

DE INVLOED VAN EEN LAGEN WARMTEGRAAD OP PLANTEN EN DIEREN,

IN VERBAND MET

HUN DOOD DOOR BEVRIEZING;

DOOR

D^r. P. Q. BRONDGEEST.

Geeft de natuur in het voorjaar en in den zomer ons den indruk van ontwikkeling en krachtig leven, de herfst en de winter doen ons onwillekeurig aan ouderdom en dood denken. En inderdaad! wanneer wij het oog slaan op de natuur in den wintertijd, welk een onderscheid met eenige maanden vroeger en later! De korst der aarde wordt hard en ondoordringbaar, de schitterende sneeuw bedekt haar als met een schoon en warm kleed, waardoor menige plant en dier aan een gewissen dood wordt onttrokken. De boomen en planten hebben hunne bladeren verloren en alleen het groen van dennen en sparren doet ons oog nog aangenaam aan. Het geheel is eentoonig bij gebrek aan leven en beweging. Van de dieren zijn vele naar warmere streken vertrokken, andere zijn in de aarde gekropen of hebben zich in het slijk begraven, totdat de stralen der voorjaarszon hen weder wekken; andere wederom hebben een meer behaarde, dikke huid verkregen, waarmede zij de koude beter zullen kunnen trotseren, terwijl eindelijk eene groote menigte, vooral onder de insekten, na voor hun nageslacht gezorgd te hebben, voor altijd te gronde is gegaan.

En de mensch! Ook hij tracht door eene warmere kleeding, door verwarming zijner woningen, door wijziging in zijne voeding, niet alleen de onaangename werking van de koude lucht op zijne huid te voorkomen, maar ook in staat te zijn zijne werkzaamheden te verrigten. Hij verandert in vele opzigten zijne levenswijze. Zijne uitspanningen en vermaken zijn van eenen anderen aard, het verkeer onderling is minder levendig, alles onder den invloed eener lage temperatuur. Echter slechts in zekere mate bezitten de menschen en de dieren het vermogen om, niettegenstaande de lage temperatuur van de omringende lucht, eenen zoodanigen warmtegraad te behouden als voor hun leven noodzakelijk is. Daalt de temperatuur zeer laag, is de warmteafleiding grooter dan de warmteproductie, zoodat het dier bevriest, dan treedt de dood onvermijdelijk in.

Van de planten kunnen sommige eene lage temperatuur volstrekt niet verdragen, andere kunnen zonder nadeel bevrozen. In het algemeen hebben de nieuwste onderzoekingen over plantengeographie bewezen, dat het voorkomen en bestaan der planten, voor elke plantensoort, voornamelijk door de temperatuur bepaald wordt, die slechts binnen zeer enge grenzen kan afwisselen, zal zij niet te gronde gaan.

Geen grooter vijand vooral voor het dierlijk organisme dan de strenge koude, die, wanneer zij tot bevrozing leidt, tegelijkertijd het organisme te gronde rigt. Een gewichtig feit, wanneer men nagaat, welk een schade door dit bevrozen wordt teweeggebracht, en overwaardig er de oorzaken van te kennen, ten einde het zooveel mogelijk tegen te gaan.

Wie schetst u de wanhoop van de bevolking van eene geheele streek van het zuiden van Frankrijk, waarvan de grootste rijkdom in de vruchten van den olijfboom bestaat, toen zij, voor eenige jaren, door enkele nachtvorsten den geheelen oogst vernietigd zag, welke schade door betere voorzorgen misschien had kunnen worden voorkomen? Wie denkt niet met jammer aan de vele onzer landgenooten, die, door den eersten NAPOLEON over Rusland's sneeuwvlakten gesleept, letterlijk doodvroren en des te eerder, omdat zij bijna geen voedsel hadden; aan de vele noordpoolreizigers, die in het ijs en sneeuw hun graf vonden en waarvan velen misschien hadden kunnen gered worden, indien zij betere voorzorgen hadden genomen en de middelen hadden gekend om deze koude te trotseren? Wie leest daarentegen niet met onuitsprekelijk genoegen het reisverhaal van JOHN ROSS, die

op grond van wetenschappelijke ervaring zijne manschappen zoo goed verzorgde, dat hij gedurende een verblijf van twee jaren in de poolstreken van Noord-Amerika, waar het kwik in den thermometer dikwijls bevroor, alzoo eene temperatuur van -40° C. heerschte, geen enkelen zijner manschappen verloor?

Derhalve niet alleen uit een wetenschappelijk, maar ook uit een menschlievend en maatschappelijk oogpunt is het van gewigt, dat men met den nadeeligen invloed der lage temperaturen op planten en dieren bekend zij en men de oorzaak weet, waarom dikwijls de planten en altijd de dieren, wanneer zij bevroren, te gronde gaan.

Het is mijn voornemen in de volgende bladzijden den invloed van lage temperaturen op planten en dieren eenigzins nader uiteen te zetten, in verband met de oorzaken van hunnen dood door bevroren.

Veel beter dan de dieren kunnen vele onzer inheemsche en ook elders groeiende planten den invloed van lage temperaturen verdragen, hoewel zij geene middelen bezitten om hun organisme tegen dezen nadeeligen invloed te beveiligen. Zoo zien wij telkens, niettegenstaande den strengen winter, in het voorjaar vele onzer planten weder hare bladeren ontplooijen. Was dit niet het geval, konden vele planten geene lage temperatuur verdragen in het hooge noorden, evenals op de toppen der hooge bergen, dan zoude men allen plantengroei missen, en toch wie, die de bergen van Zwitserland bezocht, herinnert zich niet op de grens van een gletscher of sneeuwveld die prachtig gekleurde en schoone Alpenbloemen gezien en ze met onuitsprekelijk genoegen geplukt te hebben?

Zelfs te midden van het groote ijsmeer, Mer de Glace genaamd, aan de hellingen van den Montblanc is eene plek, die niet met sneeuw bedekt is, de Jardin geheeten, waar de reiziger in den zomer telkens eene menigte planten kan aanschouwen, die wel is waar niet welig en groot, echter met de sneeuw en ijsvlakten, die haar omringen, een merkwaardig contrast opleveren. Haar bestaan bewijst, dat zij strenge koude gedurende den winter kunnen verdragen en dat hare wortels, al zijn zij bevroren, toch kunnen herleven. Zij komen voor op eene hoogte van 2756 ellen boven de zee.

Eveneens komen op eene hoogte van 3050 ellen, 1760 ellen beneden den top van den Montblanc, die eene hoogte van 4810 ellen bezit, op de rotsen les Grands Mulets zichtbaar bloeiende planten voor. De beroemde reizigers SCHLAGINTWEIT vonden op de zuidelijke helling van den Mont Rosa, op 3158 ellen, 47 zichtbaar bloeiende plantensoorten, terwijl eindelijk MARTINS, SELLA en GASTALDI op den bergpas van den St. Theodule, die uit de vallei van Zermatt naar Italië voert, op eene hoogte van 3350 ellen, dertien verschillende soorten van zichtbaar bloeiende planten hebben geplukt. En deze planten verdragen eene temperatuur, die volgens de waarnemingen van DOLFUS-AUSSET, die op dezen bergpas van den 22sten Aug. tot den 3den Sept. 1865 vertoefde, in den zomer als maximum 6°,2 C. en als minimum — 16° C. bedraagt, derhalve een klimaat gelijk aan dat van Spitsbergen. Doch ook hier, waar, volgens de waarnemingen van den beroemden noordpoolreiziger SCORESBY, zulk eene koude heerscht, dat des winters het kwikzilver befrist, waar de temperatuur dikwijls — 20° C. — 30° C. bedraagt, den 18den April 1810 nog eene koude van — 17°,8 C. en den 13den Mei 1814 nog eene van — 18°,9 C. door hem werd ondervonden, worden nog zichtbaar bloeiende planten aangetroffen, volgens MARTINS 93 soorten, waaronder de *Cochleria fenestrata*, eene soort van lepelblad, de eenige eetbare is, die den reizigers als middel tegen de scorbuut groote diensten bewijst. Het is een merkwaardig feit, vooral door de onderzoekingen en reizen van MARTINS aan het licht gebracht, dat, hoe hooger op de bergen men in Europa op de verschillende zoo even vermelde punten den plantengroei nagaat, men ook gewaar wordt, dat hij met die van meer noordelijk gelegen streken overeenkomt. Van de plantensoorten, die op den Jardin voorkomen, groeijen er 28 pCt. in Lapland. Het is als het ware eene Laplandsche flora; slechts 6 pCt. komen er van op Spitsbergen voor. Op de Grands Mulets, 300 voet hooger gelegen, waar het derhalve nog kouder is, komen reeds 21 pCt. Spitsbergsche en slechts eene soort, die ook in Lapland groeit, voor; op den mont Rosa 21 pCt. Spitsbergsche en op den col St. Theodule, derhalve het hoogste punt, dat te dien opzichte onderzocht is, 23 pCt. Spitsbergsche, terwijl daar geen enkele plant uit Lapland wordt aangetroffen. Dezelfde planten, die op de hoogste toppen der Europeesche alpen voorkomen, groeijen in het hooge noorden aan het strand der zee, wel een bewijs, dat het hoofdzakelijk de temperatuur is, die de geographische verspreiding der planten bepaalt. Soms ziet men op de hooge bergen van Zwitserland de

sneeuw over eene groote uitgebreidheid rood gekleurd. Deze zoogenaamde roode sneeuw, waarover vele onderzoekingen in het werk zijn gesteld, wordt teweeggebracht door een alge, een zeer laag georganiseerd plantje (*Protococcus nivalis*), dat eene roode kleur bezit en zich op de sneeuw ontwikkelt.

Aan het hier medegedeelde knoopt zich onmiddellijk de vraag aan: zijn dan de planten, die aan zulk eene lage temperatuur zijn blootgesteld, wezenlijk bevroren en is dit het geval, kan dan toch de plant, als haar meerdere warmte in den zomer wordt toegedeeld, weder ontluiken? Kunnen planten bij eene temperatuur van -16° nog leven, wat mag dan toch de oorzaak zijn, dat bij ons in het najaar en in het voorjaar, bij veel minder lage temperatuur, zoo menig gewas te gronde gaat en den landbouwer en boomkweeker zoo veel schade wordt toegebracht en dat wel door eene enkele nachtvorst?

Reeds terstond moeten wij als eene algemeene eigenschap der planten op den voorgrond plaatsen, dat niet alle soorten eene zoo lage temperatuur kunnen verdragen, maar dat voor elke soort bepaalde grenzen der temperatuur bestaan, waartusschen alleen haar leven mogelijk is.

