

DE KARSTVERSCHIJSSELEN

door A.G. Koenderink

Nu zo velen in staat zijn buitenlandse reizen te maken, komen tallozen in aanraking met vele problemen, die de algemene geologie en de geomorfologie raken. Een van de meest fascinerende verschijnselen is wel die met het begrip "karst" te maken hebben. De meest algemene verschijnselen, die hieronder vallen zijn: natuurlijke grotten met druipsteenformaties, geologische orgelpijpen, onderaardse rivieren etc.

Behalve de geologisch geïnteresseerde reiziger, is de laatste 100 jaar ook het archeologisch facet van de hollen naar voren gekomen, in Duitsland Höhlenkunde genoemd. (Toen deze wetenschap nog in haar kinderschoenen stond, thans beter bekend onder de naam Speleologie). Wie heeft niet de boeken gelezen van de beroemde Franse speleoloog Norbert Casteret: "Tien jaar onder grond" en "Dertig jaar onder de grond". Vaak wordt in de archeologisch gerichte werken weinig aandacht geschonken aan de geologische en morfologische problemen van de Karst, die vooral de laatste jaren door vele nieuwe onderzoeken nog interessanter geworden zijn.

Het klassieke werk over de karstverschijnselen is geschreven door Eviye: "Das Karstphänomen". Hij behandelde daarin het gebied van het karstgebergte in Istrië, waarmee de naam karst topografisch verklaard is. Alle verschijnselen, die zich voordeden in dit kalklandschap zijn samengevat onder de naam Karst, en naar analogie werden soortgelijke verschijnselen over de gehele wereld karstverschijnselen genoemd.

Landschappen, die deze karstverschijnselen vertonen noemt men karstgebieden of karstlandschappen. Zij worden vaak nader aangeduid met de naam van het gebied, waar ze voorkomen b.v. Triëster karst, Dinarische karst, Alpine of Cevennen karst.

Een enkele keer brengt men de luchtstreek in het geding en spreekt men van tropische, nordische of arctische karst. Dit laatste heeft vaak een heel andere betekenis, maar daarover later.

Al naar de ligging t.o.v. de kust spreekt men nog van Binnen- en Kustkarst. De in het hooggebergte voorkomende kaart duidt men dan nog aan met hooggebergtekarst.

Plantengroei kan in karstgebieden al of niet aanwezig zijn, die hangt af van de opbouw van de bodem. Ligt de kalklaag, die tot karstvorming aanleiding gaf onder een laag humus, dan spreekt men wel van groene karst. Ligt de kalkbodem aan de oppervlakte en verdwijnt alle neerslag in de diepte en heeft geen humusvorming plaats dan spreekt men van steriele karst.

De dikte van het karstmassief geeft aanleiding tot indeling in: Diepe, ondiepe of oppervlaktekarst.

Hoe kan men nu de karstverschijnselen onderkennen?

Er bestaat een directe samenhang tussen de oppervlakte en de op grotere diepte optredende geologische en hydrologische verschijnselen der kalkgebergten.

Tot deze eigenschappen worden gerekend:

- a. een rotsachtige, sterk met spleten en diaklazen verdeelde kalkformatie aan de oppervlakte bijna of volkomen waterarm, vaak slechts met een spaarzame vegetatie begroeid, waar trechtervormige en dalachtige inzinkingen voorkomen. Verder verschillende hollen, meren met ondergrondse aan- of afvoer en waterrijke bronnen in "blinde" dalen. De Fransen spreken van "vaucluse" bronnen, dit zijn bronnen in kalkgebieden waar als het ware een complete rivier uit de bergwand te voorschijn komt.

- b. Watervoerende en waterarme ondergrondse holen.
c. Het grondwater heeft vaak een sterk wisselende stand.
Soms valt er meer dan één grondwaterniveau te onderscheiden.
Het geheel van deze typische karstverschijnselen wordt in de literatuur aangeduid met het woord:

Karstphaenomeen.

