet het geval. Hij is oorspronkelijk scheikundige. Zijn verlangen om aan eene luchtreis deel te nemen kon hij in 1868 voor de eerste maal bevredigen. Den 17den Augustus staat DURUOF hem te Calais eene plaats in het schuitje van zijnen luchtbol af; hij is getuige van den behaalden triomf, nu tegengestelde winden de moedige reizigers tweemaal boven de zee en naar de kust terug drijven. Van nu af is zijne keus bepaald; hij wil de natuurwetenschap dienen, maar door de luchtvaart. Wel zien wij hem nog op zijne eerste tochten in Parijs, behalve de gewone werktuigen barometer, thermometers enz. al-

¹ Zie boven bladz. 366.

lerlei toestellen medenemen, die voor scheikundige waarnemingen waren bestemd (buizen met schietkatoen, om daarover lucht te persen en deze van de medegevoerde stofdeeltjes te berooven, buizen met oververzadigde zoutoplossingen), wel houdt hij zich van tijd tot tijd bezig met het onderzoek van het stof, dat zich boven op de eeuwige sneeuw en elders uit de lucht afzet, maar toch de luchtvaart heeft de eerste plaats in zijn hart ingenomen. Men versta mij niet verkeerd en meene niet, dat ik hem op ééne lijn wil stellen met allerlei luchtreizigers van beroep, die van de luchtvaart eene speculatie op de nieuwsgierigheid van het groote publiek maakten. TISSANDIER is een dienaar der luchtvaart; zij dient hem niet. In 1883 vermeldde hij, dat hij zes en twintig luchtreizen deed, en zijne beste krachten, vereenigd met die van zijnen broeder ALBERT, zijn aan eene oplossing van het vraagstuk gewijd, hoe de beweging van den luchtbol in eene bepaalde baan kan worden geleid.

Dat er op die luchtreizen menige belangrijke waarneming werd gedaan ligt wel voor de hand, hoewel zij juist niet één geheel vormen zooals de arbeid van GLAISHER. Naast TISSANDIER waren er echter vele anderen, die in deze richting voortwerkten. Den 8sten November 1868 was TISSANDIER er b.v. getuige van de vorming der sneeuwvlokken. Op het oogenblik, waarop de tocht aanvangen zal, vallen de eerste vlokken ter neder, en weldra is de luchtbol geheel door de dwarrelende massa omgeven. De stijgkracht neemt aanmerkelijk af ten gevolge van de vallende sneeuw en met leede oogen werpen de luchtreizigers den ballast naar buiten, die zij zoo gaarne zouden besparen om het zonlicht boven de sneeuwwolken te mogen aanschouwen. Hierin slagen zij evenwel niet; wel naderen zij duidelijk de bovenste grens der sneeuwlaag, daar de hemel veel helderder wordt. Eene groote verandering merken zij evenwel in de naaste omgeving van den luchtbol op, immers in plaats van sneeuwvlokken zien zij op eene hoogte van 1800 M. het gekristalliseerde water in den vorm van afzonderlijke dunne naaldjes, kleine schitterende plaatjes, die op eenen korten afstand onder het luchtschip tot groote sneeuwvlokken aangroeien. De temperatuur is niet laag, slechts -1° ; bij de verandering van den waterdamp of het water in ijs wordt warmte vrij. De lucht is zeer arm aan waterdamp. Het gevaar, dat de sneeuw op den luchtbol zou gaan smelten, wanneer zij zich boven de sneeuwlaag verhieven en dat die plotselinge vermindering van gewicht eene te hooge rijzing veroorzaken zou, waarschuwt TISSANDIER om de

terugreis te aanvaarden. Beneden treft hij weder sneeuwvlokken aan zooals onder het opstijgen; ook thans is de lucht droog.

Eene dergelijke laag, waarin ontelbare ijsplaatjes, glinsterende als mica, zweefden, troffen DE FONVIELLE en TISSANDIER den 16den Februari 1873 aan. Thans verbaast hen de ligging van deze laag niet weinig; immers zij troffen haar aan, toen zij daalden van eene hoogte van 1800 M., waar de lucht vrij warm was.

In 1879 gaf G. TISSANDIER een kort verslag in het licht van de meteorologische waarnemingen, door hem tot op dien tijd op vijf en twintig luchtreizen gedaan.¹ Hierop wensch ik nog de aandacht der lezers te vestigen, om tevens het verband tusschen zijne mededeelingen en die van zijne voorgangers in het licht te stellen.

