

Beter één meteoriet in de hand dan tien in de lucht

Charles E.S. Arps

Dr. C.E.S. Arps. Nationaal Natuurhistorisch Museum. Naturalis. Postbus 9517, 2300 RA Leiden. arps@naturalis.nnm.nl

Meteorieten en tektieten spreken tegenwoordig zeer tot de verbeelding. Meteorieten zijn gevaarlijk, beweert men. Maar is dat werkelijk zo? Inslagen kunnen - en dat is in het verleden ook gebeurd - rampen veroorzaken. Meteoren en meteorieten worden vaak in één adem genoemd, toch zijn het verschillende dingen. In Naturalis worden we regelmatig geconfronteerd met allerlei vragen over meteorieten én met 'meteorietmeldingen'. In deze bijdrage gaan we hierop in en als bijlage vindt u een verslag van een geënceneerde meteorietinslag.

Hoe bijzonder zijn meteorieten en tektieten?

Eén ding is zeker: *meteorieten* zijn van buitenaardse herkomst. Ze bestaan uit oermateriaal uit ons Zonnestelsel dat op planeet Aarde terecht is gekomen. Het zijn dus bijzondere objecten, ze zijn zeldzaam en ze verdienen onze speciale aandacht, want ze kunnen ons veel vertellen over het ontstaan en de vroegste geschiedenis van ons Zonnestelsel.

Planeten, asteroïden en meteorieten

De planeten van ons Zonnestelsel zijn

4,65 miljard jaar geleden ontstaan door gedifferentieerde condensatie en samenklontering van 'oermateriaal' (gas- en stofnevel) van ons Zonnestelsel *in statu nascendi*. De grotere planetoiden of proto-planeten in de buurt van het centrum van het Zonnestelsel ontwikkelden tijdens de condensatiefase een structuur, bestaande uit een metallische kern en een steenrijke mantel. Aansluitend hebben metamorfe processen geleid tot een verdere rekristallisatie, opsmelting en differentiatie, magmatisme en - aan de buitenkant van de planeten - vulkanisme. Zo hebben deze planeten, waaronder ook planeet Aarde, een

structuur gekregen die wordt gekenmerkt door een kern, een mantel en een korst. Vermoedelijk hebben de kleine planetoiden, met een doorsnede kleiner dan 100 km, geen smeltfase meegemaakt.

In de vroegste geschiedenis van ons Zonnestelsel - tot ongeveer 3,9 miljard jaar geleden - waren botsingen van planetoiden aan de orde van de dag. Dit had tot gevolg dat een grote hoeveelheid rondzwervende fragmenten op hun beurt weer inslagen veroorzaakten op andere planeten; de sporen daarvan zijn nu nog te zien.

Asteroïden zijn kleine planeten (planetoiden) of fragmenten daarvan die een baan om de Zon beschrijven. Het zijn samengeklonterde restanten van hetzelfde materiaal waaruit ook de planeten zijn ontstaan. Asteroïden hebben vaak een onregelmatige vorm.

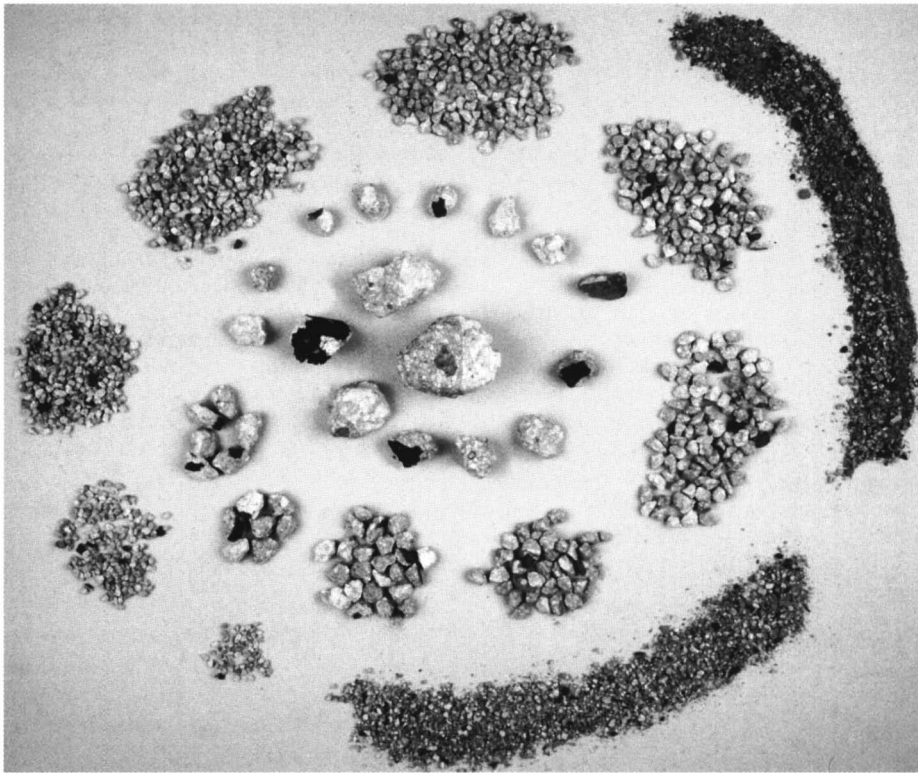
Tussen de planeten Mars en Jupiter bevindt zich een gebied waarin vele duizenden asteroïden zijn geconcentreerd. Dit is de *asteroïdegordel*, de belangrijkste - maar niet de enige - leverancier van meteorieten op Aarde. Deze gordel wordt in stand gehouden door de zwaartekrachtvelden van de Zon en vooral van planeet Jupiter. Asteroïden die binnen dit krachtenveld iets uit hun koers raken kunnen onder invloed van het zwaartekrachtveld van Jupiter uit hun baan in de gordel weggeslingerd worden. Zij gaan zwerven in de ruimte en volgen een elliptische baan om de zon die hen vaak in de buurt brengt van één van de planeten. Uiteindelijk worden de meeste zwerfers door één van de grotere planeten (of hun manen) ingevangen en vallen daarop te pletter.

De omvang van de asteroïden varieert van enige kilometers tot enige honderden kilometers. De grootste, Ceres, heeft een diameter van ca 1.025 km. Het totale gewicht van het materiaal van de asteroïdegordel wordt echter op een fractie van het gewicht van de Maan geschat.

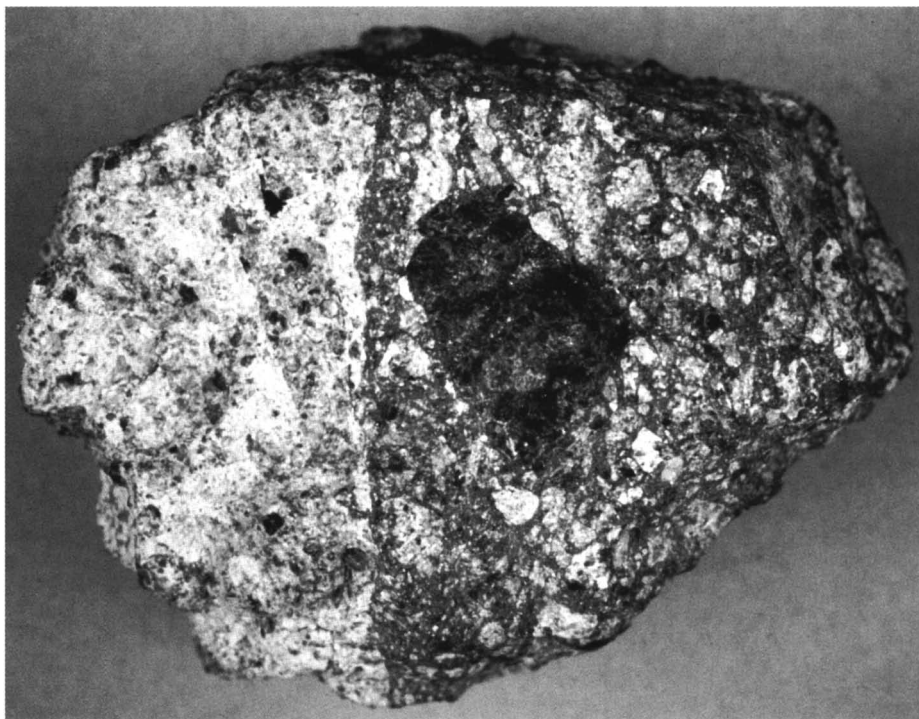
Zeer veel asteroïden binnen en buiten



Afb. 1. Gat in dak, veroorzaakt door inslag van de 'Glanerbrug' op 7 april 1990.



