

Přibram en Glanerbrug

Marco Langbroek¹

1. Jan Steenlaan 46, 2251 JH Voorschoten. [meteorites@dmsweb.org]

English summary

On 7 April 1959, the Přibram meteorite fell in Czechia [1-2]. Almost exactly 31 years later, on 7 April 1990, the Glanerbrug meteorite fell in the Netherlands [2-5]. The time difference in solar longitude between both falls is only $0^{\circ}.007$: Earth crosses through the orbits of both meteorites with a time difference of only 10 minutes! At first glance, the orbits of both meteorites actually appear to be highly similar (fig. 1a,b and table 1). The difference in longitude of perihelion π between both orbits is less than 12° and the perihelion distances do not differ too much either. The main difference between both orbits is in the larger inclination for Glanerbrug, which is over twice that of Přibram. Out of curiosity I expressed the similarity of both orbits formally by means of a calculation of Drummonds' D' criterion [6]. The two orbits turn out to yield, to my surprise, a D' value of 0.099. This is a value within the threshold normally employed to accept similarity of two orbits in stream or stream-parent body association studies. A mind-teasing result!

There are arguments against a true physical association between the two meteorites. One objection could be that the Glanerbrug orbit, which was determined from a large number of fireball observations by eyewitnesses [3-4], is less accurate than the photographic determined orbit of Přibram [1]. However, deviations for Glanerbrug are most likely towards an in reality lower value for i and a : and this would make the orbit even more similar to that of Přibram. For example, when i is lowered to the same value as for Přibram (all other things being equal), the D' value becomes 0.058. Another objection could be that both meteorites, although both Ordinary chondrites, belong to different chemical subgroups. The Přibram has a fayalite value at the high end of the H group [2]. Glanerbrug is a polymict breccia composed of two different types of clasts which have fayalite/ferrosilite values plotting in the L respectively the LL groups [5]. The fact that Glanerbrug's lithology (as is the case for some other chondrite breccias) combines components with different chemical group assignments into one meteorite points out that such a difference in chemical group assignment between two meteorites might not necessarily preclude derivation from one parent body. As two possible hypothesis, the Glanerbrug could represent the regolith breccia and Přibram the primary rock of one parent asteroid; or both could come from one heterogeneous 'rubble pile' asteroid (see e.g. [8]). It is noted that the exposure age for Přibram of 12 Ma [10] is larger than typical for most H chondrites (sharp age peak at 7 Ma [11,13]) but close to the typical value for LL chondrites (15 Ma [12-13]). It is at face value however also too large to be compatible with an object from a still coherent 'stream' (unless Přibram has been part of the surface of a larger parent body at a depth of no more than a few meters).

Inleiding

In de avond van 7 april 1959 vond in Tsjechië in de omgeving van Praag de beroemde meteorietval van Přibram plaats, de eerste simultaan gefotografeerde meteorietval in de geschiedenis [1]. In de maanden na de val werden in totaal 4 fragmenten met een totaalgewicht van 5.6 kg geborgen. De meteoriet is een chondriet, van het type H5 [1-2].

Nagenoeg exact 31 jaar later, op 7 april 1990, sloeg in Nederland een meteoriet in op het dak van het huis van de familie Wichman in het plaatsje Glanerbrug nabij Enschede [3-5]. In totaal bijna 800 gram aan gruis en fragmenten werd geborgen. De meteoriet is evenals de Přibram een O ("Ordinary") chondriet, maar

van een ander subtype: het is een zeldzaam soort breccia waarin brokjes van zowel L als LL type voorkomen [5].

Beide meteorieten hebben met elkaar gemeen, dat ze op de zelfde dag van het jaar vielen, en dat er voor beiden een baan berekend is. In het geval van de Přibram is er een nauwkeurige baan uit de fotografische simultaanopnamen van de vuurbol beschikbaar [1]; in het geval van de Glanerbrug een iets globalere baan berekend aan de hand van een groot aantal ooggetuigenwaarnemingen van de vuurbol [3-4].

De overeenkomst in het moment van val van beide meteorieten is opmerkelijk: het verschil in zonslengte tussen beide knopen bedraagt slechts $0^{\circ}.007$ (zie tabel 1), de baan van de

aarde kruist de baan van de Glanerbrug dus slechts 10 *minuten* (!) nadat ze de baan van de Přibram heeft gekruist! De aarde ontmoette beide meteorieten dus nagenoeg in het zelfde punt van haar baan.