Deze plant zal reeds bij eene temperatuur van 8° C. sterven, eene andere zal nog eene van -6° C. kunnen verdragen. Deze groeit welig bij eene temperatuur van 20° C., terwijl dan reeds eene andere verdort. Het zijn dan ook slechts weinige plantensoorten, die op de Alpentoppen en op Spitsbergen leven, weinig ontwikkelde, die niet veel zon noodig hebben en het zal niemand invallen om daar beuken en eiken te kweken; want door de koude zouden deze boomen niet kunnen leven. Ja reeds hieruit blijkt, dat de koude, mogt zij de planten niet doodden, een krachtigen groei voor haar onmogelijk maakt, dat dezelfde boomsoorten, die bij ons welig groeijen en ook in het noorden voorkomen, daar echter als struiken worden aangetroffen. De wilg, die bij ons als *Salix alba* zich krachtig ontwikkelt, komt in Lapland als een struik, *Salix arbuscula*, *Salix Lapponum*, voor. Het schijnt hiermede te gaan als met den mensch. De grootste Laplanders of Esquimaux zijn, vergeleken met den krachtigen afstammeling van den Batavier, slechts dwergen, evenals zijne boomen met de onze vergeleken slechts struiken zijn.

Uit het voorkomen van de planten op de Alpentoppen en in het hooge noorden is dus reeds het bewijs geleverd, dat zij strenge koude kunnen weerstaan. Om dit te verklaren, heeft men nog in het begin

dezer eeuw beweerd, dat zij eigene warmte ontwikkelen, voldoende om hare temperatuur boven die van de lucht te verheffen en dat deze planten of hare wortels niet bevroren. Vooral HUNTER, SCHOPFF, HERMSTÄDT verdedigden deze zienswijze. De eigen warmte der planten is echter zoo gering, dat zij ontoereikend is om het bevrozen tegen te gaan. Wel zijn; wanneer de vorst invalt, de boomen gedurende de eerste dagen warmer dan de lucht, omdat door de bast en de schors, beiden slechte warmtegeleiders, de snelle afkoeling wordt tegengegaan, maar ten slotte zullen zij toch na eenige dagen tot in hun binnenste zijn afgekoeld. SCHÜBLER, prof. in Erlangen, heeft echter in 1826 en 1828 proefondervindelijk aangetoond, dat boomen tot in hun binnenste toe eene temperatuur onder 0° kunnen aannemen, derhalve kunnen bevrozen, zonder te sterven. In 1826 bleef de temperatuur der lucht zelfs in den middag drie weken lang onder het vriespunt. Thermometers in de boomen ingebracht wezen steeds een' stand onder 0° aan, meermalen zelfs van -5° tot -7° Reamur. Eens zelfs vond hij het inwendige van iepen- en sparrenboomen tot op -18° R. afgekoeld, zonder dat de boomen hiervan nadeel ondervonden. Het hout van bevroren boomen is, zooals reeds DUHAMEL in het jaar 1789 had opgemerkt, bijna niet door te zagen of door te hakken, een bewijs, dat de sappen in de boomen geheel stijf worden.

Tegen dit bevrozen der plantensappen als bewijs, dat het binnenste der boomen bevrozen kan, voerde men aan; dat dit het gevolg der proefneming was, dat dit namelijk plaats heeft op het oogenblik dat het inwendige van den boom met de buitenlucht in aanraking komt. Door eene zeer belangrijke waarneming bewees SCHÜBLER ook de onjuistheid van dit beweren. Toen namelijk aan het einde van de vorst, die in Jan. 1826 drie weken geduurd had, de dooi plotseling inviel en de temperatuur der lucht $+2^{\circ}$ R. bedroeg, nadat zij daags te voren -14° R. was geweest, onderzocht hij de temperatuur van verscheidene boomen. De oppervlakte van boomen met eene gladde schors (zooals esch en walnoot) bedekte zich met witte rijp bij den aanvang van den dooi, een bewijs, dat de temperatuur der boomen lager was dan die der omringende lucht, en de thermometer in een populier gebragt wees eene temperatuur van $1,5$ Reamur onder het vriespunt aan, niettegenstaande die der lucht $+2^{\circ}$ R. bedroeg. Toen de boomen werden omgehouden, bleken zij alle tot op zekere diepte in concentrische ringen bevroren te zijn, vooral het buitenste, levende en werk-

zame hout. En echter bleven de boomen voortgroeijen en kregen zij in het voorjaar weder bladeren.

Wat wij dus bij onze beschouwingen omtrent den plantengroei op de Alpentoppen en in het hooge noorden reeds vermeldden, blijkt, proefondervindelijk getoetst, waar te zijn: sommige planten bevroren en toch sterven zij niet. Ook de wortels bevroren zonder dat de plant daarom te gronde gaat, hetgeen nog door eene belangrijke mededeeling van CHARPENTIER bewezen wordt. Deze zag op een stuk grond van de Mer de Glace, den grooten gletscher, die in het dal van Chamounix voortdringt en op eene hoogte van 4700 voet gelegen is, welke grond van 1817—1822, dus gedurende vier jaar, door het ijs van dezen gletscher was bedekt geweest, groote weilanden van Alpenklaver (*Trifolium alpinum*) en andere planten (*Geum montanum*, *Cerastium latifolium*) welig groeijen. De groote wortelstokken van den Alpenklaver toonden duidelijk aan, dat, voordat de gletscher zich over dezen bodem had heengeschoven, deze planten daar reeds gestaan hadden, terwijl de koude haar tegen verrotting had gevrijwaard. Merkwaardig feit! De lage temperatuur, die op Spitsbergen, op den Montblanc, op den Mont Rosa voor de planten zulk een korten bloeitijd mogelijk maakt, bewaart echter in den winter het leven in de wortels en maakt in deze verlaten streken nog eenigen plantengroei mogelijk. Zoo vindt in den winter het rendier in Lapland nog voedsel, en zoo laat het zich begrijpen, dat op de hoogste toppen der Alpen, op den Faulhorn, Montblanc en Mont Rosa nog een klein zoogdier gevonden wordt, de *Arvicola nivalis*, die zelfs in den winter den winterslaap ontbeert en zich met de wortels der planten voedt.

Vele planten blijven dus, niettegenstaande zij bevroren, in het leven en ontluiken weder in het voorjaar. Toch neemt men na sommige voorjaars- of najaarsvorsten en plotseling daarop invallenden dooi waar, dat de eenmaal bevroren bladeren niet meer ontdooijen, maar afvallen en verdorren en hiermede dikwijls een afsterven van de geheele plant gepaard gaat. Dit verschijnsel is het zoogenaamde doodvriezen der planten, een verschijnsel, dat dikwijls onberekenbare schade heeft aangerigt en geheele streken in ellende en gebrek gedompeld heeft. De lage temperatuur kan dus ook nadeelig op de planten inwerken en zij kan zich in hare schadelijke werking uiten, hetzij doordat de geheele plant, na vooraf te zijn bevroren geweest, bij dooiweder te gronde gaat, of dat zij vernietigd wordt op eene mechanische wijze,

door het ontstaan van scheuren en barsten, ten gevolge van zamentrekking en inkrimping van eenige deelen.

Ook kunnen eenige planten, wier nulpunt boven het vriespunt gelegen is, alleen door groote afwijking der temperatuur sterven, een verschijnsel, dat men dikwijls bij planten uit warme gewesten, die bij ons gekweekt worden, ziet plaats hebben.

Deze schadelijke werkingen der lage temperaturen, die het doodvriezen en te gronde gaan der planten veroorzaken, willen wij kortelijk in hare verschijnsels nagaan.

Bij het bevrozen der planten vertoonen de bladeren eene meer gele kleur. Zij worden doorschijnender en meer glasachtig van aanzien. Zij naderen meer tot den stengel der plant, die dikwijls zoo broos wordt, dat de verschillende gedeelten bij de minste aanraking afbreken. Men vindt bij doorsnijding dikwijls glinsterende ijskristallen, zooals, behalve door GÖPFERT, onlangs nog door MARTINS in den Hortus te Montpellier aan planten, die in Amerika en Afrika 't huis behooren, is waargenomen. Deze zag onder de opperhuid van de *Agave Americana*, eene plant, die op de hoogvlakten van Mexico groeit en in een zeer korten tijd een prachtige bloemstengel ontwikkelt, eene menigte ijskristallen en eveneens onder die van de Barbarijsche vijg (*Opuntia ficus Indica*).

Is de plant door de koude niet beschadigd, dan verkrijgt zij bij het ontdooijen weder haren normalen toestand. De bladeren rigten zich weder op en worden stijf. Dit is onder anderen ook door dr. RAUWENHOFF waargenomen bij een *Helleborus niger* in den plantentuin te Rotterdam, die in December in vollen bloei stond, toen het plotseling ging vriezen. De bladeren en bloemen werden stijf bevroren en zoo hard als hout. Toen kort daarna de dooi inviel, ontdooiden ook de plant, de bladeren werden weder slap en bleven ongedceerd, de bloemen verwelkten niet en de knoppen ontplooiden zich regelmatig. Is echter de plant doodgevroren, dan hebben er andere merkwaardige verschijnsels plaats. De kleur wordt dan bij het ontdooijen lichtgroen en veel doorschijnender, evenals men waarneemt, wanneer een blad in kokend water gedompeld wordt en men het er terstond weder uitneemt. Dit doorschijnend worden is vooral zeer schoon bij bevroren komkommers waar te nemen en moet, volgens SACS, worden toegeschreven aan het ontwijken van lucht uit de tusschenruimten van het blad en de vrucht en het in plaats treden van water, waardoor de bladeren eene meer homogene doorschijnende massa worden.

De doodgevroren bladeren worden niet meer stijf, maar blijven langs den stengel neerhangen. GÖPPERT, aan wien wij voornamelijk onze kennis omtrent het doodvriezen van planten verschuldigd zijn, heeft daarenboven dit gewigtig verschijnsel aan het licht gebragt, dat doodgevroren planten eene groote hoeveelheid water verliezen, waardoor zij aanmerkelijk ligter worden.