Afb. 2. Fragmentatie van de 'Glanerbrug' door inslag op het dak van een woning. Alle fragmenten werden op de zolder aangetroffen.



Afb. 3. De grootste steen van de 'Glanerbrug', gewicht 135 gram. Duidelijk is te zien dat deze meteoriet een zeldzame chondriet-breccie is.

de asteroïdegordel zijn inmiddels geregistreerd. Door verbetering van opsporingsapparatuur worden voortdurend nieuwe en steeds kleinere asteroïden ontdekt, vooral ook dicht bij de Aarde (NEO's: Near Earth Objects). Het zijn er nu meer dan 5.000 en ze worden alle aangeduid met een nummer en een naam.

Vondst of val, de naam van een meteoriet

Als een binnenkomende asteroïde - men zou hier ook de term *meteorioïde* kunnen gebruiken - de val door de dampkring overleeft, op de aardkorst terecht komt en gevonden wordt noemen we zo'n steen een *meteoriet*. We

spreken van een *val* als het vinden van de steen is te koppelen aan de passage door de dampkring (met licht- en/of geluidseffecten) en de inslag op een bepaalde plaats, m.a.w. een *val* wordt *waargenomen*.

Een meteoriet waarvan het tijdstip van de val geheel onbekend is wordt een *vondst* genoemd.

De keus van de *naam* voor een meteoriet is niet willekeurig. In principe wordt een meteoriet genoemd naar de dichtstbijzijnde plaats waar zich een postkantoor bevindt. Dit is een internationale afspraak. Een meteorietval of -vondst wordt aangemeld en na goedkeuring officieel geregistreerd, gepubliceerd (Meteoritics & Planetary Science) en in de Catalogue of Meteorites (Natural History Museum, Londen) opgenomen.

Hoe zijn meteorieten samengesteld?

De samenstelling van de planetoïden van de asteroïdegordel varieert, afhankelijk van de samenstelling van het 'oermateriaal' waaruit deze lichamen zijn opgebouwd. Op specifieke posities in de asteroïdegordel worden verschillende groepen asteroïden onderscheiden die - gebaseerd op de reflectiespectra in zonlicht - worden aangeduid als E-typen, S-typen, C-typen, M-typen, etc. De meteorietensoorten zijn te correleren met bepaalde asteroïden, b.v. koolstofhoudende meteorieten met C-type-asteroïden. De meeste meteorieten die op Aarde terecht zijn gekomen zijn afkomstig van een beperkt aantal asteroïden (*parent bodies*) of fragmenten van uiteengevallen planetoïden.

IJzermeteorieten bestaan voor meer dan 90% uit ijzer en nikkel en een aantal andere mineralen, zoals troiliet, die als nodules in de metaalfase voorkomen. IJzermeteorieten hebben oorspronkelijk waarschijnlijk alle tot de kern van planetoïden behoort.

Steen-ijzers, te vergelijken met de Aardse mantelgesteenten, bestaan min of meer in gelijke mate uit silicaatmineralen en een ijzer-nikkel-legering. De silicaatfase bestaat bij *pallasieten* uit olivijn en bij *mesosiderieten* hoofdzakelijk uit pyroxeen en veldspaat. Mesosiderieten bestaan gemiddeld voor 60% uit nikkel-ijzer.

Ijzers en steen-ijzers zijn de producten van asteroïden die een volledige smelt-fase hebben ondergaan.

Steenmeteorieten zijn opgebouwd uit de mineralen olivijn, pyroxeen en veldspaat als hoofdbestanddelen en sommige kunnen tot 25% ijzer-nikkel-legering bevatten.

Verreweg de grootste groep steenmeteorieten is opgebouwd uit samengeklonterd 'interstellair oermateriaal' en wordt gekarakteriseerd door de aanwezigheid van *chondrules*. Deze meteorie-

ten worden *chondrieten* genoemd (afb. 3). Chondrules zijn snel afgekoelde silicaatsmelt-druppeltjes (olivijn, pyroxeen, iets veldspaat en glas). Het petrologisch karakter van deze groep varieert sterk van 'ongedifferentieerd' en goed herkenbaar tot gedefformeerd en gerekristalliseerd (metamorfose) en is dan soms moeilijk herkenbaar. Sommige C-chondrieten zijn door de aanwezigheid van water omgezet. *Achondrieten* daarentegen zijn fragmenten van planetoïden die na een opsmeltingsfase volledig zijn gerekristalliseerd. Ze bevatten geen chondrules en lijken veel meer op bepaalde Aardse magmatische gesteenten. De belangrijkste gesteentevormende mineralen van deze groep zijn olivijn,

pyroxeen en veldspaat in zeer variabele hoeveelheden.

Voorbeeld van een aantal accessorische mineralen in meteorieten zijn o.a. troiliet (lijkt op pyriet) en andere sulfiden, chromiet, diamant en grafiët, schreibersiet, apatiet en andere fosfaten, calciet, rutiel, ilmeniet, (hoge temperatuur-)kwarts, meliliet en kleimineralen.

Op grond van de samenstelling, structuur, metamorfose, etc., wordt iedere hoofdgroep onderverdeeld in subgroepen en typen (tabel I). Voor de ijzermeteorieten zijn twee classificaties in gebruik: 1) een oudere, gebaseerd op de aard van de ontmengingsstructuren (widmanstättenfigu-

ren) van de twee Fe-Ni-mineralen *kamaciet* (α -ijzer, 4-7% Ni) en *taeniet* (γ -ijzer, 20-50% Ni) waaruit een ijzermeteoriet is opgebouwd (tabel II) - en 2) een chemisch-genetische indeling die tegenwoordig meer in gebruik is, waarbij bepaalde de sporenelementen een doorslaggevende rol spelen (tabel I).

Tenslotte is er nog een aparte groep meteorieten bekend, die afkomstig zijn van andere - binnenste - planeten van ons Zonnestelsel. Het zijn brokken gesteente die zijn weggeslagen bij de inslag van een asteroïde op een planeet of maan. Van een drietal 'anomale' steenmeteorieten - ook wel bekend onder de naam *SNC-meteorieten* - wordt aangenomen dat ze van planeet

Tabel I:

Overzicht van alle meteorieten die tot 31 december 1999 officieel zijn geregistreerd.

Genoemde aantallen zijn afkomstig uit *Catalogue of Meteorites, 5th edition, 2000, M.M. Grady & R. Hutchison*.

De geaccordeerde meldingen zijn ingedeeld naar samenstelling, maar ook of het gaat om een *vondst* of een *val*. Voorts zijn de meteorietvondsten van Antarctica in de totalen verwerkt.