Het ontstaan en de ontwikkeling van dit karstfenomeen hangt een-deels af van de gesteentesoort en de tektonische opbouw (Gelaagdheid, plooiing, spleetvorming) anderdeels van de erosieve en korrosieve kracht van het water en van het verdere verloop van de ontwikkeling der diverse karstverschijnselen in de tijd.

Dit begrip tijd duidt aan, dat het bij de ontwikkeling van het karstphaenomeen om een ontwikkelingsproces gaat, welks langere duur afhankelijk is van de steeds doorgaande oplossing en mechanische vernietiging van het kalkgesteente.

Dit uitlogings- en erosieproces kan onder bijzonder gunstige verhoudingen, wat betreft tektonische opbouw, gemakkelijke oplosbaarheid van het gesteente en de meteorologische omstandigheden van een gebied bespoedigd worden.

Maar het is daarentegen ook mogelijk, dat de gesteenten, die aan verkarsting onderhevig zijn bedekt zijn met niet-karstvormende sedimenten, waardoor het proces verlangzaamd wordt.

Uit het voorgaande kunt u nu begrijpen, dat we verschillende ontwikkelingsfasen in de karstvorming kunnen ontdekken. Dit werd reeds veel vroeger door Bock beschreven. Zo kunnen we de karstgebieden dan ook typeren.

De eerste drie stadia hebben te maken met de vorming van grotten. De volgende 3 fasen ontstaan uit de overstroming van de reeds ontstane grotten, door binnendringen van bronwater, de "inundatie".

Het zevende type is strikt genomen eigenlijk geen verkarstingsfase meer, omdat haar ontstaan van gebergtevormende ("erogene") factoren afhangt.

De ontwikkeling van de typische karstverschijnselen voltrekt zich dus onder de inwerking van een bijzondere soort afvoer van de neerslag, die op het karstoppervlak valt. Met deze eigenaardigheid houdt de grotvorming nauw verband.

De ontwikkeling van een karstlandschap voltrekt zich onder geheel andere omstandigheden dan andere landschapsvormen.

In tegenstelling tot de door stromend water gemodelleerde normale erosielandschappen (b.v. alle Middelgebergten langs de Rijn) is de karst een korrosielandschap. Maar nog meer onderscheidt haar: In tegenstelling tot de dallandschappen op ondoorlatende gesteenten laat de karst een kommenlandschap zien met oppervlakkige "afvloeieloosheid" en waterarmoede, echter met veel onderaards water en onderaardse afvoer. (fig. 1, 2, 3)

De door een verweringslaag bedekte gebieden, de "bedekte karst", zoals dat in Midden-Europa algemeen voorkomt staan in tegenstelling tot de "naakte karst" van kalkhooggebergten en de Dinarische gebieden.

Onzuivere kalk of gesteenten, die aan sterke mechanische verwerking ten prooi vallen als dungelaagde kalken en sterk doorkloofde dolomiet bezitten nog de vormen van een erosielandschap.

A. Grund duidde deze vorming met naam:

"Halfkarst" in tegenstelling met de "volledige karst" waar in plaats van dalen, "dolinen" de overheersende landschapsvormen zijn. (fig. 4)

Dolinen zijn greppel-, trechter- of schotelvormige verdiepingen in het karstoppervlak met ronde of elliptische of onregelmatig gevormde omtrek in verschillende afmeting van 10 m tot 1,5 km diam. en met een diepte van 2 m tot 300 m. De bodem opgevuld met

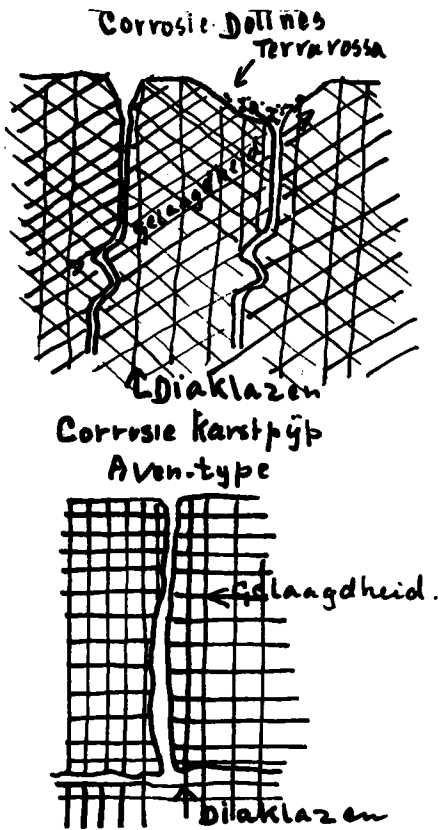


Fig. 1 Dolines en karstpijpen (naar Escher)

