

Het Zwarte IJzer uit de Hemel

Metaal met een buitenaardse oorsprong: meteorietijzer

Marco Langbroek ¹

1. Jan Steenlaan 46, 2251 JH Voorschoten

English summary

Archaeologists investigating early iron working, are quite concerned with (iron- and stony iron-) meteorites, since the majority of early iron artefacts (dating from before 1600 Bc) in the Old World, and all pre-Columbian iron artefacts in the New World, have been made of meteoritic iron.

The article starts with a description of meteorite origin and meteorite typology. It then focuses on the composition and working capability of iron meteorites and pallasites. A comparison is made between the 'easyness' of working the soft ineteoritic iron, by cold hammering, and the difficulty of iron production with terrestrial iron ore, for which a quite high level of technology is needed (one must be able to construct furnaces capable of reaching high temperatures above 1200° C during at least 24 hours). It is stressed that, on the contrary, working meteoritic iron is no more difficult than working native copper.

Using MORP-statistic data, it is stressed that under normal conditions the amount of meteoritic irons and pallasites available for iron working is extremely low. However, under special conditions, like acces to semi-arid or arid areas with low erosion of meteoritic material (where at the surface there is access to the saved up meteorite-total of thousands of years) or acces to the location of a large meteorite fall, meteoritic iron is more abundant, thus leading to a more extensive use of meteoritic iron by the people in antiquity. An archaeological example of the first situation is the meteoritic iron of the Ohio- and Illinois-Hopewell of the eastern United States, an ethnographic and archaeological example of the second situation is the meteoritic iron of the Inuit of Greenland, with the large Cape York fragments as its source. The case of the Hopewell iron is discussed in more detail, to serve as a parallel for the less better understood (and less better investigated) use of meteoritic iron in the pre- and protohistory of Southern and Eastern Europe, the Near East and the Middle East, which is discussed in the last chapter of the article. The special status of meteoritic iron, because of its scarcity and association with heavenly, Godly or magical origin, which makes it an ideal prestige good, is discussed using historical examples and textual evidence from the Near East.

A, not necessarily complete, list of meteoritic iron artefacts and unworked meteoritic fragments from archaeological context, is given in table 2.

Samenvatting

Over de (vroeg) ontwikkeling en verspreiding van de technologie van ijzerbewerking is zeer weinig bekend. De eerste ijzerproductie van enige betekenis lijkt zo rond 1600 BC te ontstaan in het Nabije Oosten (de Hettiten) en het Zuidoosten van Europa. Rond de 10' eeuw BC wordt ijzer in dit gebied het dominante materiaal voor wapens en gereedschappen en gaat daar de ijzertijd van start [Waldbaum 1980]. In de daar op volgende eeuwen verspreidt de technologie van de ijzerbewerking zich via centraal Europa noordwaarts. Rond 600 BC gaat ook in onze streken de ijzertijd van stare.

Vódr 1600 BC komen ijzeren voorwerpen sporadisch voor in een groot gebied dat o.a. Oost-Europa, het Middellandse Zeegebied, en het Nabije en Midden Oosten omvat. De oudste ijzeren artefacten dateren opmerkelijk genoeg reeds uit *de kopertijd*, en gaan het regulier gebruik van ijzer zo'n drie tot vier *millenia* voor!

Van de bijna 40 ijzeren artefacten daterende van vóór 2000 BC is ongeveer de helft chemisch geanalyseerd. Een kleine meerderheid, met name de zéér vroege artefacten, blijkt te zijn vervaardigd uit *meteorietijzer* [Waldbaum 1980] [3]

Meteorietijzer is een vorm van ijzer die niet werd gewonnen uit Aardse ijzerertsen [4] maar, zoals de naam al aangeeft, uit *meteorieten*. Feitelijk ijzer van *buitenaardse* (!) herkomst dus

[5]. Men moet ervoor oppassen ijzermeteorieten niet gewoon als 'een ijzererts' te beschouwen. Het gelijktijdig voorkomen van vroege voorwerpen van meteoriet- én Tellurisch ijzer kan

niet op één hoop gegooid worden onder de noemer 'vroeg ontwikkeling van de ijzertechnologie'; het zijn twee fenomenen die men geheel los van elkaar moet zien'. De eigenschappen en benodigde

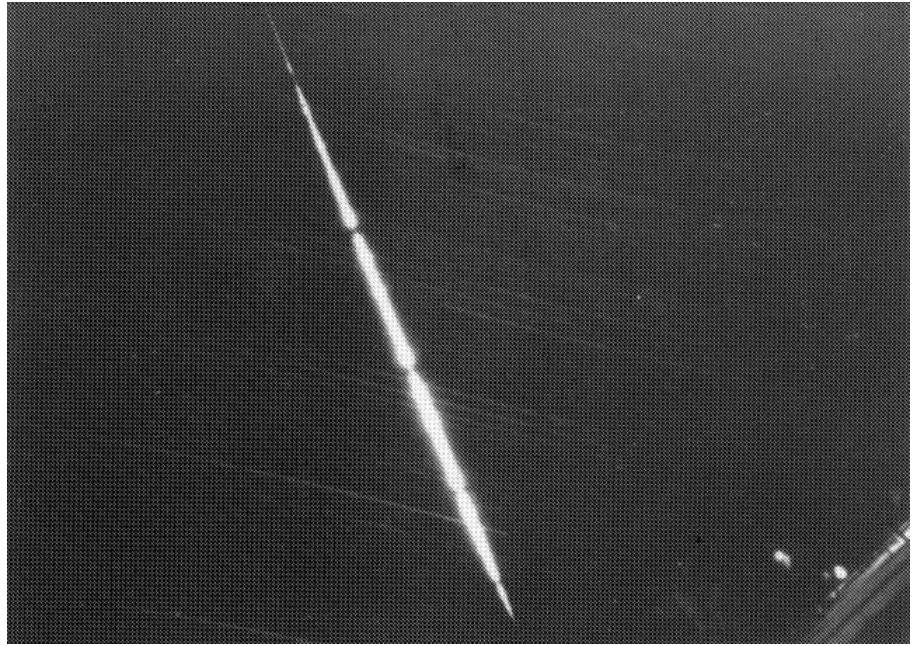
bewerkingstechnieken van meteorietijzer ten opzichte van Tellurisch ijzer zijn dusdanig anders dat men meteorietijzer beter als een geheel *aparte* materiaalcategorie kan beschouwen.

Wat zijn nu die 'aparte' eigenschappen van meteorietijzer, en wat is nu de aard, mate van voorkomen en oorsprong van meteorieten? En welke schaarse gegevens zijn er eigenlijk bekend over het gebruik van meteorietijzer?

Om meer inzicht te krijgen in de eigenschappen, oorsprong en voorkomen van meteorietijzer moeten we allereerst een kleine excursie maken in de sterrenkunde en planetaire geologie: we gaan, ook voor archeologische begrippen, een enorme stap terug in de tijd, naar het ontstaan van ons zonnestelsel zo'n 5 miljard jaar geleden.

Ons zonnestelsel ontstond uit een grote interstellaire gaswolk, met als hoofdbestanddeel waterstof en kleinere hoeveelheden van tal van andere elementen. Om wat voor reden dan ook - misschien onder invloed van zijn eigen zwaartekracht of misschien 'getriggerd' door een nabije Supernova-explosie - begon deze gaswolk op een gegeven moment samen te trekken. In het binnenste kwamen kernfusieprocessen op gang, er ontstond een zonnenevel met een protoster (onze protozon) in het binnenste. In het relatief koele gas verzamelt in een acretieschijf rond de hete protoster begonnen zich 4.6 miljard jaar geleden klontering van materie voor te doen; *er ontstonden planetesimalen*. Op een aantal plaatsen klonterden deze planetesimalen samen tot grotere brokken materie, er ontstonden zo *protoplaneten*.

Iets meer dan 4 miljard jaar geleden werd het vormingsproces van ons zonnestelsel voltooid. De toestand in de zonnenevel stabiliseerde en de planetesimalen en protoplaneten begonnen af te koelen. Al eerder had zich in de nevel een differentiatie van elementen voltrokken: de zwaardere elementen hadden zich onder invloed van de gravitatiekrachten binnen de nevel verzameld in de binnenregionen van de zon-



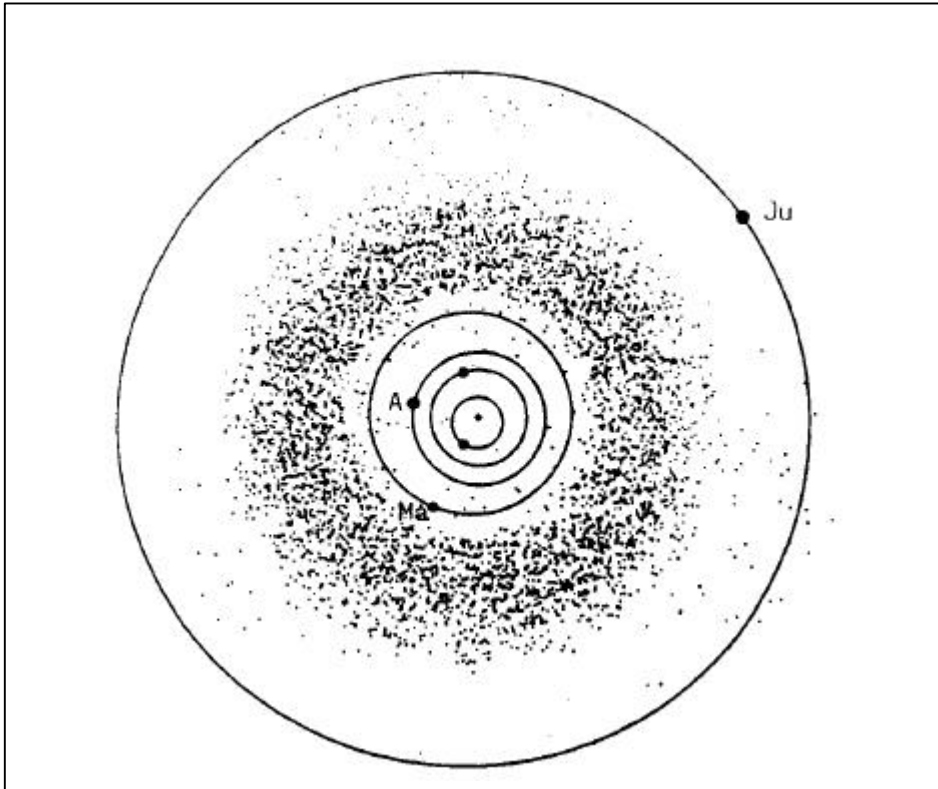
Figuur 1: meteorietval! Een foto van de val van de Lost City meteoriet op 3 januari 1970, gemaakt door één van de camera's van het inmiddels opgeheven US Prairie Network. Het is één van de slechts drie meteorietvallen in de wereld die simultaan gefotografeerd zijn [uit: Bahler 1987].

nenevel, de lichtere in de buitenregionen. Dit leidde in het binnendeel van de voormalige zonnenevel tot het ontstaan van de Aardachtige planeten [7], voornamelijk samengesteld uit silicaten en metalen, en in het buitendeel van de voormalige zonnenevel tot het ontstaan van de gasreuzen [8], samengesteld uit meer vluchtige stoffen.