Klasse	val	vondst	totalen	
STEEN	940	20574	21514	
Chondriet [1]	821	14369	15190	metallisch Fe
E - enstatiet chondriet; totaal Fe, 22-33%	15	186	201	25-30%
H - hoog totaal Fe, 25-30%	316	6646	6962	12-20%
L - laag totaal Fe, 20-24%	350	5863	6213	5-10%
LL - laag totaal Fe, 19-22%, en laag metallisch Fe	72	976	1048	ca 2%
C - koolstof, water e.a. organische bestanddelen	36	525	561	<3%
Overige chondrieten	32	173	205	
Achondriet	78	532	610	
Aubriet	9	37	46	
Diogeniet	10	84	94	
Eucriet	25	175	200	
Howardiet	20	73	93	
Ureiliet	5	87	92	
Overige achondrieten [2]	5	47	52	
Maan	0	18	18	
SNC [3] afkomstig van Mars	4	11	15	
Overige steenmeteorieten [4]	41	5673	5714	
STEEN-IJZER	12	104	112	
Mesosideriet	7	59	66	
Pallasiet	5	45	50	
IJZER [5]	48	817	865	
I: IAB, IC	5	137	142	
II: IIAB, IIC, IID, IIE, IIF	11	139	150	
III: IIIAB, IIICD, IIIE, IIIF	14	276	290	
IV: IVA, IVB	4	73	77	
Overige ijzers	14	192	206	
te weinig over bekend	5	7	12	
TOTAAL	1005	21502	22507	

Verdeling van de geregistreerde meteorieten in de wereld:

alle meteorieten van Antarctica (dit zijn alle 'vondsten')		17808
alle overige meteorieten:		
Waarvan de val geregistreerd is	1005	
die als 'vondst' geregistreerd zijn	3694	
totaal op Aarde (uitgezonderd Antarctica)		4699
som van alle geregistreerde meteorieten		22507

Opmerkingen:

- [1] verder onderverdeeld in 6 petrologische typen, afhankelijk van de mate van veranderingen o.i.v. waterige oplossingen (1 en 2) en (thermo)metamorfose (4, 5 en 6)
- [2] o.a. de zeldzame acapulcoïet, angriet, brachiniet en lodraniet
- [3] ook bekend onder de namen shergottiet, nakhliet en chassigniet
- [4] niet verder geklassificeerd en ingedeeld
- [5] chemische klassifikatie van ijzer-meteorieten op basis van de siderofiele elementen Fe, Ni, Pt, Ge, Ga, Ir, Au, etc.

Mars (15 stuks) afkomstig zijn. Ook van de Maan zijn op deze manier een aantal stenen bij ons terechtgekomen. Tot nog toe zijn er 18 gevonden; de eerste werden in de afgelopen decennia op Antarctica ontdekt.

Hoe is een meteoriet te herkennen?

Gave meteorieten, in het bijzonder ijzers, kunnen er heel bizar uitzien, vooral als ze bij de val onbeschadigd zijn gebleven. Zo zien meteorietvondsten uit Antarctica er meestal nog heel goed uit - meer dan 17.000 zijn in de laatste 100.000 jaar op het landijs terechtgekomen - terwijl van de Glanerbrug nog maar weinig moois is overgebleven (afb. 2).

Hoe langer meteorieten op of in de aardbodem hebben gelegen en door de verwerking zijn aangetast, des te moeilijker is de herkenning. Dus is het heel begrijpelijk dat veel meteorieten - vooral steenmeteorieten - al gauw niet meer te vinden zijn.

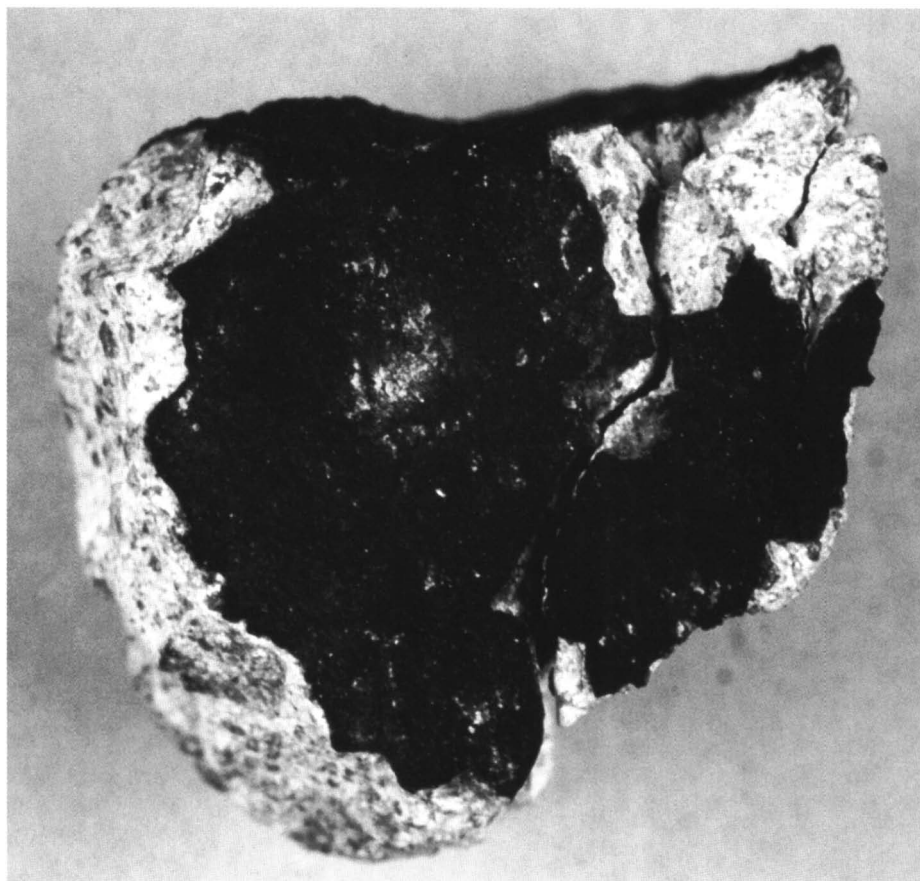
IJzermeteorieten hebben doorgaans een grillige vorm met diepe kuiltjes (Engels: *regmaglypts*) en uitspringende (scherpe) randen. Deze structuren zijn het gevolg van opsmelting en afbladdering van het gesteente door de wrijving met de dampkring (zie hierna). IJzermeteorieten zijn heel zwaar (soortelijke massa 8) en sterk magnetisch.

Door verwerking verliezen ijzermeteorieten hun grillige vormen en door roesten krijgen ze een bruine verweringskorst en zijn ze moeilijker te herkennen. Ook verliezen ze uiteindelijk hun magnetisme.

De karakteristieke *widmanstätten-ontmengingsstructuren* van ijzermeteorieten zijn door het etsen van polijstvlakken goed zichtbaar te maken.

Steenmeteorieten zijn wat regelmatig van vorm en hebben meestal een golvend oppervlak met kuiltjes of groeven. Een karakteristiek kenmerk is een donkere tot pikzwart gekleurde *smeltkorst* van ongeveer 1 mm dikte (afb. 4). Bij sterkere vergroting heeft zo'n korst een korrelige structuur.

Bij het binnendringen van de dampkring zal een meteoroïde onder invloed van de wrijvingswarmte aan de buitenkant gaan smelten, verdampen en een smeltkorst vormen. De omvang van de steen neemt hierbij snel af. Dit ver-



Afb. 4. In grootte het tweede fragment van de 'Glanerbrug', met een 1 mm dikke, zwarte smeltkorst.

dampingsproces is de oorzaak van het vuurbol-effect dat bij een meteorietval te zien is. Vaak zal de meteoroïde dieper in de dampkring door de opgebouwde spanning in stukken breken (brecciatie); de losgeslagen stukken zullen ieder afzonderlijk weer verder smelten, afbladderen en een smeltkorst vormen. De vuurbol dooft uit even voordat de kosmische intredesnelheid tot nul is teruggebracht en de mogelijk nog resterende fragmenten zullen 'in vrije val' op de Aardbodem terecht komen.

Bij inslag op een harde ondergrond zal de smeltkorst beschadigen. Op een vers *breukvlak* heeft het gesteente een grijze kleur en bij chondrieten zijn glinsterende spikkeltjes metallisch ijzer meestal goed te zien. Door verwerking zal een smeltkorst bruin kleuren en uiteindelijk nauwelijks of niet meer herkenbaar zijn.

