

# DE STRALENDE WARMTE EN HARE BETEKENIS VOOR DE AARDE.

DOOR

Dr. P. Q. BRONDGEEST.

---

Twee hoofdkrachten zijn er; die van de zon uitgaan en haren invloed op de aarde en hare bewoners doen gelden: Licht en Warmte. Wat betreft de wijze van waarnemen door den mensch bestaat er een groot verschil. Het licht wordt door het netvlies waargenomen, het gevoel van warmte door de huid. En toch beide, zoowel de lichtstralen als de warmtestralen, zijn aan volkomen dezelfde wetten onderworpen. Wat voor de eerste geldt, is ook voor de laatste waar; zij zijn onafscheidelijk met elkander verbonden. Zeer juist drukte zich reeds voor vele jaren de fransche natuurkundige AMPÈRE uit, met te zeggen: Licht is stralende warmte, die het vermogen bezit door de vochten van het oog heen te dringen.

Het is er echter verre van af, dat men de wetten der stralende warmte zoo nauwkeurig kent als die van het licht. Dit laatste is het meest volkomen gedeelte der natuurkundige wetenschap. De werktuigen om ons met de verschillende verschijnsels van het licht bekend te maken bezitten eene veel grootere gevoeligheid, dan die, waarmede wij de stralende warmte kunnen bestudeeren. Het oog is een veel nauwkeuriger waarnemer, dan de huid. Door de schoone onderzoekingen van vele uitstekende natuuronderzoekers, LESLIE, MELLONI, PREVOST, RUMFORD,

DE LA PROVOSTAYE EN DESAINS, DULONG EN PETIT, MASSON EN JAMIN, TYNDALL en anderen, zijn wij thans ook met de wetten der stralende warmte bekend geworden, en, mocht onze kennis niet zoo volledig zijn als die van het licht, toch is zij eene zeer aanzienlijke.

In de volgende bladzijden willen wij de wetten der stralende warmte vermelden, de onderzoekingen uiteen zetten, waardoor men ze op het spoor is gekomen, en eindelijk aantoonen van welk een gewicht de stralende warmte voor de aarde en hare bewoners moet geacht worden.

De warmte plant zich door geleiding in een lichaam van deeltje tot deeltje voort. Wanneer men een ijzeren staaf aan het uiteinde verwarmt, dan zullen niet alle deeltjes op denzelfden tijd het maximum der temperatuur bereiken, maar die, welke het dichtst gelegen zijn bij de plaats, die verwarmd wordt, het eerst, die aan het tegenovergestelde uiteinde het laatst. Dit blijkt, wanneer men op verschillende afstanden in holten van de staaf de bollen van thermometers plaatst. Die, welke het meest aan het uiteinde van de staaf gelegen zijn, zullen de laagste, die, welke nabij de verwarmde plaats zich bevinden, de hoogste temperatuur aanwijzen. Maakt men echter dezelfde staaf wit gloeiend en houdt men op eenigen afstand daarvan een thermometer, dan zal deze stijgen; houdt men er de hand voor, dan voelt men terstond de warmte, die de staaf uitstraalt. Het lichaam geeft dan warmte af, niet doordat elk luchtdeeltje, dat zich tusschen den thermometer en de staaf of tusschen deze en de hand bevindt, door geleiding verwarmd wordt, maar onmiddellijk. Hier heeft men met stralende warmte te doen. De zon, buiten de atmosfeer gelegen, verwarmt ons niet doordat de warmte, eenmaal daarin doorgedrongen zijnde, langzaam van luchtdeeltje tot luchtdeeltje voortgeleid wordt, maar doordat zij met eene snelheid, gelijk aan die van hare lichtstralen, ook onmiddellijk hare warmtestralen tot ons zendt. De voortplanting der warmte door geleiding is dus eene geheel andere zaak dan die door straling, waarmede wij ons hier willen bezighouden.

Dat de stralende warmte zich even als het licht onmiddellijk voortplant en niet door geleiding van molecule tot molecule van het omringend medium, zooals vroeger algemeen werd aangenomen, is het eerst door PREVOST bewezen. Hij liet aan een drukvat eene zoodanige uitvloeingsopening maken, dat het water in een smallen, hoogen straal, tusschen twee glazen platen uitstroomde. Aan de eene zijde plaatste hij een warmtebron, aan de andere zijde een thermometer. Hij nam waar,

dat de thermometer, wanneer de warmte op de eene glazen plaat viel, aanmerkelijk steeg. De waterstraal, die steeds vernieuwd werd, kon niet door geleiding warmte overbrengen aan den thermometer, maar de uitstralende warmte ging door den zich steeds vernieuwendenden waterstraal heen, en plantte zich onmiddellijk tot den thermometer voort.

Bij eene andere proef gelukte het hem door eene bolle lens, uit ijs vervaardigd, en waarmede hij de warmtestralen der zon in een punt vereenigde, zooveel warmte te concentreeren, dat hij hout in dit brandpunt kon doen ontvlammen. De warmtestralen gingen dus door de lens heen; deze slorpte ze niet op. Maakte hij de lens door middel van lampzwart donker, dan werd de warmte geabsorbeerd en smolt de lens, in plaats dat zij de warmtestralen onmiddellijk doorliet.

Het meest afdoende bewijs voor de onmiddellijke voortplanting der warmte door straling is hierin gelegen, dat ook daar, waar zich geen middenstof bevindt, in het luchtledige, de stralende warmte zich evenwel voortplant. Waar derhalve de overbrenging der warmte van deeltje tot deeltje onmogelijk is, zien wij dat er toch voortplanting van stralende warmte plaats heeft. RUMFORD heeft dit door een schoone proef bewezen. Hij bevestigde in een glazen bol met zeer langen en dunnen hals een thermometer zoodanig, dat de bol in de holte van den glazen ballon zich bevond. Buis en ballon werden beide met kwikzilver gevuld. Nu keerde hij den ballon in een vat met kwikzilver gevuld om en verkreeg een barometer, waarin het kwikzilver niet hooger dan 760 millim. kwam te staan. Boven het kwikzilver smolt hij de buis af en had alzoo een luchtledigen bol, waarin zich een thermometer bevond. Plaatste men nu dezen ballon in warm water, of wel, liet men er een straal lichtende warmte op vallen, dan steeg het kwikzilver onmiddellijk. Het kwik in den thermometer rees zoo spoedig, dat er van voortgeleiding langs het glas geen sprake kon zijn. De warmtestralen hadden zich dus onmiddellijk door het luchtledige voortgeplant.

Deze proeven leveren het bewijs, dat de stralende warmte de eigenschap bezit zich onmiddellijk door het luchtledige of door zekere middenstoffen heen voort te planten. In dit geval neemt zij alle eigenschappen van licht aan, waarmede zij ook dikwijls gepaard gaat. Wij zullen later aantonen, dat zij aan dezelfde wetten als het licht onderworpen is, dat zij teruggeskaatst, gebroken, gepolariseerd wordt en dat, zoo als reeds vóór een twintigtal jaren MELLONI had bewezen, stralende warmte en licht één zijn.