Na het ontstaan van de planeten bleef er in het pas gevormde zonnestelsel, behalve de planeten zelf, nog een hoop afval over, in de vorm van afgekoelde planetesimalen en vluchtige materie en stof. Ook hier trad een differentiatie op: de lichtere stoffen verdwenen naar de buitenregionen van het zonnestelsel [9], het zwaardere afval verzamelde zich in de binnenregionen. Het allerbinnenste deel van het zonnestelsel werd al in een vroeg stadium door de protobinnenplaneten en invloeden van de zon grotendeels 'schoongeveegd', zodat vrijwel al het zwaardere afval, bestaande uit silicaten en metalen, tenslotte in één beperkte zone te vinden was: het grensgebied van de Aardse planeten en de gasreuzen. Zo ontstond *de planetoïdengordel* tussen Mars en

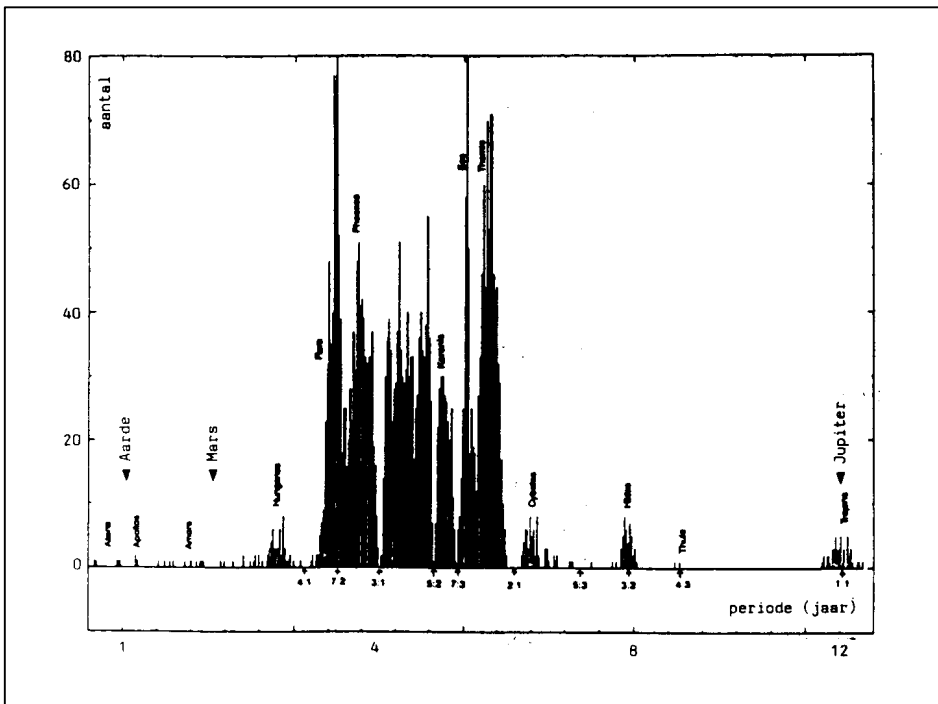
Jupiter, een gebied met vele honderduizenden objecten (*planetoïden*) met groottes vanaf enkele centimeters tot maximaal enkele honderden kilometers [10]. Het is in deze planetoïdengordel dat we de oorsprong van meteorieten, en dus ook meteorietijzer, moeten zoeken.

Figuur 2a toont een 'momentopname' van het binnendeel van het zonnestelsel op 8 maart 1988. Behalve de posities van de planeten en hun banen, zijn ook de posities van alle bijna vijfduizend op dat moment bekende planetoïden aangegeven. Duidelijk is de concentratie tussen de banen van Mars en Jupiter te zien. Toch bevinden er zich ook enkele planetoïden binnen de baan van Mars, zelfs binnen de baan van de Aarde. Bekijkken we figuur 2b, dan zien we daar de waarschijnlijke oorzaak van. Figuur 2b geeft de omlooptijd -die evenredig is met de afstand tot de zon- en het aantal planetoïden met die omlooptijd. Duidelijk is weer de concentratie tussen de banen van Mars en Jupiter te zien. Het valt echter op dat er binnen de concentratie van planetoïden een aantal diepe 'kloven' zit:



Figuur 2a : Plattegrond van het binnendeel van het zonnestelsel op 8 maart 1988, met aangegeven de banen van de planeten Mercurius, Venus, Aarde, Mars en Jupiter en de posities van alle bijna 5000 op dat moment bekende planetoiden. Duidelijk is de planetoiden concentratie tussen de banen van Mars en Jupiter te zien. Daarnaast vallen de Trojanen in de Lagrangepunten van Jupiters baan op. Let echter vooral op de planetoiden binnen de Mars- en Aardbaan.

Figuur 2b : Het aantal planetoiden uitgezet tegen de omlooptijd. Weer is de duidelijke concentratie tussen de banen van Mars en Jupiter te zien. Binnen deze concentratie zijn duidelijk enkele Kirkwoodgaps als diepe kloven in het diagram zichtbaar.



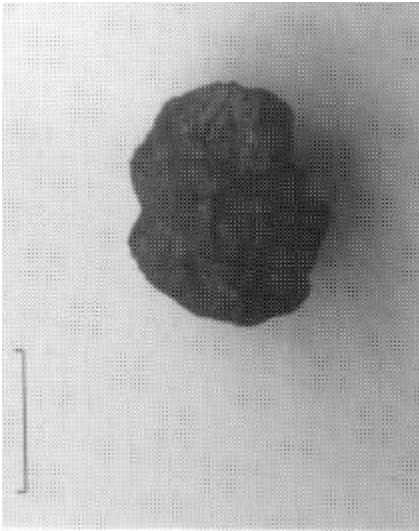
een aantal selecte gebieden waarin nauwelijks planetoiden te vinden zijn. Dit worden *Kirkwoodgaps* genoemd. Wat opvalt is, dat deze 'verboden' omlooptijden allen een bepaalde verhouding tot de omlooptijd van de reuzenplaneet Jupiter hebben: 3:1, 5:2 etcetera. Zwaartekrachtinvloeden –

sonantie- van Jupiter maken in deze gebieden stabiele banen onmogelijk. Toch komen er zo op z'n tijd wel eens planetoiden 'per ongeluk' in zo'n Kirkwoodgap terecht, bijvoorbeeld door baanveranderingen door onderlinge botsingen of baanevoluties onder invloed van het ingewikkelde samenspel

van de gravitatiekrachten van de diverse planeten, de zon en de planetoiden onderling. Als dit gebeurt, worden ze door de gravitatiekrachten van Jupiter uit de planetoidengordel geschoten, in een baan die hen naar de binnenregioenen van het zonnestelsel kan leiden. Hun nieuwe baan kan dan zelfs die van de Aarde kruisen [11].

Zo'n Aardkruisende planetoïde noemen we een *Apollo-planetoid*. Naar schatting zijn er ongeveer 700 Apollo-planetoiden groter dan 1 km, maar het aantal kleinere brokstukken van enkele tientallen centimeters tot enkele tientallen meters, bedraagt wellicht vele tienduizenden.

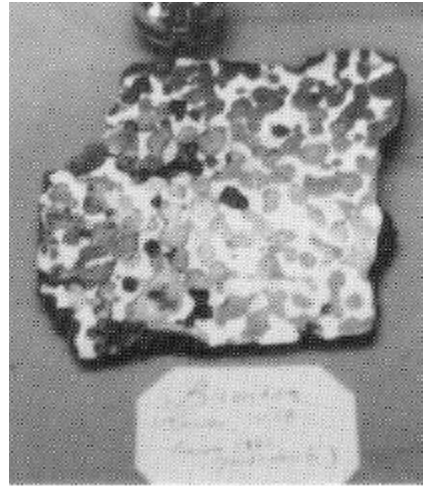
De baan van sommige Apollo-planetoiden is dusdanig, dat ze daadwerkelijk op de Aarde kunnen botsen. Ze treden dan de dampkring binnen met snelheden tussen 11 en 30 km per seconde. Dat gaat gepaard met een enorme energieontwikkeling: het brokstuk begint te verdampen en vanaf het Aardoppervlak zien we een heldere vuurbol langs de hemel trekken [12]. Is het brokstuk groot genoeg –enkele tientallen centimeters en de intredesnelheid niet hoger dan circa 20 km/s,



Figuur 3a: Een ijzermeteoriet; in dit geval een klein fragmentje van de Canyon Diablo (een IAB Oktaedriet), de meteoriet die 49000jaar geleden de beroemde Barringer Meteor Crater in Arizona sloeg. Let op de donkere kleur van het nikkelijzer (dit is géén smeltkorst!!!). In 1915 werd een 61.5 kg zwaar fragment van deze meteoriet gevonden in een uit 1100 AD daterend Indianengraf op 65 km van de krater, verpakt in een verenkled bijgezet in een lege tombe. Het hier afgebeelde fragmentje (schaal: 1 cm) weegt 4 gram [collectie auteur.]

dan verdampt hij niet helemaal, en bereikt een restant het Aardoppervlak. Dit is nu een meteoriet.