Chondrieten zijn met een loep goed te determineren door de aanwezigheid van kleine bolletjes (ca. 0,2 - 2 mm) of

chondrules. In sterk verweerde chondrieten kunnen chondrules nog lang herkenbaar blijven.

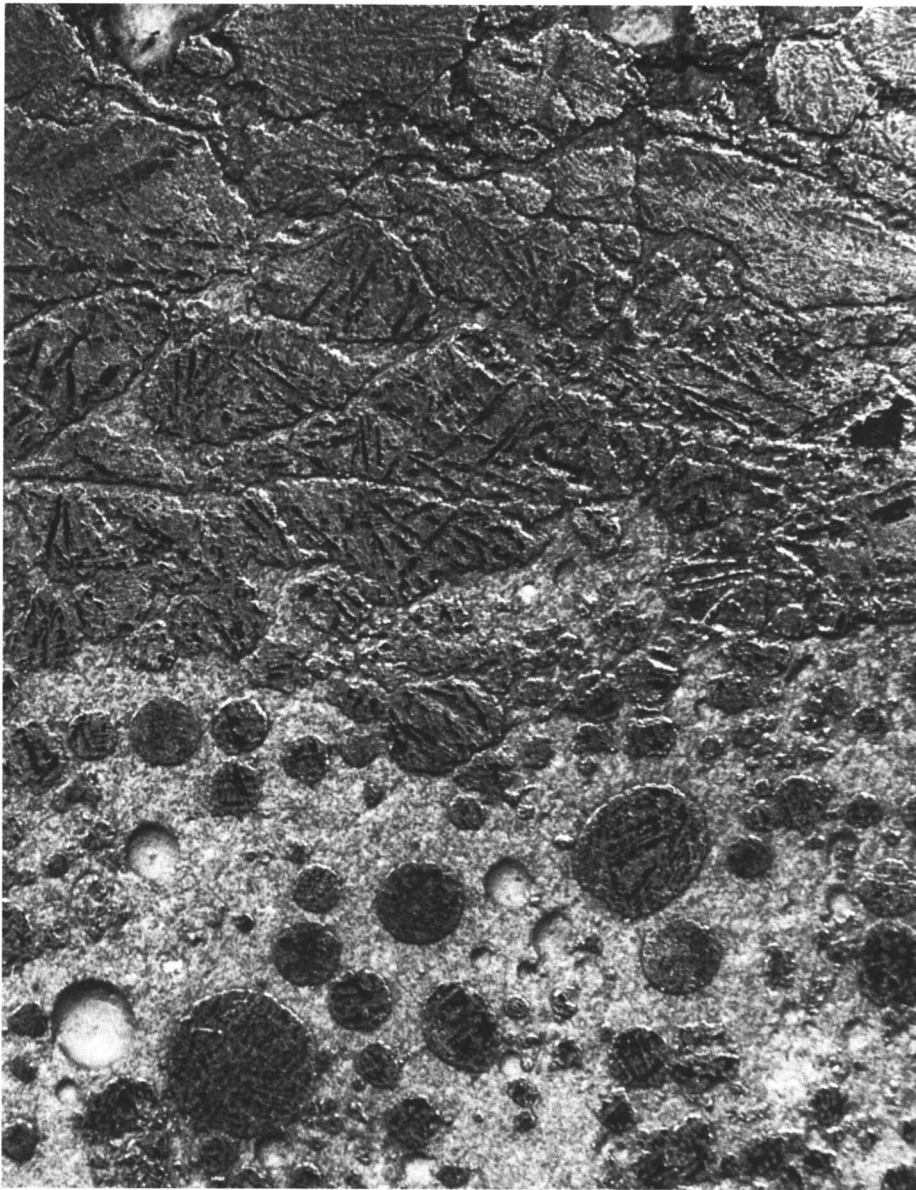
Achondrieten zonder smeltkorst zijn heel moeilijk van Aardse gesteenten te onderscheiden, zeker als we te maken hebben met een vondst. In het algemeen zijn steenmeteorieten gemiddeld zwaarder dan de meeste Aardse gesteenten, ze hebben een soortelijke massa van 3,3 of meer. De hoeveelheid Fe-Ni-legering speelt hierbij ook een rol en is er ook verantwoordelijk voor dat zelfs chondrieten iets magnetisch zijn. Onder invloed van vocht uit de bodem of de atmosfeer zal metallisch ijzer heel snel gaan roesten en bruine vlekken in het gesteente veroorzaken.

Meteoren en meteorieten: wat is het verschil?

Meteoren zijn lichtverschijnselen die wij in de atmosfeer, 'aan de hemel', waarnemen. Meteoren worden populair ook 'vallende sterren' genoemd.

Tabel II: IJzermeteorieten ingedeeld op basis van structuurkenmerken

Structurele klasse	bijzondere kenmerken	symbool	bandbreedte	Ni-gehalte
Hexaëdriet	<i>neumann-lijnen</i>	H	-	5 - 6 %
Grofste octaëdriet	ontmengingspatronen: <i>widmanstätten-figuren</i>	Ogg	> 3,3 mm	6 - 17 %
Grove octaëdriet		Og	1,3 - 3,3 mm	
Medium octaëdriet		Om	0,5 - 1,3 mm	
Fijne octaëdriet		Of	0,2 - 0,5 mm	
Fijnste octaëdriet		Off	< 0,2 mm	
Ataxiet		D	-	17 - 30 %



Afb. 5. Pseudo-meteoriet 'Nunspeet', een ijzerslak uit een primitieve vroeg twintigste-eeuwse ijzersmelterij. De metaalfase bestaat uit α -ijzer met een ontmengingsstructuur; de silicaatfase bestaat uit meliliet en glas.

Het zijn doorgaans kleine fragmentjes en stofdeeltjes die door onze planeet worden ingevangen en door wrijving met de dampkring verdampen. Door hun snelheid geven ze lichtsporen tot ze zijn 'opgebrand'. Op regelmatige tijdstippen zijn jaarlijks terugkerende meteorenzwermen (sterrenregens) te zien, b.v. de 'Perseiden' in de maand augustus of de 'Leoniden' in november. De naam is afhankelijk van het sterrenbeeld achter de richting (radiant) waaruit de zwermen komen. Deze sterrenregens treden op wanneer de Aarde, in haar baan om de Zon, de (stof)staart van een komeet - meestal weet men ook welke - kruist. Wanneer grotere deeltjes en hele stenen de dampkring passeren, veroorzaakt dit door de wrijving een heel intens licht-effect, dat doorgaans veel langer zichtbaar is en wordt aangeduid met *vuurbol*.

Meteor en vuurbolwaarnemingen

krijgen speciale aandacht van enthousiaste onderzoekers - zowel wetenschappers als amateurs - die zich veelal in verenigingen hebben georganiseerd. In Nederland kennen wij o.a. de Dutch Meteor Society en de Landelijke Werkgroep Meteoren (Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde).

De val van de vijfde Nederlandse meteoriet *Glanerbrug* op 7 april 1990 ging gepaard met een heldere vuurbol die gedurende enige seconden aan de hemel zichtbaar was en door meer dan tweehonderd mensen in binnen- en het ons omringende buitenland werd waargenomen. Medewerkers van de hier genoemde verenigingen hebben alles in het werk gesteld om de waarnemingen na te trekken en de bruikbare gegevens voor verdere berekeningen te selecteren, om zodoende het traject van de meteoroid door de

dampkring vast te kunnen stellen. De meteoriet zelf doorboorde uiteindelijk het dak van een huis in Glanerbrug en kwam in vele fragmenten op de zolder tot stilstand (afb. 1, 2, 3 en 4).

Meteorieten en tektieten

Meteorieten en tektieten hebben met elkaar te maken.