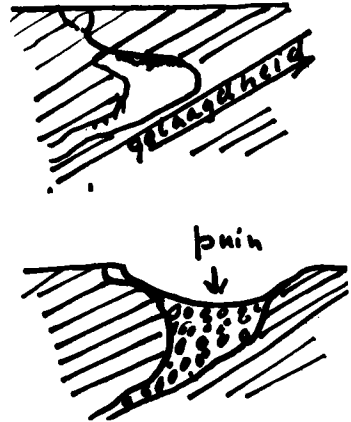


Fig. 2 Ontstaan van een instortingsdoline (naar Escher)

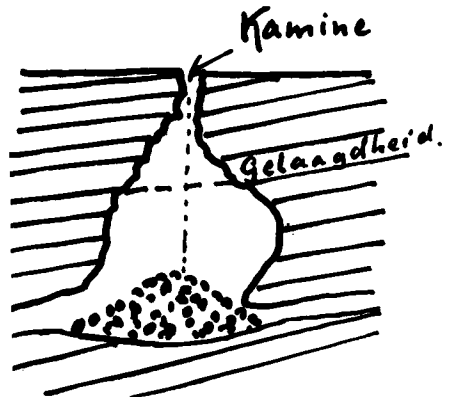


Fig. 3 "Kamine"

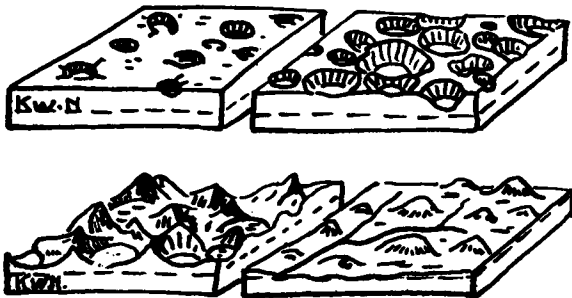


Fig. 4 Schema van een karstcyclus naar A. Grund. (K.W.N.=karstwaterniveau.)

gevallen gesteentebrokken leem, sneeuw, en somtijds als de bodem met een ondoorlatende grondsoort bedekt is, gevuld met water. De laatste vormen de "dolinemerer", die vaak van tijdelijke aard zijn, want in de bodem zitten een paar verwijde spleten, die het water kunnen afvoeren.

Rond dergelijke spleten ligt ook de plaats van ontstaan van een doline. Het ontstaan staat dan in nauw verband met de opbouw in diaklazzen en de lichte oplosbaarheid van kalk in (koolzuurhoudend) regenwater. Het vormingsproces van de doline verschilt echter van geval tot geval:

Wanneer regenwater op een kalkbodem verdwijnt in een spleet wordt de laatste door de oplossende werking van het water verwijd tot een verticale soms tot 100 m diepe pijp, die door karren (uitgeslepen of beter door oplossing ingevreten goten op de kalkrots) in de wand een uitwijdingsverbreding ondergaan.

Karren op de buitenwand van de rots vindt men in de Oostenrijkse kalkalpen en in de Dolomieten. Ze heten hier "Schratten". Vandaar de naam "Schrattenkalk". (fig. 5)

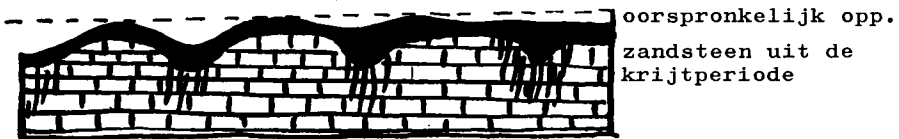


Fig. 5. Ontstaan van verdwijngaten en karren op de Frankische Alb (naar Cramer en Weber).