Niet iedere meteoriet is het zelfde. Meteorieten zijn onder te verdelen in drie hoofdklassen: steenmeteorieten, ijzermeteorieten en steenijzermeteorieten. Deze kunnen op hun beurt weer onderverdeeld worden in diverse sub-klassen [13]. Voor het ontstaan van de diverse klassen meteoriet moeten we weer heel even terug naar het moment dat de formatie van ons zonnestelsel voltooid was en de protoplaneten en planetesimalen begonnen af te koelen. Kleine planetesimalen koelden zeer snel af tot een ongedifferentieerd mengsel van ijzer en silicaten (met de silicaten als hoofdbestanddeel [14]) met daarin ingebed kleine deeltjes, Chondrules, die al in een eerdere fase



Figuur 3b: Een Pallasiet, één van de drie subtypen steenijzermeteoriet. Het betreft hier een gepolijste doorsnede van een fragment van de Brenham uit Kiowa County, Kansas, VS. De donkere kristallen zijn Olivijn, de lichte matrix nikkelijzer. Deze meteoriet, waarvan bijna een ton aan materiaal is teruggevonden, was één van de vele bronnen van het meteorietijzer van de Illinoisen Ohio-Hopewell, die meer dan 1000 Mijl (!) reisden om het begeerde materiaal uit Kansas te halen. [Collectie A. Carion, Frankrijk. Foto: auteur.]

Van de vorming van het zonnestelsel waren gecondenseerd [Ross Taylor 1991 [15]. De wat grotere planetesimalen verging het wat anders. Zij koelden wat langzamer af, zodat er tijd genoeg was voor een differentiatie van elementen in de planetesimaal. De zwaardere elementen (metalen) zakten naar het binnenste en vormden daar een Nikkel-IJzerkern. De lichtere elementen bleven aan het oppervlak, en vormden daar een mantel uit hoofdzakelijk silicaten. Daartussen vormde zich een overgangszone waarin wel ontmenging, maar nog geen definitieve differentiatie was opgetreden. Een zelfde proces ondergingen ongedifferentieerde planetesimalen die door onderlinge botsingen of verval van radioactieve elementen een opwarming ondergingen. Door onderlinge botsingen

werden veel ongedifferentieerde en gedifferentieerde planetesimalen vervolgens aan stukken geslagen.

De ongedifferentieerde planetesimalen (nu planetoiden) zijn de bron voor de belangrijkste sub-klasse van de steenmeteorieten, de chondrieten. De andere sub-klasse steenmeteorieten, de veel zeldzamere achondrieten, vindt zijn oorsprong in de silicaatmantel van de gedifferentieerde planetesimalen.

Ook ijzermeteorieten en steenijzermeteorieten vinden hun oorsprong in de gedifferentieerde planetesimalen.

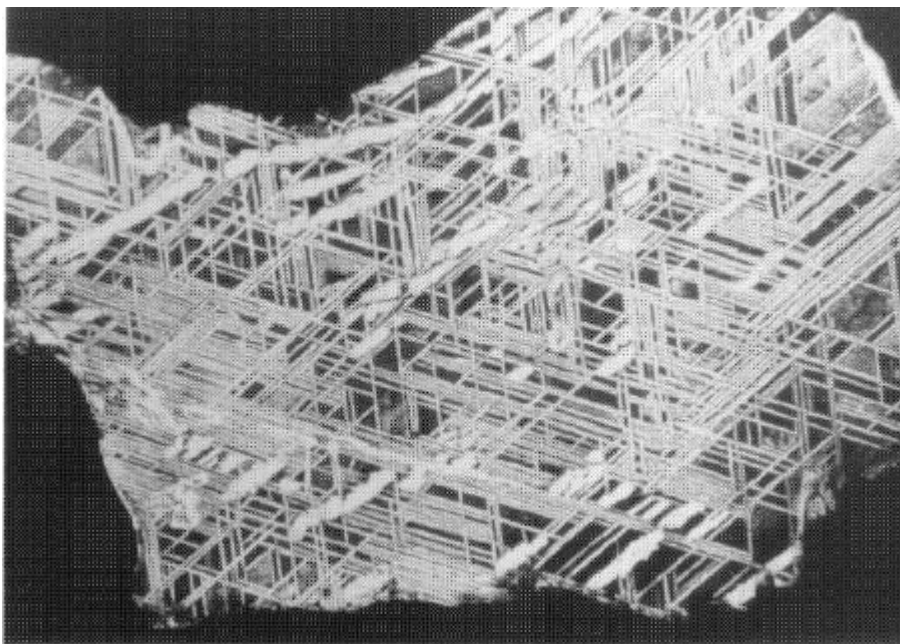
IJzermeteorieten zijn brokstukken van de Nikkel-IJzerkern, de steenijzermeteorieten zijn brokstukken van het overgangsgebied naar de silicaatmantel. Het zijn de ijzermeteorieten en één van de subklassen steenijzer meteoriet (de pallasieten) die van belang zijn voor de rest van ons verhaal [16].

De grote verschillen tussen ijzermeteorieten en Tellurisch ijzererts zijn:

- Het nagenoeg ontbreken van silicaten (juist een hoofdbestanddeel van Tellurisch ijzererts) in ijzermeteorieten.
- Het hoge Nikkelgehalte van ijzermeteorieten (de meeste Tellurische ijzerertsen bevatten slechts sporen Nikkel).

IJzermeteorieten bestaan vrijwel geheel uit een mengsel van Fe en Ni. Het Ni percentage varieert tussen 5.3% en 25% [17] en er is een klein, sterk wisselend aandeel aan andere mineralen [18], ieder doorgaans in zeer minieme hoeveelheden. De rest (soms tot ruim 90%) bestaat uit Fe. Het Nikkel-IJzer in de planetoidale ijzerkernen, waar de ijzermeteorieten brokstukken van zijn, is langzaam en onder druk afgekoeld. Dit heeft geleid tot soms zéér karakteristieke ontmengingspatronen. Het Nikkel-IJzer binnen een ijzermeteoriet manifesteert zich in drie hoofdvormen: Kamaciet bestaande uit Fe met minder dan 7.5 % Ni, Taeniet bestaande uit Fe met meer dan 25% Ni, en Plessiet bestaande uit Fe met daartussen liggende percentages Ni. Binnen het grootste deel van de ijzermeteorieten

Figuur 4 : Een uitzonderlijk fraai voorbeeld van *Widmanstättenpatronen* vertoont deze gepolijste en geëtste doorsnede van de Edmonton meteoriet (Kentucky, VS), een zeer fijne Oktaedriet. [uit: Bahler 1987].



hebben de kristallen Kamaciet zich opgebouwd in elkaar als de vlakken van een oktaeder kruisende lamellen. Deze lamellen hebben een dwarsdoorsnede die kan variëren tussen minder dan 0.2 mm en méér dan één centimeter. Meestal bedraagt ze echter één of enkele millimeters. De Kamacietlamellen worden omzoomd door een dunne laag Taeniet, en dit geheel is ingebed in een matrix van Plessiet [19]. Als we een dwarsdoorsnede maken, die polijsten en vervolgens etsen met een mengsel van Salpeterzuur en Ethylalcohol, verschijnt er een heel karakteristiek patroon van elkaar kruisende vlakken en balken: *Widmanstättenpatronen* (fig.4). IJzermeteorieten die zulke Widmanstättenpatronen vertonen, noemen we *Oktaedrieten* [20].

Niet alle ijzermeteorieten vertonen Widmanstättenpatronen. Een klein deel van de meteorieten bevat niet genoeg Ni (minder dan 5.7 %) voor de vorming van Taeniet en Plessiet, ze bestaan geheel uit Kamaciet (bijmengingen van andere mineralen daargelaten). Toch vertonen ook deze *Hexaedrieten* microstructuren: een netwerk van elkaar hexagonaal snijdende lijnen, die *Neumann-lijnen* worden genoemd [21]. Een derde minder voorkomende sub-klasse ijzermeteorieten tenslotte, zijn *deataxieten*. Deze bevatten dusdanig hoge percentages Ni (tot 25 %, met de ondergrens niet helemaal scherp rond 14-18%) dat de Kamacietlamellen geheel in het Plessiet verdwijnen en een min of meer structuurloos geheel ontstaat.

Steenijzermeteorieten zijn anders van samenstelling dan ijzermeteorieten. Ze bestaan uit een mengsel van silicaten en Nikkel-IJzer in de verhouding 40% tot 60% , en zijn onder te verdelen in drie sub-klassen: *Pallasieten*, *Mesosiderieten* en de zéér zeldzame *Lodranie*

Klasse	Subklasse	Vondsten	Vallen	Totaal	%
Steenmeteoriet	Chondriet	897	784	1681	86.6
	Achondriet	63	69	132	7.7
	Totaal	960	853	1813	94.3
IJzermeteoriet	* (allen)	683	42	725	4.6
	Mesosideriet	26	6	32	0.7
Steenijzer-Meteoriet	* Pallasiet	36	3	39	0.3
	Iodraniet	1	1	2	0.1
	totaal	63	10	73	1.1
Totaal		1706	905	2611	

Gebied	10 km	1 kg	100 g
10 ⁶ km ²	(1,3) 0.06	(8.7) 0.44	(27) 1.35
Nederland	(0.05) 0.002	(0.35) 0.018	(1.1) 0.06
Diameter (cm)	13/16	6/7	3/3.5

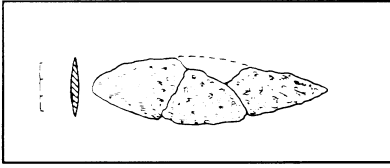
Tabel 1a : Het wereldtotaal aan meteorieten per klasse en per sub-klasse en de valfrequenties. Stand van zaken per 1985 en exclusief de vondsten op Antarctica. Naar Burke (1986)

anieten [22]. Van deze drie zijn alleen de *Pallasieten* voor ons verhaal van belang. Een doorsnede van een Pallasiet vertoont centimetergrote, donkergroene kristallen Olivijn -soms ook Pyroxeen- in een matrix van Nikkel-IJzer. Het Ni percentage van de matrix bedraagt tussen 8% en 13%; bij

Tabel 1b : Het geschatte aantal meteorietvallen per jaar voor verschillende waarden van de totale massa van de val.

Tussen haakjes het totale aantal meteorieten; daarnaast het totaal aantal ijzermeteorieten en pallasieten (Griffin en Halliday, 1991)

polijsten en etsen geeft het Widmanstättenpatronen te zien. Het is de matrix van Nikkel-IJzer die bruikbaar is voor de vervaardiging van artefacten.