Vroeger meende men, dat de oorzaak dezer verschijnsels gelegen was in de uitzetting, die het water ondergaat bij bevroren, dat, zooals wij weten bij 4° C. zijne grootste digtheid heeft en van dit punt af zich met groote kracht uitzet. Zoo zal een met water gevulde goed gesloten ijzeren kogel bij bevroren uiteenbarsten. In de plantendeelen, aldus redeneerde men, die in de hoofdzaak uit kleine, met water gevulde ruimten bestaan, worden tengevolge van het uitzetten van het water de celwanden verscheurd en treedt dit tusschen de met lucht gevulde ruimten, waardoor de bladeren doorschijnender worden en het water, niet meer binnen cellen besloten, gemakkelijk kan verdampen. GÖPPERT en SACHS hebben echter bewezen, dat deze verklaring ontoereikend is en niet juist. De eerste, die naauwkeurig verschillende bevroren plantendeelen onderzocht, bemerkte, dat de cellen geheel ongeschonden bleven, ja zelfs, toen hij onder het mikroskoop doorschijnende plantendeelen liet bevroren, nam hij noch van bersten, noch van uitzetten iets waar. Wel zag hij in de cellen kleine ijskristalletjes optreden, maar overigens bleven zij geheel gaaf. Volgens SACHS is de verklaring van het slapper en ligter worden van bevroren planten bij ontdooijen de volgende. De plantencellen, die met een elastisch vliesje omgeven zijn en met vocht gevuld, worden door het bevrorende water uitgezet; hierdoor wordt de celwand uitgerekt en verliest te gelijker tijd, daar de physische toestand verandert, het vermogen om de vloeistof tegen te houden.

Het water zal dus uit de cellen in de tusschenruimten, die zich hiertusschen bevinden, dringen, en eenmaal buiten de cellen geraakt, gemakkelijker verdampen, waardoor de plantendeelen bij het ontdooijen ligter worden. Maar de vliesjes zijn bovenmatig uitgezet, zij zullen zich gedeeltelijk terugtrekken. Daar echter het vocht uit de cellen is verdwenen, zullen zij eene kleinere ruimte innemen, eene meer kogelvormige in plaats van eene veelhoekige gedaante verkrijgen, niet meer zoo naauwkeurig aan elkander sluiten en de geheele massa, onder de opperhuid gelegen, geen stijf en aaneengesloten geheel meer vormen.

De bladeren zullen slap worden en de stijfheid van het geheel verloren gaan.

Deze verklaring van SACHS is in de hoofdzaken juist. Echter is zij in zooverre ontoereikend, dat zij geen reden geeft, door welke oorzaak het vocht buiten de cellen treedt, daar toch de celwanden geene waarneembare openingen bezitten.

Wat de oorzaken van het doodvriezen zelf aangaat, in de eerste plaats komt als zoodanig in aanmerking het snel ontdooijen der planten, waarop reeds door DUHAMEL in zijn beroemd werk *Physique des arbres* is opmerkzaam gemaakt. Hij wijst er op, dat nooit de vorst zooveel schade aanrigt, dan wanneer de dooi al te snel intreedt. Eene tamelijk felle koude schaadt de planten niet, wanneer het ijs langzaam smelt, in water zich omzet, voordat de zon doorkomt. Schijnt echter de zon op bevroren plantendeelen, dan worden de jonge scheuten terstond zwart en binnen minder dan twee uur zijn zij verdroogd. En inderdaad, hoe dikwijls nemen wij dit verschijnsel bij de zoo gevreesde nachtvorsten in herfst en lente waar. Wanneer in Mei of October de temperatuur des nachts tot 0° daalt en nu des morgens de zon op de naar het oosten gekeerde gedeelten der plant hare stralen werpt, zien wij binnen weinige oogenblikken de bladeren verdorren en afvallen, de bloesems der vruchtboomen vernietigd worden, ja zelfs vele boomen voor altijd afsterven.

De planten kunnen geene plotselinge afwisseling van temperatuur verdragen. Wanneer door begieten met water, waardoor de snelle verwarming wordt tegengegaan, men ze hiervoor beschut, vriezen zij, zooals door GÖPPER en SACHS is aangetoond, niet zoo gemakkelijk dood. Van sommige planten zijn de bladeren zoo gevoelig, dat de enkele aanraking, gedurende eenige seconden, met de vingers, wanneer de planten bevroren zijn, aanstonds een vorstvlek doet ontstaan, zooals door SACHS bij de bladeren van tabak, boonen en komkommers is aangetoond.

Door dr. BANNER, in Kiew, is daarenboven nog een zeer belangrijk feit waargenomen. Bij eene koude van — 27° R. zag hij, terwijl er sneeuw lag, dat vele vruchtboomen aan den stam eene rotte plek bekwamen, tengevolge van de terugkaatsing van de zonnestrallen op de sneeuw, waardoor de stam eensklaps verwarmd werd. De meeste dezer boomen kregen in het voorjaar nog bladeren, maar stierven kort daarop.

De herhaalde afwisseling van hooge en lage temperaturen draagt insgelijks tot het doodvriezen der planten bij. Ook dit heeft GÖPPER proefonder-

vindelijk bewezen. Hij bragt namelijk eene plant, de *Euphorbia latyris*, die in Dec. 1828 geheel stijf bevroren was, uit eene temperatuur van -4° C. plotseling in eene van $+18^{\circ}$ C. De plant ontdooide en de bladeren kregen hunnen vroegeren stand terug. Na dit viermaal herhaald te hebben, stierf zij geheel af, evenals vele andere planten, die hij aan dezelfde proefneming onderwierp. Buiten in de lucht konden zij, geheel ongedekt, eene veel grootere koude verdragen, maar de herhaalde afwisseling van warmte en koude deed haar te gronde gaan. De koude op zich zelve schijnt voor de planten dus niet nadeelig te zijn, maar bij het bevroren of ontdooijen, juist wanneer de plant aan de grootste afwisseling is blootgesteld, bestaat de meeste kans, dat zij zal doodvriezen. Afwisseling kan zij niet verdragen, maar wel eene aanhoudende strenge koude.

Behalve door de plotselinge afwisseling kan de koude de planten dooden tengevolge van mechanische inwerkingen, die zij in het leven roept en die de plant kunnen vernietigen. Menigmaal hoort men te midden van eene strenge vorst de boomen een sterken knal geven. Onderzoekt men dan den bast naauwkeurig, dan zal men waarnemen, dat er zoogenaamde vriesbarsten, spleten en scheuren zijn ontstaan, die de boomen misvormen en hunne handelswaarde verminderen. De oorzaak is gelegen in de slechte warmtegeleiding van het hout, vooral in de dwarsche rigting. Valt er plotseling een sterke vorst in, dan krimpt alleen de schors en de buitenste houtlaag, het zoogenaamde spint, in. Zij worden met betrekking tot het binnenste te klein en hetzelfde heeft plaats, wanneer het binnenste zich plotseling had uitgezet, namelijk de schors en de spint barsten op verscheiden plaatsen in overlansche spleten open.

Vooraf heeft CASPARY, prof. aan de kweekschool te Berlijn, dit verschijnsel naauwkeurig nagegaan en de meeste kennis omtrent de oorzaken van dit verschijnsel zijn wij aan hem verschuldigd. Hij toont aan, dat de barsten meestal ontstaan op beschadigde plaatsen van den bast, tengevolge van insnijdingen, steken van insecten en andere oorzaken, en het is niet vreemd om boomen, in wier bast diepe en groote letters zijn ingesneden, door het ontstaan van vriesbarsten zeer misvormd te zien. Ook kunnen zij, wanneer het bij jonge boomen geschiedt, aanleiding geven tot een kwijnenden groei en tot afsterven.

Eindelijk zijn er vele planten, die reeds bij eene temperatuur boven 0° te gronde gaan en wier bladeren, evenals bij het bevroren, slap

worden. Dit heeft vooral plaats bij gewassen uit warme gewesten afkomstig, die bij ons in de open lucht gekweekt worden. Voor verschillende planten is deze temperatuur niet even laag, maar verschilt in dit opzigt aanmerkelijk.

GÖPPERT en SACHS hebben insgelijks getracht de oorzaken hiervan op te sporen en de laatste verklaart het verschijnsel op de volgende wijze. De vreemde planten gaan bij de laagste temperatuur, waarbij haar leven nog mogelijk is, voort met water te verdampen aan de oppervlakte van hare bladeren. Daalt de temperatuur nog meer, dan heeft dit toch nog plaats, maar de wortels nemen dan geen water meer op uit den bodem. Het verdampende water wordt dus door geene nieuwe hoeveelheid meer aangevuld en het gevolg hiervan is, dat de plant uitdroogt en verdort. SCHUMACHER heeft aangetoond, dat het echter niet waarschijnlijk is, dat de wateropneming bij eene temperatuur van eenige graden boven nul geheel ophoudt, maar wel, dat zij zeer verminderd is, hetgeen echter voor de plant hetzelfde gevolg heeft, zoodat toch in de hoofdzaak de verklaring door SACHS gegeven voor juist moet worden gehouden.

Het spreekt van zelf, dat dezelfde plantensoort naarmate van verschillende omstandigheden niet altijd in denzelfden graad den nadeeligen invloed van de koude zal ondervinden. Het zoude ons te ver voeren, indien wij deze alle nog in het bijzonder wilden nagaan, kortom, men zal gemakkelijk inzien, dat naarmate van den verschillenden ontwikkelingsstoestand van de plant, naarmate van den bodem, de standplaats, de weersgesteldheid der voorafgaande weken, het klimaat van de landstreek, dezelfde plantensoort door denzelfden graad van koude niet op gelijke wijze zal worden aangedaan, maar hier eene plant zal te gronde gaan, waar eene van dezelfde soort, bij dezelfde lage temperatuur, nog kan leven.

Nog een woord over de middelen om de planten tegen de nadeelige invloeden der koude te beschutten.

Voor de boomen en gewassen is het, zooals wij gezien hebben, niet het blootgesteld zijn aan eene lage temperatuur, maar wel de overgang van temperatuur, derhalve het bevrozen en ontdooijen wat voor haar bestaan gevaarlijk is.

Derhalve niet voor de koude, maar wel voor de zonnestralen is het, dat in het voorjaar en in den winter de tuinman en boomkweekers hunne planten beschutten. Het doel, waarom men bij ons de stamrozen in stroo wikkelt, is niet zoo zeer om ze voor de koude te bewaren,

waartoe zulk een bekleedsel ontoereikend is, maar om te weeg te brengen, dat wanneer de temperatuur plotseling rijst, voor de plant met het slecht de warmte geleidende stroo de rijzing slechts langzaam plaats hebbe en vooral ook, opdat de zon ze bij vorst niet kunne beschijnen, hetgeen eene te schielijke verwarming van de plant tengevolge zoude hebben. De meeste planten gaan bij ons in het voorjaar te gronde, juist omdat zij door de nachtvorsten en de sterke uitstraling bij helderen hemel erg afgekoeld en dan weder eensklaps door de zon beschenen worden. De directeur van den Hortus te Bordeaux DU RIEU DE MAISONNEUVE bemerkte, dat van den *Chamaerops humilis*, de eenige palmsoort, die in het zuiden van Europa groeit en wiens vaderland Algerië is, een scheut bevroren was; terstond liet hij den boom met een deken overdekken, en de kostbare plant, voor de stralen der zon beschut, bleef in leven.