Soms ontstaan inzinkingen aan het oppervlak door instorting van holen en dan ontstaan de "poljen".

Karren, dolinen en poljes zijn wel de meest voorkomende en meest bekende vormen van de karst. Verderop zullen we ook nog enkele andere behandelen.

Uit het bovenstaande is nu wel zeer duidelijk gebleken, dat lithologische en hydrologische factoren de alles overheersende zijn. Karst in andere dan kalkgebieden b.v. in zout- en gipsafzettingen is beperkt van omvang en hier is de lithologische factor de fundamentele.

De meest zuivere kalkgesteenten als b.v. de koraalkalk uit het Krijt van Yougo-Slavië geven de sterkst ontwikkelde vormen. De doorlatendheid van de kalkgesteenten hangt voor een groot deel van hun chemische zuiverheid af.

De meest karakteristieke verschijnselen van chemische verwerking spelen zich in de chemisch zuivere kalksoorten af, die in behoorlijk dikke pakketten zijn afgezet.

De uitdrukking kalkreliëf scheidt misverstand. Karst is het meest typische kalkreliëf. (zie fig. 4 en 6)

Fluviatiële vormen in kalkgebieden staan in de regel in nauw verband met de graad van verontreiniging van de kalkgesteenten. Zij zijn dus ontstaan door oorzaken, die niet aan zuivere kalk eigen zijn.

Kalk is het meest aan verwerking onderhevig in tropische en sub-tropische klimaten in tegenstelling tot vroegere opvattingen in de klassieke theorie van Eviye, "omdat de hoeveelheid koolzuur in de lucht samenhangt met de temperatuur van de lucht". Experimentele onderzoeken en waarnemingen hebben aangetoond, dat chemisch zuiver water verwerking van kalksteen bewerkstelligt. Dit is een zeer bekend chemisch verschijnsel. Gedistilleerd water heeft een sterk corroderende kracht. Deze corrosieve kracht van het water wordt versterkt door het feit dat dit water eerst door een laag humus moet dringen, waardoor het proces langs biochemische weg versterkt wordt.

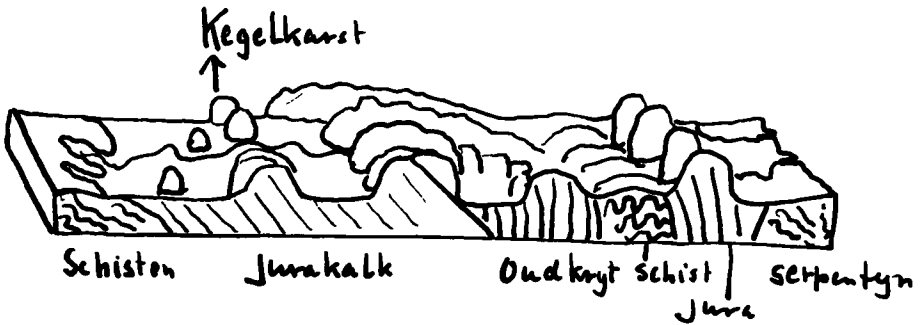


Fig. 6. Een korrosieoppervlak op Cuba in de Sierra de Los Organos naar H. Lehman.

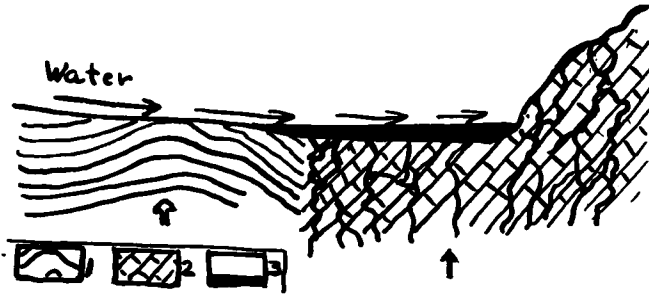


Fig. 7. Vorming korrosie oppervlakken.