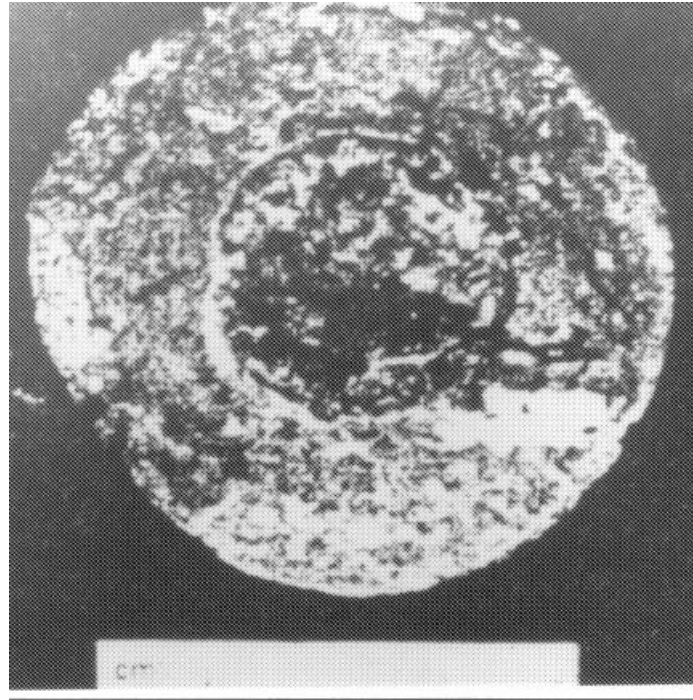


Figuur 5 : Meteorietijzeren speerpunt uit een uit de bronstijd daterende grafheuvel te Bitchin Buluk in het gebied tussen de Don en de Wolga, Republiek Rusland. Dit koudgesmede, uit 1750 BC daterende artefact is het één na oudste meteorietijzeren voorwerp van Oost Europa. Het hoge kopergehalte (1.0 %) wijst erop dat het met een koperen voorwerp is gehamerd. [uit: Shramko 1981].

Tellurisch ijzererts bestaat uit een zeer groot silicaat aandeel vermengd met ijzerverbindingen. Wil men het ijzer hieruit winnen, dan moet men het erts eerst tot zo'n 1200°C verhitten om de silicaten en andere verontreinigingen te laten smelten en ze van de ijzerverbindingen te scheiden. De zo verkregen *wolf*, het ruwe ijzer, bevat nog de nodige verontreinigingen en is zeer poreus. Om verwerkt te worden tot voorwerpen, moet ze in een *gloeioven* opnieuw verhit worden tot tenminste 700° C en daarna op een aambeeld gesmeed. Het ijzer wordt daardoor harder en ontdaan van de meeste verontreinigingen.

Dit alles vergt nogal wat van de potentiële ijzerbewerker. Hij moet de kennis en de technische capaciteiten bezitten om een oven te bouwen die hoge temperaturen kan bereiken (toch heel wat anders dan een pottenbakkersoven). Dit is waarschijnlijk ook de reden dat het grootschalig gebruik van ijzer pas vrij laat van de grond is gekomen ten opzichte van het gebruik van andere metalen [23]. Daarnaast is het hele proces van winning van ijzer uit erts behoorlijk arbeidsintensief en tijdrovend.

Hoe anders is het als we kijken naar het bewerken van meteorietijzer. Hier hoeft je het ijzer niet via een moeizaam proces van andere stoffen te scheiden:



Figuur 6 : Koperen oorschijf met inzet van tot folie gehamerd meteorietijzer, uit een Hopewell-Mound te Tunacunnee, Georgia, VS. Het dateert uit de Middle Woodland-periode (200 BC-450 AD). Tellurisch ijzer was onbekend bij de pré-Columbiaanse Indianen [Garr en Sears 1985].

het bevindt zich van nature reeds in een pure, metallische vorm. Daardoor is het vrij zacht. In principe is het enige wat je bij meteorietijzer hoeft te doen, het ter hand nemen van een stuk meteoriet, en dat vervolgens met een hard voorwerp -een stuk steen, een voorwerp van koper of brons- in vorm te hameren. Te verhitten hoeft je het niet. Dit staat toch in geen verhouding tot het moeizame proces dat eerder bij het winnen van Tellurisch ijzer is geschetst. Het is dáárom dat het gelijktijdig gebruik van het eerste vroege Tellurisch ijzer en meteorietijzer als twee geheel los van elkaar staande fenomenen gezien moet worden, en meteorietijzer als een geheel aparte materiaalcategorie, niet als 'een ijzererts'. Feitelijk komen de technieken van het bewerken van meteorietijzer overeen met de technieken van het bewerken van *gedegen koper*, en lijkt het logischer een link te leggen met koperbewerking. Voor meteorietijzer is het eigenlijk helemaal niet zo vreemd dat het nog vóór de bronstijd al opduikt. Ook andere feiten ondersteunen dit: in de Nieuwe Wereld heeft men nóóit de kennis ontwikkeld voor het winnen van Tellurisch ijzer (dit werd daar pas door de Spanjaarden geïntroduceerd), maar

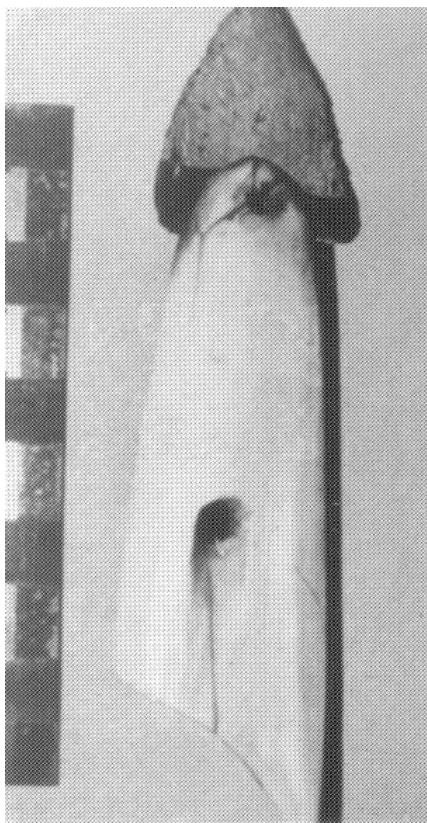
bereikte men een grote vaardigheid in de koperbewerking. En laten nu juist de *Hopewell Indianen* een schoolvoorbeeld zijn van een grote vaardigheid in het bewerken van meteorietijzer!

Als meteorietijzer zo gemakkelijk te bewerken is, waarom is het dan zo schaars gebruikt? De reden hiervoor, is de grote *zeldzaamheid* van het materiaal.

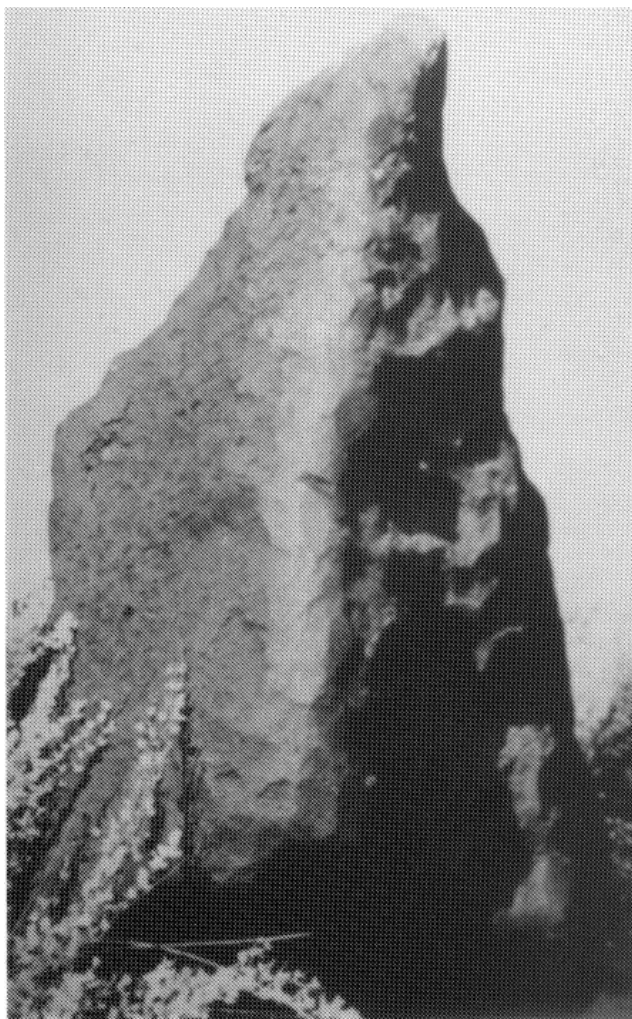
Meteorieten zijn schaars en ijzermeteorieten vormen slechts een klein percentage van alle meteorietvallen.

Met behulp van het Canadese fotografische MORP-netwerk heeft men geschat dat in een gebied met een oppervlakte van 10^6 km^2 per jaar 1.3 meteorieten met een gewicht van 10 kg, 8.7 met een gewicht van 1 kg en 27 met een gewicht van 100 g neerkomen [Blackwell, Griffin en Halliday 1991]. Ter vergelijking: voor Nederland (oppervlakte 41160 km^2) komt dat neer op 1,1 meteorieten van 100 g per jaar, één meteoriet van 1 kg per 2.8 jaar en één meteoriet van 10 kg per 19 jaar.

