

Baan en Trajekt van de Glanerbrug val (2)

Hans Betlem *

English summary

From about 200 visual observations of the Glanerbrug meteorite fall, 40 were selected for orbital and trajectory calculations. For preliminary calculations all 40 observations, giving azimuth and height determinations, were used. During the weeks after the fall DMS members visited several observers at their homes to take out compass measurements and height measurements. For the final trajectory computations only these observations (about 20) were used. The FIRBAL program, developed by Dr. Z. Ceplecha (Ondřejov, Czecho-Slovakia) was used.

Inleiding

Na diverse oproepen in de pers, radio en TV bereikten een kleine 200 visuele waarnemingen van de Glanerbrug val het DMS adres in Leiden, de Leidse Sterrewacht en de privé brievenbussen van Dr. Arps en Dr. Lindner. Ook werden door redakties van dagbladen een aantal brieven doorgestuurd.

Het spreekt vanzelf, dat niet iedere waarneming even geschikt is voor nauwkeurige trajektbepalingen. Een aantal waarnemers gaf zelf azimuthlijnen en hoogtebepalingen aan, maar veel aanduidingen bleken ook volstrekt onbruikbaar. Een twintigtal waarnemingen werd in eerste instantie geselecteerd om te gaan rekenen. De behoefte aan meer en liefst nauwkeuriger kompasmetingen leidde tot de beslissing er zelf op uit te gaan.

Huisbezoeken en kompasmetingen

Er zijn in totaal vijf groepen waarnemers bezocht:

1. Op zaterdag 21 april maakten Casper ter Kuile, Annemarie Zoete en schrijver dezes een bezoeksronde in Twente. We streefden ernaar, zoveel mogelijk waarnemers rondom het inslagpunt op te zoeken. Dit resulteerde in kompasmetingen te *Hengelo, den Ham, Vriezenveen* en *Bergentheim*. Zie foto's.
2. Op zondag 22 april maakten Peter Jenniskens en Marco Langbroek een rondje Noord Limburg. Dit leverde kompasmetingen te *Venray, Gennep, Overloon, Batenburg* en *Grave*.
3. Dankzij de perfecte samenwerking met *Dieter Heinlein* konden we al in een zeer vroeg stadium beschikken over een vijftiental Duitse waarnemingen en de adressen. Dit resulteerde in een bezoek met kompas door *Peter Jenniskens* op zaterdag 28 april in *Dordtmund* (2 metingen), *Recklinghausen* en *Dorsten*.
4. Aanvullende metingen werden nog gedaan in *Bunde* door Lucia Bruning en in *Lochem* door Alex Scholten. Verder zijn er door waarnemers zelf verrichte metingen (soms met eenvoudige hulpmiddelen) die ook in de waarnemingen verwerkt konden worden.



Figure 1: Metingen bij de familie Spiele te Hengelo. De hoogte wordt gemeten door de waarnemer langs een lat te laten kijken, waaraan een gradenboog met een schietlood is bevestigd.

5. Via uitwisseling van gegevens met de NVWS Werkgroep Meteoren (via P. Koenraad en F. Bettonvil te Vucht) kwam nog een aanvullende reeks kompasmetingen beschikbaar. Een deel van deze metingen is door werkgroepleden uitgevoerd met theodoliet en hoogtemeter; een ander deel van de metingen is door de waarnemers zelf uitgevoerd.

Selektiecriteria voor verdere reductie

Naarmate we over meer kompasmetingen konden beschikken, konden we ons permitteren om meer waarnemingen terzijde te schuiven. Het bleek al vlug, dat waarnemingen in de in-middellijke nabijheid van het inslagpunt waardevolle gegevens verschafden. Enkele tientallen kilometers rijden leverde totaal