Het is noodzakelijk, zoo men de eigenschappen der stralende warmte wil leeren kennen, dat men werktuigen bezitte, waardoor men hare intensiteit kan meten. Het gevoel is hiervoor een te onnauwkeurige maatstaf; men kan slechts op grove wijze de sterkte der stralende warmte beoordeelen. Zoo kan men aan de uitstraling zeer goed beoordeelen of een kachel of open haard veel warmte afstraalt, ja dan neen. Het eerste nauwkeurige instrument, dat voor het meten van de intensiteit van warmtestralen werd gebezigd, was de differentiaal-thermometer van LESLIE. Deze bestaat uit een U-vormige buis, die van boven in twee gesloten bollen eindigt en gedeeltelijk met lucht is gevuld, terwijl de horizontale arm, benevens een gedeelte der twee vertikale armen, een gekleurd vocht bevat, dat in beiden even hoog staat. Daar alles hermetisch gesloten is, zal de drukking der lucht geen invloed uitoefenen op den stand van de vloeistof in beide armen; ook zal deze dezelfde blijven, indien beide bollen aan dezelfde temperatuur zijn blootgesteld. Indien men echter een der bollen alleen aan de stralende warmte, die van een lichtbron uitgaat, blootstelt, terwijl de andere door een scherm hiervoor beschut wordt, dan zal de eene bol warm worden, deze warmte aan de lucht daarin mededeelen, welke zich zal uitzetten, en de vloeistof in de eene buis zal doen dalen en in de andere buis stijgen. Hoe meer warmte er aan de eene bol wordt medegedeeld, hoe hooger het vocht in de andere buis zal stijgen. De hoogte drukt dus een zekere maat uit van de sterkte der warmtestralen, en men kan nu de intensiteit van de stralen van verschillende warmtebronnen met elkander vergelijken. Deze methode is echter niet zeer nauwkeurig. Het glas laat, zoo als wij later zien zullen, niet alle warmtestralen door. Daarom moet men dan ook den eenen bol, waarop de warmtestralen geworpen worden, met lampzwart bedekken, waardoor dan al de warmtestralen worden opgeslorpt. De warmte wordt dan aan het glas medegedeeld en vervolgens aan de lucht, in den bol bevat.

De differentiaal-thermometer heeft echter geene groote gevoeligheid, hij bezit eene zeer trage werking. Men zoude met de eigenschappen der stralende warmte slecht bekend zijn, indien MELLONI ons niet eene voortreffelijke methode aan de hand had gedaan, waardoor men in staat is gesteld, de stralende warmte nauwkeurig te leeren kennen. Wij willen deze methode kort uiteenzetten.

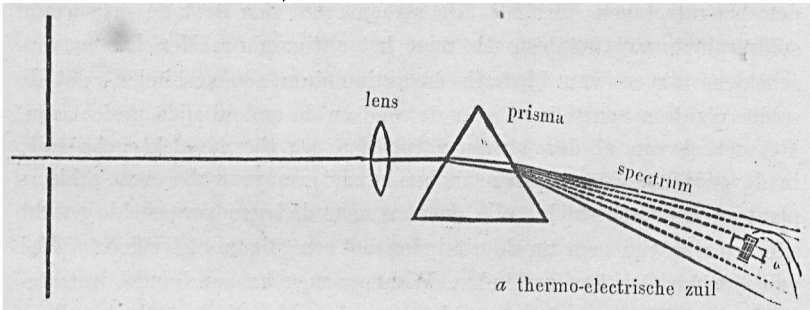
Zij berust op de aanwending der thermo-elektricit. Wanneer men aan een staaf van antimonium twee staven van bismuth aan de uit-

einden vast soldeert, dan zal, zoolang de soldeerplaatsen dezelfde temperatuur bezitten, er geen verschijnsel tot stand komen. Indien men echter de eene soldeerplaats verwarmt, dan zal er een galvanische stroom ontstaan, blijkbaar uit de afwijking van de magneetnaald, die men aan den invloed blootstelt van eenen geleider, welke de vrije uiteinden der bismuthstaven verbindt. De stroom gaat dan door de verwarmde soldeerplaats van het bismuth naar het antimonium. Men kan nu verscheidene staven van bismuth en antimonium zoo verbinden, dat de soldeerplaatsen beurtelings naar de eene en de andere zijde gericht zijn. Het geheel van al deze staven vormt dan een thermo-elektrische zuil, in de gedaante van een prismatischen bundel, waarvan alle evene soldeerplaatsen naar eene zijde, alle onevene naar de tegenovergestelde gericht zijn, en waarvan men nu de uiteinden met een galvanometer door middel van geleiddraden kan verbinden. Wanneer men nu een bundel warmtestralen op de evene of wel op de onevene soldeerplaatsen laat vallen, die elk naar eene zijde zijn gericht, dan zal naarmate van de intensiteit der warmtestralen een stroom ontstaan, die de magneetnaald zal doen afwijken. Elke warmtestraal brengt dus eene afwijking te weeg, waaruit men de sterkte van den invallenden bundel zal kunnen beoordeelen en haar in getallen zal kunnen uitdrukken, nadat men vooraf bepaald heeft, hoeveel bij eene bepaalde hoeveelheid warmte de naald afwijkt. Verbindt men aan de naald een hol spiegeltje en werpt men daarop lichtstralen, dan zullen dezen een beeld vormen, dat men op een scherm kan opvangen. Beweegt de naald zich onder den invloed der invallende warmtestralen, dan zal men ook aan dit beeld beweging waarnemen en zal men de verschijnselen der stralende warmte aan een groot aantal waarnemers kunnen vertoonen.

Het grondbeginsel, waarop de wijze van waarnemen der stralende warmte berust, hebben wij hier uiteengezet. De geheele toestel van MELLONI, door hem thermomultiplicator genoemd, bestaat echter nog uit een aantal van afzonderlijke, achter en nevens elkander geplaatste deelen, namelijk: de zuil, den galvanometer, verschillende schermen, alsmede inrichtingen om de stoffen, die men onderzoekt, op te bevestigen.

Met behulp van dezen toestel heeft MELLONI de gewichtigste eigenschappen der stralende warmte aan het licht gebracht. Even als een zonnestraal uit eene menigte verschillend gekleurde stralen bestaat, die te zamen wit licht vormen, zijn er te gelijktijd eene groote hoeveel-

heid warmtestralen van den meest verschillenden aard in aanwezig; met andere woorden, even als wit licht, na door een glazen prisma te zijn heengegaan, in de kleuren van het spectrum wordt ontleed, zoo valt ook de eenvoudige warmtestraal in het zonlicht aanwezig in een warmtespectrum uiteen.



Dit kan men door eene eenvoudige proef bewijzen. (Zie bovenstaande afbeelding.)