De hier genoemde waarden gelden echter het totaal van *alle* meteoriettypen. Als we gaan kijken welk deel van alle waargenomen meteorietvallen *ijzermeteorieten* betrof, dan komen we

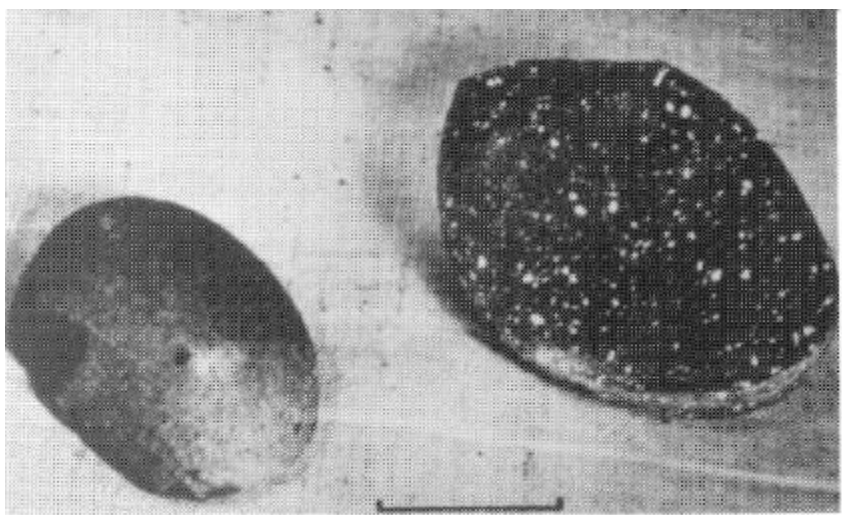


Figuur 7b (rechts) :
 Eén van de grotere fragmenten van de Cape York meteoriet uit Groenland: de in 1913 'ontdekte' 3.4 ton zware Savik, thans te bezichtigen in Kopenhagen. Dit is één van de Cape York fragmenten die eeuwenlang de Inuit van Noord Groenland van meteorietijzer voorzag. [uit: Buchwald 1975].



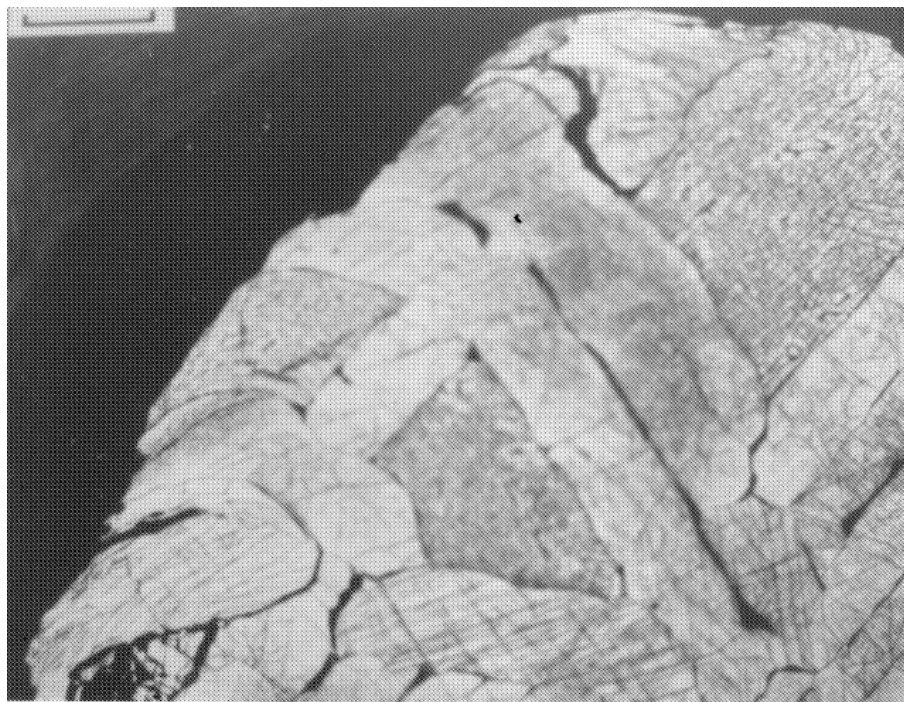
Figuur 7a : (boven) Harpoenpunt van walrusbot met versteviging van meteorietijzer, opgegraven in het noorden van Groenland. Het is door Inuit vervaardigd van een fragment van de Cape York meteoriet. [uit: Buchwald 1975].

Figuur 7c : (onder) de Inuit van Groenland gingen de fragmenten van de Cape York te lijf met basaltkeien die ze van een afstand van meer dan 50 kilometer haalden. De rots (Gneiss) rond de meteorieten zelf was te broos om als harnesteen te dienen. [Buchwald 1975].



op slechts 4.6%, en voor de Pallasieten op slechts 0.3% [Burke 1986; Bühler 1987]; totaal is slechts 5% van alle gevallen meteorieten dus bruikbaar als ijzerbron. Als we hier rekening mee houden, levert dit voor een gebied van 10^6 km² dus 1.4 bruikbare meteorieten van 100 g per jaar op, één bruikbare meteoriet van 1 kg per 2.3 jaar en één bruikbare meteoriet van 10 kg per 15 jaar (Nederland: één bruikbare meteoriet van 100 g in 18 jaar, één bruikbare meteoriet van 1 kg in 56 jaar en één bruikbare meteoriet van 10 kg in 348 jaar ..). Een gewicht van 100 g komt voor een ijzermeteoriet overeen met een diameter van ongeveer 3 cm, een gewicht van 1 kg met ongeveer 6 cm en 10 kg met ongeveer 13 cm (Pallasieten: 3.5 cm, 7 cm en 16 cm). Het is overduidelijk dat op basis van deze getallen van een gespecialiseerde 'meteorietijzerindustrie geen

Figuur 7d : Geëtste en gepolijste doorsnede van een klein stuk van de buitenrand van de 3 ton zware 'vrouw', één van de grotere Cape Yorkfragmenten (schaal: 2 mm. Duidelijk is te zien dat de Widmanstätt-patronen vervormd zijn (de Kamacietlamellen zijn verbogen), doordat Inuit fragmenten van de meteoriet hebben afgehamerd. Koudgesmede meteorietijzeren artefacten vertonen dezelfde verwrongen microstructuren. [uit: Buchwald 1975].



sprake kan zijn; het mag een wonder heten dat er überhaupt artefacten van meteorietijzer gevonden worden ...

Toch zijn er een tweetal omstandigheden te noemen, waarbij meteorietijzer veelvuldiger beschikbaar is dan de getallen hierboven impliceren. IJzer-meteorieten zijn vrij goed tegen erosie bestand. In aride en semi-aride gebieden kunnen ze soms tienduizenden jaren lang behouden blijven. Vindt er in zo'n gebied weinig sedimentatie plaats (of wordt het sedimentatiepakket in een latere fase door erosie -bijvoorbeeld winderosie- verwijderd), dan is aan het oppervlak het opgespaarde meteoriet-totaal van vele duizenden jaren te vinden (waarbij de meteorieten bovendien makkelijk lokaliseerbaar zijn doordat ze niet door begroeiing aan het oog onttrokken worden). Zo kunnen rijke 'meteorietvelden' ontstaan [24]. Wanneer bekend aan de prehistorische mens, was het voor hen zéker lonend om speciale grondstoffen-expedities naar zo'n gebied te organiseren en behoorde een intensiever meteorietijzergebruik wél tot de mogelijkheden. Een voorbeeld hiervan is het meteorietijzer van de *Ohio- en Illinois Hopewell*. [Carr en Sears 1985].

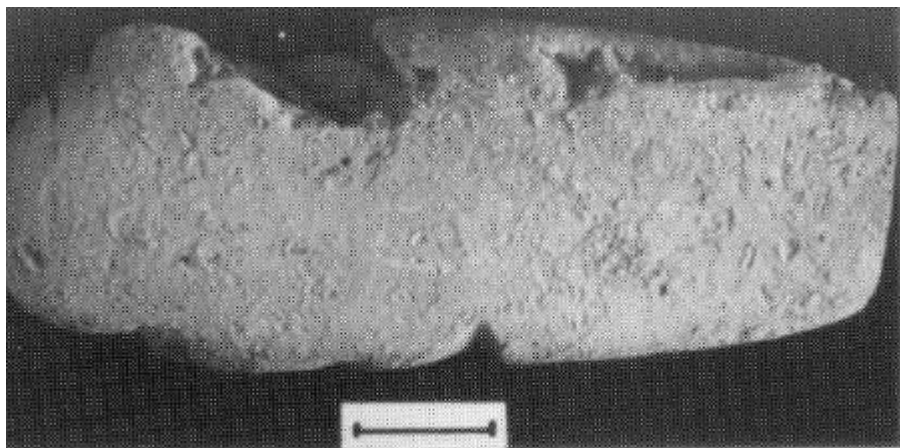
Een andere omstandigheid waarbij meteorietijzer minder schaars is, is als er toegang is tot één zeer grote meteorietval. Bij een zeldzaam aantal meteorietinslagen komt er in één keer een heleboel materiaal tegelijk op Aarde terecht. Zulke meteorietvallen zijn zéér zeldzaam, maar door de grote

hoeveelheid blijft het materiaal lang bewaard, er zijn over de Wereld dan ook vele tientallen plekken met materiaal van zulke inslagen te vinden. In sommige gevallen als één meteoriet', soms als een meteorietenstrooiveld (als de meteoriet in de atmosfeer in vele fragmenten is ontploft), soms ook als een echte krater (of kraterveld) met daaromheen vele bij de inslag weggevoerd fragmenten. Een voorbeeld van intensiever meteorietijzergebruik door toegang tot zo'n grote meteorietval is het gebruik van meteorietijzer afkomstig van de vele tonnen wegende fragmenten van de *Cape York*-meteoriet door de *Inuit* van Groenland [Buchwald 1975].

De zeldzaamheid van meteorietijzer maakte het materiaal zeer geschikt als *prestige goed*. Nagenoeg alle meteorietijzeren artefacten, zowel in de Oude als de Nieuwe Wereld, komen dan ook uit graven of tempelinventarissen. Betreft het een grafvondst, dan is het meestal uit een rijk graf dat ook een groot aantal andere erkende prestige-goederen bevatte. Uit onderzoek aan het meteorietijzergebruik van de *Illinois en Ohio Hopewell*, blijkt dat zij zich grote moeite getroosten om het materiaal te verkrijgen.