*Lederkarper 4, 2318 NB Leiden

Meting door:	Plaats	I/O	λ	ϕ	Waarnemer	Az (beg.)	Az (eind)	H (beg.)	H (eind)	ΔT (s)
PJM/LBE	Dortmund	O	7°29′	51°32′	H. Plaas	235°	175°	30°	14°	2.5
PJM/LBE	Dortmund	I	7°28′	51°31′	M. Goldschmidt	179°	159°	18°	7°	1.0
PJM/LBE	Recklinghausen	O	7°12′	51°37′	M. Mack	238°	203°	42°	37°	1.5
PJM/LBE	Dorsten	O	6°58′	51°39′	W. Grosspietsch	170°	160°	32°	26°	1.5
LBE	Bunde	O	5°43′	50°53′	M.L.J. Hegemans	241°	234°	34°	14°	3.0
LBE	Bunde	O	5°43′	50°53′	G. de Jonge	206°	206°	17°	8°	1.0
PJM/MLV	Venray	I	5°59′	51°32′	W. Veldkamp	240°	228°	26°	16°	0.7
PJM/MLV	Overloon	I	5°59′	51°34′	mw. Alberts–Huijgen	228°	225°	19°	13°	2.5
PJM/MLV	Gennep	I	5°58′	51°42′	J. Goossens	233°	217°	26°	10°	2.5
PJM/MLV	Grave	I	5°44′	51°45′	I.T. Bonninga	240°	242°	20°	12°	2.5
PJM/MLV	Batenburg	O	5°38′	51°49′	M. van Tuyn	235°	234°	19°	13°	3.8
MLV	Voorschoten	I	4°28′	52°09′	Y. Langbroek	264°	262°	7°	2°	1.0
	Kampen	I	5°54′	52°33′	G. Sleurink	289°	295°	21°	6°	1.5
HBE/CKB/AZL	Den Ham	I	6°29′	52°27′	D.J. Schutmaat	288°	302°	31°	24°	4.0
ASE	Zelhem	I	6°21′	52°00′	R.W. Ouwersloot	190°	220°	20°	18°	–
ASE	Lochem	I	6°25′	52°10′	L. Pasma	245°	255°	35°	22°	1.0
ASE	Eefde	I	6°12′	52°10′	A. de Bode	250°	255°	24°	18°	0.5
JKB	Steenwijk	I	6°07′	52°47′	J. Kuiper	295°	305°	22°	15°	1.0
HBE/CKB/AZL	Vriezenveen	O	6°35′	52°26′	J. Janssen	287°	292°	26°	18°	0.5
HBE/CKB/AZL	Bergentheim	O	6°38′	52°31′	F.W. Prenger	303°	318°	15°	10°	0.7
HBE/CKB/AZL	Bergentheim	O	6°38′	52°31′	J. Roosink	311°	314°	13°	9°	0.7
HBE/CKB/AZL	Hengelo	O	6°50′	52°15′	L. Spiele	260°	270°	27°	28°	1.3
	Assen	I	6°34′	52°59′	J. de Jong	340°	355°	30°	20°	1.2
NVWS/WGM	Bolsward	–	5°31′	53°04′	mw. G. Rooda	321°	320°	15°	11°	–
NVWS/WGM	Noordbroek	–	6°52′	53°12′	E. Bolwijn	175°	354°	14°	4°	–
NVWS/WGM	Wageningen	–	5°41′	51°58′	W.H. Douma	203°	230°	31°	3°	–
NVWS/WGM	Opheusden	–	5°35′	51°56′	mw. A.v.Hellemond	248°	249°	18°	14°	–
NVWS/WGM	Montfoort	–	4°57′	52°02′	J. Luteyn	244°	245°	15°	6°	–
NVWS/WGM	Utrecht	–	5°08′	52°06′	E. Altena	242°	244°	14°	7°	–

Table 1: Kompasmetingen van azimuthrichtingen (gecorrigeerd voor deviatie) en hoogtemetingen met gradenboog.

verschillende blikrichtingen op! Daarbij komen de hoogte-waarnemingen erg kritisch, wanneer de afstand tot het lichtspoor erg groot wordt. 21° of 22° hoogte maakt niet zoveel uit, maar 5° of 6° wel. Uiteindelijk werden 19 posten in een aangepaste versie van FIRBAL gestopt. Het programma is in oorspronkelijke staat geschikt voor het verwerken van maximaal 10 waarnemingsposten met 250 sektoronderbrekingen per post. Dit is gewijzigd naar 30 posten met maximaal vijf meetpunten. . .

In tabel 1 zijn alle bruikbare kompasmetingen samengevat. Een aantal onbruikbare of onbetrouwbare metingen is hierin al weggelaten.

Tabel 2 geeft de FIRBAL uitkomsten voor een aantal uit tabel 1 geselecteerde stations met de opgegeven gewichtsfactoren. Niet alleen de afstand speelt hierin een rol, maar ook een indruk-nauwkeurigheid die je krijgt, wanneer je de mensen zelf ontmoet.

Het is duidelijk, dat bij de verwerking van visueel materiaal veel grotere fouten optreden, dan we bij fotografische meteoropnamen gewend zijn. Toch vallen de resultaten best nog mee. Bij de meeste posten blijven de afwijkingen per meetpunt onder de vijf graden. De beginposities vertonen nogal wat verschillen; niet zo verwonderlijk, want eenieder zal op een ander moment zich gerealiseerd hebben ‘dat er wat gebeurde’. De eindpunten komen veel beter met elkaar overeen, zowel in hoogte als in geografische positie.