Indien men in eene donkere kamer een bundel lichtstralen laat vallen, deze door eene lens en vervolgens door een prisma van zeer helder steenzout laat gaan en het licht- en warmtespectrum op een scherm opvangt, dan zal men zich een zeer zuiver spectrum zien uitbreiden, beginnende met rood en eindigende met violet, in deze reeks: rood, oranje, geel, groen, blauw, indigo en violet. Al deze stralen waren in den invallenden straal bevat, en omdat zij de eigenschap bezitten om door het prisma in verschillenden graad van hunne oorspronkelijke richting te worden afgebogen, zoo worden zij, bij hunnen gang hierdoor heen, van elkander gescheiden. Dat de kleuren van het spectrum verschillend zijn, kunnen wij met het oog waarnemen, maar dat elke verschillende kleur eene verschillende warmte bezit, kunnen wij met het gevoel niet bemerken. Wij moeten om dit aan te toonen een anderen weg inslaan en eene zeer kleine thermo-elektrische zuil van MELLONI bezigen, die klein genoeg is om alleen de stralen van gelijke breekbaarheid of kleur op te vangen.

Plaatsen wij haar, bij het violet beginnende, achtereenvolgens in de verschillende kleuren van het spectrum. In het violet zullen wij bemerken, dat de magneetnaald bijna niet afwijkt, derhalve hier zich bijna geene warmtestralen bevinden. Naarmate men de blauwe, groene warmtestralen onderzoekt, zal men opmerken, dat de naald steeds meer

en meer gaat afwijken, en in het groen tot in het uiterste rood zal men vinden dat eene groote hoeveelheid stralende warmte aanwezig is.

Men leert hieruit, dat elke afzonderlijk gekleurde lichtstraal zijne bijzondere stralende warmte bezit, en het blijkt dus dat, even als in den oorspronkelijken invallenden zonnestraal, voordat hij door het prisma ging, alle kleuren tot zonlicht vereenigd waren, zoo ook al de verschillende warmtestralen er in bevat waren, die, omdat zij in verschillende mate breekbaar zijn, na doorgang door het prisma zich van een scheiden.

Men kan de warmtestralen, die zich in de verschillende kleuren van het spectrum bevinden, dus door hunne breekbaarheid onderscheiden. Even als men van verschillende kleuren spreekt, zoo ook van verschillend gekleurde warmte (thermochrose), en om de stralen aan te duiden, zegt men bijv. roode of gele warmtestralen, waarmede men dan die warmte bedoelt, die roode of groene stralen vergezelt.

Buiten het rood neemt men geene kleuren meer waar; de stralende warmte vindt hier echter nog niet hare grens. Merkwaardig verschijnsel! De zuil van MELLONI buiten het rood plaatsende, vinden wij, dat daar buiten nog zeer veel stralende warmte aanwezig is. Zij neemt, hoe meer men zich naar buiten begeeft, zelfs toe, en bereikt een maximum. De warmte houdt eerst op, op een afstand van het rood die gelijk is aan de breedte van het geheele spectrum.

Het zonlicht bevat dus niet alleen lichtende maar ook donkere warmtestralen, welke laatste nog van zeer verschillenden aard zijn. Deze donkere zijn minder breekbaar dan de lichtende, dat wil zeggen, minder van de oorspronkelijke richting afwijkende. Omdat het maximum van het warmtegevend vermogen in het midden van het donkere spectrum gelegen is, zoo volgt hieruit, dat het spectrum van dezen meer donkere dan lichtende warmte bevat.

Indien wij op dezelfde wijze de stralen van verschillende warmtebronnen onderzoeken, door ze door een prisma van steenzout te laten gaan, dan zullen zij in eenvoudige warmtestralen ontleed worden, die dezelfde breekbaarheid als die van het zonlicht bezitten, maar die naar mate van de warmtebron een zeer verschillenden graad van warmte zullen hebben. Komt de bundel warmtestralen alleen van een donkere warmtebron, dan zal deze slechts donkere warmtestralen bevatten. Is de lichtbron meer of minder lichtend, dan zullen er donkere en lichtende warmtestralen in bevat zijn.

Aan WILLIAM HERSHEL zijn wij de ontdekking verschuldigd van het warmtespectrum der zon en van het belangrijk feit dat er in het zonlicht ook donkere warmtestralen voorkomen.

Om den zonnestraal te ontleden gebruikte hij echter een glazen prisma, en daarom was hem de uitbreiding van het donkere warmtespectrum onbekend, omdat glas het grootste gedeelte van de donkere warmtestralen absorbeert. MELLONI gebruikte het eerst een prisma van steenzout en maakte gebruik van de merkwaardige eigenschap, die deze stof bezit, van alle warmtestralen door te laten. Hij verkreeg hierdoor een veel zuiverder spectrum, waarop ook de donkere warmte eene zeer groote uitgebreidheid besloeg, en was in staat nog nauwkeuriger dan HERSHEL het warmtespectrum der zon te analyseeren.

Na te hebben aangetoond, dat in het spectrum der zon lichtende en donkere warmtestralen aanwezig zijn, wenden wij ons thans tot de vraag: hoe zij door de verschillende stoffen heengaan. Wij zullen gewaar worden, dat, even als sommige stoffen het licht in zijn geheel doorlaten, terwijl andere alleen voor sommige stralen van het spectrum doorschijnend zijn, er slechts eene stof bekend is die alle warmtestralen doorlaat, het reeds genoemde steenzout namelijk, terwijl de overige alleen voor lichtende of donkere warmtestralen doordringbaar zijn.

De warmtestralen der zon komen door de atmosfeer tot ons. Deze laat stralende warmte door. Wij weten ook, dat ze door glas heen gaan, waardoor echter eenige donkere worden tegengehouden. Het glas wordt hierbij slechts weinig verwarmd. DE LA ROCHE toonde het eerst aan, dat, wanneer men een glazen plaat met eene laag rookzwart bedekt, de warmtestralen er niet door heen gaan, maar dat het glas ze integendeel absorbeert en hierbij verwarmd wordt. Ook bewees hij dat de stralen, die door eene glazen plaat heengegaan waren, veel gemakkelijker door een tweede plaat dringen, dan de oorspronkelijke warmtestraal.

MELLONI heeft echter het meest afdoende bewijs geleverd voor den onmiddellijken doorgang van warmtestralen door verschillende stoffen. Hij toonde aan dat de thermo-elektrische zuil even zoo goed invloed uitoefent op de magneetnaald, wanneer de warmtestralen, voordat zij het thermische element treffen door eenige glazen platen zijn heengegaan, als dat men ze onmiddellijk op de thermo-elektrische zuil laat inwerken. De stoffen, die de warmtestralen doorlaten, noemde hij diathermane, die welke er ondoordringbaar voor zijn athermane. Hoe glad-



der de oppervlakte is, des te beter kunnen de warmtestralen er door.