De *temperatuur der lucht* daalde in den regel langzamer naarmate men zich hooger bevond. Uitzonderingen op dezen regel, ook door GAY-LUSSAC, WELSH, GLAISHER en FLAMMARION uit hunne waarnemingen afgeleid, werden ook door TISSANDIER aangetroffen. Vooral de waterdamp oefende eenen storenden invloed uit. De meest belangrijke gegevens omtrent dit onderwerp werden door GLAISHER op zijne beide reeksen van luchtreizen verzameld.²

Wat de *samenstelling der dampkringslucht* betreft, hebben wij aan de reizen van GAY-LUSSAC en WELSH de kennis te danken, dat de betrekkelijke hoeveelheden zuurstof en stikstof op grootere hoogten dezelfde zijn als beneden. Tweemaal heeft TISSANDIER op verschillende hoogten (890 en 1000 M.) lucht over bijtende potasch laten stroomen, om de hoeveelheid koolzuur te kunnen bepalen, die zij bevat. »De uitkomsten van deze proeven *schijnen* recht te geven tot de onderstelling, dat de hoeveelheid koolzuur langzamerhand afneemt.» Toch is een grooter aantal waarnemingen noodig, voordat men deze onderstelling tot eenen regel verheffen mag. Op grootere hoogte bevat de lucht in den regel minder waterdamp dan lager; de waarnemingen van TISSANDIER stemmen in dit opzicht overeen met hetgeen in hoofdzaak door de vroegere luchtreizigers werd medegedeeld.³ Toch vertoonen zich ook op dezen regel tal van uitzonderingen; een bovenwind kan rijker aan waterdamp zijn dan een benedenwind.

Uit de waarnemingen van FLAMMARION, GLAISHER en TISSANDIER volgt,

¹ *Observations météorologiques en ballon.*

² Zie boven bladz. 365, 366, 374.

³ Zie boven bladz. 363, 367, 369, 370.

dat de *snellheid van den wind* in den regel op grooteren afstand van de aarde grooter is dan beneden. De laatstgenoemde vond, zooals ik boven voor de eerste twee vermeldde, dat ook deze regel niet altijd geldt.

TISSANDIER voegt er bovendien de mededeeling aan toe, dat de *richting van den wind* tot op eene hoogte van 600 à 800 M. den invloed van de oneffenheden aan het oppervlak der aarde ondergaat. Luchtstroomingen, die elkaar bedekken en in tegengestelden zin zich bewegen, werden door alle luchtreizigers waargenomen; nu eens werd hun gebied door eene wolk gescheiden, dan weder ging de luchtbol plotseling in eenen anders gerichtten wind over, zonder dat een wolk de luchtreizigers had gewaarschuwd. Doch evenmin als op de grens van twee verschillende luchtstroomingen altijd eene wolk zweeft, toont iedere wolk het bestaan van twee zulke stroomen aan.

Het *voorkomen van den waterdamp* en zijne vormingen kan zeer verschillend zijn. Soms is het binnen eene wolk zóó duister, dat de ééne luchtreiziger zijnen metgezel in het schuitlet nauwelijks kan zien; een andermaal zijn de wolken halfdoorschijnend, zoodat de luchtbol zich midden in eene vrije ruimte schijnt te bevinden, die van alle kanten door wolken omgeven is. Aan eene bepaalde hoogte zijn de wolken volstrekt niet gebonden; evenmin kan eenige grens worden opgenoemd voor hare waarschijnlijke dikte. Vermeldde ik boven, hoe TISSANDIER eenmaal het ontstaan der sneeuwvlokken waarnam uit kleine ijsnaaldjes, eene dergelijke waarneming kon hij later nog eens doen. Binnen korten tijd bevond hij zich boven de sneeuwlaag, die haren inhoud over de aarde verspreidde. Eerst ontmoette hij eene doorschijnende wolk, waar de temperatuur langzamerhand daalde tot -4° ; daarboven bevond de luchtbol zich te midden van kleine ijsnaaldjes en rees de temperatuur tot op het nulpunt. Deze temperatuursverhooging was het gevolg van de verdichting van den gasvormigen waterdamp tot vaste ijsnaaldjes. TISSANDIER acht het waarschijnlijk, dat zij door de onderliggende wolk vallen; hij schijnt ze dan op zijnen tocht naar boven niet bepaald te hebben gezien. GLAISHER had trouwens eene laag sneeuwvlokken onmiddellijk onder eene regenwolk aangetroffen. Ook bij dit punt komt dus de wensch naar een grooter aantal waarnemingen weder op.

Wolken, die uit een groot aantal ijskristalletjes waren gevormd, werden herhaaldelijk aangetroffen door BARRAL en BIXIO, WELSH, SIVEL en CROCÉ-SPINELLI, evenals door TISSANDIER. Vooral zeer vele vederwolken (*cirrhî*) waren er uit samengesteld. Zoo zou ook volgens DE

FONVIELLE eene dikke wolk, die zich van den 4den tot den 26sten Januari 1882 over Parijs uitbreidde, uit mikroskopisch kleine deeltjes ijs hebben bestaan. Hij vond die wolk ongeveer 300 M. dik (van 270 tot 580 M.). Anderen onderstelden evenwel, dat die kleine deeltjes vloeibaar water konden zijn, dat langzamerhand tot onder het vriespunt was afgekoeld.