Tektieten zijn natuurlijke, glasachtige objecten die zijn ontstaan door opsmelting van aards oppervlaktemateriaal ten gevolge van de ontwikkelde hitte bij de inslag van grote meteorieten. De glasspetters zijn weggeschoten in de atmosfeer en op andere plaatsen op Aarde weer teruggevallen. De vorm van tektieten varieert zeer sterk: van grove onregelmatige klodders en aërodynamische stenen, tot microscopisch fijne druppeltjes. Ze hebben een heel karakteristieke oppervlaktestructuur bestaande uit groeven, putjes en zadeltjes, als gevolg van smelten en afbladeren onder invloed van wrijving met de dampkring. Tektieten bestaan voor meer dan 98% uit silica en zijn veel lichter dan meteorieten. De kleur is meestal zwart, maar *moldaviëten* uit Tsjechië zijn groen tot gelig bruin van kleur.

Hoeveel meteorieten, hoe groot, hoe snel, wat kunnen we nog verwachten en wanneer?

Het aantal rondzwerfende planetoïden in de ruimte was in de vroegste geschiedenis van ons Zonnestelsel zeer groot. Het overgrote deel is samengeklonterd tot grotere lichamen of is op een later tijdstip door de zich ontwikkelende grotere planeten ingevangen. Sommige planetoïden zijn als *manen* in een vaste baan om de planeten gekomen. De meeste zijn echter op de planeten, manen en andere rondzwerfende planetoïden terecht gekomen en de inslagkraters van grote botsingen zijn op die hemellichamen (zonder een dampkring) goed te zien. De resterende planetoïden en overige (stof)deeltjes zijn hoofdzakelijk geconcentreerd in o.a. de asteroïdegordel en - als kometen - in de buitenste regionen van ons Zonnestelsel (Oort-wolk). Het aantal botsingen van onze planeet met grote asteroïden - vermoedelijk is onze Maan een product van een gecompliceerde botsing met een heel grote planetoïde - is, na de 'stormachtige' eerste periode van ca. 700 miljoen jaar, verwaarloosbaar klein maar heeft in de geologische geschiedenis nog wel plaatsgevonden. Zij hebben de 'loop der gebeurtenissen' soms ingrijpend veranderd, b.v. 65 miljoen jaar geleden, toen de heel grote asteroïde *Chicxulub* bij Yucatan, Mexico, insloeg - welke een krater veroorzaakte met een diameter van ongeveer 180 km - en dood en verderf op Aarde heeft gezaaid.

Tabel III: Bijzonderheden over Nederlandse meteorieten

Naam	datum val	bijzonderheden
'Dordrecht'	6 augustus 1650	Val met licht- en geluidseffecten; ingeslagen op het dak van de woning van de burgemeester van Dordrecht; kreeg de bijnaam ' <i>Bliksemende Steen</i> '; werd bewaard in kabinet van prof. Bennet in Leiden; is verloren gegaan bij de ontploffing van het kruitschip te Leiden in 1807.
'Uden'	12 juli 1840 10.30 u	Val met sissend geluidseffect; ingeslagen op zandpad ten zuiden van Uden; er waren drie getuigen van de val; aanvankelijk ook bekend onder de naam ' <i>Het Staartje</i> '; chondriet LL6 met smeltkorst; één exemplaar, 760 g, s.g. 3,4025; eigenaar is het Noord-Brabants Museum, in langdurige bruikleen bij Naturalis te Leiden.
'Utrecht'	2 juni 1843 20.00 u	Van met vele geluidseffecten, één getuige; één exemplaar met gewicht van 6 kg, sloeg gat van ca. 90 cm in een weiland bij Blauwkapel ten noorden van Utrecht; deze steen, aanvankelijk ook bekend onder de naam ' <i>Blauwkapel</i> ', een chondriet L6, bevindt zich nu in een museum in Budapest (Hongarije). Het tweede exemplaar, van 2,7 kg, is drie dagen later gevonden in een sloot bij Loevehoutje op 3 km afstand van Blauwkapel, is om die reden ' <i>Loevhoutje</i> ' genoemd, bevindt zich bij de Universiteit Utrecht.
'Ellemeet'	28 augustus 1925 11.30 u	Val met geluidseffecten en rookspoor; verschillende getuigen op het land; waarschijnlijk 3 stenen, waarvan er 2 zijn gevonden in de directe omgeving van Ellemeet op het eiland Schouwen, op ca. 2 km van elkaar. De eerst aangemelde steen woog ca. 970 g en is later uiteengevallen in 5 stukken, de tweede steen is door verwerking geheel verloren gegaan. Het betreft een bijzondere steenmeteoriet, achondriet var. <i>diogeniet</i> , s.g. 3,41, zeer instabiel; de overgebleven grootste fragmenten bevinden zich bij de Universiteit Utrecht.
'Glanerbrug'	7 april 1990 20.32 u	Sloeg gat in dak van huis in Glanerbrug bij Enschede (afb. 1); geen getuigen van de inslag, wel meer dan 200 van vuurbol-effect; is bij de inslag sterk versplinterd (afb. 2), grootste fragment 135 g (afb. 3); chondriet-breccie LL6; bevindt zich in Naturalis te Leiden.

Jaarlijks komen nog altijd duizenden meteorieten op Aarde terecht. Een schatting, gebaseerd op geregistreerde vuurbolwaarnemingen, geeft aan dat jaarlijks ca. 28.000 meteorieten met een gewicht van meer dan 100 gram op Aarde terechtkomen. Het overgrote deel wordt echter niet opgemerkt of valt in zee. Slechts de val van 5 of 6 meteorieten wordt waargenomen. Vuurbolwaarnemingen leiden helaas dus zelden tot het vinden van de meteoriet. Voor Europa bedraagt het aantal geregistreerde valmeldingen in de periode van 1985 tot 1992 slechts 5, terwijl de schatting aangeeft dat ongeveer 4.640 meteorieten van meer dan 100 gram verwacht konden worden, of 720 meteorieten met een gewicht van meer dan 1 kg. De meeste meteorieten die de aardkorst bereiken zijn echter heel klein, kleiner dan 1 mm (micrometeorieten) en de hoeveelheid wordt geschat tussen de 10.000 en 40.000 ton per jaar.

Planetoïden in de asteroïdegordel reizen met een snelheid van 18 km/sec om de Zon. De omloopsnelheid van de Aarde bedraagt 30 km/sec. Zwervers beschrijven doorgaans een elliptische baan en hun snelheid is dus variabel, maar kan toenemen tot zo'n 38 km/sec in de buurt van onze planeet. Meteorieten die de Aarde 'van achteren naderen' hebben de beste kans om de botsing met de Aarde te overleven. Ze 'komen binnen' met een lage snel-

heid van ongeveer 8 km/sec, door de aantrekking door de Aarde verhoogd tot ca. 11 km/sec. Het effect is dan een trage vuurbol. Een groot verschil met de hoge intredesnelheid van de Glanerbrug-meteoriet in 1990, die door waarnemers werd geschat op ongeveer 22 km/sec.

De kans dat de Aarde wordt getroffen door een meteoriet met een doorsnede van 1 km wordt geschat op één maal in de 300.000 jaar. Een botsing met een planetoïde zo groot als de *Chicxulub*, die de Aarde trof aan het einde van het Krijt, wordt geschat op één keer in de 50 tot 100 miljoen jaar. De grootste 'NEO' die de laatste tijd de Aarde heel dicht naderde is de '1996JA1', een asteroïde met een diameter van ca 500 m. Op 19 mei 1996 passeerde deze de Aarde op een afstand van slechts 450.000 km (afstand Aarde-Maan). Een andere indrukwekkende 'aardappelvormige' asteroïde is de Toutatis (lengte ca. 6 km), die eens in de vier jaar langs komt; in december 1992 bedroeg de afstand tot de Aarde 4 miljoen km. Er is een flink aantal grote meteorieten bekend. De grootste heet Hoba, een ijzermeteoriet, die in 1920 is gevonden, 54.500 kilogram weegt en te bezichtigen is op de plaats waar hij in Noord-Namibië is ingeslagen. De grootste steenmeteoriet weegt 1.770 kilogram; deze is in 1976 bij Jilin in China gevallen en veroorzaakte een gat met een

diepte van 6 m.