De nauwkeurigste onderzoekingen, die wij omtrent het doorlatingsvermogen van verschillende stoffen voor de warmtestralen van het spectrum bezitten, zijn die van JAMIN en MASSON. Zij onderzochten in dit opzicht het eerst de verschillende lichtende warmtestralen van het spectrum. Zij plaatsten eene zeer smalle thermo-elektrische zuil in het groen, het geel en het uiterste rood, bepaalden hoeveel de naald afweek, wanneer deze warmtestralen de zuil onmiddellijk troffen, en vervolgens wanneer deze stralen, voor dat zij de zuil troffen, door een plaatje steenzout, glas of aluin waren heengegaan. Zij verkregen de volgende resultaten:

Soort der warmtestralen.	Hoeveelheid doorgelaten warmte in proc.		
	Zout.	Glas.	Aluin.
Groen . . . . .	0,92	0,91	0,92
Geel . . . . .	0,92	0,93	0,94
Uiterste rood . . .	0,93	0,85	0,84

Hieruit blijkt, dat alle stoffen evenveel lichtende warmte doorlaten; dat echter wanneer er veel donkere stralen in den warmtebundel bevat zijn, het steenzout bijna alles doorlaat, het glas minder, en het aluin het minst van allen.

Zij vonden verder bij hun onderzoek, dat, wat de lichtende warmtestralen betreft, de dikte geen invloed heeft op de hoeveelheid doorgelaten warmte. Tot het verrichten dezer proeven bezigden zij glazen bakjes van verschillende dikte, met vloeistof gevuld, en vonden slechts een gering verschil tusschen de hoeveelheid in- en uitgetreden warmte, welk verschil afhankelijk is van de terugkaatsing aan de oppervlakte. Wanneer men plaatjes van glas of van keukenzout met eene laag rookzwart bedekt, dan vonden JAMIN en MASSON dat zij de lichtende warmtestralen niet doorlaten. Voorts toonden zij aan, dat door een rood glas alleen de warmtestralen, die het rood vergezellen, worden doorgelaten; terwijl die van de lichtende warmte van het spectrum worden opgeslorpt.

Met behulp van verschillende gekleurde glazen konden zij de hoeveelheid warmte en tegelijkertijd de hoeveelheid licht bepalen, die bij elk der kleuren werd doorgelaten. Door voor de verschillende kleuren van het spectrum groene, roode en violette glazen te plaatsen, onderzochten zij hoeveel licht en warmte die verschillend gekleurde glazen

doorlieten. Zij verkregen dit hoogst gewichtige resultaat, dat telkens als een eenkleurige lichtstraal door eene stof heengaat, er evenveel licht als stralende warmte wordt doorgelaten. De donkere stralen van het spectrum en die, welke van andere donkere warmtebronnen afkomstig zijn, verhouden zich tot de verschillende stoffen, die zij op hunnen weg ontmoeten, anders dan de lichtende. Laat men de donkere stralen van het spectrum, die eene zekere uitgebreidheid bezitten en die men in eenige afdeelingen kan splitsen, door eene plaat van steenzout heengaan, dan zullen zij niet in gelijke mate worden doorgelaten, zooals uit de volgende opgave blijkt.

Soort van het licht.	Doorgelaten warmte.		
	Steenzout.	Glas.	Aluin.
Uiterste rood . . . . .	0,93	0,85	0,84
Donkere warmte . . . 0 <sup>7</sup>	0,92	0,88	0,41
Idem . . . . . 0 <sup>5</sup>	0,92	0,54	0,29
Idem . . . . . 0 <sup>4</sup>	0,91	0,22	0,00
Idem . . . . . 0 <sup>2</sup>	0,90	0,00	0,00

Wij zien hieruit, dat steenzout, glas en aluin, die alle lichtende warmtestralen doorlaten, d. i. daarvoor geen kleur bezitten of ten opzichte van dezen diathermaan zijn, met betrekking tot de donkere stralen een zeer ongelijk doorlatingsvermogen hebben. Slechts het steenzout laat alle donkere warmte door, het glas minder van wat men de meer donkere zou kunnen noemen, aluin van de donkerste in het geheel niets. Het steenzout is dan ook het eenige wezentlijk voor alle stralen diathermane lichaam, welke gewichtige eigenschap het eerst door MELLONI ontdekt is.

Aluin laat geen donkere warmte door, derhalve geen stralen, die van koper, tot 400° verwarmd, afkomstig zijn. Glas dooft de donkere stralen uit, maar minder dan aluin. Bedekt men steenzout met roet, dan zullen alleen donkere warmtestralen er door heen gaan. Het wordt dan tevens ondoorschijnend voor lichtstralen.

De werking van de diathermane stoffen op de warmtestralen komt dus overeen met die van de doorschijnende lichamen op het licht. Laat men licht op een rood glas vallen en vervolgens door een tweede roodgekleurd glas, dan zullen de stralen, die door het tweede heengaan, zui-verder rood zijn dan die door het eerste zijn heengegaan. De oorzaak hiervan

is, dat het roode glas alle stralen behalve de roode opslorpt. Nu gaan er echter door het eerste glas nog eenige kleuren, in de buurt van het rood gelegen, die echter alle door het tweede glas worden opgeslorpt, waardoor dit dan een zuiverder rood doorlaat. Indien men een bundel warmtestralen door twee verschillende diathermane stoffen laat heen gaan, dan zullen deze op de warmtestralen een gelijken invloed uitoefenen als twee verschillend gekleurde glazen op een lichtstraal. MASSON en JAMIN hebben dit door eenige belangrijke proeven bewezen. Wanneer men een plaat steenzout met roet bedekt, dan verkrijgt dit de eigenschap van alleen donkere warmtestralen door te laten. Laat men er donkere stralen op invallen en plaatst men hierachter een plaatje aluin, dan zal er geen warmtestraal door heengaan en de naald van den galvanometer onbewegelijk blijven staan, omdat aluin de donkere warmtestralen uitdooft.

Zoo hebben dan de stoffen, even als voor het licht, ook voor de stralende warmte kleuren. Sommige laten eene bepaalde soort warmte door, andere weder eene andere. Men noemt deze eigenschap daarom thermochrose. Glas en aluin zijn diathermaan voor lichtende, thermochroïsch voor donkere warmte. Steenzout daarentegen is diathermaan en athermochroïsch. Van de warmtestralen beneden  $100^{\circ}$  slorpt echter steenzout ook iets op, zoo als door DE LA PROVOSTAYE en DESAINS bewezen is.

De bovenvermelde verschijnsels geven recht tot gewichtige gevolgtrekkingen.

Wij hebben gezien, dat er een oneindig aantal soorten van stralende warmten zijn, die alle eene verschillende breekbaarheid bezitten. Terwijl zij in den zonnestraal tot een geheel vereenigd zijn, scheiden zij zich na doorgang door een prisma in een warmte-spectrum. Tegelijkertijd zijn er ook een aantal lichtende stralen van verschillende breekbaarheid en kleur, die dezelfde eigenschap bezitten. Er zijn warmtestralen zonder licht, de minst breekbare, maar er zijn ook lichtstralen zonder warmte, want in de violette wijst de thermomultiplicator nauwelijks warmte aan. Van het eene einde van het spectrum naar het andere nemen licht en warmte niet gelijkmatig af. Terwijl het licht van het rood tot het geel toeneemt en van hier tot het violet weder afneemt, wordt de warmte van het rood tot het violet steeds minder.