Had FLAMMARION enkele malen waargenomen, dat de schaduw door zijn luchtvaartuig over de aarde geworpen niet donker, maar licht was, TISSANDIER zag die schaduw nu en dan door een lichtkrans van enkele of meerdere kleuren van het spectrum omgeven. Ook de schaduw van den luchtbol tegen eene wolk of zijn beeld door de wolken teruggekaatst vertoonde dikwijls dien glans.

Van twee luchtreizen bracht TISSANDIER berichten mede omtrent den *elektrischen toestand der lucht*. Een lange koperen draad hing van den ballon naar beneden in de lucht; het boveneinde was geïsoleerd en werd van tijd tot tijd met een goudbladelektroscoop in aanraking gebracht. Eenmaal was de elektroscoop gedurende den geheelen nacht ongevoelig voor de werking van den koperdraad; tegen 6 uur in den ochtend deed de aanraking met dezen draad de goudblaadjes een weinig uiteenwijken. Tot 10 uur in den voormiddag herhaalde deze werking zich op hoogten van 600, 700 en 1700 M., doch na dien tijd tot 's middags 5 uur bleven de goudblaadjes gesloten. De luchtbol bevond zich in dien tijd op hoogten van 1200 tot 30 M. Mocht men zoo voorbarig zijn uit deze proef een verschil tusschen den elektrischen toestand der lucht over dag en 's nachts af te leiden, dan zou eene andere waarneming van denzelfden natuurkundige deze meening onmiddellijk logenstraffen. Immers den 16den Februari 1873, 's middags 1.20, toen de luchtbol zweefde op eene hoogte van 1400 M. boven eene wolk van zeer kleine ijsnaaldjes, terwijl het einde van den 200 M. langen koperdraad zich daarin bevond, weken de goudblaadjes plotseling sterk uiteen, toen het gepolariseerde einde van den koperdraad met den elektroscoop in aanraking werd gebracht. De lucht was elektronegatief geladen. Een klein uur later was de luchtbol tot aan het bovenvlak der wolk gedaald, de koperdraad hing er dus midden in. Hij was nu zóó sterk geladen, dat er een vrij krachtige vonk oversprong op de hand der luchtreizigers, zóó krachtig, dat zij in den benedenarm een vrij hevigen schok gevoelden.

Eindelijk wensch ik nog in het kort melding te maken van het gebruik door de luchtreizigers van den spectroscop gemaakt, het werktuig,

waarin het ongekleurde licht in de verschillend gekleurde lichtsoorten wordt geschild, en dat tevens door eene ontleding van het gekleurde licht, door een bepaald voorwerp uitgezonden, kennis omtrent de scheikundige samenstelling van dat voorwerp verschaft. Het zou mij te ver voeren, wanneer ik hier wenschte te verklaren, hoe talrijke donkere strepen tusschen de gekleurde deelen van het zonnespectrum de aanwezigheid van een groot aantal gasvormige stoffen aantoonen, die de zonnestraal moet doordringen, voordat zijn licht in den spectroscop wordt geschild. Zoo wordt b. v. door enkele van die donkere strepen de aanwezigheid van waterdamp tusschen de zon en de aarde aangetoond, iets waaraan niemand wel twijfelen zou. Het was echter de vraag, of de waterdamp, die in het spectrum van het zonlicht de bedoelde donkere strepen te voorschijn roept, zich alleen in den dampkring der aarde of ook rondom de zon bevindt. Nu heeft TRIDON waargenomen, dat de donkere strepen door den waterdamp te weeg gebracht, veel zwakker worden, wanneer de spectroscop zich in een luchtbol op eene hoogte van 2000 M. bevindt. Toen de hoogte van 2200 M. bereikt was, was een streep bijna geheel verdwenen, een tweede veel minder duidelijk geworden; op eene hoogte van 2700 M. kon TRIDON van de eerste streep niets, van de tweede nog slechts weinig zien. Hij leidt daaruit de waarschijnlijkheid af, dat de waterdamp, die een gedeelte van het licht der zon onderschept en daardoor in het spectrum donkere strepen teweegbrengt, zich alleen in den dampkring der aarde en niet tevens bij de zon bevindt.¹ Waarom ook de dubbele natriumstreep in helderheid afneemt, tracht TRIDON niet te verklaren. Ook CROCE-SPINELLI en SIVEL hadden zich ten doel gesteld waarnemingen met den spectroscop te doen op de luchtreis, die zoo noodlottig voor hen afliep.