Vele planten gaan verder te gronde, omdat zij, als het gaat vriezen, nog niet genoegzaam ontwikkeld zijn en hare takken niet in zulken toestand verkeeren, dat zij hard en vast ook aan afkoeling meer weerstand kunnen bieden. De klaver, het winterkoren, tweejarige planten, sterven dikwijls, wanneer zij te laat gezaaid zijn en menige boom krijgt barsten en rotte plekken, omdat hij te laat in het najaar of te vroeg in het voorjaar gesnoeid is. Dit alles vermijde men zooveel mogelijk. Bij heesters en vruchtboomen drage men vooral zorg, dat de knoppen zoowel van de bladeren, als van de bloemen zich niet te vroeg in het voorjaar ontwikkelen. Men trachte hunnen groei tegen te houden, zoodat zij eerst te voorschijn komen, wanneer de nachtvorsten voorbij zijn, door ze dag en nacht te bedekken, waardoor de plotselinge verwarming door de zonnestralen vermeden wordt. In Lithauen worden volgens DOVE de vruchtboomen met eene laag bladeren bedekt, welke den grond koel houdt en het vroege uitloopen belet.

Voor de uitheemsche kleine gewassen, die reeds bij eene temperatuur van 0° dood kunnen vriezen, gebruikt men een middel, dat de sterke verdamping aan de oppervlakte tegengaat, hetgeen, zooals wij gezien hebben, meestal de oorzaak van hun afsterven is. Men bedekt ze namelijk met glazen en potten, waardoor de verdamping belet wordt en in overeenstemming gebragt wordt met het verminderde vermogen der wortels om water op te nemen.

Dit is echter alleen voor kleine planten aanwendbaar. Het bedekken met glazen klokken is ook een middel om de planten spoedig te doen

groeijen door ze veel warmte te doen toekomen. Het glas bezit de eigenschap om de lichtende warmtestralen zeer gemakkelijk door te laten, maar de donkere warmtestralen niet. Schijnt dus de zon op zulk een klok, dan zullen hare lichtende warmtestralen het plantje treffen. De donkere warmtestralen, die van het plantje uitgaan, zullen niet door het glas heengaan en de plant hierdoor met eene warme lucht omgeven zijn, die haar krachtig zal doen groeijen.

Wanneer wij derhalve in het kort de verhouding van de planten met betrekking tot de lage temperaturen willen schetsen, dan komt het hierop neêr. Elke plant heeft eene bepaalde temperatuur binnen zekere grenzen noodig, zal zij in het leven blijven. Voor sommigen is de temperatuur eene zeer lage, voor anderen is zij hooger. Zij is het, die hoofdzakelijk de geographische verspreiding der planten regelt. Koude of bevrozing is in het noorden en in onze streken geen oorzaak van vernietiging voor inheemsche planten, maar wel de plotselijke overgang, eensklapsche verwarming of afkoeling.

Doch wenden wij ons thans tot het dierenrijk en gaan wij na, welken invloed de lage temperaturen hierop uitoefenen.

Hebben wij gezien, dat de planten om welig te groeijen en om zich te ontwikkelen een zekeren warmtegraad noodig hebben, niet minder is dit het geval bij de dieren, de levende organismen met vrijwillige beweging. Deze onderscheiden zich echter in dit opzigt aanmerkelijk van de planten. Van deze kunnen door koude als anderzins gedeelten te gronde gaan zonder dat het geheel er veel nadeel van ondervindt. Een blad kan bevrozen, een kleine tak, een groote tak, en toch kan de boom in het leven blijven. Het gedeeltelijk afsterven heeft geen invloed op het geheele organisme. Bij de dieren is dit niet het geval. Afsterven of bevrozen van een gedeelte bedreigt het geheel met ondergang, en, zooals wij later zullen zien, het is genoeg, dat van een dier de pooten, de staart of een ander gedeelte bevroest, om het ten slotte toch te laten sterven.

Vele afdeelingen van het dierenrijk, de vogels en zoogdieren alleen uitgezonderd, komen echter met de planten hierin overeen, dat zij slechts in zeer geringe mate het vermogen hebben warmte voort te brengen en dat zij evenmin als de planten eene eigen warmte, dat wil zeggen, eene temperatuur boven die van het omringend medium verheven, bezitten. Integendeel, de warmte geven zij hieraan zoolang af totdat er een evenwigtstoestand van temperatuur is ingetreden. In andere klassen,

bijv. bij de insekten, vinden wij eene groote warmteproductie, maar zij deelen toch ook hunne warmte aan het omringend medium mede. Bij de zoogdieren en vogels zien wij echter, dat er eene aanmerkelijke warmteproductie bestaat, gepaard aan het vermogen, om, hoe ook de temperatuur van het omringend medium binnen zeer groote grenzen verandert, toch die van het ligchaam standvastig te houden. Waar men ook, in welke luchtstreek de temperatuur van den mensch bij de meest verschillende volksstammen mete, steeds zal men waarnemen, dat, behalve eenige geringe dagelijksche variatiën, deze gemiddeld 37° bedraagt. De poolvos en de ijsbeer in het hooge noorden bezitten bij eene koude van -30° dezelfde bloedwarmte, als de tijger en de jakhals in de tropische gewesten bij eene hitte van $+20^{\circ}$.

Men kan derhalve ten opzichte van de warmte-oeconomie het dierenrijk in twee groote afdelingen splitsen, in die, welke eene veranderlijke en in die, welke eene standvastige temperatuur ten opzichte van die van het omringende medium bezitten, in poikilothermen en homoothermen, of, hoewel minder juist, zooals men gewoonlijk zegt, in koudbloedige en warmbloedige dieren. Het vermogen om aan afkoeling weerstand te bieden is bij de eersten gering, bij de laatsten aanmerkelijk. Dit echter hebben zij allen gemeen, dat, wanneer hun ligchaam tot beneden 0° is afgekoeld, zij bevroren zijn en niet meer kunnen blijven leven.

Het schijnt, dat instinctmatig de dieren zich aan den invloed der lage temperaturen zoeken te onttrekken. In den winter leven de vissen dieper in het water, de amphibiën begraven zich in het slijk, de vogels trekken naar warmere gewesten, de kleine zoogdieren kruipen onder den grond, vele grootere maken zich holen; kortom, alles wat leeft tracht de doodelijke koude te ontvliesen. In elk der twee groote afdelingen, waarin wij de dieren ten opzichte der dierlijke warmte gesplitst hebben, neemt men bij de verschillende diersoorten, die hiertoe behooren, toch nog aanmerkelijke verscheidenheden ten opzichte der warmte-oeconomie waar, die wij kortelijk zullen doorloopen.

Zoo zien wij dan bij de laagste diersoorten, zooals bij de zeesterren, kwallen en zecappels, geene duidelijke bewijzen van warmteproductie. De verschillende soorten van weekdieren, slakken, oesters enz. bezitten, volgens nauwkeurige onderzoekingen, eene temperatuur, die slechts eenige honderdste gedeelten van een graad boven die van het omringend medium verheven is. De vissen en amphibiën bezitten ook eene eigene warmte. Hun overmaat van temperatuur boven die van het omringend me-

dium is echter zeer gering. In het algemeen geven de dieren met eene afwisselende temperatuur, de koudbloedige, naarmate zij in een medium leven, dat de warmte beter geleidt, hunne warmte hieraan ook spoediger af, zoolang totdat hunne temperatuur gelijk is aan die van het omringend medium. Helderer wij dit door een voorbeeld op. Een visch zal, voedsel gebruikende, onder den invloed der zuurstof, die hij uit het water met zijne kieuwen opneemt, warmte ontwikkelen. Hij bezit geene middelen om deze warmte, die door het bloed overal in zijn ligchaam verspreid wordt, constant te houden, maar hij geeft ze aan het water, dat de warmte beter geleidt dan lucht, en zijne kieuwen omspoelt, zoolang af totdat er tusschen de temperatuur van zijn bloed en die van het water een evenwigtstoestand is ingetreden. Is dit geschied en ontwikkelt nu het dier meer warmte dan door het water, in denzelfden tijd, door geleiding wordt afgevoerd, dan zal de temperatuur van het bloed, gedurende korten tijd, eenige gedeelten van graden hooger zijn dan die van het water. Eene geringe eigene warmte, het gevolg van geringe warmteproductie en groote warmteafleiding, zal er dus nog bestaan.

Even als de visschen, bezitten nu ook de amphibiën wel degelijk het vermogen van warmteproductie, maar zij missen de middelen om de warmte te bewaren, die alleen aan de vogels en zoogdieren eigen zijn, waarom deze dan ook hunne warmte aan het omringend medium niet afgeven. De vergelijkende physiologie leert dan ook, dat alle dieren warmte voortbrengen. Trouwens dit is natuurlijk, want de grond van deze warmteproductie ligt in het chemisch arbeidsvermogen der voedingsstoffen, die in het bloed worden opgenomen, dat onder den invloed van de ingeademde zuurstof in warmte wordt omgezet, zonder welke omzetting, die niet anders is dan de stofwisseling, geen leven op aarde mogelijk is. Reeds LAVOISIER, de schepper der nieuwere scheikunde, had in zijne vergelijking van de dierlijke warmte met een verbrandingsproces in de hoofdzaak de juiste verklaring der dierlijke warmte gegeven. Dat dieren, die hunne warmte niet kunnen bewaren, toch eene groote hoeveelheid warmte produceren, bewijst de warmte-oeconomie der insekten. Met de gevoeligste instrumenten bepaald, wijzen deze dieren slechts eene geringe eigene warmte aan. ДУТРОСНЕТ vond met den thermomultiplicator bij velen slechts eene temperatuur nauwelijks een halven graad boven die van de lucht. Wanneer men echter eenige bijen, meikevers of andere insekten met een thermometer in een gesloten

fleschje plaatst, dan zal men er zich van kunnen overtuigen, dat de lucht in het fleschje veel warmer is dan de buitenlucht.