In de laatste jaren zijn nog eenige belangrijke eigenschappen van de stralende warmte bewezen. Niet alleen, dat bij de terugkaatsing en breking de stralende warmte aan dezelfde wetten onderworpen is als het

licht, maar ook de interferentie der warmtestralen is door FIZEAU en POUCAULT bewezen. Even als onder bepaalde omstandigheden de lichtstralen zoodanigen invloed op elkander uitoefenen, dat zij elkander vernietigen en er duisternis ontstaat, zoo kan er, wanneer twee warmtestralen op elkander inwerken, vermindering der warmte ontstaan. Ook de polarisatie der warmtestralen, waarbij zij het vermogen verkrijgen om slechts in ééne richting te worden teruggekaatst, is door POWEL, NOBILI en MELLONI bewezen, en eindelijk hebben DE LA PROVOSTAYE en DESAINS ons geleerd, dat, even als een lichtstraal, die door kalkspaatth heengaat, eene dubbele breking ondergaat, zoo ook de warmtestralen bij hunnen doorgang door deze stof in twee stralen ontleed worden. Al deze verschijnsels brengen ons tot de belangrijke hypothese: dat licht en warmte hetzelfde zijn. Vanwaar echter dan het verschijnsel, dat wij buiten het rood geen licht, maar alleen warmte waarnemen? De reden is deze: dat, om door ons als licht te worden waargenomen, de trillingen van den aether, waardoor het golfsgewijze wordt voortgeplant, niet alleen eene zekere intensiteit, maar ook eene zekere snelheid moeten bezitten. De roode stralen bezitten de geringste snelheid, die, welke verder in het spectrum gelegen zijn, eene grootere. De reden, waarom wij de stralen buiten het rood niet als licht meer waarnemen, maar slechts als warmte, is, dat zij hiertoe eene te geringe snelheid bezitten; terwijl te dien opzichte alle verschijnsels verklaard worden, wanneer men deze hypothese vasthoudt: de warmtestralen worden door de vloeistoffen van het oog opgeslorpt, voordat zij het netvlies bereiken.

Wij hebben er ons van overtuigd, dat de warmtestralen kunnen gebroken worden; wij willen nu ook hunne terugkaatsing op ondoorschijnende lichamen, met eene meerder of minder gladde oppervlakte nader beschouwen.

Treft een warmtestraal onder een zekeren hoek het scheidingsvlak van twee oppervlakten, dan wordt hij in het algemeen in twee stralen verdeeld; de een dringt door de middenstof heen, de andere wordt teruggekaatst. De teruggekaatste straal ligt daarbij in hetzelfde vlak, loodrecht op de oppervlakte, als de invallende, en de hoek, dien de teruggekaatste straal met de loodlijn maakt, is gelijk aan dien, welchen de invallende straal er mede maakt.

Vallen evenwijdige warmtestralen op een bolvormigen hollen spiegel van metaal, dan worden zij in een punt vereenigd, het brandpunt.

Daar het moeielijk is, zich evenwijdige warmtestralen te verschaf-

fen, maakt men, om de overeenkomst van de warmte met het licht ook in dit opzicht te bewijzen, gebruik van de geconjugeerde spiegels.

Wanneer men twee spiegels als de boven aangeduide tegenover elkander plaatst, zoodat de assen in elkander vallen, en nu in het brandpunt van den eenen een lichaam plaatst, dat warmte uitstraalt, dan zullen de warmtestralen in evenwijdige richting op den tweeden vallen en zich hier in het brandpunt vereenigen. Plaatst men hier een brandbaar lichaam, dan zal het ontvlammen; een thermometer zal hier rijzen. Plaatst men in het brandpunt voor den eersten spiegel een stuk ijs, dan zal het kwikzilver van den thermometer in het brandpunt van den tweeden spiegel geplaatst, dalen.

Ook in het luchtledige heeft DAVY bewezen, dat de warmtestralen teruggekaatst worden.

Het sterkst reflecteerend vermogen bezitten de metalen met gepolijste oppervlakte, en het gepolijste zilver staat volgens DE LA PROVOSTAYE en DESAINS in dit opzicht boven aan. Metalen kaatsen de donkere warmte sterker terug dan de lichte. Tot op een hoek van  $70^\circ$  blijft de hoeveelheid teruggekaatste warmte dezelfde. Bij een grooteren invalshoek vermindert zij aanmerkelijk.

Is de oppervlakte ruw en niet gepolijst, dan heeft er eene onregelmatige terugkaatsing plaats, niet in één bepaalde richting, maar naar alle richtingen en onregelmatig verspreid. Even als het licht, dat op dof of mat zilver invalt, naar alle richtingen teruggekaatst wordt, gediffundeerd, zoo is dit ook het geval met de stralende warmte.

MELLONI heeft het eerst de diffusie der warmtestralen aangetoond. Hij plaatste voor de thermo-elektrische zuil schermen met loodwit of met roet bedekt, en liet daarop warmtestralen, zoowel donkere als lichtende invallen. Naarmate van de kleur en de stof, verschilde het diffundeerend vermogen aanmerkelijk, ook naarmate er op dezelfde stoffen donkere of lichtende warmtestralen vielen. Zoo vond hij, dat, wanneer op een koperen plaat met loodwit geverwd, lichtende warmtestralen invielen, deze meer gediffundeerd werden dan donkere. Was de plaat met roet bedekt, dan werden beide in gelijke mate gediffundeerd. Vergeleek hij platen, met roet bekleed, met die, welke met loodwit waren bekleed, dan diffundeerden de laatste alle warmtestralen sterker.

Het meest trad dit verschil op bij de lichtende warmtestralen, die, wanneer zij op loodwit vielen, veel sterker gediffundeerd werden, dan wanneer zij op roet geworpen werden.

Bij donkere warmte was dit verschil minder groot. DE LA PROVOSTAYE en DESAINS bevestigden de resultaten door MELLONI verkregen. Zij vonden, dat, hoe donkerder de stoffen gekleurd zijn, hoe minder zij de warmte diffundeeren. Loodwit heeft een sterker diffusievermogen dan vermiljoen, dat eene donkerder kleur bezit.

Wordt een lichaam, dat een bepaalden warmtegraad bezit, in eene omgeving gebracht, waarvan de temperatuur lager is dan die, welke het zelf bezit, dan zendt het warmte uit totdat de temperatuur gelijk is aan die van het medium, waarin het zich bevindt. Zoo als NEWTON bewezen heeft, is de snelheid van de afkoeling of van de verwarming van een lichaam evenredig aan het verschil van zijne temperatuur en van de omringende middenstof. Deze wet is echter alleen waar, als het verschil der beide media niet grooter is dan  $20^{\circ}$ . Bij deze afkoeling is de stof zelve, even als de kleur, van grooten invloed.