1. impermeabelgesteente, 2. kalk, 3. alluvium. Het water komt over het ondoorlatende gesteente en dringt in de kalk. Alluvium wordt gevormd voordat de ponoren of verdwijngaten ontstaan. Het alluvium bewerkt een biochemisch proces en versnelt de vorming van ponoren.

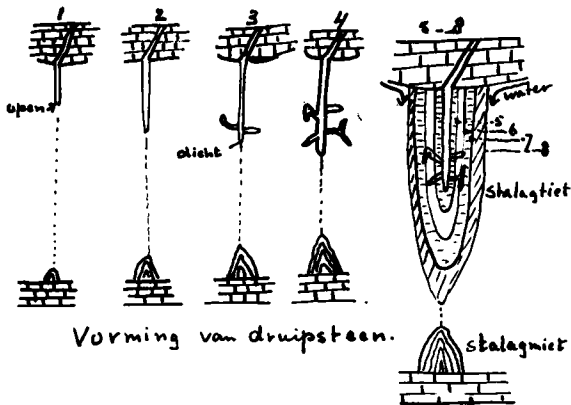


Fig. 8. Vorming van druipsteen.

Waarnemingen aan een blok kalksteen in Istrië hebben bewezen, dat de biochemische verwerking veel sneller werkt dan de mechanische b.v. een stuk kalkrots blootgesteld aan vallend water.

De porositeit van het gesteente speelt vrijwel geen rol, want kalksteen is over het algemeen niet permeabeler dan andere gesteenten, die de naam hebben doorlatend te zijn. Kalkgesteenten zijn in de regel hard en compact. Stromend water kan echter karstverschijnselen veroorzaken. Het type, dat aldus ontstaat werd door A. Penck met "sous-jagent" betiteld, want karst wordt nauwkeurig bepaald door de verticale weg van het water door de gesteenten via de diaklazen en afgesloten depressies in het gesteente. (fig. 7)

Wat is nu de uiterste grens van dit dubbelspel van hydrologische en morfologische aard? De capillaire bewegingen en het wegstromende water laten werkzaamheid onderkennen dwars door het doorlatende gebied tot het ondoorlatende niveau.

Deze circulatie kan tegengestelde richtingen nemen. Het hangt van het relief van het oppervlak af.

De ondoordringbare laag, waar het kalkmassief op rust is het niveau van de karstbasis. Dit valt op te maken uit het feit, dat in Istrië, de onderzeese bronnen "vruljes" genaamd, ontstaan uit watercirculaties, die zich soms honderden meters onder zeeniveau bevinden.

De feiten bewijzen, dat de watercirculatie en de vorming van grotten tot stand komen in het gehele kalkmassief, onafhankelijk van het zeeniveau en eigen wetten volgend, die nog niet nauwkeurig bekend zijn.

Er dringt zich hier een vraag op: Kan zich over grotere afstand een groot waterniveau vormen overeenkomend met het zeeniveau?

Onderzoek heeft bewezen, dat dit niet bestaand is, door de verschillende geaardheid der onderscheiden kalksoorten en de circulatie van de watermassa's in de kalkmassieven.

Vandaar dat men in een kalkmassief een aantal verschillende water hoeveelheden kan aantreffen met verschillend niveau. Daarom is de theorie van één "Grundwasser" onbestaanbaar.

Daarom zal men in de karstgebieden ook geen verschillende vereffeningsvlakken aantreffen d.w.z. terrasvormige vlakken in het gebergte. Wel bestaan er fluvio-karstoppervlakken, maar dat is geen typisch karstfenomeen, doch een gegeven van morfologische aard. Het typische karstkarakter komt tot uiting in:

- a. Wegvloeien van oppervlaktewater. B.v. Rivieren, die aan waterverlies lijden b.v. de Donau aan de Wutach en in de richting van het Bodenmeer (Zie litt. Jac.Hol: Waar de Donau verdwijnt).
- b. Circulatie in verticale zin van de gesloten vormen. De grotten worden hoger naar boven.