Reeds onze beroemde landgenoot SWAMMERDAM deelt in zijne *Bibliotheca naturae* het belangrijke feit mede, dat de temperatuur van de lucht in bijenkorven, zelfs des winters, veel hooger dan die van de buitenlucht is, en RÉAUMUR nam bij eene temperatuur van $-3^{\circ},75$ C. van de buitenlucht, eene warmte van $12^{\circ},5$ C. in de bijenkorf waar. NEWPORT, aan wien wij onze meeste kennis omtrent de warmte-oeconomie der insekten verschuldigd zijn, vond, bij eene temperatuur van $-8^{\circ},5$ C. van de buitenlucht, die van de lucht in de korf $-1^{\circ},1$ C.; en merkwaardig genoeg, wannecr deze dieren in beweging waren, derhalve hun stofwisseling levendiger was, klom deze temperatuur tot $21^{\circ},11$ C. Bij eene andere bepaling nam hij hetzelfde waar, de buitenlucht was $1^{\circ},39$ C. warm, de lucht in de bijenkorf, waar de bijen in beweging waren, $38^{\circ},89$ C. In de nesten van andere insekten, als van *Bombus sylvarum*, *Formica herculanea*, eene mierensoort, van wespen; nam hij hetzelfde waar. Evenzoo vonden SPALLANZANI EN GASPARD, dat de lucht in eene besloten ruimte, waarin zich eenige gewone huisslakken bevonden, dus weekdieren, eene hoogere temperatuur verkrijgt dan de buitenlucht.

Deze waarnemingen zijn daarom van gewigt, omdat zij het bewijs leveren, dat kleine dieren, zooals bijen en mieren, wier ligchaam zoo gemakkelijk de warmte aan de lucht afgeeft, wanneer hunne warmte-afleiding wordt beperkt en zij in grooten getale in eene besloten ruimte bij elkander zijn, ten duidelijkste de resultaten hunner warmteproductie aan het licht doen treden. De verklaring van de bovenvermelde verschijnselen levert dan ook geene bezwaren op. De lucht in een bijenkorf is door stroo, eene stof, die de warmte slecht geleidt, van de buitenlucht afgesloten. Heeft zij dus eenmaal eene temperatuur, die van die van de buitenlucht verschilt, dan zal zij nagenoeg constant blijven. Zijn er in de korf een duizendtal bijen bijeen, dan zal iedere bij op zich zelf warmte voortbrengen en die aan de lucht afgeven, die zich in de korf bevindt, en allen te zamen zullen dus de lucht aanzienlijk verwarmen, terwijl ook wederom door de lucht de bijen zullen verwarmd worden. Was aanvankelijk de lucht even koud als de buitenlucht, dan zal door de warmteproductie van elke bij de temperatuur van de lucht in de korf spoedig rijzen. Ja, indien men in het oneindige zuurstof en voedsel aan de bijen kon aanvoeren, zoude de

lucht ten slotte zoo warm worden, dat de bijen er niet in zouden kunnen leven.

Doch wij gaan verder en wenden ons tot de vraag: hoe deze dieren, wier warmteafleiding steeds grooter is dan de warmteproductie, waardoor hunne temperatuur bijna aan die van het omringend medium gelijk is, zich verhouden, wanneer de temperatuur steeds daalt en zij ten slotte bevroren.

In het algemeen neemt bij het lager worden der temperatuur de levenswerkzaamheid van alle koudbloedige dieren af. De meeste zoeken zich aan het lager worden der temperatuur te onttrekken, zooals wij reeds hierboven hebben vermeld. Zij verbergen zich op plaatsen, waarin de vorst niet kan doordringen. Zij liggen daar onbewegelijk en verkeerden in een slapenden toestand. Zij leven nog, zolang zij zelve nog niet bevroren zijn, en verkeerden in een toestand, die aan den dood grenst. Eerst in het voorjaar, als zij door de hoogere temperatuur der buitenlucht of van het water verward worden, herleven zij als het ware. Koelen zij echter tot nul graden af, bevroren zij, dan worden het harde lichamen, die niet, zooals men vroeger meende, na ontdood te zijn weder herleven, maar tegelijker tijd sterven, zooals in het vorige jaar door de onderzoekingen van ROUCHET ten duidelijkste is bewezen. Eerst hem is het gelukt door eene uitgebreide reeks van proeven de meening te wederleggen, dat koudbloedige dieren, zonder te sterven, ongestraft kunnen bevroren.

Deze meening werd niet alleen door leeken, maar zelfs door beroemde natuurkundigen, ook van onzen tijd, gedeeld, en men vindt dan ook van bijna alle soorten van koudbloedige dieren vermeld, dat zij bevroering kunnen weerstaan. DAVY beweerde vroeger, dat bloedzuigers na bevroren geweest te zijn weder kunnen herleven. Thans, nu hij zijne proeven na die van ROUCHET herhaalde, stemt hij er in toe, dat zij integendeel sterven. MOQUIN-TANDON deelt mede, dat hij op hooge bergen slakken gevonden heeft, waar zij gedurende een groot gedeelte van het jaar onder de sneeuw bedolven lagen. Iets dergelijks vinden wij door CHARPENTIER vermeld, die op de Pyreneën op eene hoogte van 2273 voet de *Vitrina diaphana*, eene slak, aantrof, derhalve op plaatsen negen of tien maanden door sneeuw bedekt.

Het is algemeen bekend, dat de Limnaeen, de modderslakken, bij ons zeer algemeen, onder het ijs onzer slooten zeer goed kunnen leven, en dikwijls ziet men ze des winters bij helder ijs er tegen aankruipen.

GARNIER deelt echter omtrent deze dieren eene waarneming mede, die bijna ongeloofelijk schijnt. Hij zou namelijk gedurende den winter van 1830 gezien hebben, dat deze dieren in een kuip met water eene koude van -19° C. konden verdragen, terwijl zij in het ijs vastgevroren waren. Bij het ontdooijen begonnen zij tot zijne groote verwondering weder te herleven. Ook omtrent insekten bestaan waarnemingen, dat zij eene aanmerkelijk lage temperatuur verdragen. Volgens LINNAEUS wordt in de sneeuw van Lapland een klein insekt, de *Podurus nivalis*, gevonden, terwijl RÉAUMUR er op wijzende, dat vele insekten reeds bij eene geringe koude sterven, tevens vermeldt, dat sommige ongestraft eene koude van $-23,75^{\circ}$ C. verdragen.

Proeven door ROSS bij zijne noordpoolreizen met 30 rupsen genomen zouden tot resultaat hebben gehad, dat deze dieren, viermaal aan eene temperatuur van -42° C. blootgesteld, weder bijkwamen. Bij de vierde maal waren er echter nog slechts twee in het leven. De overigen waren intusschen gestorven.

Maar vooral omtrent het vermogen van kruipende dieren en visschen om, na bevroren te zijn geweest, weder te herleven vinden wij bijna ongeloofelijke verhalen opgeteekend. Stijf bevroren palingen zag VIREY weder herleven en HOST nam waar, dat brasems levend uit het ijs te voorschijn kwamen, waarin zij gedurende den geheelen nacht bevroren hadden vastgezeten.

GAVARRET en GEOFFROY ST. HILAIRE schijnen deze verhalen voor ernst te hebben opgenomen. De eerste deelt als een geloofwaardig feit mede, dat in Rusland en in Noord-Amerika de stijf bevroren visschen, die aldaar ter markt gebragt worden, nog kunnen zwemmen, wanneer zij ontdooid zijn, terwijl de laatste voor een twintigtal jaren de Fransche Akademie van wetenschappen onderhield over padden, die, ten gevolge van bevroering geheel hard en broos geworden, toch nog herleefden.

HUNTER, de beroemde Engelsche geneeskundige, was eerst van meening, dat bij bevroren dieren de vorst alleen tijdelijk het leven ophief, zoodat, wanneer de dieren ontdooiden, alle functiën weder normaal werden. Hij had echter eene te voordeelige voorstelling omtrent de werking der lage temperaturen en laat zich hieromtrent op de volgende wijze uit. „Ik stelde mij voor”, zoo schrijft hij, „dat men het leven van den mensch tot in het oneindige toe zoude kunnen verlengen door hem in een zeer koud klimaat zijn verblijf te laten houden. Ik

ging van de vooronderstelling uit, dat elke werkdadigheid en derhalve ook elk verlies van zelfstandigheid door de koude zoude worden opgeheven. Ik meende zelfs, dat indien een mensch de tien laatste jaren van zijn leven aan deze afwisseling van rust en werkzaamheid wilde opofferen, hij zijn leven tot over duizende jaren zoude kunnen verlengen en dat het slechts noodig zoude zijn om zich eens in de honderd jaren te laten ontdooijen om te weten, wat er gedurende den tijd, dat men bevroren was geweest, had plaats gehad. Ik dacht met deze ontdekking schatten te verdienen, maar eene eenvoudige proef ontnam mij alle illusien." Deze proef bestond nergens anders in, dan dat hij eenige karpers in een koudmakend mengsel plaatste. Nadat zij goed en lang bevroren waren, bemerkte hij, dat zij bij ontdooijen niet meer levend werden. HUNTER had zich dus van het feit overtuigd, dat bevroren visschen niet meer herleven en wist dus in dit opzigt meer dan zijne tijdgenooten, ja, men mag haast zeggen dan zijne nakomelingen, want nog in onze dagen wederspreken bekende autoriteiten het reeds door HUNTER waargenomen feit. Vele Fransche natuurkundigen beweren het tegendeel, en men behoeft slechts de werken van beroemde mannen, zooals MILNE EDWARDS, BROCA en GAVARRET in te zien, om zich te overtuigen, dat zij nog steeds gelooven, dat vele koudbloedige dieren zonder te sterven wezenlijk kunnen bevroren. Van waar toch deze meening, dit geloof aan het ongestraft bevroren zijn van koudbloedige dieren? Zij heeft hieraan haar ontstaan te danken, dat in de eerste plaats deze dieren lage temperaturen even boven 0° nog zeer goed verdragen, en in de tweede plaats, dat zij warmte voortbrengen, waardoor ze om te bevroren eene zeer lage temperatuur noodig hebben. Een visch kan zeer goed van alle zijden door ijs omringd zijn en als dit ontdooit, weder bewegingen maken en herleven, indien de temperatuur van het ijs maar niet te laag is. Wordt de koude strenger, daalt de temperatuur van het ijs nog meer, dan zal nu ook ten slotte het dier bevroren, zelf tot 0° afkoelen en niet meer in het leven geroepen kunnen worden, na ontdood te zijn.

Men heeft zich dus bij het afleiden der resultaten uit de bovenvermelde waarnemingen niet afgevraagd, en hier komt het juist op aan, welke de temperatuur van de dieren zelve was, en niet genoeg er op gelet, dat deze dieren zelve warmte voortbrengen en dus eene veel lagere temperatuur noodig hebben om te bevroren, dan die, waaraan zij waren

blootgesteld. Zij waren dus niet bevroren, en voor het vraagstuk, dat ons bezig houdt, hebben zulke waarnemingen weinig waarde.