Twee gelijke oppervlakten, maar uit verschillende stof bestaande, stralen niet evenveel warmte uit, wanneer zij dezelfde temperatuur bezitten; met andere woorden: zij hebben niet hetzelfde uitstralingsvermogen. LESLIE onderzocht dit vermogen het eerst voor donkere warmte aan een cubus, waarvan een der oppervlakten zwart, eene tweede wit, de twee overigen gepolijst of met papier bedekt waren. Hij vond het uitstralingsvermogen van roet even groot als van wit papier, en het grootst van alle stoffen, die hij onderzocht. MELLONI nam met den multiplicator, onder dat van vele stoffen, ook het uitstralingsvermogen van loodwit en roet voor donkere warmtestralen waar, en hij vond, dat dit zeer groot was. DE LA PROVOSTAYE en DESAINS vergeleken het uitstralingsvermogen van roet met dat van metalen, en bemerkten, dat het laatste veel geringer was, dan men vóór hen had aangenomen. Een koperen plaat van eene bepaalde grootte straalt twintig maal minder warmte uit, dan eene dergelijke met rookzwart bedekt en tot dezelfde temperatuur gebracht. Deze verhouding van het uitstralingsvermogen geldt alleen voor warmte niet boven  $100^{\circ}$ . Bij hoogere warmtegraden ( $500^{\circ}$ ) is het uitstralingsvermogen van bovengenoemde stoffen wederom anders.

Een gewichtig feit, door LESLIE, met betrekking tot het uitstralingsvermogen, aan het licht gebracht, moeten wij nog vermelden. Hij zag dat men de hoeveelheid warmte, die eene metalen oppervlakte uitstraalt, kan vergrooten door deze met eene laag vernis te bedekken. Eene tweede laag vermeerdert dit nog, maar niet zooveel als de eerste, en

zoo gaat het voort, totdat de dikte van de vernislaag 0,025 mm. bedraagt. Van deze dikte af heeft een grooter aantal vernislagen geen invloed meer. MELLONI en KNOBLAUCH vonden dit feit bevestigd. Het bewijst, dat de stralende warmte van eene zekere diepte onder de oppervlakte uitgaat, zooals FOURIER had aangenomen. Wanneer de dikte van de laag vernis zeer gering is, dan gaan de stralen van het metaal, onder het vernis gelegen, uit, en te gelijker tijd ook van het vernislaagje zelve. Hoe dikker dit is, hoe minder deeltjes metaal er zijn, die stralen naar buiten uitzenden. Daar nu het warmtestralingsvermogen van metaal kleiner is dan van vernis, is het gemakkelijk te begrijpen, dat de hoeveelheid uitgestraalde warmte zoo lang zal toenemen, totdat de dikte van het vernislaagje zoo groot is, dat al de stralen, die van het metaal afkomstig zijn, opgeslorpt worden. Van dat oogenblik af zal de uitstraling dezelfde blijven.

Het uitstralingsvermogen der gassen is zeer gering. De bijna onzichtbare waterstofvlam, die zulk eene hitte bezit, dat men er platina in kan smelten, oefent door hare straling nauwelijks eenigen invloed op de thermo-elektrische zuil uit. Vlammen, die een grooter warmtestralingsvermogen bezitten, zooals de vlam van een kaars of lamp, zijn dit aan de gloeiende kooldeeltjes, welke er in zweven, verschuldigd.

Wanneer een warmtestraal een lichaam treft, wordt er een gedeelte van teruggekaatst, een ander gedeelte gaat er door heen. Een gedeelte echter blijft in het lichaam aanwezig, wordt er door opgeslorpt, en het resultaat hiervan is dat het lichaam verwarmd wordt. Deze opgeslorpte warmte plant zich slechts zeer langzaam voort, het is geen stralende warmte meer. Het aldus verwarmde lichaam geeft op zijne beurt warmte af en verliest door straling weder de opgenomen warmte, maar er bestaat volstrekt geen verhouding tusschen den aard en het wezen van de stralende warmte die zij ontvangt en weder afgeeft. Vallen er lichtende warmtestralen op, dan worden er toch dikwijls donkere warmtestralen afgegeven.

Het vermogen, dat lichamen bezitten om zekere warmtestralen op te nemen, en dat opslorplingsvermogen genoemd wordt, verschilt zeer, naarmate de lichamen aan donkere of aan lichtende warmte zijn blootgesteld.

Reeds LESLIE verrichtte hieromtrent proeven, terwijl MELLONI ze met behulp van den thermomultiplicator ten uitvoer bracht. Beider onderzoek was, wat betreft de vergelijking van het absorptievermogen van de stoffen, vergeleken met dat van lampzwart, gebrekkig. Met

betrekking tot de wijziging van het absorptievermogen, naarmate de stoffen aan lichte of donkere warmte zijn blootgesteld, vonden zij echter zeer bruikbare resultaten. Om van twee stoffen slechts te spreken, zoo vond MELLONI dat lampzwart evenveel donkere als lichtende warmte absorbeert, loodwit daarentegen veel meer van donkere dan van lichtende warmtestralen.

Eindelijk hebben DE LA PROVOSTAYE en DESAINS door een uitstekend onderzoek het absorptievermogen van verschillende stoffen in verhouding tot elkander nagegaan. Zij volgden bij hun onderzoek eene andere methode, en hebben uit de snelheid, waarmede thermometers, waarvan de bollen met verschillende stoffen bedekt waren, afkoelden, het absorptievermogen van een groot aantal stoffen getracht op te maken. Zij bepaalden het voor zonlicht en voor kunstlicht. Zij vonden voor rookzwart bij zonlicht een absorptievermogen van 100 proc., bij kunstlicht eveneens, voor loodwit bij zonlicht 9, bij kunstlicht 21 proc.

Indien dus op eene met rookzwart bedekte stof eene zekere hoeveelheid stralende warmte valt, dan zal die, om het even of zij van zonlicht of kunstlicht afkomstig is, in haar geheel worden opgeslorpt. Van de warmtestralen die op een met loodwit bedekt lichaam vallen, zullen als zij van de zon afkomstig zijn, slechts 9 proc. worden opgeslorpt, zijn zij dit van kunstlicht 21 proc.

De laatste onderzoekingen van TYNDALL hebben bewezen, dat verschillende gassen en dampen een absorptievermogen, althans voor donkere warmtestralen, bezitten. Vooral aan den waterdamp kent hij dit vermogen toe. De wijze waarop hij zijne proeven inrichtte was zeer eenvoudig. Hij liet namelijk een warmtestraal eerst dóór een buis met lucht gevuld en vervolgens door een met waterdamp heengaan. In beide gevallen nam hij de afwijking der naald waar; in het laatste was de afwijking veel geringer.

MAGNUS bracht tegen deze proeven in het midden, dat zich tegen de platen steenzout, waarmede de buis is afgesloten, een laag vocht aanslaat, en de uitkomsten van TYNDALL een te hoog cijfer opleveren. Wel zou volgens hem de warmte-absorptie van vochtige lucht grooter zijn dan van drooge, maar niet zoo veel als TYNDALL meent. Deze heeft echter de door MAGNUS geopperde bezwaren, met behulp van nieuwe proefnemingen, beantwoord op eene wijze, welke ten sterkste pleit voor de juistheid zijner meening.



