

Amateur-Gammastrahlenteleskop

Autor(en): **Monstein, Christian**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **45 (1987)**

Heft 218

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-898830>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Amateur-Gammastrahlenteleskop

CHRISTIAN MONSTEIN

Einleitung:

Im ORION 165¹⁾ wurde durch Karl Bosshard (Sternwarte Kreuzlingen) das Gammastrahlenteleskop als meine Ingenieurarbeit an der Fachhochschule Konstanz, Fachbereich Nachrichtentechnik, vorgestellt. Das Gerät stand dann etwa zwei Jahre in der Sternwarte Kreuzlingen im Freien, wobei im Winter häufig der Antrieb einfrore und die Messungen somit unbrauchbar wurden. Die wenigen zuverlässigen Messreihen waren zu kurz um statistisch eindeutige Auswertungen durchzuführen. Im Zusammenhang mit meiner Dislokation in die Innerschweiz wurde die Anlage in Kreuzlingen demontiert. Nach einer entsprechenden Revision wurde das Instrument in Freienbach/SZ zusammen mit der Empfangsanlage für solare Radioastronomie wieder in Betrieb genommen. Das Teleskop bestand im Wesentlichen aus zwei in Koinzidenz geschalteten Geiger-Zählern mit Zählröhren³⁾, die speziell für Gammastrahlung geeignet sind. Zur Erinnerung, Koinzidenz bedeutet hier dass die Anlage nur dann einen elektrischen Impuls abgibt, wenn beide Zähler gleichzeitig ein Ereignis registrieren. Dies ist nur dann der Fall, wenn die Strahlung aus der Richtung kommt, in die das Teleskop zeigt. Ausführliche Unterlagen und Beschreibungen sind im ORION 165¹⁾ und in TNG 1979²⁾ zu finden. Eine Kopie der Arbeit liegt in der Bibliothek der Sternwarte Kreuzlingen auf. Separats aus TNG 1979²⁾ können beim Verfasser gegen Rückporto angefordert werden.

Die Zählröhren waren im Meridian an der Station des Verfassers im gegenseitigen Abstand von $L = 53$ cm orthogonal zueinander angeordnet. Das Teleskop wurde periodisch zusammen mit den am selben Träger befestigten Radioantennen der Sonne während einem Jahr in der Deklination nachgeführt.

Es bestand die Hoffnung, eventuell einige Gammastrahlen-Events solaren Ursprungs nachzuweisen, was allerdings nicht gelang (siehe Abb. 5).

Erwartungswerte:

Die minimale Koinzidenzrate (K_{min}) auf Grund lokaler, terrestrischer Radioaktivität lässt sich oberflächlich abschätzen, wenn man davon ausgeht, dass beide Zähler unabhängig voneinander getroffen werden. Die gemessene, mittlere Pulsrate (N_n) betrug etwa 18 counts/Minute, d.h. alle 3,33 Sekunden wurde im Mittel ein Einschlag registriert. Das abgeleitete elektrische Signal eines Einschlages dauerte etwa 300 Mikrosekunden.

Die Koinzidenzschaltung war so ausgelegt, dass die Impulse der beiden Zähler sich zu mindestens 80% zeitlich überdecken mussten, damit es als Koinzidenz-Ereignis gewertet wurde. Die Wahrscheinlichkeit (p), dass beide Geiger-Zähler zu einem beliebigen Zeitpunkt zu 80% gleichzeitig einen Impuls abgeben beträgt:

$$p = p(A) \cdot p(B) = \left(\frac{0,3 \text{ msec} \cdot 100}{3,33 \text{ sec} \cdot 80} \right)^2 = 1,3 \cdot 10^{-8} \quad (1)$$

Wenn man nun die Zählrate $N_n = 18$ counts/Minute mit der Koinzidenzwahrscheinlichkeit (p) multipliziert, so erhält

man die minimale zu erwartende Koinzidenzrate K_{min} :

$$K_{min} = N_n \cdot p = \frac{18 \text{ counts}}{\text{Minute}} \cdot \frac{1440 \text{ Minuten}}{\text{Tag}} \cdot 1,3 \cdot 10^{-8} \quad (2)$$

$$= 3,3 \cdot 10^{-4} \text{ Events / Tag}$$

Oder invers formuliert, wenigstens einmal in acht Jahren ist eine Koinzidenz auf Grund lokaler, terrestrischer Radioaktivität zu erwarten.

Die maximale Koinzidenzrate (K_{max}) auf Grund vermutter extraterrestrischer Gammastrahlung lässt sich abschätzen, wenn man den Öffnungswinkel (Ω) des Teleskops mit dem Öffnungswinkel (ω) des sichtbaren Himmels vergleicht und davon ausgeht, dass der sogenannte Nulleffekt (N_0) der Geigerzähler ausschliesslich durch extraterrestrische Quellen verursacht werde.

Die Analyse der geometrischen Verhältnisse der Zählröhren und Grenzwertbildung im Fernfeld führt zu einem mittleren Teleskopwinkel (Ω):

$$\Omega = 2 \cdot \arctan = \left(\frac{H + D}{2 \cdot L} \right) = 6^\circ, \quad (3)$$

wobei H = Höhe = 41,3 mm, D = Dicke = 15 mm und L = Abstand der Zähler = 53 cm.

Der sichtbare Horizont (ω) bis zu dem Gammastrahlung einfallen kann beträgt etwa 180° .

Die Richtschärfe (v) des Teleskops durch Vergleich der beiden über Kugelkalotten darstellbaren Raumwinkel beträgt:

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r^2 [1 - \cos(\Omega/2)]}{2 \cdot \pi \cdot r^2 [1 - \cos(\omega/2)]} = 0,0014 \quad (4)$$

Das Produkt aus Nulleffekt (N_0) mal Richtschärfe (v) (= Trefferwahrscheinlichkeit) führt zu einer maximalen zu erwartenden Koinzidenzrate (K_{max}):

$$K_{max} = N_0 \cdot v = \frac{10 \text{ counts}}{\text{Minute}} \cdot \frac{1440 \text{ Minuten}}{\text{Tag}} \cdot 0,0014 = 20 \text{ Events/Tag} \quad (5)$$

Dämpfungskurve:

Die Schwächung der Gammastrahlung in der Erdatmosphäre durch verschiedene physikalische Prozesse wie Absorption, Paarbildung etc. ist ausserordentlich stark.

Am einfachsten zu verstehen ist die reine Absorption in der Luft nach dem Gesetz für monochromatische Strahlung (6), welches von Pierre Auger zur Untersuchung des Einflusses des Luftdruckes (Höhe) auf die Kosmische Strahlung angewendet wurde.

$$I(p) = I_0 \cdot \exp^{-\lambda p} \quad (6)$$

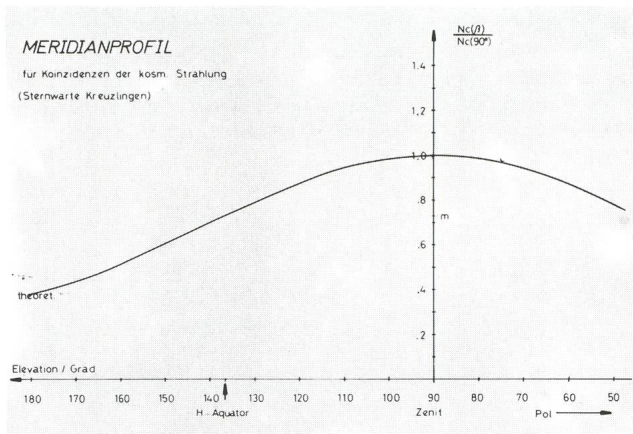
Im Zenit ist die Lufthülle vom Teleskop aus gesehen am dünnsten, am Horizont am dicksten. Der normierte Absorptionsfaktor bzw. Transmissionsgrad (m) als Verhältniszahl ergibt sich nach umständlicher, geometrischer Analyse zu:

$$m = \frac{TG(\text{Elevation})}{TG(\text{Zenit})} = \exp \left\{ \frac{he}{ho} - 1 \right\}, \quad (7)$$

$$ho = -r \cdot \sin(\beta) + \sqrt{[r \cdot \sin(\beta)]^2 + he \cdot (he + 2r)}$$

wobei β = Elevation des Teleskops.
 he = Luftschichthöhe, bei der der Luftdruck auf den e-ten Teil = 8 Km abgesunken ist.
 r = Erdradius = 6370 Km.

Das bedeutet nun, dass im Himmelsäquator beispielsweise die mittlere Koinzidenzrate etwa 72% und am Horizont etwa 40% der Rate im Zenit (100%) betragen müsste. Der Formalismus ist graphisch in Abbildung 1 wiedergegeben.



Abbl. 1: Berechneter und normierter Transmissionsgrad der Erdatmosphäre für Gammastrahlenkoinzidenzen. Wenn im Zenit 100 Events registriert werden, so reduzieren sie sich im Horizont auf 40. Das Diagramm gilt im Prinzip für alle Breitengrade. Für unseren 47. Breitengrad hat der Transmissionsgrad zufälligerweise seinen Mittelwert im Himmelsäquator.

ALLGEMEINE PARAMETER GAMMASTRAHLENTELESKOP

ZYKLUS-NUMMER	DATUMS-BEREICH	ANZAHL TAGE	DEKLINATION TELESKOP	TRANSMISSIONSGRAD DER ATMOSPHERE
1	10.09.83-27.09.83	17.15	+ 2.0	0.74
2	27.09.83-14.10.83	17.00	- 4.0	0.69
3	14.10.83-31.10.83	16.57	-10.0	0.63
4	31.10.83-16.11.83	16.00	-15.0	0.58
5	16.11.83-01.12.83	15.05	-19.0	0.53
6	01.12.83-15.12.83	14.00	-22.0	0.49
7	15.12.83-31.12.83	15.65	-23.0	0.49
8	31.12.83-17.01.84	17.08	-20.0	0.52
9	17.01.84-03.02.84	16.00	-18.0	0.56
10	03.02.84-20.02.84	16.90	-14.0	0.60
11	20.02.84-11.03.84	17.61	- 7.0	0.66
12	11.03.84-23.03.84	12.95	+ 1.0	0.72
13	20.03.84-15.04.84	15.97	+ 7.0	0.79
14	15.04.84-01.05.84	16.10	+11.0	0.82
15	01.05.84-18.05.84	15.61	+16.0	0.85
16	18.05.84-04.06.84	17.61	+21.0	0.90
17	04.06.84-20.06.84	16.00	+23.0	0.91
18	20.06.84-06.07.84	16.67	+23.0	0.91
19	06.07.84-20.07.84	14.01	+21.0	0.90
20	20.07.84-06.08.84	15.93	+13.0	0.83
21	06.08.84-20.08.84	15.00	+14.0	0.85
22	20.08.84-06.09.84	15.62	+ 9.0	0.80
23	06.09.84-24.09.84	18.18	+ 3.0	0.75

PROGRAMM PRINT ALG-PAR
 FILE DA(T), DT(T), DE(T), TO(T)
 REFERENZ MONSTEIN 22.11.85

Abbl. 2: Datumsbereich, Zeitdauer, mittlere Deklination und berechneten Transmissionsgrad der Lufthülle für alle gemessenen Zyklen vom 10.9.83-24.9.84.

Messungen:

Die letzte grössere Mesreihe begann am 10. September 1983 und dauerte bis zum 24. September 1984. Sie war unterteilt in 23 Zyklen zu jeweils etwa 16 Tagen, wobei etwa alle 2-3 Wochen die Deklination nachjustiert, d.h. dem Sonnendurchgang angepasst wurde. Ein häufigeres nachjustieren war nicht erforderlich, solange die Deklination der Sonne den Öffnungswinkel ($\Omega = 6^\circ$) des Teleskops nicht verliess. Die exakten Zeiten mit den zugehörigen Deklinationen und den berechneten Transmissionsgraden der Lufthülle ist in Abbildung 2 wiedergegeben. Die während eines Zyklusses angefallenen Daten wurden als Punkte auf ein Polar-Diagramm geplottet, von Hand ausgezählt und einem COMMODORE-Rechner zur Speicherung und Weiterverarbeitung eingegeben. Eine Liste aller Messwerte ist in Abbildung 3 wiedergegeben.

ORIGINAL - MATRIX GAMMASTRAHLEN - KOINZIDENZEN PRO STUNDE UND ZYKLUS

MEZ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	ZYK-SUM	
1	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	96	
2	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	56	
3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	44	
4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	44	
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	96	
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	
7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	44	
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	
9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	44	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	
12	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	
13	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	
15	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	
17	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	
18	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	
19	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	
20	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	
21	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	
22	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	
SUM	57	72	58	48	63	58	59	54	70	64	65	59	70	55	58	49	58	45	48	64	60	53	61	65	882	

KOINZIDENZRATEN
 MINIMUM 0
 MAXIMUM 10
 MITTELWERT 2.54
 TOTALSUMME 1405

PROGRAMM PRINT OG-ARRAY
 FILE SS
 REFERENZ MONSTEIN 22.11.85

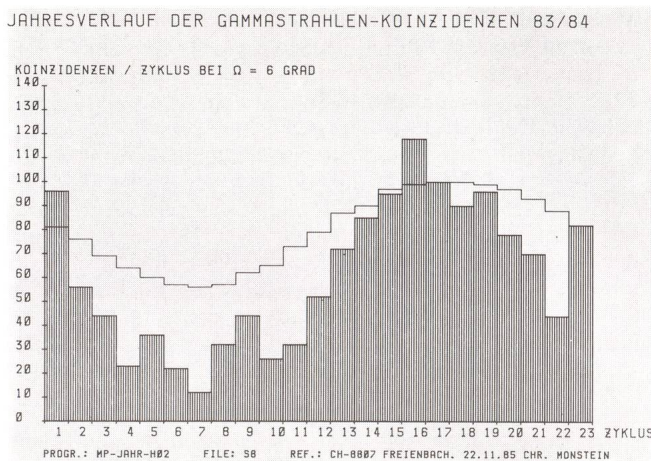
Abbl. 3: Liste aller Koinzidenzereignisse über der Zeit und Zyklusnummer. In dieser Beobachtungsreihe wurden insgesamt 1405 Koinzidenzen registriert mit einem Maximum von 10 im Höchststand der Sonne um 1000 MEZ.

Die Spalte mit den Zeilensummen (ZYK SUM) erscheint wieder als Graphik in Abbildung 4. Die Zeile mit den Spaltensummen (SUM) erscheint wieder als Graphik in Abbildung 5, sowie zeitvershoben in Abbildung 6.

Die erste Form der Auswertung bestand darin, die über ein Jahr erfassten Koinzidenzen als Diagramm mit der Zykluszeit als Abszisse und der Koinzidenzrate pro Zyklus als Ordinate darzustellen. Da bekannt ist wie sich die Deklination der Sonne innerhalb eines Jahres ändert, kann unmittelbar für jede Zykluszeit der Transmissionsgrad bzw. die relative Dämpfung der Atmosphäre angegeben werden. Daher kann das Diagramm in Abbildung 1 direkt in Abbildung 4 hineininterpretiert werden.

Die Transmissionskurve wurde auf das Maximum im 17. Zyklus, dem Höchststand der Sonne normiert.

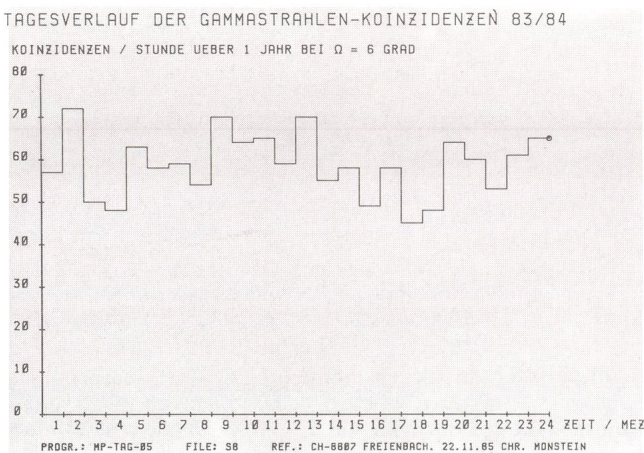
Wie man sieht, stimmen die Koinzidenzratenkurve und die Transmissionsgradkurve qualitativ recht gut überein, was zu zeigen war. Im Sonnenstandsminimum, im 7. Zyklus ist die tatsächlich gemessene Koinzidenzrate allerdings wesentlich



Abbl. 4: Zeilensumme der Datenmatrix aus Abbildung 3. Die schraffierten Balken sind die gemessenen Koinzidenzen über 1 Jahr, wobei 1 Zyklus im Schnitt 16 Tage dauert. Die durchgezogene Linie ist der auf des Maximum im 17. Zyklus normierte, berechnete Transmissionsgrad.

geringer, als es auf Grund der Dämpfung in der Lufthülle erwartet werden konnte. Dies deutet darauf hin, dass die realen Dämpfungsmechanismen stärker und somit auch komplexer sind, als es Gleichung (6) und (7) beschreiben.

Die zweite Form der Auswertung bestand darin, die Datenmatrix aus Abbildung 3 rechnerisch so zu behandeln (Spaltensumme), dass die Koinzidenzrate über der Zeit (MEZ) in Abbildung 5 dargestellt werden kann.

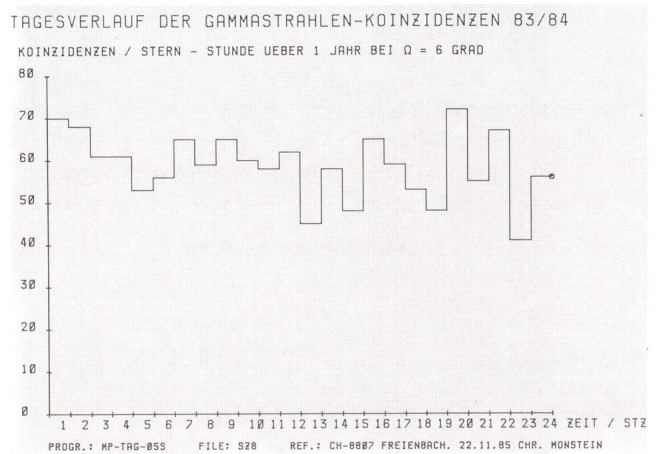


Abbl. 5: Spaltensumme der Datenmatrix in Normalzeit dargestellt. Die Sonne hat keinen messbaren Einfluss auf die Koinzidenzrate zwischen 1200- und 1300-Uhr MEZ.

Falls die Sonne irgendwelche Events erzeugt hätte, die die Lufthülle zu durchdringen vermochten, so müsste zwischen 1200- und 1300-Uhr MEZ ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen sein. Es ist zwar eine kleine Erhöhung sichtbar, sie bewegt sich jedoch in der Rausch- bzw. Streubandbreite des gesamten Diagramms. Also; die Sonne ist als Gammastrahlenquelle auf der Erde offensichtlich nicht nachzuweisen, was allerdings die Profis früher schon bewiesen hatten.

Die dritte und vorläufig letzte Form der Auswertung bestand darin, die Datenmatrix aus Abbildung 3 rechnerisch so zu transformieren, dass die Koinzidenzrate über der Sternzeit in

Abbildung 6 dargestellt werden konnte. Dies bedeutete eine Verschiebung aller Datenelemente um 3 min. 56, 56 sec pro Tag.



Abbl. 6: Spaltensumme der zeittransformierten Datenmatrix in Sternzeit dargestellt. Weder galaktische, noch extragalaktische Quellen scheinen auf der Erde registrierbar zu sein.

Falls ein galaktisches oder extragalaktisches Objekt als Quelle für Gammastrahlung auf der Erde «sichtbar» gewesen wäre, so hätte zur entsprechenden Sternzeit ein Anstieg der Koinzidenzrate verzeichnet werden müssen.

Einzig zwischen 1900- und 2000-Uhr Sternzeit war ein kleiner Anstieg zu verzeichnen, während der Rest des Diagramms mehr oder weniger gleichmässig verrauscht zu sein schien. Ob diese Spitze eine Quelle repräsentiert ist äusserst fraglich.

Fazit:

Die im ORION 165 Seite 82¹⁾ aufgeworfene Frage in Bezug auf Zufallstreffer oder diskrete Quellen kann immer noch nicht beantwortet werden. Das heisst, eine Beobachtung von Gammastrahlenquellen von der Erdoberfläche aus ist auch über grössere Zeiträume (Integration der Events) nicht möglich. Einzig die elevationsabhängige Dämpfung der Atmosphäre für Gammastrahlung konnte nachgewiesen werden, was meines Erachtens ein Beweis ist, dass sie Ursache für die Koinzidenzen auf der Erde extraterrestrischen Ursprungs sein muss.

Der Leser möge die in diesem Artikel physikalisch/mathematischen Unzulänglichkeiten verzeihen, denn der Verfasser ist auch nur Amateur und erhebt in diesem Gebiet kein Anspruch auf professionelle Qualitäten.

Das primäre Interesse gilt der Hardware, also Elektronik, Mechanik und Computerei.

Belehrungen, Erfahrungswerte oder Hinweise zu diesem Artikel werden gerne entgegengenommen.

Literaturnachweise:

- 1) ORION 165 Seiten 79-82, Karl Bosshard 1978
- 2) Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft Band 43/1979
- 3) Philips Data Handbook, Electron Tubes Part 6 Devices for Nuclear Equipment 1971
- 4) Der Sternhimmel 1983/1984, Wilhelmine Burgat, Verlag Sauerländer Aarau.

Adresse des Verfassers:

CHRISTIAN MONSTEIN, Wiesenstrasse 13, CH-8807 Freienbach