Uit de tabel met gegevens werd vervolgens een aantal posten



Figure 2: Metingen te Bergentheim. De kompasrichtingen worden bepaald, door over de waarnemer heen langs de lat te kijken met een (scheeps)kompas.

met kleine residuen geselecteerd voor het berekenen van gemiddelden voor begin- en eindpunt. Deze gemiddelden zijn bepaald uit Overloon, Grave, Batenburg, Voorschoten, Kampen, den Ham, Bunde, Lochem, Heerenveen, Dordtmund-2 en Steenwijk. Tabel 3 toont de uiteindelijke baan en

Station	W	h begin (km)	h eind (km)	λ begin	λ eind	ϕ begin	ϕ eind	l (km)	resid.
Venray	1.0	125	41.8	8°.659	7°.393	52°.605	52°.353	124	3.7 ; 1.1
Overloon	1.0	45.4	30.9	7°.449	7°.225	52°.364	52°.318	21.7	-1.7 ; -1.9
Gennep	0.5	71.3	9.1	7°.847	6°.884	52°.445	52°.247	93.4	-3.7 ; -9.7
Grave	1.0	55.2	29.4	7°.599	7°.202	52°.395	52°.313	38.6	-0.3 ; 4.3
Batenburg	0.5	44.3	21.3	7°.432	7°.075	52°.361	52°.287	34.6	-3.6 ; -1.6
Voorschoten	0.5	24.0	10.1	7°.117	6°.901	52°.296	52°.251	20.9	1.1 ; -2.3
Kampen	0.5	47.6	16.2	7°.483	6°.995	52°.371	52°.270	47.2	2.8 ; -5.8
den Ham	0.5	30.3	17.1	7°.215	7°.009	52°.316	52°.273	19.9	2.5 ; -0.6
Bunde	0.5	48.0	26.9	7°.488	7°.163	52°.372	52°.305	31.5	-7.1 ; -0.7
Lochem	0.5	93.0	20.9	8°.177	7°.070	52°.511	52°.286	108	-0.3 ; 9.4
Heerenveen	0.25	58.9	35.7	7°.656	7°.298	52°.407	52°.333	34.8	2.4 ; -1.9
Vriezenveen	0.5	25.6	18.9	7°.142	7°.037	52°.301	52°.279	10.2	-6.8 ; -12
Bergentheim	0.5	21.1	12.4	7°.072	6°.936	52°.286	52°.258	13.2	-15 ; -11
Assen	0.25	29.1	15.4	7°.197	6°.984	52°.312	52°.268	20.6	15 ; 20.5
Dordtmund-1	0.25	278	33	10°.9	7°.26	53°.001	52°.326	-	12.4 ; 7.5
Dordtmund-2	1.0	38.5	13.4	7°.342	6°.952	52°.343	52°.261	37.8	5.2 ; 1.4
Dorsten	0.25	20.3	10.2	7°.059	6°.902	52°.284	52°.251	15.1	-22 ; -24
Steenwijk	0.5	45.8	18.9	7°.455	7°.038	52°.366	52°.279	40.5	-2.1 ; -9.6

Table 2: *Geselecteerde posten met kompasmetingen met de FIRBAL uitkomsten voor het traject. De laatste kolom geeft aan, hoeveel graden resp. begin- en eindpunt van het gemiddelde traject vandaan liggen. Deze waarden worden gebruikt voor een verdere reductie van het aantal posten.*

	Begin	Eind
Hoogte (km)	48±16	22±8
λ	7°.48 ± 0°.23	7°.09 ± 0°.12
ϕ	52°.37 ± 0°.05	52°.29 ± 0°.02

α Radiant	193° ± 2°
δ Radiant	+42° ± 2°
a (AU)	0.91 ± 0.17
e	0.46 ± 0.10
q (AU)	0.49 ± 0.04
ω	306° ± 18°
Ω	318°.87 ± 0°.00
i	36° ± 13°

Table 3: *Baan en trajectgegevens meteorietdropping EN 070490*

Orbital and Trajectory data meteorite fall April 7, 1990

trajectgegevens. De baanelementen zijn berekend met een aangenomen snelheid van 25 ± 7 km/s. Deze waarde is erg onnauwkeurig omdat er geen goede snelheidsmetingen (zoals bij fotografische opnamen) gedaan kunnen worden. De 11 bovengenoemde posten, waaruit de gemiddelden voor de trajectgegevens zijn berekend geven een trajectlengte van 33 ± 9 km. De meeste waarnemers gaven als tijdsduur waarden tussen de 1 en 2 seconden op; zelden meer! De bovengenoemde waarde voor de snelheid volgt uit een tijdsduur van ongeveer anderhalve seconde.