In zuivere kalkgesteenten zijn de volgende normale vormen aanwezig:

1. "Ponoren" of verdwijngaten voor het water.
2. Ondergrondse ruimten. Dit zijn alle bekende grotten b.v. die van Han, Luseaux, Dechenhöhle in het Sauerland etc.
3. Kamenica's. Deze zijn ondiep en meer horizontaal ontwikkeld. Zij zijn geologische orgelpijpen in aanleg, ons welbekend uit Zuid-Limburg. (Zie litt. Faber, Hol, Felder). Bij deze vormen spelen biochemische processen een grote rol.
4. Dolinen. Bepaald door petrografische en structurele factoren. Zij overheersen in de regel in onzuivere kalken en vormen het kommenlandschap van Yoego Slavië, Griekenland en bepalen het nederzettingpatroon. Soms ook te vinden in de nivale zône van het hooggebergte.
De kwasi ondoorlatende bodem van terra rossa belet het verticale verdwijnen van het regenwater en richt ze naar de kanten,

die aan erosie onderhevig zijn. Zo zorgen dus de oppervlakkige watergeulen voor vergroting dezer dolinen. De bodemlaag vernieuwt zich elk jaar, terwijl de rode aarde zorgt, dat de oppervlaktelaag blijft liggen en niet naar de diepte verspoelt.

5. De poljen ontstaan boven instortingen. Deze vergroten zich omdat een alluviale afzetting het verticale verdwijnen van het water belet d.w.z. de ontwikkeling van een normaal karstproces; zij bevordert zo de laterale corrosie.

De vegetatie bevordert de biologische processen, die de corrosieve werking bevorderen.

Van de grote blinde dalen en Uvula's onderscheiden ze zich door hun vlakke, scherp tegen de steile wanden afgezette bodems, die met alluviale sedimenten bedekt en vaak zeer vruchtbaar zijn. Polje betekent veld, het zijn dus de spaarzame akkerbouwgebieden en dus nederzettingscentra. Soms bevatten ze water en ontstaan grote poljemeren als b.v. het Skutari-, Presla- en Ochridameer. Ook het meer van Zirknitz met zijn sterk wisselende waterstand behoort er toe. Daar de polje een gesloten grotvorm is, komen de bronnen uit de steile wanden te voorschijn en verdwijnt het riviertje ook weer ergens in de wand.

Hun ontstaan is nog niet duidelijk. Met Uvula worden meestal de schotelvormige dolinen aangeduid, ontstaan door afvoer naar beneden door een ponore.

Door de sterke leembekleding van de bodems dezer vormen, worden de zijwanden sterk aangetast. Het eigenlijke karstproces zet niet in verticale richting door maar horizontaal. De harde gedeelten blijven staan. Er komt een inversie (= omkering) van het reliëf tot stand en er vormt zich over grote oppervlakte "kegelkarst" bekend uit China en op Java.

Ik sprak hierboven verschillende malen over corrosie. Het woord is afgeleid van het latijnse werkwoord corrodere dat afknagen betekent. Hiermee duidt men de chemische werking van het water op gesteenten aan, waarbij de in het water opgeloste stoffen dikwijls van doorslaggevende betekenis zijn. Men spreekt ook wel van agressief water, dit tast door een hogere hoeveelheid opgeloste stoffen (Bikarbonaten, sulfaten, verschillende zuren,) dikwijls bestanddelen in gesteenten of in bouwwerken aan.

In de tweede plaats duidt men met dit begrip oplossingsverschijnselen in kristallisatievormen in magma's aan b.v. heel vaak zichtbaar aan kwartsinsluitels in kwartsporfieren.

Men spreekt ook wel van korrosie grotten in de karst en in gipsafzettingen. Spletten in de kalk- of gipsafzettingen vormen de aantastingspunten voor CO₂-houdend ingesijpeld water.

De "Sickerwasser" vormen een uitruimingsholte. De vergroting van deze ruimten vindt plaats door erosie, meer dan door korrosie. Ook speelt verwerking hier een grote rol. Bij gips- en zoutafzettingen spreekt men vaak van uitlogingsruimten, die meestal door met zouten verzadigd water gevuld zijn. Hier ziet men geen vormen, die aan de erosieve werking van water herinneren. Deze holen hebben meestal geen natuurlijke uitgangen, wat bij de karstgrotten wel het geval is.