MASSON en COURTÉPÉE hebben aangetoond, dat, wanneer zij stoffen in zeer fijn verdeelden toestand en die in eigenschappen en kleur zeer verschillen, met een weinig gom op een metalen plaat bevestigden, het absorptievermogen gelijk wordt, en overeenkomt met dat van roet. In de hoofdzaak is het dus de fijne verdeeldheid der stof, die het absorptievermogen bepaalt.

Stoffen in poedervorm absorbeeren de warmte het sterkst en stralen haar het best uit. Stoffen met eene gladde oppervlakte, in het bijzonder metalen, bezitten het geringste opslorpend en uitstralend vermogen. De onderzoekingen van LESLIE hebben bewezen, dat de stoffen even sterk warmte opslorpen als uitstralen. Dit blijkt duidelijk uit eene eenvoudige proef van RITCHIE. Wanneer men aan den thermometer van LESLIE twee trommels bevestigt, tusschen deze twee trommels een kubus, met water van 100° gevuld, op gelijken afstand van beide plaatst, de eene zijde van den kubus met lampzwart voorziet, de zijde van den trommel hier tegenover blank laat, terwijl men omgekeerd de andere zijde van den kubus blank laat, die van den trommel hier na toe gekeerd met lampzwart bedekt, dan zal de stand van den thermometer niet veranderen. Van de zwarte zijde van den kubus straalt veel uit, maar door het metaal daartegenover wordt weinig opgenomen. Van de metalen zijde van den kubus straalt weinig uit, door de zwarte daartegenover van den thermometer wordt alles opgenomen. Hierdoor staat het vocht in beide armen van den differentiaal-thermometer even hoog.

Na de uiteenzetting der wetten der stralende warmte, willen wij nog kortelijk vermelden, van welk gewicht deze kracht voor de huishouding der geheele natuur is, en welke toepassingen, zoowel voor het dagelijksche leven als voor andere doeleinden, hiervan gemaakt zijn.

Voor den dampkring waarin wij leven, is de zon de eenige warmtebron, en daar hare warmte de ruimte tusschen de planeten heeft doorloopen, komt zij tot ons als stralende warmte.

Maar behalve de warmte, die zij aan den atmosfeer mededeelt, verwarmt de zon door hare straling ook nog alle vaste en vloeibare lichamen, die zich aan de oppervlakte van de aarde bevinden. Deze verwarming, onmiddellijk door de stralen der zon voortgebracht, is onafhankelijk van de temperatuur van de lucht. Zij verandert met de hoogte van de zon boven den horizon. De verwarming zal aanzienlijker

zijn in de landen, waar deze dichter bij het zenith, dat wil zeggen, meer loodrecht boven de oppervlakte van de plaats staat.

De atmosfeer vormt om de aarde een laag, waarvan men de dikte op 100 kilometers heeft geschat. Aan den equator doordringen de stralen, wanneer de zon in het zenith staat, deze luchtlaag in loodrechte richting, en komen langs den kortsten weg op de aarde. Maar het is duidelijk, dat zij op dien weg zooveel warmte verliezen, als verbruikt wordt om de lucht te verwarmen waardoor zij heengaan, en naarmate de zon naar den horizon daalt, moeten de stralen eene grootere laag lucht doordringen en worden des te meer opgeslorpt. QUETELET heeft berekend, dat slechts twee derden van de warmte van de zon tot ons komen, wanneer zij in het zenith staat. Indien men dus aan de grens van den atmosfeer een thermometer kon plaatsen, dan zou die een derde warmte meer aangeven dan wanneer hij zich in de onderste luchtlaag bevond. PUILLET heeft op grond van proeven, die hij met zijn heliometer nam, de hoeveelheid warmte berekend, die de aarde gedurende een jaar van de zon ontvangt. Hij vond dat, indien deze warmte gelijkelijk op alle punten van de aarde verdeeld was, en, zonder dat er iets van verloren ging, gebruikt werd om ijs te smelten, zij in staat zoude zijn een korst ijs te ontdooien, die de geheele aarde omgaf en die eene dikte van 30,89 meters zoude bezitten. Deze ontzaglijke hoeveelheid stralende warmte door de zon aan de aarde toegezonden, is de eenige bron van de warmte van sommige klimaten, waarop de inwendige warmte van de aarde geen invloed kan uitoefenen, daar deze volgens de berekening van FOURIER nauwelijks  $\frac{1}{30}$  graad tot verwarming van den geheelen aardbol bijdraagt.

Voor het organische leven is de stralende warmte der zon van het hoogste belang. De dieren hebben eene bepaalde hoeveelheid warmte noodig om hunne functien te kunnen verrichten. Daalt de temperatuur onder zekere grenzen, dan worden de bewegingen traag, de dieren vallen in een staat van verdooving, en, zoo de temperatuur steeds lager wordt, dan is de dood onvermijdelijk.

De dieren, die het vermogen bezitten hunne temperatuur constant te houden, de zoogdieren en vogels namelijk, kunnen aan eene lage temperatuur weerstand bieden; maar gedurende den slaap zijn zij genoodzaakt eene schuilplaats te zoeken, ten einde zooveel mogelijk hunne afkoeling tegen te gaan. Sommige dieren vervallen gedurende den winter in een toestand van slaap, de winterslaap, waarbij hunne betrekkingverrichtingen

geheel ophouden, en hunne stofwisseling op zeer lagen trap plaats heeft.

Evenmin als de dieren kunnen de planten de stralende warmte der zon ontbeeren, en hoewel vele soorten aan eene temperatuur van 0° weersstand bieden, kunnen zij toch bij eene lagere temperatuur niet groeien. Zij behoeven voor hunne ontwikkeling eene bepaalde hoeveelheid warmte, zooals BOUSSINGAULT heeft aangetoond, toen hij de teelt van dezelfde plant in verschillende luchtstreken onderzocht. Hij kwam tot dit belangrijk resultaat, dat het aantal dagen dat er tusschen het begin van den groei en de rijpheid gelegen is, des te grooter is, als de gemiddelde temperatuur waaronder de plant groeit lager is, en, dat door het aantal dagen met hunne gemiddelde temperatuur te vermenigvuldigen men een constant getal verkrijgt.

Hieruit volgt, dat de plant gedurende haar bestaan altijd dezelfde hoeveelheid warmte ontvangt, welke het klimaat ook is, waaronder zij groeit. Nieuwere onderzoekingen hebben geleerd, dat men meer moet letten op de warmte die van de zon uitstraalt, dan op de gemiddelde warmte van de plaats. Na zonsondergang, als de lucht rustig is en de hemel helder, koelt de geheele oppervlakte der aarde en de atmosfeer door uitstraling af. Tevens koelen de vaste lichamen meer af dan de lucht, omdat zij een grooter uitstralingsvermogen bezitten, en, zooals WELLS heeft aangetoond, krijgen zij zeer spoedig eene temperatuur, die 8, 10 of 12 graden lager kan zijn dan die van de lucht.