Het meteorietijzergebruik van de *Hopewell*, de verzamelnaam voor diverse groepen Indianen uit het oosten van de VS, is één van de weinige goed onderzochte gevallen op dit gebied. De *Hopewell* waren zeer bedreven in het bewerken van tal van exotische materialen, zoals koper, zilver, goud, mica, obsidiaan en ook meteorietijzer. Het gebruik van meteorietijzer beperkt zich strikt tot één specifieke cultuurperiode: *de Middle Woodland-periode* (200 BC-450 AD). Dit is ruwweg dezelfde periode waarin ook de imposante *Mounds*, de grote aardwerken die dienst deden als grafmonument, werden geschapen. Het is uit deze *Mounds* dat alle meteorietijzeren artefacten vandaan komen. Binnen het gebied van de *Hopewell* zijn twee gebieden te onderscheiden waar het gebruik van meteorietijzer voorkomt: *Ohio en Illinois* in het noorden, en *Georgia* en een deel van *Florida* in het zuidoosten. Tussen die gebieden komen nauwelijks meteorietijzeren artefacten voor, hoewel ook dáár *Hopewell* woonden. In het noordelijke gebied komen meteorietijzeren artefacten duidelijk veelvuldiger voor dan in het zuidoostelijke. De waarschijnlijke reden daarvoor, is dat de zuidoostelijke *Hopewell* gebruik

Figuur 8 : Bijl vervaardigd uit één enkele Kamacietlamel van een zeer grove Oktaedriet. Zo'n Kamacietlamel heeft van nature reeds een bijlvorm en hoeft alleen enigszins bijgeslepen te worden. De -Indiaanse- bijl komt uit New Mexico (VS), maar de exacte vondstlocatie is onbekend. De bijl is daardoor niet dateerbaar. [uit: Buchwald, 1975].



maakten van het wat meer schaarse lokaal aanwezige meteorietijzer, terwijl de Ohio en Illinois Hopewell hun meteorietijzer van grotere afstand, uit de meteorietrijke gebieden in het midwesten, haalden.

Lange tijd dacht men dat ál het meteorietijzer van de Hopewell uit één specifieke bron stamde: de Brenham-Pallasiet uit Kiowa County, Kansas, waarvan op de inslagplaats meer dan 900 kg aan materiaal voorhanden was. Carr en Sears [Carr en Sears ,1985] tonen met behulp van materiaalanalyses echter duidelijk aan, dat het meteorietijzer van de Hopewell in werkelijkheid van véle bronnen moet stammen. Voor de zuidoostelijke Hopewell zijn die bronnen lokaal aanwezig (het zuidoosten van de VS telt een respectabel aantal soms vrij forse meteorieten), voor de Ohio-Illinois Hopewell geldt dit echter niet. Zij moesten hun ijzer van elders betrekken. Dat ze dat via tussenhhandel met andere Indianengroepen deden is niet waarschijnlijk, vanwege het totaal ontbreken van meteorietijzer tussen de Hopewell en de veronderstelde brongebieden. Ze moeten dus speciale lange afstandsexpedities hebben georganiseerd om het begeerde meteorietijzer in het westen te halen (de *Brenham fragmenten* zijn van een afstand van meer dan 1000 Mijl gehaald!!), net zoals ze dat óók voor andere exotische materialen deden zoals bijvoorbeeld obsidiaan, zilver en goud. Naar alle waarschijnlijkheid verschaften zij zich hun meteorietijzer via dezelfde route als hun obsidiaan (de *Yellowstone-route*).

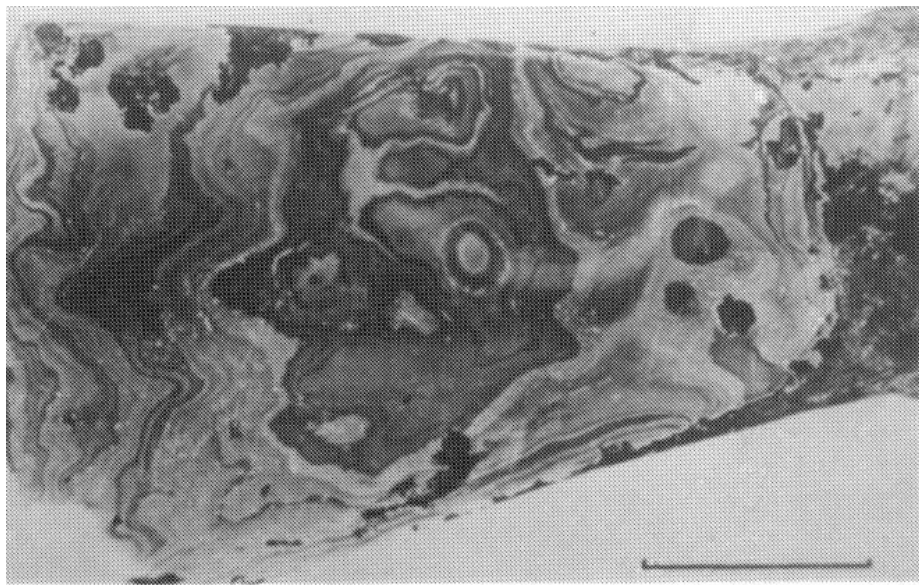
De Hopewell gebruikten meteorietijzer voor drie typen artefacten: *sieraden, ceremoniële voorwerpen en gebruiksvoorwerpen*. Deze laatste kunnen evenwel in werkelijkheid ook een ceremoniële in plaats van een echte gebruiksfunctie hebben gehad.

De variatie aan artefacten is enorm: kralen, oorschijven, haarversieringen, bijlen, dissels, priemen, pijpen, etcetera. Daarnaast zijn ook onbewerkte klompjes meteorietijzer als grafgift meegegeven: wederom een bewijs van de grote waarde die men aan het materiaal hechtte.

Een veel toegepaste techniek was om het ijzer tot een folie uit te hameren, en dit op te rollen tot cilindrische kralen of te gebruiken als inzet in of bedekking van voorwerpen uit andere waardevolle materialen, bijvoorbeeld koperen oorschijven, stenen en koperen bijlen etcetera. Het meteorietijzer werd zowel koudgesmeed als soms ook verhit (tot ongeveer 6000° C) en dan gesmeed (*louteren of annealing*), dit om het ijzer nog iets beter bewerkbaar te maken, het eindproduct te harden en onzuiverheden (silicaten in Pallasieten) te verwijderen. Dat een voorwerp koud gesmeed is, is te zien aan de verwrongen microstructuren: verbogen lamellen Kamaciet en Taeniet (verwongen Widmanstättenpatronen), verwrongen Neumannlijnen in het Kamaciet. Verhitting is te achterhalen doordat het deformatie van de kristalstructuur van het nikkelijzer veroorzaakt [Buchwald 1975: Carr en Sears 1985].

Hoewel intensief gebruikt in vergelijking tot andere gebieden, is meteorietijzer in Hopewell graven schaars in vergelijking tot andere prestigematerialen in dezelfde graven. Meteorietijzer was duidelijk alleen voorbestemd voor een kleine groep ('belangrijke?') mensen, niet iets dat iedere Hopewell-Indiaan zich kon veroorloven.

Een voorbeeld van lange afstands handel in meteorietijzer en het exploiteren van een zeer grote val, is het -meer recente- gebruik van meteorietijzer door *de Inuit* van Groenland en Canada. Toen Kapitein John Ross in 1818 het eerste contact legde met de Inuit van de noordelijke Melville Bay, bemerkte hij tot zijn verbazing dat zij de beschikking hadden over wapens van ijzer. De Inuit kennen geen ijzerbewerking, en lange tijd bleef de oorsprong van het Inuit-ijzer een raadsel. Het was de beroemde poolvorser Peary -de man die als eerste de Noordpool zou bereiken-, die in 1894 twee Inuit zover wist te krijgen hem de bron van het ijzer te wijzen. Ze brachten hem naar een plek die ze *Savigsavik* noemden, wat zoveel betekent als 'de plaats van het mes'. Daar toonden ze hem drie enorme meteorietfragmenten [27]: de 400 kg zware 'hond', de 3 ton zware 'vrouw' en de 31 (!) ton zware 'tent'. De eerste twee fragmenten waren vele eeuwen lang de bron geweest voor het ijzer van de Inuit [28]. Rond de 'hond' en de 'vrouw' lagen talloze bazalthamers, waarmee de Inuit de meteorieten te lijf waren gegaan om er de begeerde brokstukken ijzer van los te hakken.



Figuur 9 : Disselbijl opgegraven in centraal Zweden, waarschijnlijk (?) Middeleeuws. De bijl is gemaakt van een mengsel van meteoriet- en Tellurisch ijzer, wat na polijsten van het oppervlak (iets wat vast niet door een archeoloog gebeurde...) een damaserend patroon opleverde [uit: Buchwald 1975].

De meteorieten zelf toonden aan hun oppervlak talloze littekens van het gehamer. De Inuit hadden de basaltbrokken van een afstand van meer dan vijftig kilometer naar de meteorieten moeten transporteren: de lokale rots rond de meteorieten was te broos om als hamer bruikbaar te zijn.

Uit opgravingen van Inuit-nederzettingen zijn tal van kleine fragmenten Cape York-ijzer en daarvan vervaardigde voorwerpen (Ulo -'vrouwenmessen', krabbers, harpoenpunten ...) gevonden, soms tot zeer ver van het brongebied: tot in de Hudson Bay, vele honderden kilometers van de bron [Buchwald 1975; Burke 1986; Bühler 1987]. Dat de handel in de fragmenten nog tot in deze eeuw doorging, blijkt uit het opduiken van een fragment onder de Inuit van Northumberland Island, 250 km. van het brongebied, in 1928.

Alle Inuit-artefacten zijn koudgehamerd. Wat opvalt, is dat alle artefacten een pure gebruiksfunctie hadden,

en niet overwegend een pronkfunctie. Misschien dat de relatieve overvloed van het materiaal daarbij een rol speelt. Uit opgravingen zijn meteorietijzeren artefacten van rond 1200 AD bekend: het meteorietijzergebruik van de Inuit van Groenland overspant dus tenminste 600 jaar.