Bij een meteorietval gaat het bijna nooit om één enkel object, hoewel van een val vaak niet meer dan één meteoriet wordt gevonden. Een meteoroïde zal door de enorme spanning, veroorzaakt door de wrijving met de atmosfeer, één of meer keren in stukken uiteenvallen (brecciatie). Een ware *meteorietenregen* kan het gevolg zijn. De stenen komen dan, afhankelijk van de invalshoek, in een rond of ellipsvormig *strooiveld* op de Aarde terecht. De grootste brokken vallen het verste weg. Er zijn meer dan 13 meteorietenregens bekend, waarbij meer dan 100 fragmenten per 'regen' zijn gevonden. Bij een aantal 'regens' gaat het zelfs om meer dan enige duizenden exemplaren.

Grote meteorieten, zwaarder dan een paar honderd ton, die op de Aarde inslaan komen binnen met een kosmische snelheid (tussen 12 en 72 km/sec) en worden in de dampkring nauwelijks afgeremd. Bij de botsing, waarbij zeer hoge temperaturen ontstaan, gaan ze door verdamping geheel verloren. Ze veroorzaken een *inslagkrater* met een verhoogde kraterrand en vaak in het midden een z.g. opveringskegel. Dit is een reactie op de inslag, welke is te vergelijken met een steen die in water plonst. Typische inslagkraters met opveringskegels zijn op de maan, met een sterke kijker, goed te zien.

Op onze planeet zijn inmiddels meer dan 120 inslagkraters van verschillende ouderdom ontdekt. Een fraai voorbeeld van een inslagkrater (diameter 1.190 m en 180 m diep) is de *Canyon Diablo*, genoemd naar het dichtstbijzijnde postkantoor. Deze krater, ook bekend onder de namen Meteor Crater en Barringer Crater, ligt in Arizona (USA) en werd ongeveer 50.000 jaar geleden veroorzaakt door een ijzermeteoriet met een diameter van ongeveer 30 m en een gewicht van meer dan 150.000 ton.

Dichter bij huis, wat moeilijker herkenbaar, liggen de inslagkraters van Ries (diameter ca. 25 km) en Steinheim (diameter ca. 3,5 km), dicht bij elkaar in Zuid-Duitsland. Ze zijn veroorzaakt door twee planetoïden (de Rieskrater werd veroorzaakt door een asteroïde met een doorsnede van ongeveer 1.500 m) die beide 14,5 miljoen jaar geleden, waarschijnlijk gelijktijdig, zijn ingeslagen. Beide kraters zijn zeker een bezoek waard en dit geldt ook voor het Rieskrater-museum in het stadje Nördlingen.

Nederlandse meteorieten

Sinds de 17de eeuw zijn in Nederland maar vijf meteorieten gevonden, in alle vijf gevallen betrof het een val. De gegevens hiervan zijn samengevat in tabel III. De kans dat in Nederland meteorietvondsten worden gedaan, dus zonder dat de val geregistreerd wordt, is verwaarloosbaar klein.

Een meteoriet! Help, wat moet ik doen?

Naturalis wordt zeer regelmatig benaderd over meteorietmeldingen in Nederland. Vrijwel altijd gaat het om een melding waarbij een object 'val' of '-vondst' in het spel is. Meestal nemen de vinders zelf contact op met het museum, soms gebeurt het via een tussenpersoon, een journalist van een plaatselijke courant of de plaatselijke politie. In enkele gevallen gaat het initiatief uit van het museum zelf. Soms worden stenen die uit het buitenland zijn meegenomen voor onderzoek aangeboden.

Het aantal vondsten is zeker twee à drie maal zo groot als val-meldingen.

Meteorietmeldingen, hoe gaan we ermee om?

Het zal het de lezer niet verbazen dat vrijwel alle meteorietmeldingen op een teleurstelling uitlopen. Desondanks wordt iedere melding door Naturalis - de afdeling Mineralen & Gesteenten of het Natuur Informatie Centrum - serieus in behandeling genomen, want *een echte meteoriet mag nooit gemist worden en daardoor verloren gaan.*

De vinder wordt gevraagd naar relevante details van een vondst of val. In

sommige gevallen wordt een *meteorietmeldingsformulier* (bijlage II) ter invulling toegestuurd en zonodig worden de resultaten verder besproken. Vrijwel altijd is het nodig om de gevonden objecten in het laboratorium te onderzoeken. In twijfelgevallen wordt een dunne doorsnede gemaakt voor microscopisch onderzoek of is een chemische analyse gewenst. Dit geschiedt altijd in overleg met de vinder, ook omdat soms kosten in rekening gebracht moeten worden.

Het museum is niet de enige instantie die zich met meteorietmeldingen bezighoudt. Meldingen die bij volksterrenwachten binnenkomen worden na schifting meestal doorverwezen naar Naturalis. Ook verenigingen en 'clubs' die zich met *meteorwaarnemingen* bezighouden besteden de nodige aandacht aan meteorietmeldingen. Dit is verklaarbaar vanwege het feit dat een meteorietval gepaard gaat met licht- en geluidseffecten. Wanneer er sprake is van een vuurboleffect, bestaat altijd de kans dat 'aan het eind van het traject' een meteoriet gevonden wordt.

In Nederland opereert ook een Meteorieten Documentatie Centrum dat sinds 1990 is ondergebracht bij de Landelijke Werkgroep Meteoren (NVWS). Dit Centrum verzamelt informatie over meteorietmeldingen en bemiddelt bij een eventueel noodzakelijk vervolgonderzoek.

Echte meteorieten, pseudo-meteorieten en dubbelgangers

De kans dat in Nederland een meteoriet wordt gevonden waarvan de val is geregistreerd, is niet groter dan in de rest van Europa (zie hiervoor). Die kans is heel klein, maar het aantal meldingen in Nederland is wel veel hoger. De verklaring is duidelijk: vrijwel alle meldingen berusten op een misverstand. Dit komt vooral doordat de vinders nauwelijks of in het geheel niet weten wat meteorieten zijn en hoe ze eruit zien. Men hoopt slechts dat het object dat zij gevonden hebben een steen van buitenaardse herkomst is.

In deze bijdrage zijn de ervaringen van het museum in de afgelopen dertig jaar samengevat.

De diversiteit van objecten die als mogelijke meteorieten voor onderzoek worden aangeboden is groot. Het aantal meldingen waarbij een grap in het spel is, is gelukkig beperkt, maar halen wel een plaatselijk dagblad (waar het om te doen is). Soms worden daarbij onverantwoorde risico's genomen. Een voorbeeld daarvan is als bijlage I toegevoegd.

Gaan wij uit van serieuze meteorietmeldingen, dan zijn ze onder te verdelen in een viertal categorieën:

- a) het is een echte meteoriet;
- b) het zijn geologische objecten die overeenkomsten vertonen met

- bepaalde meteorieten;
- c) het gaat om totaal andere natuurlijk objecten;
- d) het betreft afvalproducten uit de industrie of overblijfselen van satellieten.

Echte meteorieten

De val van de Glanerbrug op 7 april 1990 is, na bijna 65 jaar, de eerste meteorietval sinds de val bij Ellemeet. Het museum werd direct de volgende ochtend door de politie van Enschede geïnformeerd. Inmiddels waren ook dr. P. Jenniskens (Sterrenwacht Leiden) en dr. L. Lindner (Universiteit Utrecht) op de hoogte gesteld. Het onderzoek kon direct beginnen en werd in goede samenwerking aangepakt: identificatie van de eerste fragmenten, bezoek van het huis waarop de Glanerbrug terecht was gekomen en veiligstelling van zoveel mogelijk fragmenten, registratie van het materiaal, opmaken van een proces-verbaal, informeren van instanties en de pers middels persberichten en een persconferentie op het politiebureau van Enschede, registratie en natrekken van vuurbolwaarnemingen in binnen- en buitenland, aanzet voor een programma van onderzoek in Nederland, etc.