De aanwezigheid van wolken belet of vermindert alle uitstraling zeer, omdat de uitwisseling der warmte tusschen de lichamen en de wolken plaats heeft, waarvan de temperatuur hooger is dan die van de ruimte. De wind belet ze evenzeer, omdat de lichamen door de uitstraling afgekoeld maar door de aanraking van de lucht, die steeds vernieuwd wordt, verwarmd worden. De reiziger, die den nacht onder den blooten hemel moet doorbrengen, beschut zich tegen de nachtelijke uitstraling door tusschen hem en den hemel een tent te spannen, die hem als een schut beveiligt.

De dauw is een gevolg van de uitstraling gedurende den nacht. Deze laatste is ook de oorzaak van de voorjaarsvorsten, zoo nadeelig voor den plantengroei, omdat het water, in de jeugdige scheuten, in de knoppen en in de bloesems, bevroest, waarbij hunne geheele structuur vernietigd wordt.

De daling der temperatuur, die na zonsondergang in de tropische

gewesten plaats heeft, waar het binnen een uur donker is, wordt door de nachtelijke uitstraling te weeg gebracht.

Wij hebben aangetoond, dat glas de donkere warmte bijna niet doorlaat, daarentegen wel de lichtende warmte. Dit verklaart de werking van de glazen klokken, die de tuinlieden op de planten plaatsen, welke zij spoedig willen doen ontwikkelen. De stralen der zon gaan door het glas heen, verwarmen aarde en plant, die op hare beurt donkere warmte uitstralen welke niet door het glas heen gaat, zoodat alles wat onder de klok geplaatst is eene hoogere temperatuur blijft behouden dan de aarde die niet daarmede bedekt is.

SAUSSURE bracht met behulp van een zwart geverwde houten doos, die met verscheidene glazen platen bedekt was, eene warmte te weeg, welke die van kokend water overtrof. JOHN HERSCHEL vermeldt in zijn geschrift over de astronomische waarnemingen door hem aan de kaap de Goede Hoop verricht, ook een gastronomisch feit, namelijk, dat het hem in een dergelijken toestel als die van SAUSSURE gelukt was, met behulp der zonnestrallen, een geheel maaltijd gereed te maken.

Sedert eenige jaren worden er vele gebouwen opgetrokken, getuige het Paleis van Volksvlijt te Amsterdam en de botermarkt te Utrecht, waarvan het bovenste gedeelte geheel met glas overdekt is. In dergelijke gebouwen is de hitte, als de zon schijnt, onverdragelijk, omdat alle zonnestrallen, die binnendringen, geabsorbeerd worden, en de verwarmde voorwerpen alleen donkere warmte uitstralen, die niet door het glas ontwijken kan. Het zijn ware broeikassen.

De feiten, die wij vermeld hebben omtrent de absorptie, de uitstraling, de terugkaatsing en diffusie der warmtestralen, zullen ons de beantwoording kunnen geven op de vraag: welke kleur van kleederen men kiezen moet om het best de zomerhitte te verdragen.

LESLIE spreekt als eene wet uit, dat witte stoffen minder warm worden dan zwarte, omdat zij een geringer opslorplingsvermogen bezitten. Dit is onjuist. MELLONI bewees, dat het absorptievermogen van roet en loodwit voor de warmtebronnen, die hij gebruikte, gelijk was. Toch is het waar, dat men de zomerhitte minder goed verdraagt met zwarte dan met witte kleederen. De oorzaak hiervan moet gezocht worden in het feit, dat het wit warmte diffundeert, het zwart niet. De witte stoffen werpen de warmte gedeeltelijk terug door ze te diffunderen; daarom verdraagt men, in het wit uitgedoscht, gemakkelijk den directen invloed der zonnestrallen. Om deze reden gaat ook wit linnen

het warmteverlies tegen. De warmtestralen, die van de huid uitgaan, worden naar binnen gediffundeerd en keeren naar het lichaam terug. Daarentegen is een zwart kleed frisch in de schaduw, omdat het zwart de warmtestralen zeer gemakkelijk naar buiten laat treden. De negers worden door de donkere kleur van hun huid in staat gesteld om de brandende hitte van het klimaat beter dan de blanke te kunnen verdragen; het aanzienlijk uitstralend vermogen van hun huid maakt dat zij veel warmte verliezen.

Daaruit zoude volgen, dat zij veel meer te lijden zouden hebben onder den onmiddellijken invloed der zonnestralen; maar dan bedekt zich hun huid met eene vetachtige stof, die een groot gedeelte van de warmte terugkaatst en het absorptievermogen wijzigt. De dieren in de poolstreken zijn wit van vacht, zoodat zij minder van hunne warmte verliezen. Het witte haar bezit een sterk verstrooiingsvermogen, en kaatst de warmtestralen van de huid naar binnen terug. Vele soorten krijgen in den winter eene andere kleur der huid dan in den zomer. De hazen bezitten in die streken witte vachten en roode oogen even als albinos. In Zwitserland en de Pyreneën bestaat een soort van patrijs, die 's winters geheel wit wordt, terwijl die zelfde dieren in meer gematigde luchtstreken niet van kleur veranderen.

Ross, de beroemde noordpoolreiziger, verhaalt, dat een kleine rat, die in de poolstreken leeft, *Mus arcticus*, toen dit dier bij eene koude van 40° op het dek van het schip werd geplaatst, in weinige uren geheel wit werd.

De witte kleur der sneeuw beschut de planten gedurende den winter. Strengere winters zonder sneeuw zijn voor het koren zeer nadeelig, en de witte kleur der sneeuw, met hare sponsachtige geaardheid, is inderdaad een beschutmiddel voor het koren; want indien men zwarte asch of kool er op werpt, dan bevrozen de planten onder de sneeuw. In sommige kantons van Zwitserland bestrooit men de sneeuw met zwarte aarde, om ze in het voorjaar spoediger te doen smelten. Dan dringen de stralen in de aarde, verwarmen haar, en de sneeuw smelt in aanraking met de verwarmde aarde. Eindelijk zijn in Afrika en in het oosten alle woningen met zeer dikke muren voorzien en wit geleverd, ten einde de warmtestralen der zon er minder in binnen zouden kunnen dringen.

Door de stralende warmte, die de zon met het licht naar de aarde zendt, is zij de hoofdbron, waaruit het organische leven hare krachten

put. Zonder haar zoude onze planeet eene anorganische massa zijn, ongeschikt voor levende schepslen ter bewoning.

Maar ook van de meeste krachten, die de verschillende natuurverschijnsels beheerschen, vermoedt de natuurkunde, dat de zon de oorsprong is, hoewel zij dit voor alle nog niet kan bewijzen. Dit bewijs, — er is niet aan te twijfelen — zal zij ook eenmaal leveren.

Groot — wat wij in dit opstel aanvoerden, moge het getuigen — is het aantal uitstekende natuurkundigen, die door hun onderzoek de wetenschap met nieuwe en belangrijke feiten verrijken. Zij kennen slechts één doel: de waarheid, één streven: voorwaarts!