Overeenkomst van de banen

De overeenkomst tussen Přibram en Glanerbrug beperkt zich niet tot het valtijdstip. Opmerkelijke overeenkomsten zijn er ook tussen de banen en radianten van beide meteorieten. Figuur 1a en 1b tonen de banen van beide meteorieten door het zonnestelsel, tabel 1 geeft de baanelementen van beide meteorieten. De radiant van de Přibram lag op RA $191^{\circ}.5$, DEC $+17^{\circ}.7$ in *Coma Berenices*, die van de Glanerbrug nabij RA 202° , DEC $+49^{\circ}$

in *Canes venatici*. Dit is slechts een dertigtal graden van elkaar vandaan. Ook de baanelementen van beide meteorieten (tabel 1) vertonen op het eerste gezicht een opvallende gelijkenis. De lengte van het perihelium p_i van beide banen komt goed overeen: ze verschilt slechts 12° . Ook de periheliumafstand is niet ernstig verschillend. Het belangrijkste verschil tussen beide banen wordt gevormd door de inclinatie i , die voor de Glanerbrug meer dan twee keer zo groot is als voor de Příbram.

Uit nieuwsgierigheid heb ik de overeenkomst tussen beide banen wat formeler getest door het berekenen van Drummonds' D' criterium [6]. Dit criterium vergelijkt en weegt diverse baanelementen en drukt de overeenkomst tussen de banen uit in een getal. Meestal wordt een drempelwaarde van 0.105 gehanteerd om te spreken van een aannemelijke associatie: voor planetoidale zwermen wordt ook wel een lossere drempelwaarde van 0.2 gehanteerd [7]. Glanerbrug en Příbram blijken een D' waarde van 0.099 op te leveren, wat zelfs binnen de meer strikte drempelwaarde valt. Een opmerkelijk resultaat!

Tegenargumenten

Wat valt er tegen een eventuele werkelijke associatie van beide meteorieten in te brengen? Ruwweg, zijn er de volgende tegenargumenten:

- 1) de baan van de Glanerbrug, op basis van visuele waarnemingen bij daglicht, is veel minder nauwkeurig bepaald dan de fotografische baan van de Příbram;
- 2) de beide meteorieten, alhoewel beide O-type chondrieten, zijn ingedeeld in verschillende chemische subgroepen. Het fayaliet-gehalte van de Příbram (Fa_{20} , ref. [2]) plot in de hoge regionen van de H groep. De Glanerbrug is een polymicte breccia waarvan de twee hoofdcomponenten (Fa_{26} , Fs_{21} en Fa_{31} , Fs_{25} , ref. [5]) onderscheiden fayaliet- en ferrosilietgehalten hebben welke in respectievelijk de hoge regionen van de L groep en in de LL groep plotten [9].

Met betrekking tot argument 1, dient het volgende opgemerkt te worden: eventuele afwijkingen in de werkelijke baan van de Glanerbrug ten opzichte van de baan uit tabel 1, zullen eerder een in werkelijkheid *lagere* waarde voor inclinatie i en halve lange as a betreffen dan hogere waarden. Met zulke lagere waarden voor i en/of a zou de baan van de Glanerbrug echter zelfs nog beter overeenkomen met de baan van de Příbram. Bijvoorbeeld, wanneer i voor de Glanerbrug wordt verlaagd naar een zelfde waarde als voor de Příbram, met alle overige baanelementen ongewijzigd, dan wordt de D' waarde een zeer goede 0.058.

Argument 2 is serieuzer, maar ook dat argument gaat niet helemaal op. De Glanerbrug zelf laat al zien dat verschillen in chemische indeling van de lithologie niet gelijk te stellen zijn aan een noodzakelijke oorsprong in verschillende moederlichamen: de Glanerbrug, een polymicte breccia, combineert lithologische componenten uit twee verschillende chemische groepen in één meteoriet.

Er zijn twee modellen mogelijk waarin Příbram en Glanerbrug ondanks hun chemische verschillen toch afkomstig zijn van één moederlichaam. In model 1 zou de Glanerbrug de regolieth-breccia (het door inslagen omgewoelde oppervlaktepui) van een planetoïde vertegenwoordigen, en de Příbram het basisgesteente. In model 2 zijn beide meteorieten afkomstig van een heterogene 'rubble pile' planetoïde (zie [8]), een planetoïde die ontstaan is uit de gravitationeel gebonden restanten van twee of meer opgebroken eerdere moederlichamen.

Exposure ages

De 'exposure age' van meteorieten is de duur dat de meteoriet onder invloed van kosmische straling heeft gestaan: de tijd dat ze als relatief klein object in de ruimte c.q. nabij het oppervlak van het moederlichaam heeft vertoefd. Zo'n 'leeftijd' wordt bepaald door het meten van bepaalde onder invloed van deze kosmische straling gevormde radioactieve isotopen. Het ^{26}Al gehalte van 47 dpm/kg voor de Glanerbrug wijst volgens Lindner *et al.* [5] op "een lage" (he-

laas verder ongequantificeerde) exposure age voor de meteoriet. De Příbram heeft een exposure age van 12 miljoen jaar [10]. Dat laatste is beduidend ouder dan de meeste H chondrieten (scherpe exposure age piek rond 7 miljoen jaar [8, 11, 13]) maar zit dicht op de typerende exposure age voor LL chondrieten (scherpe exposure age piek rond 15 miljoen jaar [12-13]). Indien de Glanerbrug L-LL chondriet een exposure age heeft vergelijkbaar met de typerende leeftijd voor LL chondrieten, dan zitten de exposure ages van Glanerbrug en Příbram dicht op elkaar.