Hetgeen ik in deze schets aan de lezers van het Album aanbied is, ik zeide het ook reeds in den aanvang, geen *volledig* overzicht van hetgeen de luchtvaart voor de uitbreiding der natuurwetenschappen deed. Zal zij aan de hooggespannen verwachtingen voldoen, die zij bij hare geboorte opwekte, dan moeten ervaren mannen, die even geoefende luchtreizigers als kundige natuuronderzoekers zijn, groote reeksen van waarnemingen doen, zooals GLAISHER reeds deed. De verspreide waarnemingen zullen eerst dan een welgeordend geheel uitmaken; de fingerwijzingen van heden zullen dan uitgebreid worden tot eene volledige

¹ *Naturforscher* 1879, 37.

kennis van de belangrijke werkingen, die in den dampkring der aarde plaats hebben.

Een voorstander der luchtvaart als FLAMMARION moge in eene opgewondene stemming de voorspelling doen hooren, dat de geneesheeren hunne patiënten op eenen heeten zomerschen dag eenen tocht naar het luchtruim zullen aanbevelen, om boven eene hoogte van 500 M. eindelijk aan het stof van Parijs ontsnapt, de frissche, gezonde lucht in te ademen, die men in den regel in Biarritz of Trouville zoekt, hij weet zoo goed als ieder ander, dat het gemis van het beproefde middel om den luchtbol te sturen nog de algemeene toepassing der luchtvaart drukt.

Sic itur ad astra. Zoo luidt het devies van het wapen der familie DE MONTGOLFIER, sinds zij in den adelstand verheven werd. Deze woorden, geplaatst op het standbeeld, dat den 12den Augustus 1883 te Annonay werd onthuld, wekke nieuwen moed bij hen, die op het spoor van ETIENNE en JOSEPH DE MONTGOLFIER den weg door het luchtruim veilig en gemakkelijk trachten te maken.

N A S C H R I F T.

Konden de wetenschappelijke beoefenaars der luchtvaart in 1784 hunnen spijt niet onderdrukken over den tragen vooruitgang der jonge uitvinding, hetgeen na de viering van het eerste eeuwfeest geschiedt rechtvaardigt de hoop, dat het groote raadsel zal worden opgelost, dat namelijk de luchtbol eenen bepaalden weg door den dampkring volgen zal, naar zijn stuurman verkiest.

Reeds maakte ik melding van den door TISSANDIER gestuurden luchtbol, die in October 1883 werd beproefd. Nog beter dan zijne poging slaagde die van RENARD en KREBS, de eerste kapitein bij de genie, de andere bij de infanterie; geldelijk ondersteund door den staat werkten zij in de inrichting voor de militaire luchtvaart van Chalais bij Meudon. Hoogstwaarschijnlijk had DUPUY DE LOME op hen het oog, toen hij in Augustus 1883 te Annonay van voortgezette proefnemingen sprak.

Den 9den Augustus ll., 's middags ten vier uur, verhief zich hun luchtvaartuig, waaraan zich van voren een door de elektriciteit in beweging gebrachte schroef en van achteren een roer bevond, van het aardoppervlak. Toen het hoog genoeg was, werd het door middel van het roer (er was bijna geen wind) zuidwaarts gestuurd. Met eene gemiddelde snelheid van 5.5 M. in de seconde bewoog de luchtbol zich regelmatig vooruit; na eenige minuten werd halt gehouden en daarop gedraaid, zoodat de schroef kwam op de plaats, waar eerst het roer was. Weldra zweefde men op eene hoogte van 300 M. boven het punt van uitgang; men hield daarop een weinig links aan en werkte eenige malen vooruit en achteruit, voordat de luchtbol naar beneden gelaten werd. Bij al deze bewegingen gehoorzaamde de luchtbol volkomen aan de bewegingen van het roer. De geheele reis had drie en twintig minuten geduurd; de afgelegde afstand bedroeg 7.6 KM.

Nadere bijzonderheden vindt men in: *Revue Scientifique* [3], IV, 34, 246 (23 Aout 1884), of in *La Nature* 30 Aout 1884. Ook *L'Illustration*, *Journal universel* 30 Aout 1884, bevat eene teekening van den langwerpigen luchtbol, wiens gedaante met die van eene sigaar met stompe punt overeenkomt.

Omtrent de berichten uit Duitschland, die aan de 'duitsche regeering aanleiding zouden geven in de marine-établissemerten te Kiel proeven omtrent de toepassing der luchtvaart voor de krijgskunde te doen, ontbreken mij vooralsnog nadere gegevens.

September 1884.

D. v. C.