Conclusies

Het afleiden van baan- en trajectgegevens uit visueel materiaal is mogelijk, maar de nauwkeurigheid is gering. Veel goede kompasmetingen tezamen kunnen een redelijk beeld oplev-

eren. Toch is het onbevredigend, dat verschillende methoden verschillende resultaten opleveren. Peter Jenniskens [1] vond met een grafische methode de radiant ongeveer 15 graden in azimuth naar het noordoosten verschoven. Het hoeft geen betoog, dat zijn andere radiant ook andere baanelementen oplevert, hoewel de verschillen niet schokkend zijn. We zijn de laatste jaren erg verwend geraakt met mooi fotografisch materiaal, en dan vallen deze resultaten natuurlijk tegen.

Fig. 3 toont een projectie van het het FIRBAL berekende traject. De begin- en eindpunten zijn berekend, zonder gebruik te maken van het gegeven, dat er sprake is geweest van een dropping, met andere woorden het gegeven 'Glanerbrug' is niet gebruikt in de berekeningen. Desondanks wordt een traject gevonden, dat vrijwel op Glanerbrug afkoerst! Het eindpunt ligt enkele kilometers naar het oost-noord-oosten. Frappant gegeven is, dat het gehele lichtgevende traject over Duitsland heeft gelopen. De 'dark flight' bracht de steen uiteindelijk over de Nederlandse grens.

De baanelementen duiden op een Apollo achtige herkomst (Zie het artikel van Peter Jenniskens). De hoge inclinatie echter is uitzonderlijk! Een statistische verdeling van de baanelementen van meteorietdroppers, opgemaakt door Millman [2] laat zien, dat de meeste meteorieten zeer kleine inclinaties hebben gehad; meestal kleiner dan 10 graden. Voor een verdere associatie met mogelijke asteroiden verwijs ik naar het artikel van Peter Jenniskens elders in dit nummer.

Tot slot

Deze resultaten kwamen tot stand dankzij de medewerking van velen. Peter Jenniskens zocht de originele meldingen uit en selecteerde kompasmetingen en adressen voor kompasmetingen. Veel dank ben ik ook verschuldigd aan Dieter Heinlein, die vrijwel dagelijks nieuwe gegevens uit Duitsland toezond. Casper ter Kuile verleende assistentie bij de kompasmetingen in Twente en had tevens een belangrijk aandeel in de

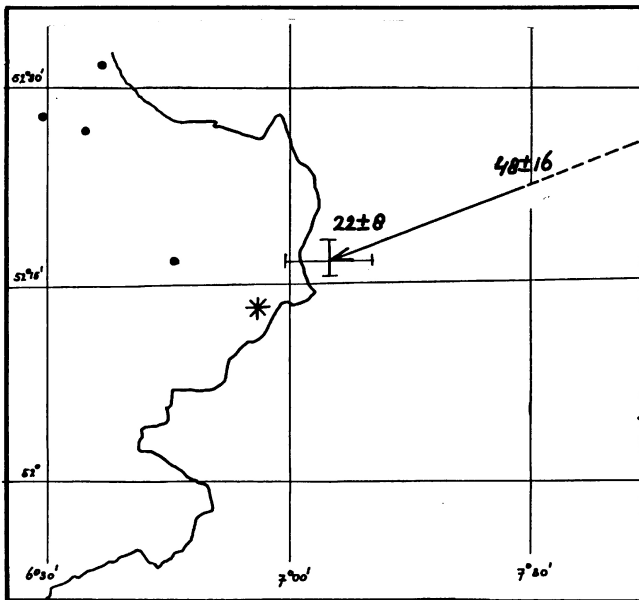


Figure 3: Grondtrajekt met hoogteaanduidingen van het met FIRBAL berekende trajekt. Het hele lichtspoor heeft zich boven Duits grondgebied bevonden. Het inslagpunt te Glanerbrug is met een sterretje aangegeven.