De exposure age van de Příbram meteoriet is niettemin (beduidend) hoger dan aannemelijk lijkt voor een object uit een nog intacte 'zwerm'. Het zou vereisen dat de Příbram een pas recent losgekomen brokstuk van het oppervlak van een groter brokstuk is (cosmic ray exposure ages zijn het resultaat van spallation door galactische straling. Dat soort straling dringt niet veel meer dan een goede meter in gesteente door. De cosmic ray exposure age van 12 miljoen jaar voor Příbram, geeft aan dat de meteoriet die tijdsperiode van 12 miljoen jaar binnen ongeveer 1 meter van het oppervlak van het moederlichaam heeft doorgebracht. Zie ook ref. [8]).

Conclusies

De banen van de Příbram en Glanerbrug meteoriet vertonen een sterke gelijkenis. Wat een werkelijke associatie van de Příbram en de Glanerbrug meteoriet echter lijkt tegen te spreken is hun uiteenlopende chemische classificatie, naast de exposure age van de Příbram. Absoluut falsificeren doen beide punten de hypothese echter niet.

Dankwoordje

Ik dank Marc de Lignie en Casper ter Kuile voor hun hulp bij het programmeren van een Excell spreadsheet voor D' criterium berekeningen en Frans Rietmeijer voor (los van dit artikel staande) discussies rond meteoriet-zwermen en meteoriet-moederlichamen.

Referenties

- [1] Ceplecha Z., 1961: Multiple fall of Pribram meteorites photographed. *Bull. Astr. Inst. Czech.* **12**, 21-46.
- [2] Grady M., 2000: *Catalogue of Meteorites* (5th edition). Cambridge University Press.
- [3] Jenniskens P. *et al.*, 1992a: Orbits of meteorite producing fireballs. The Glanerbrug, a case study. *Astron. Astroph.* **255**, 373-376.
- [4] Jenniskens P. *et al.*, 1992b: The Glanerbrug meteorite fall. *Pub. Astr. Inst. Czech. Acad. Sci.* **79**, 1-17.
- [5] Lindner L. *et al.*, 1990: Glanerbrug, a new stony meteorite. *Meteoritics* **25**, 379-380.
- [6] Drummond D., 1981: A test of comet and meteor shower associations. *Icarus* **45**, 545-553.
- [7] Stohl J. & Porubcan V., 1993: Meteor streams of asteroidal origin. In Stohl & Williams (eds.), *Meteoroids and their parent bodies*, 41-47.
- [8] McSween H.Y., 1999: *Meteorites and Their Parent Planets*. Cambridge University Press.
- [9] Brearley A.J. & Jones R.H., 1998: Chondritic meteorites. In Papike (ed.), *Planetary Materials (=Reviews in Mineralogy 36)*, chapter 3.
- [10] Stauffer H. & Urey H.C., 1962: multiple fall of Pribram meteorites photographed III. Rare gas isotopes in the Velka stone meteorite. *Bull. Astr. Inst. Czech.* **13**, 106-109.
- [11] Leya I. *et al.*, 2001: Cosmic-ray production rates of helium, neon and argon isotopes in H chondrites based on chlorine-36/argon-36 ages. *Meteoritics & Planetary Science* **36**, 963-973.
- [12] Graf T. & Marti K., 1994: Collisional records in LL-chondrites. *Meteoritics* **29**, 643-648.
- [13] Marti K. & Graf T., 1992: Cosmic-ray exposure history of Ordinary chondrites. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* **20**, 221-243.

Table 1: orbital elements (1950.0) for the Pribram and Glanerbrug meteorites

meteorite	type	date	<i>a</i>	<i>e</i>	<i>i</i>	<i>q</i>	<i>omega</i>	node	<i>pi</i>	RA	dec	ref.
Pribram	H5	7 April 1959	2.424	0.6742	10.4	0.7899	241.58	17.110	258.7	191.5	+17.7	[1]
Glanerbrug	L-LL67	April 1990	2.8	0.69	23	0.85	230	17.117	247.1	202	+49	[3-4]

Fig. 1a and 1b:

The orbits of Glanerbrug and Pribram viewed from two angles (orbital elements from refs. [1] and [3]). Planetary positions are those of 7 April 1990.)