Nauwkeurige proeven hebben dan ook geleerd, dat wanneer men de koudbloedige dieren aan eene zeer lage temperatuur blootstelt, zij bevroren en sterven. Op deze proeven voor eenigen tijd door POUCHET genomen, komen wij later terug, na eerst de warmbloedige dieren in hunnen strijd tegen de koude te hebben gadeslagen.

De homothermen of warmbloedige dieren zijn ten opzichte van de oorzaak hunner warmteproductie van de poikilothermen of koudbloedige dieren niet onderscheiden. De bestanddeelen van de voedsels, in het bloed opgenomen, leveren ook hier het brandmateriaal, waardoor onder den invloed der ingeademde zuurstof het geheele ligchaam verwarmd wordt, maar terwijl bij de koudbloedige dieren de ontwikkelde warmte terstond aan het omringend medium wordt afgegeven, zoodat er van geene standvastige temperatuur bij hen sprake kan zijn, zijn nu bij de homothermen zoodanige inrigtingen aanwezig, dat, hoe ook, binnen zeer groote grenzen, de temperatuur van het omgevend medium verandert, toch hunne warmte bewaard wordt en zij dezelfde temperatuur behouden.

De homothermen, waartoe de vogels en zoogdieren behooren, bezitten dan ook eene zeer hooge temperatuur.

Voor de eersten bedraagt zij gemiddeld + 40° C., voor de tweede + 37° C. Zij behouden die nagenoeg constant ten gevolge van tot regeling daarvan dienende inrigtingen, die bij de verschillende soorten niet dezelfde zijn. Bij den mensch is de huid door de wijziging zijner bloedverdeeling onder den invloed der uitzetting of inkrimping der bloedvaten, waardoor het warmteverlies geregeld wordt, door zijne transpiratie, waardoor vocht aan de oppervlakte van het ligchaam kan verdampen, de hoofdregelaar der dierlijke warmte, terwijl, evenals bij alle andere homotherme dieren het verdampen van water in de longen, het uitademen van den waterdamp, de wijziging der ademhaling, waardoor de hoeveelheid ingeademde zuurstof bepaald wordt, als zoodanig in aanmerking komt. Bij dieren, met sterk behaarde huid, zooals konijnen, hazen en ezels zijn het de ooren, die door de gewijzigde bloedverdeeling ten gevolge van inkrimping of uitzetten der slagaderen, onder den invloed van het sympathisch zenuwstelsel het warmteverlies regelen. Wederom anderen, zooals de hond, het rund enz. koelen voornamelijk af door het verdampen van water

aan hun neus, mond of tong, waartoe zij, zooals de hond, den mond openen en de tong uit den bek laten hangen. Bij de vogels is het voornamelijk de ademhaling, die hunne warmte regelt, terwijl het trekken der vogels naar warmere of koude luchtstreken voor hen eveneens een middel is om de grenzen van hunne afkoeling te beperken of uit te breiden. De standvastige temperatuur der warmbloedige dieren is echter een vereischte, eene voorwaarde voor hun leven. Daalt of klimt de temperatuur van hun bloed slechts eenige graden, dan gaan zij te gronde. Eene temperatuur van 42° graden, zooals dit in de typhouse koortsen bij den mensch wordt waargenomen, is, wanneer zij slechts eenige uren aanhoudt, doodelijk voor hem, en eveneens wordt eene belangrijke daling der temperatuur niet verdragen. Eene eigene warmte, die slechts 24° bedraagt, is voor elk zoogdier of vogel doodelijk. Men mag dus aannemen, dat tusschen 24°—42° C. de grens van de temperatuur gelegen is, waarbij het leven der homiothermen nog mogelijk is.

Zagen wij, dat bij de koudbloedige dieren al de ontwikkelde warmte aan het omringend medium wordt afgegeven, dat de warmteproductie kleiner is dan de warmteafleiding, bij de vogels en zoogdieren heeft juist het omgekeerde plaats. De warmteproductie is hier het grootst, de warmteafleiding wordt zooveel mogelijk tegengegaan. Maar de middelen, die haar beletten, zijn slechts binnen zekere grenzen voldoende.

Zoo zijn eenige dieren, waartoe de marmot, de hamster en egel behooren, niet in staat, wanneer de temperatuur tot 0° daalt, de hunne constant te houden. Zij koelen af en vervallen in een toestand van verminderde levenswerkzaamheid, die men met den naam van winterslaap bestempeld heeft. De dieren liggen in dezen toestand bewegingsloos in hunne holen, de ademhalingsbewegingen zijn nagenoeg opgehouden, het hart klopt zwak en langzaam, en voor uitwendige invloeden, knijpen, slaan enz., is het dier ongevoelig. Onder de huid is een groote hoeveelheid vet opgehoopt en de stofwisseling is zoo weinig levendig, dat de ingeademde zuurstof niet alleen niet verbruikt wordt, maar in het ligchaam vastgelegd, hetgeen het belangrijk feit verklaart, dat somtijds deze dieren, niettegenstaande zij geen voedsel nemen, voor een oogenblik in gewigt toenemen. In het voorjaar ontwaken deze dieren weder, zoodra de temperatuur der omgeving hooger geworden is.

De warmteafleiding kan men door kunstmatige middelen, door bijzonder lage temperatuur van het omgevend medium, ook in de poolstreken, waar zij dikwijls — 40° C., het vriespunt van het kwik, bedraagt, zoo aanzienlijk maken, dat het dier niet in staat is zijne temperatuur constant te houden. In dit geval is dan de warmteproductie geringer dan de warmteafleiding; met andere woorden, in een bepaalden tijd gaat er meer warmte verloren, dan wordt voortgebracht om de temperatuur van het dier constant te kunnen houden. De warmte-oeconomie is voor zulke groote verschillen van het omgevend medium niet berekend.

Hoe verhouden zich nu de warmbloedige dieren wanneer zij zich in een medium bevinden, waarvan de temperatuur zoo laag is, dat zij zelf beginnen af te koelen en de werking der physiologische regelaars, huid, ademhaling, bloedsomloop van geene waarde meer zijn? Voor de dieren, die in het hooge noorden leven, zijn het bijzondere omstandigheden, die hen aan een gewissen dood onttrekken. Het rendier houdt zich in Lapland des winters onder met sneeuw bedekte rotsen op, waardoor het door eene massa omgeven is, die het warmteverlies zeer gering maakt, evenzoo de ijsbeer en de poolvossen, terwijl al deze dieren eene dikkere vacht verkrijgen, die daarenboven licht wit van kleur wordt en minder warmte uitstraalt. De hazen worden er evenals in de alpenstreken sneeuwwit, ja, ross zag bij een dergelijk dier, dat hij in het warme jaargetijde in de poolstreken gevangen had en op het dek bewaarde, des winters, binnen tweemaal vierentwintig uren, de grijze kleur van de haren geheel wit worden.

Door eene reeks van zeer belangrijke proeven heeft WALTHER den invloed van warmteonttrekking bij dieren, namelijk konijnen, nagegaan en vooral onderzocht, in hoeverre bij de lage temperatuur, die het bloed verkrijgt, het nog mogelijk is, dat de dieren in leven blijven. Zij werden in een bak geplaatst, waarvan de lucht door een koudmakend mengsel sterk werd afgekoeld en de temperatuur, evenals de algemeene toestand der dieren, naauwkeurig waargenomen. De belangrijkste resultaten dezer proeven willen wij kortelijk mededeelen.

Voorceerst bevestigden zij het belangrijk resultaat reeds door BERNARD waargenomen, dat, wanneer een dier zóó is afgekoeld, dat de temperatuur van het bloed + 18° C. of + 20° C. bedraagt, — bij konijnen is zij + 40° C., — en het vervolgens in lucht van dezelfde temperatuur wordt gebracht, het niet in staat is zijne eigene warmte terug te krijgen, maar het steeds meer en meer afkoelt en ten slotte sterft.

Zulk een sterk afgekoeld dier kan niet meer staan, maar het ligt op zijde en maakt geene vrijwillige bewegingen meer. Reflex-bewegingen kunnen echter nog worden opgewekt. De hartslag wordt zeer langzaam, 16 of 20 slagen in de minuut, terwijl zij in den normalen toestand dikwijls 200 bedraagt; de ademhalingsbewegingen worden zoo zeldzaam en somtijds zoo zwak, dat zij aan eene naald, die in het middenrif is gestoken, niet meer kunnen worden waargenomen. Dikwijls zijn zij echter zoo snel, dat op vier hartslagen eene ademhaling voorkomt, waarbij zij echter zeer oppervlakkig is. De urine-afscheiding houdt op. De oogen van het dier staan wijd open, en het beeld, dat men verkrijgt, verschilt in alle opzichten van dat van den winterslaap. Eerst als zij verwarmd worden, slapen de dieren in.

Eene bepaalde grens der temperatuur, waaronder de functiën van spieren en zenuwen ophouden, de hartsbewegingen stilstaan en dien ten gevolge de dood optreedt, kon WALTHER bij zijne proeven niet waarnemen. Bij verschillende dieren geschiedt dit bij verschillende warmtegraden. Het minimum van eigen warmte, waarbij nog beweging, gevoel, reflexwerking en uiting van den wil werd waargenomen, bedroeg $+ 9^{\circ}$ C. Gaat men de verdere afkoeling bij dieren, die langen tijd zulk eene lage temperatuur hebben bezeten, tegen en houdt men ze langen tijd op eene temperatuur van $+ 20^{\circ}$ C., dan sterven zij ten slotte toch. Eveneens komen zij het niet te boven, wanneer zij, na tot op $+ 18^{\circ}$ C. te zijn afgekoeld, weder tot $+ 20^{\circ}$ C. worden verwarmd en dan aan zich zelve worden overgelaten. Dit had zelfs plaats met dieren, die tot op de gewone temperatuur weder verwarmd waren. Het blijkt dus, dat deze sterke afkoeling voor het dierlijk organisme zeer nadeelig moet worden geacht.

Zijn de dieren niet te veel afgekoeld, dan kunnen zij op de volgende wijze weder in het leven worden teruggeroepen.

In de eerste plaats door kunstmatige verwarming tot op 39° C., waarbij dan de temperatuur der dieren aanvankelijk zeer langzaam stijgt. Heeft zij eenmaal 30° C. bereikt, dan rijst de thermometer zeer snel en het dier slaapt in. Toch verlopen er twee tot drie uren om het dier van $18-39^{\circ}$ C. te verwarmen, wanneer de temperatuur der lucht 40° C. bedraagt.