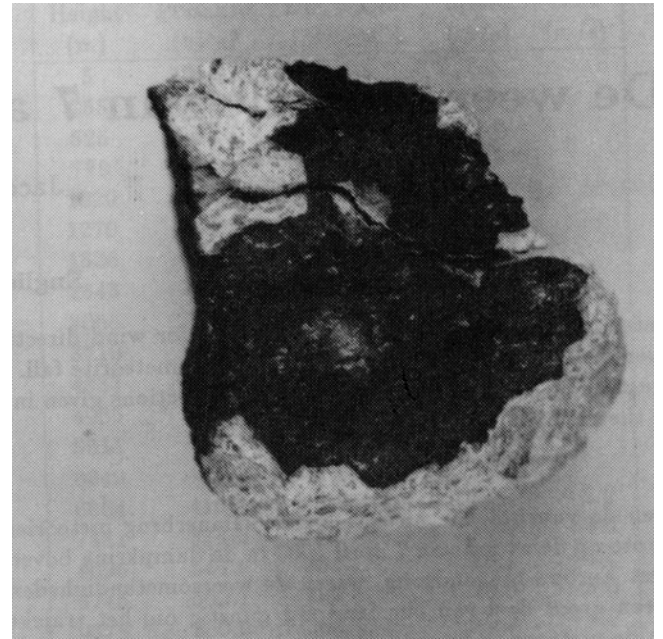


Figure 1: Twee van de grotere fragmenten, tezamen ca. 3 cm groot. Duidelijk is de zwarte smeltkorst te zien.

voorbewerking van het materiaal en de grafische presentatie van de gegevens. Mark de Lignie verleende assistentie bij het aanpassen van het FIRBAL programma. De contacten met Paul Koenraad en Felix Bettonvil (Werkgroep Meteoriten) verliepen op plezierige wijze. Zdenek Ceplecha en Jiri Borovicka (Ondřejov) verrichtte waardevolle controleberekeningen aan onze ruwe invoerdata. En tot slot mag dit artikel natuurlijk niet beëindigd worden zonder een woord van dank aan de waarnemers, die ons met de metingen behulpzaam waren en die ons op zoveel plaatsen gastvrij ontvingen. •

References

- [1] Jenniskens, P.: *Radiant* **12** (1990), 56
- [2] Millman, P.: *Astronomical Information on meteorite orbits*. In : *Meteorite Research*. D. Reidel publ. Comp. (1969), pg. 541

De Glanerbrug meteoriet

In dit speciale nummer van 'Radiant' vooral aandacht voor de astronomische kant van de Glanerbrug meteorietval. Naast de foto op de voorplaat drukken we hiernaast enkele opnamen van de grotere fragmenten af. Alle fotomateriaal is beschikbaar gesteld door Dr. C.E.S. Arps, Nationaal Natuurhistorisch Museum te Leiden.

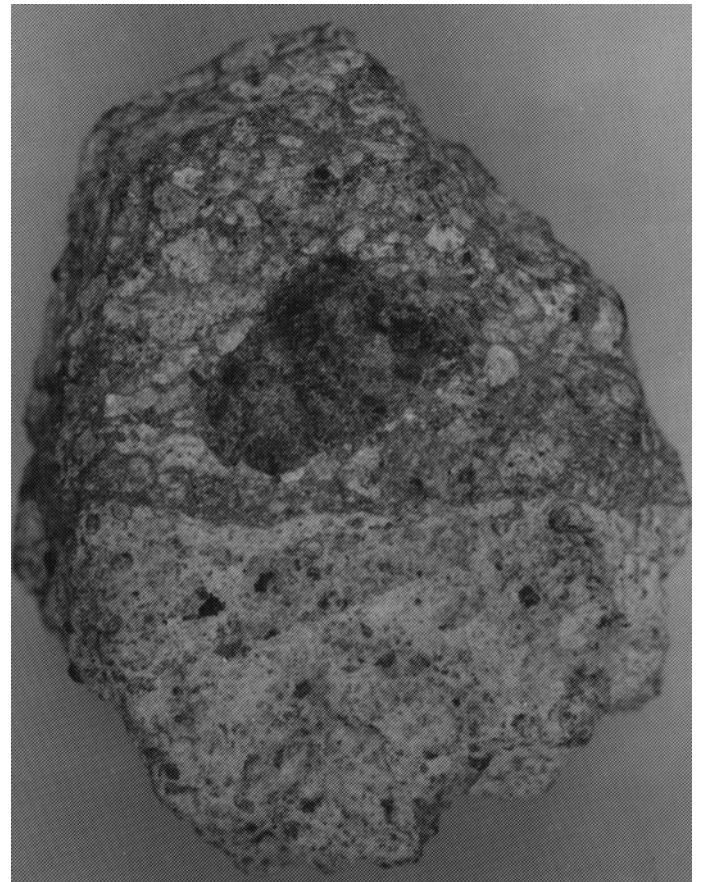


Figure 2: Het grootste fragment meet ongeveer 7×5 cm en weegt 135 gram.