Veel grotten volgen door tektonische oorzaken gevormde veranderingen als spleten en verschuivingsvlakken. Men spreekt daarom van spleetholen of breukvlakholen, andere vormen zich langs sedimentatievlakken.

Een grot wordt begrensd door de grotbodem, de grotwand en de grotzoldering (Höhlendecke).

De grootte van de grotten kan sterk variëren. Een aaneenschakeling van grotten noemt men een grottengang. Een aantal bijeenhorende op zichzelf staande grotten en grottengangen noemt men wel een grottensysteem of gangenstelsel.

De inhoud van een grot kan vast, vloeibaar of gasvormig zijn. Van de vaste stoffen is de holen- of grottenleem de belangrijkste. Deze leem is ontstaan uit verweringsprodukten van de hollenwanden, gemengd met ingesijpeld kalkhoudend water, en ingespoelde vaste stoffen. Soms vindt men er lagen in van een beenderenbreccie, door bewoning door mens of dier ontstaan. Maar men vindt er ook gevallen gesteentebrokken tussen.

Tot deze vaste substanties in hollen of grotten behoren ook in de kalkgebergten in humide (regenrijke) gebieden de druipsteen-vormingen. In ijzerhoudende kalksteen kan er ook een enkele keer ijzerdruipsteen ontstaan.

Druipsteenvorming vindt alleen plaats in grotten met een vrij grote verdamping. Vindt men in een druipsteengrot stilstaand water of een riviertje, dan is de toestand vroeger anders geweest en vindt er nu geen druipsteenvorming meer plaats. Naast de hangende stalagtieten en de staande stalagmieten, vindt men langs spleten nog guirlandes en gordijn- en draperievormige druipsteen. (fig. 8)

Bij zeer lage temperatuur kan in grotten ook water in vaste vorm optreden. Er ontstaat "holenijs" en deze vormen de bekende ijsgrotten als b.v. in het gebied van Hallstatt in Oostenrijk. Dit kan natuurlijk alleen in noordelijk gelegen gebieden en op grote hoogte het geval zijn. Verdampingskoude is vaak de oorzaak, soms is toevoer van zeer koude lucht de oorzaak.

In vloeibare vorm vinden we het hollen- of grotwater, dat stilstaand of stromend kan zijn.

Gasvormig is de grottenlucht, die zich kenmerkt door een vrij constante temperatuur.

Gebieden bekend door hun fraaie karstverschijnselen zijn buiten Europa de Noordamerikaanse holengebieden, die voorts bekendheid genieten door het voorkomen van de blinde Holenvis. De "Mammoth Cave" moet een lengte van 31 km bezitten.

In Midden Amerika vindt men karstgebieden met de typische eigenschappen van de Yoegoslavische kustkarst en vallen op door hun merkwaardige vegetatie (eigenaardig gevormde cacteeën). De karstgebieden in Mexico wekken bijzondere belangstelling door de praehistorische woongrotten en het voorkomen van de Mammoet. (Litt. Helm. de Terra; Man and Mammoth in Mexico).

Ook in Azië en Australië zijn karstlandschappen met uitgebreide hollenvorming bekend. (Celebes kent o.a. ook praehistorische woongrotten zie de werken van Stein Callenfels ten aanzien van deze materie).

Bijzonder fraai is de grotvorming in de koraalkalk van Curaçao en Aruba onder invloed van de kustbranding. (Zie litt. Molengraaff: Geologie en Hydrografie van Curaçao).

In Europa treedt het karstfenomeen op in alle landen met kalkgebergten tussen 35° en 60° h.B.

B.v. in het Siluur, Devoon en Karboon van Noord-Rusland.

In Jura, Krijt en Devoon van Zuid Engeland.