Over het -veel vroegere- meteorietijzergebruik in het oostelijk Middellandse Zee gebied, zuid en oost Europa en het Nabije en Midden Oosten is veel minder concreets bekend. Uit de vondstcontext -graven, tempels- is echter wel duidelijk te achterhalen dat meteorietijzer ook hier een waardevol materiaal was. Over de bronnen van het materiaal is weinig bekend. De samenstelling van iedere meteoriet is in principe uniek, en door analyse van de samenstelling van een artefact kan men soms de bron achterhalen (zie ook het Hopewell-ijzer). De zeer oude voorwerpen uit het Nabije en Midden Oosten zijn vaak echter dusdanig gecorrodeerd, dat een juiste analyse zeer lastig is. Bovendien ontbreken in dit gebied grote vallen die als bron gediend zouden kunnen hebben -wat natuurlijk niet wil zeggen dat ze er in de oudheid niet waren. De enige grote val is het Wabar-kraterveld in Saoedi Arabië. Bjorkman [Bjorkman 1973; Waldbaum 1980] heeft -zich baserend op oude kleitabletten- het idee gepostu-

leerd dat 'een Assyrische handelspost in Anatolië' (waarmee dan Kültepe bedoeld zou worden [Waldbaum 1980]) zich gedurende zekere tijd exclusief met de handel in meteorietijzer bezig gehouden zou hebben. De handelsnederzetting ging over de kop toen de bron van het ijzer wegviel. Het bewijs wat ze daarvoor aanvoert is echter nogal magertjes en voor meerdere interpretaties vatbaar (is het *amitu* uit de teksten wel meteorietijzer?).

Op het moment dat het grootschalig gebruik van Tellurisch ijzer in dit gebied zijn intrede doet, lijkt het meteorietijzer zijn waardevolle positie te verliezen en nagenoeg geheel te verdwijnen. In hoeverre dit laatste écht zo is, óf dat de meteorietijzeren artefacten 'verdrinken' in de overvloed aan -grotendeels ongeanalyseerde- Tellurische ijzerartefakten, valt niet te zeggen met de huidige stand van onderzoek. Het lijkt wel logisch dat op het moment dat ijzer *gemeengoed* wordt men de sporadische meteorieten links laat liggen en ze hun speciale karakter verliezen. Vooral ook omdat, nadat het *stalen* uitgevonden is, Tellurisch ijzer wat steviger is dan het zachte meteorietijzer.

Toch hoeft dat niet persé zo te zijn. Materiaaltechnisch gezien heeft meteorietijzer het voordeel dat het door het hoge Nikkelgehalte minder snel roest. Maar er is ook nog een ander aspect: *vanwege zijn 'hemelse' oorsprong is meteorietijzer nogal symbolisch geladen*, genoeg reden om het een speciale positie te laten behouden. Er zijn vele historische voorbeelden bekend van het plaatsen van meteorieten in een religieuze of magische context. Een heel duidelijk voorbeeld daarvan is het tot heden ten dage gebruiken van meteorietijzer voor het vervaardigen van *heilige krissen* in Indonesië. Op Java wordt een waarschijnlijk één meter grote meteoriet, de *Prambanan*, sinds 1797 daartoe speciaal bewaard in de *Kraton* (het paleis) van de Sultan te Surakarta (de meteoriet zelf was overigens al veel eerder bekend, en eerder hebben waarschijnlijk andere meteo-

rieten als bron gediend). Voor het maken van een kris wordt er een stuk van de meteoriet afgehaald, gesmeed tot een baar, en daarna samengesmeed met Tellurisch ijzer. Zo ontstaat een heel karakteristiek damascierend 'slangenpatroon'. Niet alleen het eindproduct, maar ook het bronmateriaal -de Prambananmeteoriet zelf- is heilig: reden waarom het, behalve een kleine hoeveelheid materiaal in de vorige eeuw, tot nu toe nog niet gelukt is onbepaald materiaal van de meteoriet voor analyse te verkrijgen [Buchwald 1975; Arps *priv. com.*] Ook inde oudheid werden meteorieten met een Hemelse oorsprong geassocieerd. Overduidelijk is dit uit een Hettitische tekst, een deel van een ritueel voor de oprichting van een huis [Bjorkman 1973]:

The diodorite they brought from the earth. The bleek iron of heaven they brought from heaven. Copper [and] bronze they brought from mount Taggata in Alasiya [Cyprus]...

Overigens geeft deze tekst ook direct aan hoe makkelijkje dingen kunt over interpreteren. Bjorkman vervolgt namelijk met:

This can only mean that iron was known to come from the sky. The use of the word 'black' probably indicates, as Weidner (1923, 2, fn. 12) has suggested, the black fusion crust with which meteorites are covered. [...] 'The use of the word 'black' could imply, that the meteorite fall from which the iron came occurred at a time not too far removed from events described in the texts, since the black fusion crust is rapidly destroyed by weathering'

Beide conclusies hoeven niet waar te zijn. Allereerst hebben ook gecorrodeerde -dus oude- ijzermeteorieten een donkere ('zwarte') kleur: alle ijzermeteorieten die ik heb gezien waren óf roestig óf donkergekleurd. [29]. Eigenlijk betwijfel ik of ijzermeteorieten wel een echte smeltkorst hebben (ze

bevatten namelijk geen silicaten!) [30]. Ook hoeft de term '*from heaven*' niet te betekenen '*that iron was known to come from the sky*', dat men dus echt door waarneming wist dat het uit de hemel valt: een erg exotisch materiaal waarvan men de herkomst niet kan verklaren wordt natuurlijk al snel 'uit de Hemel gevallen'. [31]. Op dit laatste heeft ook Burke [Burke 1986] al eerder gewezen. Voor ons is van belang echter, dat, om wat voor reden dan ook, van oudsher (en tot heden ten dage: Japan, Indonesië, Afrika) een verband is gelegd tussen meteorieten en 'Hemelse' of bovennatuurlijke zaken. Het zou dan ook interessant zijn om te kijken in hoeverre meteorietijzer (onbewerkte fragmenten zowel als artefacten) ook na de grootschalige in-trede van Tellurisch ijzer voor blijft komen in een speciale context (tempel inventarissen, elite graven). Daarvoor is echter eerst meer materiaalonderzoek van ijzeren artefacten uit latere perioden nodig.

De auteur dankt Dr. Peter Jenniskens (DMS/tot voor kort Leidse Sterrenwacht, nu NASA Ames-Research Center, California) en Dr. C.E.S. Arps (Nationaal Natuurhistorisch Museum, Leiden) voor hun hulp bij het opsporen en inzien van bronmateriaal. The author thanks Dr. Derek W.G. Sears (Cosmochemistry Group, University of Arkansas and editor of *Meteoritics*) who not only provided the article of Bjorkman on request, but additionally was so kind to supply the article on his own research of Hopewell-meteorite iron and attended on [Buchwald 1975].

Referenties

- 1] Benson E., Coe M. en Snow D., (1986): *Atlas of Ancient America*, p.48-57. Equinox Books, Oxford.
- 2] Bjorkman J.K., (1973): Meteors and meteorites in the Ancient Near East. *Meteoritics* **8**, p. 31-132.

- 3] Blackwell A.T., Griffin A.A., Halliday I, 199 1: The frequency of meteorite falls. Comments on two conflicting solutions to the problem. *Meteoritics* **26**, p.243-249.
- 4] Buchwald V.F., (1975): *Handbook of Iron Meteorites*, Vol. 1-3. University of California Press.
- 5] Bühler R.W., 1987: *Meteorite, urmaterie aus dem interplanetaren raum*. Birkhäuser Verlag, Basel.
- 6] Burke J. G., 1986: *Cosmic debris, meteorites in history*. University of California Press.
- 7] Carr S. en Sears D.W.G., 1985: Toward an analyses of the exchange of meteoritic iron in the Middle Woodland. *Southeastern Archaeology* **4(2)**, p.79-91.
- 8] Langbroek M.: Het zwarte ijzer uit de Hemel. *Zenit* **20** (in voorbereiding).
- 9] Needham J., 1980: Iron and Steel Technology in East and Southeastern Asia. In: Muhly J.D. en Wertime T.A. (eds.): *The Coming of the Age of Iron*, p.512. Yale University Press.
- 10] Ross Taylor S., 1991: Accretion in the inner nebula, the relationship between terrestrial planetary compositions and meteorites. *Meteoritics* **26**, p.267-278.
- 11] Shramko B.A., 1981: Die ältesten Eisenfundstücke in Osteuropa. In: Haefner H. (ed.): *Frühes Eisen in Europa*, p. 109-114. Schuffhausen.
- 12] Varoufakis G., 1981: Investigation of some Minoan and Mycenaean Iron Objects. In: Haefner H. (ed.): *Frühes Eisen in Europa*, p.25-32.
- 13] Waldbaum J.C., 1980: The First Archaeological Appearance of Iron and the Transition to the Iron Age. In: Muhly J.D. en Wertime T.A. (eds.): *The Coming of the Age of Iron*, p.69-98. Yale University Press.
- 14] *Syllabus materiaal* p. 32-56. IPL, 1991.

Regio	Site	Datering	Aantal	Omschrijving
Iran	Tepe Sialk	4600-4100 BC	3	3 kleine ballen uit bewoningslaag periode II. Widmanstättenstructuur.
Egypte	Gerzeh	3500-3100 BC	9	9 kralen uit pre-dynastische graven 67 en 133. Eén geanalyseerd : Ni 7.5 %
	Deir el-Bahari	2133-1991 BC	1	Blad van 'pesesh-kef' amulet. Tombe prinses Aa Shait, dynastie XI. Ni ca. 10 %
	Thebes	1350 BC	18	Tombe Tu~amon. Hoofdsteun, dolk, 16 miniatuur scalpels. 'Hoog nikkelgehalte'
Mesopotamië	Uruk-Warka	3100-2800 BC	1	Fragment van '?. Tussen tempels D en E van de Anu Ziggurat. 'Meteoritisch'.
	Ur	2500 BC	1	Fragment lemet gereedschap. Royal Cemetery. Tombe PG/580. Ni 10.9%
Anatolië	Troje	2600-2400 BC	1	Scepterknop. Treasure L. Ni 3.02/6.34%. Widmanstättenstructuur? NiO 2.44/3.91 %
	Alara Hdyák	2400-2100 BC	2	Pin met gouden knop. Ni 5.08 % (NiO 3.44 %). 'Halve maan' plakkaat. Ni 4.30% (NiO 3.06%)
Palestina	Ugarit	1450-1350 BC	1	Strijdbijl met koper en goud. Votieffoffer in heiligdom. Ni 3.25 %.
Griekenland	Dendra	14e eeuw BC	1 (3)	Ring. Ni 3.18 %. Met zilver, lood en koper. 2 andere ringen, Ni 2.77 % . 1.55 %. Onzeker
	Mycene	13e-14e eeuw BC	2	Ring. Gemeten Ni 2.72%. Berekend 4.94%. Ring. Gemeten Ni 3.28%. Berekend 10.77%
Russische Fed.	?	3e millenium BC	1	Eenvoudig sieraad. Graf Athanasievcultuur. 'Waarschijnlijk meteorietijzer'
	Bitchin Buluk	1750 BC	1	Koudgesmede bladvormige speerspits uit grafheuvel. Ni 3.65%, Cu 1.0% (?!)*
China	Prov. Honan	1000 BC	2 (meer?)	Bronzen bijl met ijzerblad. Widmanstättenstructuur. Hellebaard met ijzerpunt, 'punt uit Kamaciet'. Tombe Chou-dynastie. Meer artefacten (pijlpunt, bijlen) uit dezelfde periode?
	Prov. Hopei	14e eeuw BC	1	Bronzen bijl met ijzerblad. Ni 3.4% gemeten berekend 6%. Lamellenstructuur.
Oosten VS	Diverse	200 BC - 450 AD	>50	Oorschijven, kralen, bijlen, panpipes, metaalstiksel, hoofdbedekkingen etc. uit Hopewell-Mounds Ohio-Illinois en Georgia-Florida Hopewell. Eén van de vele bronmeteorieten getraceerd: De Brenhem-Pallasiet (Kima County, Kansas)
New Mexico (VS)	?	?	1	Bijl uit ruïne. Exacte locatie onbekend. Bijgewerkte Kamaciet-lamel uit grove Oktaedriet. 65x25x15mm. 130 gram.
Zweden	?	Middeleeuws?	1	Dissel van gesmeed Tellurisch en meteorietijzer Opgegraven in centraal Zweden.
Groenland/Canada	Diverse	1200 AD - ?? AD	Diverse	'Ulo', krabbers, harpoenpunten etc. Door Inuit koudgesmeed van fragmenten Cape York meteoriet.