De enige andere echte meteorieten die voor onderzoek werden aangeboden betroffen objecten uit privécollecties waarvan enige twijfel over de identiteit bestond.

Geologische objecten die enige overeenkomsten vertonen met bepaalde meteorieten

Tot deze categorie behoren bepaalde zwerfstenen en ertsen. Zwerfstenen worden regelmatig overal in Noord- en Midden-Nederland aangetroffen. Komen ze *uit het land te voorschijn* dan wordt al gauw gedacht aan de mogelijkheid dat de steen op een andere wijze op die plek terecht is gekomen dan als onderdeel van een geologische afzetting. Vooral de donkergekleurde, zware, mafische en ultramafische zwerfstenen zijn goede dubbelgangers voor b.v. achondrieten. Ook basalten worden vaak voor meteorieten aangezien, zolang ze maar enigszins buiten de natuurlijke geologische context zijn gevonden. Zo werd ten zuiden van Uden een groot brok basalt uit de bodem van een weiland gehaald en voor een fragment van de meteoriet Uden aangezien. Ertsen worden slechts sporadisch in zwerfsteenpopulaties aangetroffen. Voor het overige moet men aannemen dat ertsmonsters, die zo hier en daar worden gevonden, aldaar door mensen moeten zijn gedeponeerd. Uit het buitenland worden regelmatig stenen meegenomen die afkomstig zijn uit woestijngebieden. Deze enigszins afgeronde stenen (veelal kwartsieten) zijn door verwerking en intense impreg-

natie van ijzerhydroxide-verbindingen donkerbruin gekleurd - meestal met een donkere rand - en hebben dus niets te maken met meteorieten.

Natuurlijke objecten die geen enkele overeenkomst vertonen met meteorieten

Vrij regelmatig bereiken het museum 'meteorietmeldingen' waarbij stenen en stukken metaal met veel lawaai op daken of tegen ruiten van woningen slaan. Deze objecten zijn doorgaans klein en blijken volgens de getuigen meestal (schuin) van boven te zijn ingevallen. De objecten van steen zijn bijna altijd gewone kiezelsteentjes (vuursteenfragmenten). Het is bekend dat dergelijke steentjes door vogels meegevoerd worden.

Andere vrij regelmatig terugkomende objecten die ten onrechte als meteoriet worden aangemerkt zijn niervormige pyriet- of markasiet-concreties en ijzerconcreties (klapperstenen) van Nederlandse bodem.

Afvalproducten uit de industrie of overblijfselen van satellieten

De meeste 'meteorieten' van deze groep behoren tot een bonte verzameling van afvalproducten van steen of metaal uit de industrie. Slakken uit ovens, metaal-slakken, zuivere siliciumslakken met een lage soortelijke massa en zeer hoge glans, brokken beton, zijn enige voorbeelden. Deze *pseudo-meteorieten* zijn vrijwel altijd direct te herkennen.

De vindplaats van vooral deze categorie 'meteorieten' zijn vaak moeilijk te overtuigen van hun ongelijk. Het is voorgekomen dat zo'n steen na een aantal jaren voor onderzoek weer 'boven water komt', in de hoop dat het dan toch een meteoriet blijkt te zijn! Soms is het gewenst om de vinder te overtuigen met een chemische analyse van het materiaal.

Ook granaatscherven uit de bodem van het slagveld bij de IJzer in België (Eerste Wereldoorlog) zijn voor onderzoek geanalyseerd.

Een interessante pseudo-steen-ijzer met een gewicht van ongeveer 35 kg werd in 1976 op de hei ten zuiden van Nunspeet gevonden (afb. 5). Het was duidelijk een slak met kleine ronde en onregelmatige gevormde α -ijzer smeltdruppels (pseudo-chondrules) en bleek bij chemisch onderzoek een product te zijn uit een primitieve ijzersmelterij uit het begin van de 20ste eeuw.

Op 22 juli 1999 sloeg een metalen object met een harde klap een gat in het dak van een fabriek te Weert. Na onderzoek bleek het ietwat vreemd uitzijende metalen object dat voor de inslag verantwoordelijk werd geacht geen ijzermeteoriet te zijn (geen Ni, geen widmanstättenfiguren) en werd het toegeschreven aan een fragment van een satelliet.

Interesse voor meteorieten en de bemoeienissen van de handel

Was vroeger het verzamelen van meteorieten het privilege van een enkeling, tegenwoordig worden meteorieten regelmatig - ook via Internet - aan belangstellenden te koop aangeboden. In dit opzicht gaat het niet anders dan bij mineralen en fossielen.

Onderzoekers en musea kunnen tegenwoordig heel moeilijk de hand leggen op ongeschonden meteorieten. Meestal weet de handel een belangrijk deel van het zeldzame materiaal te bemachtigen.

Dat is op zich zelf nog geen ramp. Maar reeds geruime tijd zijn meteorieten aantrekkelijke objecten, waar veel geld mee verdiend wordt. Naarmate de belangstelling van het publiek voor meteorieten stijgt, worden meteorieten voor handelsdoeleinden 'gemutileerd' door ze in stukjes te zagen, te polijsten en b.v. in sieraden te verwerken. Steenmeteorieten met smeltkorst worden zo voor de verkoop in stukjes geslagen.

Voorale vele ijzers en steen-ijzers worden tegenwoordig verzaagd en op z'n best kan de onderzoeker/verzamelaar slechts gepolijste 'full-slices' bemachtigen.

Een extreem voorbeeld van deze laakbare gang van zaken is de behandeling van de zeldzame pallasieten: steen-ijzers bestaande uit groengele olivijn-kristallen in een metallische matrix van ijzer-nikkel. Regelmatig worden de olivijnkristallen uit deze meteorietsoort verwijderd en tot edelsteen geslepen.

Het is voor het onderzoek van groot belang dat aan de melding van een meteorietval of -vondst zo weinig mogelijk ruchtbaarheid wordt gegeven. Dit is in dichtbevolkte gebieden bijna een onmogelijkheid. Iedereen in Nederland heeft indertijd over de val van de Glanerbrug in de kranten kunnen lezen en dankzij de medewerking van de vinder en de oplettendheid van de bij de val betrokken politie van Enschede, kon worden voorkomen dat het weinige materiaal in verkeerde handen terechtkwam.

Ten slotte een lichtpuntje: het is een groot geluk dat de vele duizenden meteorieten die op *Antarctica* zijn gevonden en nog steeds worden gevonden, volledig buiten het bereik van de handel zijn gebleven en ook niet bij verzamelaars zijn terechtgekomen. Sinds de eerste toevallige vondsten in 1969, worden tegenwoordig regelmatig wetenschappelijke expedities in het Zuidpoolgebied georganiseerd, waarbij op een verantwoorde wijze meteorietpopulaties worden verzameld en later in laboratoria worden onderzocht.

Literatuur

H. Carman, 1995. Collecting Meteorites. Starting in your own back yard. Hill of Content Publ. Comp.

M.M. Grady & R. Hutchison, 2000. Catalogue of Meteorites. 5th ed. Cambridge University Press.

F. Heide & F. Wlotzka, 1995. Meteorites, Messengers from Space. Springer Verlag.

R. Hutchison & A. Graham, 1992. Meteorites. The Key to Our Existence. Natural History Museum Publ.

P. Jenniskens, 1991. De Glanerbrug. Meteoriet slaat gat in dak. Stichting Cosmogram.

H.Y. McSween jr., 1999. Meteorites and their Parent Planets, 2nd ed. Cambridge University Press.