In de tweede plaats kan door de kunstmatige ademhaling te verrigten het afgekoelde dier, even als door verwarming, weder de normale temperatuur terug krijgen, een zeer gewichtig resultaat, want het bewijst den onmiddellijken zamenhang tusschen de opneming van zuurstof en de

warmteproductie. Door deze eenvoudige proef is het eerste stellige en proefondervindelijke bewijs geleverd voor de afhankelijkheid van de dierlijke warmte van de opneming van de dampkringslucht door de longen en tevens, dat de sterkte der ademhaling een harer voornamste regelaars is. Zoodra de zuurstof in de longen van het afgekoelde dier en vervolgens weder in het bloed wordt opgenomen, heeft er dat oxydatieproces plaats, waarop de ontwikkeling der dierlijke warmte berust en hetgeen bij het afgekoelde dier, tengevolge van de gebrekkige ademhaling, niet meer kon plaats hebben. Inderdaad een schoon bewijs, dat LAVOISIER in de hoofdzak de theorie der dierlijke warmte juist had ingezien.

Uit deze proeven, waaruit blijkt, dat warmbloedige dieren, zonder nog bevroren te zijn, eene sterke afkoeling slecht verdragen, zoude men reeds kunnen afleiden, dat zij bij werkelijke bevroering weinig kans hebben het leven te behouden. Hieromtrent stelde WALTHER eigenlijk geene proeven in het werk. Eerst in het vorige jaar werden hierover door ROUCHET onderzoekingen verrigt, waarbij hij met inachtneming van alle mogelijke voorzorgen niet alleen de vraag trachtte te beantwoorden, of dieren, na bevroren te zijn geweest, weder in het leven kunnen geroepen worden, maar ook de oorzaken opspoorde, waarvan de dood bij bevroering afhangt.

Eenige oogenblikken zullen wij ook bij deze proeven stilstaan, opdat de oorzaken van den bevroeringsdood duidelijk worden.

Gedeeltelijk maakte ROUCHET gebruik van eenige zeer koude nachten, waarbij de temperatuur tot -5° C. daalde en waaraan hij de dieren blootstelde, maar in de meeste gevallen plaatste hij ze in toestellen, waarin de lucht tot -18° C. kon afgekoeld worden. Zij bestonden uit twee cylinders van metaal, waarvan de binnenste in de buitenste paste en de tusschenruimte met houtskool werd aangevuld. In den binnensten cylinder werd het koudmakend mengsel geplaatst, waarin men de dieren in een traliewerk van ijzerdraad aan de inwerking van de koude blootstelde. Het geheel werd met een dubbelen deksel gesloten, waarin zich twee gaten bevonden een voor een thermometer en een ander om aan de lucht toegang tot de dieren te verleenen. Een kraan was van onderen aan den toestel aangebracht om het water van het smeltend ijs te kunnen laten wegloopen. Om de dieren echter niet plotseling aan eene te lage temperatuur bloot te stellen werden zij eerst in een anderen dergelyken toestel geplaatst, waarin zich alleen smeltend ijs bevond en derhalve eene temperatuur van 0° heerschte. Dit werd door ROUCHET refrigidarium genoemd.

Eene groote menigte dieren van de meest verschillende soort, slakken, meikevers, spinnen, vele soorten van visschen, padden, kikvorschen, jonge katten en honden, konijnen, werden korteren of langeren tijd aan den invloed van de sterke afkoeling blootgesteld en er in bevroren, stijven toestand weder uitgehaald. Geen dezer dieren gaven na ontdooid te zijn eenig teeken van leven. Zij waren slap en de lenzen van hunne oogen waren geheel wit en ondoorschijnend geworden. Een merkwaardig resultaat dezer proeven was, dat, wanneer slechts een gedeelte van het ligchaam dezer dieren, bijv. de staart van een paling, de pooten van een kikvorsch of van een konijn aan de sterke afkoeling werden blootgesteld en bevroren, terwijl het overige gedeelte van het ligchaam door het in guttapercha en watten te wikkelen aan dezen invloed werd onttrokken, die dieren het in den toestel zeer lang konden uithouden. Werden zij er echter in dezen half bevroren toestand uitgenomen, zoodat de ledematen plotseling ontdooiden, dan stierven zij binnen weinige oogenblikken. Indien dus slechts een gedeelte van het dierlijk ligchaam bevriest, dan gaat het bij ontdooijen even zoo goed te gronde als wanneer het geheele dier bevroren is.

Dit resultaat bragt er *POUCHET* toe, om eene der hoofdoorzaken van den dood door bevroren in de verandering, die het bloed hierbij ondergaat, te stellen en deze verandering meer in het bijzonder na te gaan. Hij nam waar, hetgeen echter reeds door anderen was opgemerkt geworden, dat, wanneer bloed versch uit een bloedvat van een dier wordt ontlast en men dat bloed laat bevroren, de voor het leven zoo gewigtige vormbestanddeelen van het bloed, de bloedligchaampjes, vernietigd worden en bijna geheel in korreltjes uiteen vallen. Deze vernietigde bloedligchaampjes vond *POUCHET* nu bij alle dieren, die aan de proef onderworpen waren, in eene verbazende menigte in het bloed aanwezig en ook bij hen, hoewel niet in zulk een groot aantal, waarvan slechts enkele deelen bevroren waren.

Daarenboven worden de haarvaten door de koude zoo naauw, dat zij geen bloedligchaampjes meer doorlaten en geheel leeg zijn, hetgeen onder het mikroskoop kan worden waargenomen, terwijl in de grootere bloedvaten het bloed geheel bevriest.

De resultaten dezer proeven, die op zich zelf het bewijs leveren, dat elk dier, dat bevriest, al is het ook slechts een gedeelte van zijn ligchaam, onherroepelijk dood is, geven ons nu tegelijkertijd de verklaring van den dood door bevroening. De bloedligchaampjes zijn de

formelementen, waaraan de zuurstof, door de longen ingeademd, gebonden is en waardoor dit gas, voor het leven en de stofwisseling onmisbaar in alle weefsels door het geheele ligchaam wordt geleid. Kortom zonder zuurstof is geen leven mogelijk. Bij het bevroren nu wordt, zooals wij zoo even mededeelden, een groot aantal bloedligchaampjes geheel vernietigd. Er is derhalve slechts eene geringe, onvoldoende oppervlakte, waaraan de zuurstof zich kan vastleggen, met andere woorden het chemisme der ademhaling wordt onmogelijk. Hoe vollediger een dier bevroren is, des te grooter zal het getal dezer vernietigde bloedligchaampjes zijn en des te minder zal de kans zijn het leven te redden. Zijn echter slechts enkele deelen van het ligchaam bevroren, dan zullen, zoolang als ook het bloed in dit bevroren gedeelte geheel verstijfd en buiten den bloedsomloop is geraakt, de vernietigde bloedligchaampjes niet in den bloedstroom kunnen komen. Zoodra als echter het bevroren gedeelte ontdooit, bijv. de pooten, dan worden de vernietigde bloedligchaampjes in de geheele bloedmassa opgenomen, de oppervlakte voor de opneming van zuurstof wordt te klein en de dieren zullen aan gebrek van zuurstof in hun bloed te gronde gaan. Laat men echter deze vernietigde bloedligchaampjes slechts langzamerhand in den bloedstroom komen, hetzij door het bevroren gedeelte zeer langzaam te verwarmen, hetzij door de bloedvaten van de bevroren deelen dicht te binden en ze slechts langzamerhand te openen, dan zal het bloed niet plotseling met eene groote hoeveelheid dezer ligchaampjes bedeed worden, de nadeelige invloed derhalve een geringere zijn en het dier nog kunnen gered worden. Wat met het bevroren bloed plaats heeft, komt geheel overeen met de werking van sommige vergiften. Wanneer men bij een kikvorsch curare, het Amerikaansche pijlgift, onder de huid brengt, dan sterft hij na eenige seconden onder de verschijnsels van geheele verlamming. Heeft men echter vooraf de bloedvaten onderbonden en laat men nu bij het vergiftigd dier, door den band een weinig lossere te maken, het vergif slechts langzamerhand in den bloedsomloop komen, dan ondervindt het dier slechts weinig nadeel en sterft niet.

Aan deze verklaring van ROUCHET van de oorzaak van den dood door bevroren zoude men nog een gewigtigen steun kunnen geven. Indien het waar is, dat de verandering van het bloed de oorzaak van den dood is, dan zal om een gezond dier te laten sterven het voldoende zijn, dat men het bloed onttrekke, het late bevroren en nu dit bevroren bloed weder in de aderen spuite. Het zoude de moeite waard zijn op

deze wijze tot nadere bevestiging van het vraagstuk eenige proeven in het werk te stellen.

Het is duidelijk, dat, wil men gedeeltelijk bevroren individu's weder in het leven roepen, men, door deze proeven geleid, ze slechts zeer langzaam zal moeten verwarmen, opdat niet de geheele massa bedorven bloedligchaampjes in eens in den bloedstroom gerake. Tevens zal het, gelooven wij, zaak zijn, nadat de circulatie is hersteld, eene bloedontlasting te bewerkstelligen en vervolgens bloed van een gezond individu in de aderen te spuiten, met andere woorden eene transfusie van bloed te verrigten, in onze dagen, in vele andere toestanden, met goed gevolg bekroond. Tevens zal men door kunstmatige middelen de ademhaling weder trachten op te wekken op grond van de resultaten door WALTHER bij zijne proeven verkregen, ten einde ook hierdoor eene langzame warmteontwikkeling plaats hebbe.

Mogt het in het vervolg blijken, dat deze methode met goed gevolg wordt bekroond, dan zal de physiologie met regt er roem op kunnen dragen, der praktische geneeskunde op zuiver wetenschappelijke gronden eene behandeling te hebben aangewezen, die der menschheid tot heil kan strekken.

En nu ten slotte de mensch, hoe verhoudt hij zich in den strijd tegen de koude?

Door wijziging zijner voeding, door warme kleeding, door verwarming zijner woningen, kan hij bij strenge koude zijne temperatuur constant houden, zijne warmteafleiding beperken en het onaangename gevoel van koude verdrijven. De werking van de koude lucht op zijn huid, de gewaarwording, die zij teweeg brengt, wordt echter niet alleen door den lagen graad van den thermometerstand bepaald. Vele andere atmosferische toestanden, zooals de graad van vochtigheid, de beweging van de lucht, komen hierbij in aanmerking en ook in zekere mate de levenswijze en de individualiteit. Zoo zal men bij een zeer lagen thermometerstand een veel minder hevig gevoel van koude ondervinden, wanneer de lucht droog en kalm is, dan wanneer de thermometer veel hooger staat, maar de lucht vochtig is en er een sterke wind heerscht. Is de lucht vochtig, dan zal hij, met de huid in aanraking komende, de warmte in hooge mate afleiden en een onaangenaam gevoel veroorzaken. Evenzoo zal, wanneer er een sterke wind heerscht, het verwarmde luchtlaagje, dat de huid onder de kleederen bedekt, spoedig door den bewogen luchtstroom door de kleederen heen worden afgekoeld en een gevoel van huivering ontstaan. Siberië zoude

geheel onbewoonbaar zijn, indien bij eene temperatuur van -20° tot -30° C. de lucht niet zeer kalm was. De Russische generaal WRANGEL onderzocht in Siberië dikwijls den invloed van eene temperatuur van -40° C., het vriespunt van het kwikzilver, en hij verhaalt, dat bij de windstilte, die daar heerscht, hij geene bijzonder onaangename gewaarwording aan de huid ondervond. Slechts de inademing van deze ijsskoude lucht veroorzaakte een pijnlijk gevoel, dat echter weder verdween, zoodra men voor neus en mond een wollen doek hield.

Alle reizigers in de noordpoolstreken bevestigen het hier boven medege-deelde, dat de koude het onverdragelijkst is, wanneer er te gelijkertijd een hevige wind heerscht. ALEXANDER FISHER, die als geneesheer aan de expeditie van PARRY in de noordpoolstreken van Noord-Amerika deel nam, deelt mede, dat de matrozen eene koude van $-17^{\circ},8$ C. bij stil weder veel minder onaangenaam vonden, dan eene temperatuur van $-6^{\circ},7$ C., waarbij het sterk woei. Hij zelf vond eene koude van $-46^{\circ},1$ C. bij een stille lucht niet moeilijker te verdragen dan eene temperatuur van $-17^{\circ},8$ C. met sterken wind vergezeld.

MARTINS heeft op zijne togten naar het noorden den invloed van de beweging der lucht op het gevoel van koude proefondervindelijk bewezen. Op de hoogte van Drontheim klom hij, terwijl er een stevige wind woei, in het want van 't schip en nam met een thermometer de temperatuur, die aldaar de lucht bezat, waar. Zij bedroeg $+11^{\circ}$ C. Hij ondervond een hevige gevoel van koude. Het was hem alsof hij geheel naakt in het want stond en hij had het gevoel alsof hem het eene kleedingstuk na het andere van het lijf werd gescheurd. Weder op het dek tusschen de verschansingen gekomen, had hij eene gewaarwording alsof hij in een verwarmd vertrek was gekomen en toch was de temperatuur van de lucht slechts $1/10^{\circ}$ graad warmer, maar tusschen de verschansingen was de lucht niet in beweging.

Naarmate van de individualiteit, de levenswijze, de voeding, zal ook de onaangename werking van de koude niet in gelijke mate ondervonden worden. Niet alle volken zijn even gevoelig voor koude, en vreemd is het, dat die van de zuidelijke luchtstreken ze beter verdragen dan die van het noorden. Bij het beleg van Sebastopol waren het de woeste regimenten der Afrikaansche Turcos en de Piemontezen, die de koude, waarvan de troepen der Engelschen en Franschen zooveel te lijden hadden, het best verdroegen. Op den noodlottigen togt van den eersten Napoleon naar Rusland waren het de regimenten uit bewoners van de zuidelijke

streken van Europa zamengesteld, die aan de koude beter weerstand boden dan de Duitsche regimenten, en men weet thans ook, dat onder de Russische regimenten de koude verschrikkelijke verwoestingen aanrigtte.

De reden hiervan is deze. De volken uit het noorden trachten door alle mogelijke middelen, door zich in warme kleederen te wikkelen, door hunne huizen bovenmatig te verwarmen, zich aan den invloed der koude te onttrekken. Die van het zuiden hebben deze gewoonte niet, en zij stellen zich des winters, wanneer het koud is, hieraan meer bloot, zonder zulke bijzondere voorzorgsmaatregelen te nemen. Kortom, minder gewoon den invloed van koude van zich af te weren, verdragen zij ze ten slotte beter, dan zij, die gewoon zijn bij elke daling der temperatuur zich zoo zorgvuldig in acht te nemen.

Ook schijnt het eene individu minder gevoelig te zijn voor koude dan het andere. JOHN ROSS, de beroemde noordpoolreiziger, liet, wanneer hij de bemanning koos voor de schepen, waarmede hij zijne togten zoude ondernemen, ze den naakten voet op het ijs zetten. Alleen zij, die hierbij niet bleek werden en rilden, werden door hem aangenomen, en de meeste dezer manschappen bleken later tegen de vorst der noord-poolzeeën goed bestand te zijn.

In het algemeen verdragen ook jonge krachtige menschen de koude beter dan oude lieden, wier ademhalingsfunctien minder krachtig zijn. De laatste verbruiken dan ook, zooals ANDRAL en GAVARRET hebben aangetoond, minder zuurstof en derhalve is hunne warmteproductie geringer.

Ook de voeding is van gewigt bij het verdragen van koude. Na een goed middagmaal van voedzame, vette spijsen, gepaard met het genot van een glas edelen wijn, wordt men door strenge koude minder onaangenaam aangedaan, en hij, die des winters bij strenge vorst met eene ledige maag een verren togt op schaatsen gaat ondernemen, heeft kans van er met eene ziekte af te komen, zoo hij reeds onderweg niet door flauwte en duizeling wordt overvallen.

Er kunnen zich nu voor den mensch ook omstandigheden voordoen, waarin hij, van alle hulp verstoken, aan zulk eene strenge koude is blootgesteld, dat zijne warmte-oeconomie niet in staat is die temperatuur te onderhouden, die voor zijn leven noodzakelijk is, waarbij hij dan ook te gronde gaat.

In den rampzaligen togt naar Rusland stierven duizende soldaten gedeeltelijk ten gevolge van de strenge koude, die echter niet beneden -28°

C. daalde, zooals bleek uit den stand van den thermometer, die de beroemde LARREY, NAPOLEON's lijfarts en eerste chirurg van deze droevige legerschaar, aan het knoopsgat van zijn rok bevestigd had. Ook het gebrek aan voedsel, waardoor het materiaal voor warmteproductie ontbrak, gepaard met deze lage temperatuur, deed zoovele krachtvolle jongelingen te gronde gaan. Eene temperatuur van -40° — 50° is voor den mensch, wanneer hij er langen tijd aan blootgesteld is, doodelijk. De Esquimaux bouwen woningen van sneeuw, begraven er zich als het ware onder, ten einde de warmteafleiding tegen te gaan en de lucht, die voor de vele individu's, op eene kleine ruimte zamengepakt, noodzakelijk is, niet te snel te doen afkoelen. Zeker zoude ross vele zijner manschappen verloren hebben, toen hij genoodzaakt was in het jaar 1835 in de poolstreken van Noord-Amerika te overwinteren, indien hij niet het voorbeeld der Esquimaux gevolgd had en zijn schip aan alle zijden met sneeuw had laten bedekken. Er zijn voorbeelden bekend van menschen, die eenige dagen onder de sneeuw bedolven waren en toch nog in het leven konden teruggeroepen worden. Dit laat zich verklaren door het slechte warmtegeleidend vermogen van de sneeuw, waardoor de afkoeling van het ligchaam werd tegengegaan en tegelijker tijd de koude van de buitenlucht niet tot het ligchaam werd voortgeleid, zoodat het bevrozen werd verhinderd. In 1767 werd een smid, die des winters de Pyreneën wilde overtrekken, geheel onder de sneeuw bedolven en bleef er vier dagen tot aan zijn hals toe onder begraven. Toch kon men hem nog redden.

Echter ontbreken de gevallen niet, — in Zwitserland op de hooge bergpassen, evenals in de sneeuwvlakten van Rusland komen ze jaarlijks voor, — dat menschen ten gevolge van koude omkomen en bevrozen. Dit bevrozen schijnt met een gevoel van slaap en loomheid aan te vangen, waarschijnlijk een gevolg van de verminderde kracht der hartswerking, waardoor de hersenen te weinig bloed ontvangen. Het is bijna onmogelijk aan dit gevoel van slaap weerstand te bieden en toch, zoo men er aan toegeeft, gaat zitten en in slaap valt, is het zeker, dat men niet weder ontwaakt.

„Die gaat zitten slaapt in en die inslaapt wordt niet weer wakker,” riep SOLANDER op zijne togten door Vuurland zijne medgezellen toe. Toch kwamen er velen om en hijzelf, die deze waarschuwing gaf, zonk eenige oogenblikken later op de sneeuw ineen, waar zijn vriend BANKS, de beroemde medgezel van COOK, zeer veel moeite had hem weder wakker te maken.

Eenige noordpoolreizigers, die dikwijls gevaar liepen te bevrozen, heb-

ben ons naauwkeurig hunne gewaarwordingen medegedeeld. Dr. KANE, die eene noordpool-expeditie ondernam, ten einde den ongelukkigen sir JOHN FRANKLIN op te sporen, beschrijft hetgeen hij waarnam, toen hij op het punt was te bevrozen, op de volgende wijze. Er ontstaat een steeds toenemende afkeer van beweging, en ten slotte wordt door de koude de spierwerking geheel onmogelijk gemaakt. Spoedig voegt zich hierbij eene beneveling der zintuigen, een onvermogen om te denken, hetgeen bijna dwingt om te gaan slapen en waaraan men niet bij magte is weerstand te bieden. Dezen toestand van beginnende bevrozing beschrijft KANE als zeer pijnlijk; ze bragt hem dikwijls aan den rand van 't graf. Van de aangename wijze, waarop men in slaap gewiegd wordt en waarvan men aan het hockje van den haard zoo hoog opgeeft, kon hij niets bespeuren. Deze waarnemingen van KANE komen in zooverre met het experimentele overeen, dat bij sterke koude de geleiding in de zenuwen ophoudt.

Bij het bestijgen van hooge bergen is dikwijls hetzelfde ondervonden en bij het overtrekken van de hooge Alpenpassen, die van Zwitserland in Lombardije voeren, gebeurt het in den winter menigmaal, dat de reiziger door koude en nevel overvallen aan de neiging tot slapen toegeeft en niet meer ontwaakt. In dergelijke gevallen is het zaak met alle wilskracht door spierbeweging de warmteproductie te trachten te onderhouden en de afkoeling zooveel mogelijk tegen te gaan. Dit wist reeds de eerste bestijger van den Montblanc JACQUES BALMAT in 1786. Geheel alleen had hij reeds de Grand Plateau op eene hoogte van 3930 ellen bereikt, toen de nacht hem overviel. Naar boven kon hij niet gaan evenmin als naar beneden, beiden belette hem de duisternis. Op eene rots te gaan liggen slapen, ware voor hem even zoo goed geweest als te gaan liggen sterven. Hij redde zijn leven door den ganschen nacht op de sneeuwvlakte heen en weder te loopen.