Het Leisteenplateau met zijn uitgebreide oppervlak Devonische massenkalk levert versch. karstgebieden op als de omgeving van: Remouchamps en Han in België, het Sauerland met de Dechenhöhle (genoemd naar de geoloog v. Dechen), Balverhöhle (bekend door de grottenleem met resten van de Hohenbeer. In dit verband is een bezoek aan het Heimatmuseum te Menden, Sauerland aan te bevelen evenals het Museum op Slot Altena a/d Lenne).

Zij die naar de Riviera reizen per auto moeten zeer zeker het dal van het riviertje de Tarn niet vergeten met zijn natuurlijke bruggen ontstaan door instorting van de grotzoldering. Zo'n instorting vormde b.v. in het Sauerland het Felsenmeer van Sundvig. Een belevenis is in hetzelfde gebied de Feldmanns Höhle Brockhausen, Sauerland, waar onder U nog twee grotten zijn. De ene benut

als tunnel voor de trein, de onderste benut door het riviertje de Hönne. Een wandeling door het Hönnetal doet U veel van de karst begrijpen.

Ook alle beroemde grotten met praehistorische wandschilderingen van Lascaux, les Eyzies of Altamira liggen in karstgebieden. Het zoeken naar de oorsprong van de Garonne was b.v. een stukje karstgeologie en hydrografie.

Weliswaar heb ik het onderwerp niet uitgeput. Maar ik meen U toch enigszins een beeld te hebben geschapen van wat het begrip karst omvat.

Tot slot wil ik U nog wijzen op een zeer goed boek in het nederlands verschenen bij de U.M. Holland, Amsterdam: A. Löbke; Geheimen van het Onderaardse. Dit boek geeft zowel avonturen als wetenschap, is goed gedocumenteerd en licht U over veel in, wat hierboven nog niet duidelijk was.



Dechenhöhle bij Letmathe (Sauerland).

"Alhambra" of zuilenhal, zo geheten naar de zuilvorming in de druipsteen. Zuilen in allerlei vormen en gestalten stijgen van de grotbodem op. Sommige zien in enkele figuren een hondje en een kip vandaar de nevennaam "Hund und Henne". Foto: Jan Koenderink.

LITTERATUURLIJST KARSTVERSCIJNSELEN

- P. Fénelon: Le relief karstique (Norvis, no. 1 p. 51-77, Poitiers 1954)
- P. Birot: Problèmes de morphologie karstique (Annales de Géographie no. 337 pp. 161-192, Paris, 1954)
- J. Evijic: Das Karstphänomen, Versuche einer morphologischen Monographie. (Geogr. Abh. "herangeg. v. A. Penck, Wien 1883)
- Das Karstphänomen in den verschiedenen Klimazonen. (Discussie Int. Comm. du karst) in Die Erdkunde, B. VIII Lfz 2 p. 121. Bonn. 1954.
- Harrassowitz: Das Karstphänomen
- O. Lehmann: Die Hydrografie des Karstes
- O. Kendes: Enzyklopädie der Erdkunde, Leipzig-Wien 1932.

- A. Penck: Das unterirdische Karstphänomen (Receuil des Travaux dédiés à Johann Evijic. Belgrado 1924).
- J. Evijic: Bildung und Dislozierung der Dinarischen Rumpffläche (Peterm. Mitt. B. 55, Gotha p. 125-127)
- H. Lehman: Morphologische Studien auf Java Geogr. Abh. Stuttgart 1936.-
- J. Roglic: Quelques problèmes fondamentaux du karst. (L'information Géographique 1957 no. 1).
Zeer modern van opzet.
- Dr. Rud. Willner: Kleine Höhlenkunde (1917).
- N.N.: Die Dechenhöhle. (Des Sauerlandes unterirdisches Zauberreich.
- Fr. Machatschek: Geomorfologie (1954)
- Cotten: Landscape.
- Identieke verschijnselen in ijsmassa's. Hierover
- W.J. Jong: Thermokarst en kryokarst als pseudo karstverschijnselen (Geogr. Tijdsch. 1960. 2)
- Jac. B. Hol: Waar de Donau verdwijnt (Tijdsch. Ned. Aardr. Genootschap Dl. 59 bldz. 87-98, 1942).