Bijlage I:

De grap van Oud Gastel: een meteorietinslag in scène

Het is vrijdag 29 juli 1994. Vroeg in de ochtend loopt veehouder De Bruijn in zijn weiland en ontdekt tot zijn grote verbazing een heel vreemd verschijnsel op zijn land.

In het midden van een cirkelvormig bruinig verkleurd deel van het weiland - met een doorsnede van ca. 4 m - treft hij een gat aan waarin een hoekig metaalfragment ligt. Zo iets heeft De Bruijn nog nooit gezien en hij is een beetje bezorgd.

Het gat of de kuil is rond, heeft een diameter van ca. 50 cm en is ongeveer 40 cm diep. De rand is vrij scherp. Zowel in de kuil als daarbuiten op het gras en op de ronde plakken koeienpoep zijn vele, meest kleine, stukjes roet te zien.

De Bruijn komt nergens aan, maar waarschuwt direct zijn vrouw en de overbuurman. Al gauw komt de gedachte naar boven dat het hier misschien om een gesteentefragment 'uit de ruimte' gaat, dat op zijn land is ingeslagen. Ze mogen van geluk spreken, vinden ze, dat noch het vee, noch de omliggende woningen of een van de bewoners is getroffen.

Overbuurman waarschuwt De Bruijn dat de steen mogelijk radioactief is. Men besluit tenslotte niet de politie maar de volkssterrenwacht Simon Stevin in Hoeven om advies te vragen. Ook wordt de regionale krant geïnformeerd. Een medewerker van de volkssterrenwacht raadt De Bruijn aan om contact op te nemen met het Nationaal Natuurhistorisch Museum in Leiden.

Nog diezelfde ochtend bereikt mij het bericht van de 'inslag bij Oud Gastel'. Telefonisch contact met mevrouw De Bruijn levert voorsnogen voldoende gegevens op om tot een eerste voorlopige conclusie te komen: dat het hier

niet om een serieuze meteorietinslag gaat. Maar natuurlijk ga ik het controleren. Trouwens, zowel de familie De Bruijn als de regionale pers, die inmiddels ook gebeld heeft, willen zekerheid hebben. Het is duidelijk dat deze kwestie niet afgedaan kan worden met het verzoek aan De Bruijn om een fragment van de steen naar het NNM te sturen en aan de journalist (die wel op de plaats van de inslag was geweest) om een kopie van de door hem gemaakte foto op te sturen en, gebaseerd op dit materiaal, de kwestie verder af te handelen. Er staat te veel op het spel. Niet zozeer wetenschappelijk, maar ook De Bruijn moet gerustgesteld worden. Hij voelt zich verantwoordelijk voor wat er op zijn land is gebeurd en wil weten wat de mogelijke consequenties zijn voor een veilig gebruik van zijn land en de veiligheid van zijn vee.

En voor de pers is het van belang dat er een goed (vervolg)bericht over het gebeurde in de krant komt; daarvoor is inmiddels ruimte gereserveerd. Het NNM is om advies gevraagd en moet daar serieus op ingaan. Niet komen betekent een slechte pr voor het museum! Ik besluit dus direct te gaan, maar moet eerst nog kaarten, documentatiemateriaal, een veldhamer, fototoestel, e.d. bij elkaar halen.

Oud Gastel, een klein dorp in West-Brabant, ligt op ongeveer 100 km van Leiden. De Bruijn woont even oostelijk van het dorp. Bij aankomst blijken meer belangstellenden aanwezig te zijn. Ook de journalist van het Brabants Nieuwsblad is weer aanwezig. We gaan direct naar 'de plek des onheils'. Het gat ziet er nog vers uit en de steen ligt er keurig middenin. In en om de kuil liggen allerlei stukjes kleverig roet, ook onder de steen!

De massieve steen heeft een fijnkorrelige structuur, is hoekig en heeft een gat. De zijvlakken zijn wit metaalkleurig (vers breukvlak) of vertonen blauwige aanloopkleuren. Langs de rand zijn kleine ronde holtes te zien. De steen is niet magnetisch en bevat dus geen metallisch ijzer.

Het is dus duidelijk geen ijzermeteoriet maar eerder een typisch slakachtig product uit de metaalindustrie. Dit soort stenen wordt wel vaker voor evaluatie aangeboden. Een scheikundige analyse moet aantonen wat de samenstelling van de steen is, maar dat is nog slechts een formaliteit, want het is nauwelijks nog interessant (noot 1). Bij iedere melding van een meteorietinslag is het echter van groot belang om ook de neveneffecten te registreren. Heeft men de meteoriet zien of horen vallen? Hoe laat gebeurde het?

Heeft men voorafgaande aan de val lichtsporen of een vuurbol waargenomen? Hoe is het traject geweest en hoe helder was het lichteffect? Heeft men explosies gehoord?

In het eerste krantenbericht op zaterdag 30 juli gaat de verslaggever ook op deze nevenverschijnselen in, hopen op reacties van het publiek. Die komen er ook. De Bruijn wordt zeven keer door mensen uit West-Brabant opgebeld over een 'vallende vuurbol'. Alle meldingen werden nagevraagd, maar óf de mensen wonen niet op de genoemde adressen óf de adressen blijken niet te bestaan! De conclusie van het raadsel van Oud Gastel ligt dus voor de hand: *het is allemaal bedoeld als een grap. We zijn een ervaring rijker, maar een illusie armer!*

Noot 1: Een fragmentje van de steen is naderhand chemisch geanalyseerd en leverde de volgende resultaten op:

V ₂ O ₅	62,54	gew%
MnO	2,71	gew%
Fe ₂ O ₃	34,75	gew%
	-----	+
totaal	100	gew%

conclusie: legering uit de ijzerindustrie

Bijlage II: Meteorietmeldingsformulier in gebruik bij Naturalis

Nationaal Natuurhistorisch Museum. Naturalis

melding van een mogelijke meteoriet

Geef zo kort en duidelijk mogelijk antwoord op de onderstaande vragen. Indien mogelijk kunt u deze melding vergezeld doen gaan van foto's of tekeningen. Wilt u na invulling dit formulier zo spoedig mogelijk opsturen naar het onderstaande adres. Wij zullen dan contact met u opnemen en met u bespreken wat wij eventueel gezamenlijk verder kunnen doen. Wij stellen het zeer op prijs dat U - in het belang van de wetenschap - de moeite hebt genomen of wilt nemen met ons in contact te treden. Meteorieten zijn over het algemeen heel zeldzame objecten en wij doen er alles aan om deze buiten-Aardse objecten voor de samenleving te behouden.

ons adres: NNM. Naturalis, Afdeling Mineralen & Gesteenten
postbus 9517, 2300 RA Leiden bezoekadres: Darwinweg 2, Leiden
tel: 071- 5687 600 (algemeen) / 5687 674 (dr. C.E.S. Arps) fax: 071- 5687 666
e-mail: naturalis@naturalis.nnm.nl, arps@naturalis.nnm.nl

eigenaar/vinder, naam:
tel/fax:
adres:
emailadres: postcode/woonplaats:
verzendsdatum van dit formulier:

Datum en tijdstip van de 'vondst' of 'val' (als u de steen hebt zien of horen vallen):
Hebt u, of heeft iemand in uw directe omgeving, de meteoriet zien of horen vallen? Wilt u deze effecten kort beschrijven:

Plaats van de 'val' of 'vondst' (zo precies mogelijk):

(gaarne eventueel situatieschets op de achterzijde van dit formulier)

Gaat het om een enkelvoudige meteoriet of zijn er nog meer fragmenten:

Hoe groot en hoe zwaar is de meteoriet / zijn de fragmenten:

Hebt u foto's van het materiaal en/of van de plaats waar de steen is ingeslagen of gevonden?

Hebt u bezwaar tegen een onderzoek van de meteoriet of een stukje daarvan door medewerkers van het museum of onder auspiciën van het museum?

Overige opmerkingen / tekeningen, foto's, e.d.: