

DE IJSHOLEN EN HUN ONTSTAAN,

DOOR

ANNA C. CROISET VAN DER KOP.

Tot de merkwaardigste natuurverschijnselen behooren ongetwijfeld de ijsholen, die grotten, waarin de voorwaarden tot ijsvorming in zoo hooge mate aanwezig zijn, dat zij het geheele jaar door ijs bevatten. In de Zwitsersche en Oostenrijksche Alpen, in het Hongaarsche en Zevenbergsche Eertsgebergte, ook in Frankrijk komen ijsholen voor en zijn zij waargenomen, nauwkeuriger en ernstiger sinds er voor het ontstaan van het zeldzame verschijnsel verschillende theorieën werden gegeven. Zoo droeg in 1873 de »Hongaarsche vereeniging ter bevordering der natuurwetenschappen" den custos van het Nationaal Museum te Boeda-Pest, dr. KRENNER, op, de ijsgrot van Dobschau te onderzoeken, welke zich in het Gömörer-comitaat van Hongarije, ten zuiden van het Tatra-gebergte, bevindt. Het resultaat zijner waarnemingen legde hij neer in eene uitvoerige studie, die, opgeluisterd door lithographieën en houtsneden, in 1874 het licht zag en waaruit blijkt, dat de bewoners van de door hare ijzermijnen bekende stad Dobschau reeds sinds jaren wisten, hoe er op den bodem van eene holte in het kalkgesteente het geheele jaar door ijs was te vinden. Behalve tot geneeskundige doeleinden, gebruikten zij dit voor het afkoelen van dranken. Hoewel door eene rotsspleet duidelijk te zien was, dat het ijs zich binnen in den berg voortzette, waagde geen sterveling het, door de met eene dikke ijsskorst bekleede nauwe opening te dringen. In den zomer van 1870 bezocht de ingenieur van het mijnwezen, RUFFINY, deze streek en de holte — eene on-

regelmatige inzinking met grooten, naar voren overhangenden wand. Een gewerschot, vóór de horizontale spleet aan het einde van den wand gelost, werd dof en lang weérkaatst; de open ruimte in den berg moest dus groot zijn; en, met haken, touwen, ladders en eene mijnlamp gewapend, daalde RUFFINX in de onbekende diepte af. Zijne waarnemingen en de nauwkeurige opnemingen van dr. KRENNER doen ons de grot kennen als eene lage, wijde ruimte, die zich van de berghelling, waarin de ingang zich bevindt, onder een hoek van ongeveer 20° naar beneden uitstrekt, zoodat van geheel de grot de ingang het hoogste punt vormt. Deze, waaruit een koude luchtstroom naar buiten dringt, vernauwt zich eenigszins naar binnen toe. Achttien in het ijs uitgehouwen treden voeren naar beneden, naar den afgeplatten top van een' grooten ijsheuvel, van welken eene kristalheldere ijszuil omhoog rijst. De ruimte, van den heuvel overzien; blijkt een groot gewelf te zijn met spiegelgladden ijsbodem, terwijl de wanden met de fraaiste ijskristallen zijn getooid. Achter in de grot verheffen zich twee doorschijnend witte ijszuilen, van binnen hol en van buiten met eene rijke ornamentatie versierd; midden door de eene, die op een kleinen ijsheuvel staat, loopt van boven af een dunne waterstraal, die aan den voet van den heuvel een klein rond bekken in het ijs heeft uitgehold. Aan het einde van de ruimte grenzen ijsvlakte en rotsgewelf onmiddellijk aan elkander.

Behalve dit gedeelte bevat de grot nog twee lager gelegen ruimten, de eene rechts, de andere links van het centrale gedeelte, waartoe van daar uit honderd vijftig gedeeltelijk in het ijs uitgehouwen, gedeeltelijk met hout voorziene treden voeren. In beide ruimten helt de ijskorst, die den bodem bedekt, naar de achterzijde toe meer en meer, en eindigt plotseling in een' steilen ijswand, die tusschen zich en den eveneens naar beneden hellenden bovenwand der grot eene schacht open laat van 3—4 vadem breed, welke naar beneden toe nauwer wordt. In de diepte der schacht liggen puin en rotsblokken door elkander, die hier en daar druipsteenvorming vertoonen, op enkele plaatsen ook door ijs zijn verbonden. De ijswand zelf, 60' dik, rust onmiddellijk op den bodem der grot, en bestaat uit nu eens zeer dunne, dan centimeters dikke lagen ijs, melkwit of glashelder van kleur, waartusschen laagjes kalkstof, zoo dun als een blad papier, zich in dezelfde richting uitstrekken.

Evenals nu de grot van Dobschau veel grooter is dan de met ijs bekleede ruimte zou doen vermoeden, is dit het geval met de

Kolowrathsgrot, die zich 1391 M. boven den zeespiegel in een' naar het oosten gekeerden rotswand van den Untersberg bij Salzburg bevindt. Het hoogste gedeelte der grot, die een inhoud heeft van 92000 M³., vormt ook hier de ingang, die zelf 30 M². groot is, en vanwaar eene machtige zuil van sneeuw en puin tot den bodem neërdaalt. Deze is eene uitgestrekte horizontale ijsvlakte, waarboven de bovenwand der grot zich meer dan 30 M. hoog verheft. Op ééne plaats, waar door den bovenwand bijzonder veel water druppelt, bevindt zich in het ijs van den bodem eene cirkelvormige holte van 13 M. omtrek en verscheidene meters diepte, wier rand in het voorjaar met reusachtige stalagmieten is versierd, die later in het jaar omverstorten.

Kleiner, maar rijker aan ijs, is de Schellenberger grot, die, een paar honderd meters hooger, zich eveneens in de oostzijde van den Untersberg bevindt. Daar de ingang 200 M². groot is, is het in de grot licht als de dag en vormt deze, wier bovenwand zich slechts 4—10 M. boven den ijsbodem verheft, eene vriendelijke tegenstelling met de groote, sombere Kolowrathsgrot. Ook hier strekt zich van den ingang tot den bodem een sneeuwkegel uit, ja, waarschijnlijk is 's winters heel de toegang versperd. Nauwe, diepe schachten tusschen het ijs en de rotswanden bewijzen, dat ook deze grot veel grooter moet zijn dan zij, met eene dikke ijskorst bekleed, nu schijnt. Nog een derde ijsgrot bevat de Untersberg. Op het plateau toch, 1687 M. hoog, ligt de IJskelder of Keizer-Karels-grot, waartoe eene breede poort van 6 M. hoogte, naar het WNW. gericht, toegang verschaft. Naar binnen toe nemen breedte en hoogte der grot weinig toe; ook hare helling is gering; vandaar dat zij den indruk maakt van den ingang eener tunnel. Haar bodem bestaat uit eene ijsvlakte, waarop zich echter maar zelden ijszuilen verheffen.

Prof. dr. RICHTER en E. FUGGER waren het, die zich in 1876 aangordden tot het nauwgezet waarnemen van alle verschijnselen, welke zich in de ijsholen van den Untersberg voordoen, om zoo te trachten, de veelbesproken vraag omtrent het ontstaan der ijsholen nader tot hare oplossing te brengen. Jaren lang werden de waarnemingen door beiden, later door FUGGER alleen, voortgezet en hare uitkomsten in 1888 uitvoerig meêgedeeld in de *Mittheilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde*, beknopter door prof. RICHTER in *Petermann's Mittheilungen* van 1889. Talrijk zijn FUGGER's waarnemingen betreffende de temperatuur in de Kolowrathsgrot gedurende alle maanden van

het jaar, behalve December, Februari en Maart. Daaruit blijkt, dat in den zomer de temperatuur afwisselt tusschen 0° en $+ 0,5^{\circ}$; hooger dan een halven graad stijgt de thermometer er nimmer. Negatief zijn de getallen, die de temperatuur van November en Januari vertolken, meermalen ook die van Mei en Juni, ja zelfs een' enkelen keer die van Augustus. De laagste wintertemperatuur bedraagt $-9,5^{\circ}$. Blijkbaar is dus de luchtgesteldheid in de grot afhankelijk van die der buitenlucht. In de maanden, welke vorst brengen, daalt de temperatuur in de grot onmiddellijk, zonder evenwel in het warme jaargetijde noemenswaard boven 0° te stijgen. Dat ook Mei en Juni vorst kennen, is bij eene hoogte van bijna 1400 M. boven den zeespiegel en eene gemiddelde jaarlijksche warmte van $3,54^{\circ}$ licht te verklaren.

Ook omtrent de temperatuur der Schellenberger grot en van den IJskelder deed RUGGER opnemingen. De laagste wintertemperatuur is in de eerste $- 9,2^{\circ}$, in de laatste $- 12,2^{\circ}$, terwijl de warmte er van Juni tot October respectievelijk tusschen $+ 0,2^{\circ}$ en $+ 0,4^{\circ}$ en tusschen 0° en $+ 2,2^{\circ}$ afwisselt.

Met die regelmatigte rijzing en daling der temperatuur stemmen de veranderingen, waaraan de vormen onderhevig zijn, onder welke het ijs der ijsholen zich voordoet, ten volle overeen.

Het rijkt aan ijs zijn de holen altijd in het voorjaar. Dan zijn de wanden met ijskristallen bezet; hooge stalagmieten van ijs verheffen zich onder de plaatsen, waar water door den bovenwand der grotten sijpelt; de ijsvlakte op den bodem is door water overstroomd, dat zelf weer met eene ijskorst van verscheidene centimeters dikte is bedekt. Maar al spoedig treedt het smeltingsproces in. Niet langer sijpelt het water door den bovenwand der holen, het stroomt in dikke stralen naar binnen, en vernietigt zelf de schoone vormen, die het kort tevoren in het leven heeft geroepen; de fijne ijskristallen vallen van de wanden af; het water, dat den bodem bedekte, vloeit in de aarde af, terwijl zijne ijskorst als eene nieuwe laag op de oude ijsvlakte neêrzinkt. Den geheelen zomer gaat dit proces door; steeds kleiner worden de ijszuilen, vallen eindelijk om, ja verdwijnen soms volkomen; vochtig is de ijsvloer en door water overstroomd. In enkele holen, zooals in den IJskelder, verdwijnt het ijs bijna geheel. Maar nauwelijks zijn de eerste koude herfstdagen gekomen, of de bodem der grotten wordt droog en hard, en onder de plaatsen, waar water door den bovenwand druppelt, beginnen zich weer kleine kogel-

vormige ijsknollen vast te zetten. In den winter is de toevoer van water zoo gering, dat deze nieuwe ijsvormen slechts weinig tot ontwikkeling komen; vol en schoon ontplooiën zij zich in den overgangstijd tussehen winter en voorjaar, een tijdperk, waarin, jammer genoeg, de grotten het moeilijkst te bezoeken zijn om het gevaar, dat van lawinen dreigt. In Mei zijn de vormen, waaronder het ijs zich in vorige jaren vertoonde, weer hersteld; wel niet altijd in grootte en gedaante geheel dezelfde als voorheen, maar steeds op dezelfde plaatsen.

Uit een en ander blijkt duidelijk, dat inderdaad alleen de winterkoude oorzaak is van het ijs in de grotten. Alle bekende ijsholen zijn zakholen, d. i. hun ingang ligt hooger dan eenig ander deel der ruimte. Zoodra nu de buitenlucht kouder wordt dan de lucht in de holen, moet zij er door hare grootere zwaarte in zinken en er de warmere lucht uit verdringen. Ijsholen zijn dus verzamelaarsplaatsen van die luchtmassa's aan hunne ingangen, welke de laagste temperatuur aanwijzen, evenals de diepten van oceanen en binnenzeeën de sterkst afgekoelde watermassa's bevatten, zoodat de temperatuur van de onderste lagen van afgesloten waterbekkens niet door de gemiddelde jaartemperatuur der oppervlakte, maar door hare gemiddelde winter-temperatuur wordt bepaald. Zoo ook is het met de ijsholen. Zoolang de atmosfeer aan den ingang der holen kouder is dan daar binnen, heeft er circulatie plaats; geene strooming kan er meer ontstaan, zoodra de lucht in de holen kouder is; en deze wordt slechts verwarmd door de hoogere temperatuur van den bodem en de geringe hoeveelheid warmte, die hare geleiding vindt door de lucht. Maar in den tijd, dat ijs zich kan vormen, bevriest het in de holen dringende water, en zoolang er in de holen ijs is, kan hunne temperatuur niet aanmerkelijk boven 0° stijgen, daar alle toegevoerde warmte tot smelting van het ijs wordt verbruikt. Vandaar dat gedurende het warme jaargetijde de ijsholen eene temperatuur van 0° — 1° of 2° aanwijzen, die in het koude echter steeds beneden het vriespunt blijft.

Die verklaring van het ontstaan der ijsholen, in het einde der vorige eeuw door den Göttinger professor DELUC gegeven en meermalen als onvoldoende gebrandmerkt, is in alle opzichten bevestigd door FUGGER's waarnemingen en schitterender nog door de nasporingen van den geleerde, die, zonder iets van FUGGER's arbeid te weten, gelijktijdig op geheel ander terrein werkzaam was en tot de-

zelfde uitkomsten geraakte, TROUILLET. Het waarnemingsveld van dezen was de grot van Chaux-lès-Passavant, in de nabijheid van Besançon, en de resultaten van zijn arbeid legde hij in 1885 en '86 neer in de werken van de »Société d'émulation du Doubs''. De grot van Besançon kenmerkt zich door een wijden ingang, maar tevens door groote diepte. Belangrijk is de hoeveelheid ijs, die er zich in vormt, maar in den zomer verdwijnt het ijs bijna geheel, ten gevolge van de hooge temperatuur van den bodem (12°) en de geringe hoogte der grot boven den zeespiegel (570 M.).

Gedurende den winter van 1885—'86 stelde TROUILLET twee thermographen op, een binnen in en een vóór den ingang van de grot, en treffend bleek het, hoe afhankelijk de temperatuur in de grot is van die daar buiten. Zolang de warmte buiten meer dan 0° bedraagt, blijft zij binnen standvastig op 2° ; daalt de eerste onder het vriespunt, dan neemt de laatste ook regelmatig af. Ook het stijgen van de temperatuur der buitenlucht volgt de atmosfeer in de grot zoo lang, tot er opnieuw koude lucht naar binnen stroomt. En dit laatste heeft tal van malen plaats: alleen tusschen 25 November en 31 December '82 vijf en twintig keer. De koude, der grot toegevoerd, zou dus ongetwijfeld voldoende zijn, om geheel de ruimte met ijs te vullen, indien er slechts genoeg water naar binnen stroomde. Maar de toevoer van water wisselt in alle ijsholen sterk af, en niet altijd treft een krachtige toevoer van sneeuw- of regenwater samen met eene zoo lage temperatuur in de grot, dat het ontstaan van ijs mogelijk is. Vandaar in verschillende jaren het alom waargenomen verschil in grootte der vormen, waaronder het ijs in de holen voorkomt. Op deze en dergelijke wijze zijn alle bedenkingen tegen DELUC's theorie opgeheven door den moeitevollen arbeid van FUGGER en TROUILLET. Het vraagstuk betreffende het ontstaan der ijsholen kan men nu dus inderdaad als opgelost beschouwen.