Tabel 2 :

Zekere en veronderstelde meteoriet ijzeren artefacten voor een aantal regio's. De tabel pretendeert niet compleet te zijn.

Naar Bjorkman 1973, Buchwald, 1975, Burke (1986), Carr en Sears (1985), Needham (1980), Shramko (1981), Varoufakis (1981) en Waldbaum (1980).

Onbewerkte fragmenten uit archeologische context

Verenigde Staten	Diverse	200 BC - 450 AD	Diverse	Uit Hopewell-Mounds. Zie boven.
	Camp Verde	1100 AD	1	Bijgezet in lege crypte. In verenkleed. 61.5 kg. Fragment Canyon Diablo. 65 km van inslagplaats.
	Oktibbeha Co.	?	1	Fragment 16 kg. In graf met andere giften.
	Navajo	Vóór 1600 AD	2	1.5 ton en 683 kg. Op inslagplaats begraven onder stenen door Indianen.
Mexico	Casas Grandes	?	1	Fragment 1.5 kg. In lege kamer in graftombe, verpakt in maguey-kleden.
Kreta	Aghia Triada	1600-1400 BC	(1?)	In Minoisch paleis. 29x21x10cm. 10 lb. Zaagsporen. Identifikatie meteoriet niet zeker : Nog nooit geanalyseerd...
Groenland-Canada	Diverse	1200 AD- ?? AD	Diverse	Uit Inout-nederzettingen. Zie boven.

Tabel 2 (vervolg)**Noten:**

1. Naast student Prehistorie, is de auteur ook een actief amateurastronoom met een voorliefde voor meteoren en meteorieten. Hij is actief lid van de *Dutch Meteor Society* (DMS) en lid van de internationale *Meteoritical Society*.
2. Het oudste *Nederlandse* ijzeren voorwerp is een klein pinnetje uit de veenweg van Borgeroosterveld, daterend uit 1200 BC.
3. Vier van de vijf geanalyseerde artefacten van vóór 3000 BC en zes van de twaalf geanalyseerde artefacten uit de periode 3000-2000 BC. Niettemin is het *oudste* artefact, een voorwerp met onbekende functie uit graf A van Samarra, Irak, dat dateert uit maar liefst 5000 BC (!), vervaardigd van *Tellurisch* ijzer!
4. dat ik in dit artikel verder zal aanduiden als *Tellurisch* ijzer.
5. Oei; als Von Däniken dat maar niet hoort...
6. In een aantal regio's, bijvoorbeeld Noord-Amerika, werd *Tellurisch* ijzer pas door de Europese kolonisten geïntroduceerd. Lang vóór die tijd hadden de Indianen echter al een groot vakmanschap bereikt in het bewerken van meteorietijzer.
7. Mercurius, Venus, de Aarde en Mars.
8. Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus. De 'ijsplaneet' Pluto is in vele opzichten een buitenbeentje, en heeft wellicht een *kometaire* oorsprong.
9. En vormden daar het ijsachtige, kometaire materiaal in de Kuiperbelt en Oortwolk.
10. In werkelijkheid ging alles uiteraard wat ingewikkelder dan de zéér simplistische voorstelling van zaken die ik hier geef. Veel processen uit de vroege formatie van het zonnestelsel zijn nog lang niet begrepen.
11. Hun *aphelium*, het punt in de baan het veren van de zon, blijft doorgaans in de planetoïdengordel. *Het perihelium*, het punt in de baan het dichtst bij de zon, ligt binnen de Aardbaan. De banen zijn sterk elliptisch.
12. Helder genoeg om ook overdag gezien te worden!
13. Die weer onderverdeeld kunnen worden in subtypen, en vervolgens nóg eens.
14. Het ijzerpercentage bedraagt tussen de 0.5 en 30%.
15. Deze millimeter grote chondrules komen in Aards gesteente niet voor, het is specifiek iets voor Chondrieten [de belangrijkste sub-klasse steenmeteoriet.]
16. Wat niet wil zeggen dat steenmeteorieten archeologisch niet interessant zijn; ze zijn vanaf de prehistorie tot aan vandaag de dag (Japan, Afrika) als cultusobject gebruikt.
17. Alle gegeven percentages betreffen gewichtspercenten.
18. Daaronder enkele mineralen die *alleen* in meteorieten voorkomen, zoals *Troiliet* (FeS, niet te verwarren met *pyriet!*), *Schreibersiet* (Fe₃P) en *Daubréeliet* (FeCr₂S₄). 'Spannend' detail is dat sommige ijzermeteorieten ook *Diamant* bevatten.
19. Daartussen kunnen zich weer bollen Troiliet, kristallen Schreibersiet en andere mineralen bevinden.
20. Met deze opbouw in 'nikkelarme' en 'nikkelrijke' lagen moet men terdege rekening houden als men een materiaal analyse doet met behulp van bijvoorbeeld Röntgenspectrometrie. Afhankelijk van in welke laag men aan het meten is, vindt

men sterk wisselende percentages Ni. Om een betrouwbaar Ni-percentage voor het gehele ijzer te verkrijgen, moet men dan ook een groot aantal metingen op verschillende plaatsen van het voorwerp doen. Het bepalen van het Ni-percentage (en de overige samenstelling) is niet alleen van belang voor het oordelen of een voorwerp wél of niet van meteorietijzer is (of überhaupt van ijzer: één van de door Carr en Sears [Carr en Sears 1985] geanalyseerde 'meteorietijzeren artefacten bleek in werkelijkheid van ... koper te zijn!), maar óók omdat men dan een uitspraak kan doen over het soort meteoriet dat de bron vormde. Iedere meteoriet is uniek van samenstelling, en als er nog materiaal van de bronmeteoriet over is, kan men het ijzer zo naar de bron traceren. In praktijk blijkt dit evenwel zéér lastig. Corrosie vormt een probleem: de Ni-arme lagen corroderen sneller dan de Ni-rijke lagen, zodat een gecorrodeerd voorwerp een te hoog Ni-percentage krijgt. Als ook het Ni tenslotte tot nikkeloxiden oxideert, levend dat bij analyse juist weer een te laag Ni-percentage op.

21. Ook de Kamacietlamellen in Oktaedrieten vertonen Neumannlijnen.
 22. Slechts twee van de 2611 meteorieten die in 1985 bekend waren, de vondsten op Antarctica niet meegerekend.
 23. Des te verbazingwekkender is het dan ook dat er desondanks toch, zij het zeer sporadisch, zulke zeer vroege voorwerpen Tellurisch ijzer zijn als het voorwerp uit Samarra... !
 24. Heden ten dage organiseren wetenschappers in zulke gebieden speciale zoektochten naar meteorieten. Er worden er dan iedere dag wel enkele gevonden (steenmeteorieten meegerekend). De meest bekende voorbeelden van zo'n gebied zijn de *Nullarbor Plains* in Australië, de eroderende zandduinen van *Roosevelt County* in New Mexico (VS) en *Acfer en Tanezruft* in de Sahara. Ook de ijsvelden van Antarctica hebben duizenden meteorieten opgeleverd, maar dat heeft andere oorzaken.
 25. De grootste uit één stuk bestaande ijzermeteoriet is de 60 ton (!) zware *Hoba* uit Namibië
 26. Het bekendste voorbeeld van de laatste situatie is de -eveneens door Indianen geëxploiteerde- meer dan één kilometer brede *Barringer Meteor Crater* in Arizona. In recente tijden is er rond de krater meer dan 30 ton aan ijzermeteorietfragmenten terug gevonden die bekend staan onder de naam *Canyon Diablo*. De auteur bezit zelf een klein fragment van deze meteoriet.
 27. Samen met een groot aantal andere, soms zeer forse meteorietfragmenten -o.a. een fragment van 20 ton ontdekt in 1963 door Buchwald, die in het gebied sindsdien gevonden zijn, de laatsten beginjaren '80, horen deze fragmenten tot één grote val van vele duizenden jaren geleden: de *Cape York-groep*.
 28. In 1913 werd een derde door de Inuit als ijzerbron gebruikt fragment gevonden in het gebied: *Savik I van 3.4 ton*.
 29. Mijn eigen fragmentje *Canyon Diablo*, 49000 jaar oud, is óók nagenoeg zwart.
 30. Ik ken één foto van een ijzermeteoriet met smeltkorst maar dat betreft een abnormaal zwavel- en silicaatrijk exemplaar, en is als zodanig niet representatief.
 31. Ook volgens de Inuit kwamen de *Cape York* meteorieten 'uit de hemel', niettegenstaande het feit dat de meteorieten gevallen moeten zijn lán voordat de Inuit het gebied in bezit namen...
-