

Das Gammastrahlenteleskop

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **43 (1979)**

PDF erstellt am: **11.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-593891>

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.

Das Gammastrahlenteleskop

Christian Monstein

Inhalt

Vorbemerkungen	Seite 39
Einführung	Seite 39
Realisierung einer Richtwirkung	Seite 39
Prinzipschaltbild der gesamten Anlage	Seite 40
Erwartungswert der kosmischen Strahlung	Seite 41
Montierung und Abtastung	Seite 42
Auswertung der Messreihen	Seite 42

Vorbemerkungen

Die auf den folgenden Seiten kurz beschriebene Anlage ist wesentlicher Bestandteil meiner Graduierungsarbeit an der Fachhochschule Konstanz, Fachbereich Elektrische Nachrichtentechnik.

Die Arbeit selbst kam unter verdankenswerter Mitarbeit der Sternwarte Kreuzlingen (Astronomische Vereinigung) und des Rechenzentrums der Fachhochschule zustande.

Der schriftliche Beitrag stellt eine konzentrierte Zusammenfassung meines Referates dar, welches am 10. Februar 1978 an der Generalversammlung der Astronomischen Vereinigung im «St.Gallerhof», Kreuzlingen, vorgetragen wurde.

Es scheint mir unmöglich, auf den wenigen Seiten das Strahlenteleskop ausführlich und umfassend darzustellen. Der Beitrag ist daher nur als grober Überblick aufzufassen, denn die Originalarbeit umfasst mehr als 110 DIN-A4-Seiten.

Einführung

Die erstaunliche Erweiterung des Wissens, welche dem Menschen durch die Wissenschaft gegeben wurde, entspricht praktisch der Erweiterung durch eine Reihe neuer Sinne. Unsere Sinnesorgane haben eigentlich nur einen sehr engen Empfangsbereich, so dass uns eine Anzahl verschiedenartigster Erscheinungen gar nicht bewusst wird, weil wir die entsprechenden Sinnesorgane nicht besitzen. Wir sind daher blind für Ultraschall, elektromagnetische Wellen, infrarotes und ultraviolettes Licht und Gammastrahlung, um nur einige zu nennen. Gerade in der Astronomie wäre es meines Erachtens äusserst interessant, den bisher untersuchten optischen Bereich durch den wesentlich kurzwelligeren der hochenergetischen Gammastrahlung beziehungsweise kosmischen Strahlung zu erweitern.

Dies wird in der professionellen Astronomie seit etlichen Jahrzehnten in Form der Röntgenastronomie bei Ballon- und Satellitenexperimenten mit Erfolg betrieben. Bis heute sind mehr als 200 kosmische Röntgenquellen bekannt, wobei aber die erste Gammastrahlenquelle erst im Jahre 1969 gemeinsam von amerikanischen und australischen Wissenschaftlern bei einem Satellitenexperiment entdeckt wurde.

Die Idee für ein sogenanntes Gammastrahlenteleskop besteht darin, dass man zwei oder auch mehrere Strahlennachweisgeräte, wie zum Beispiel Geiger-Müller-Zählröhren, in geeigneter Weise so zusammenschaltet, dass mit der entsprechenden Elektronik und Mechanik der gesamte Himmel innerhalb nützlicher Zeit abgetastet werden kann (siehe Abbildung 1).

Realisierung einer Richtwirkung

Die durch den Einschlag kosmischer Teilchen verursachten elektrischen Signale der beiden Strahlungsempfänger A und B gelangen über zwei Koaxialkabel auf die Koinzidenzstufe. Das Schaltzeichen dieser Stufe besteht aus einem leeren Halbkreis, dem Symbol für ein sogenanntes UND-Gatter. Ein UND-Gatter hat die Eigenschaft, dann und nur dann, wenn beide Eingänge (A und B) gleichzeitig ein Signal führen, am Ausgang einen positiven elektrischen Impuls ent-

GAMMASTRAHLEN - TELESKOP

PRINZIP

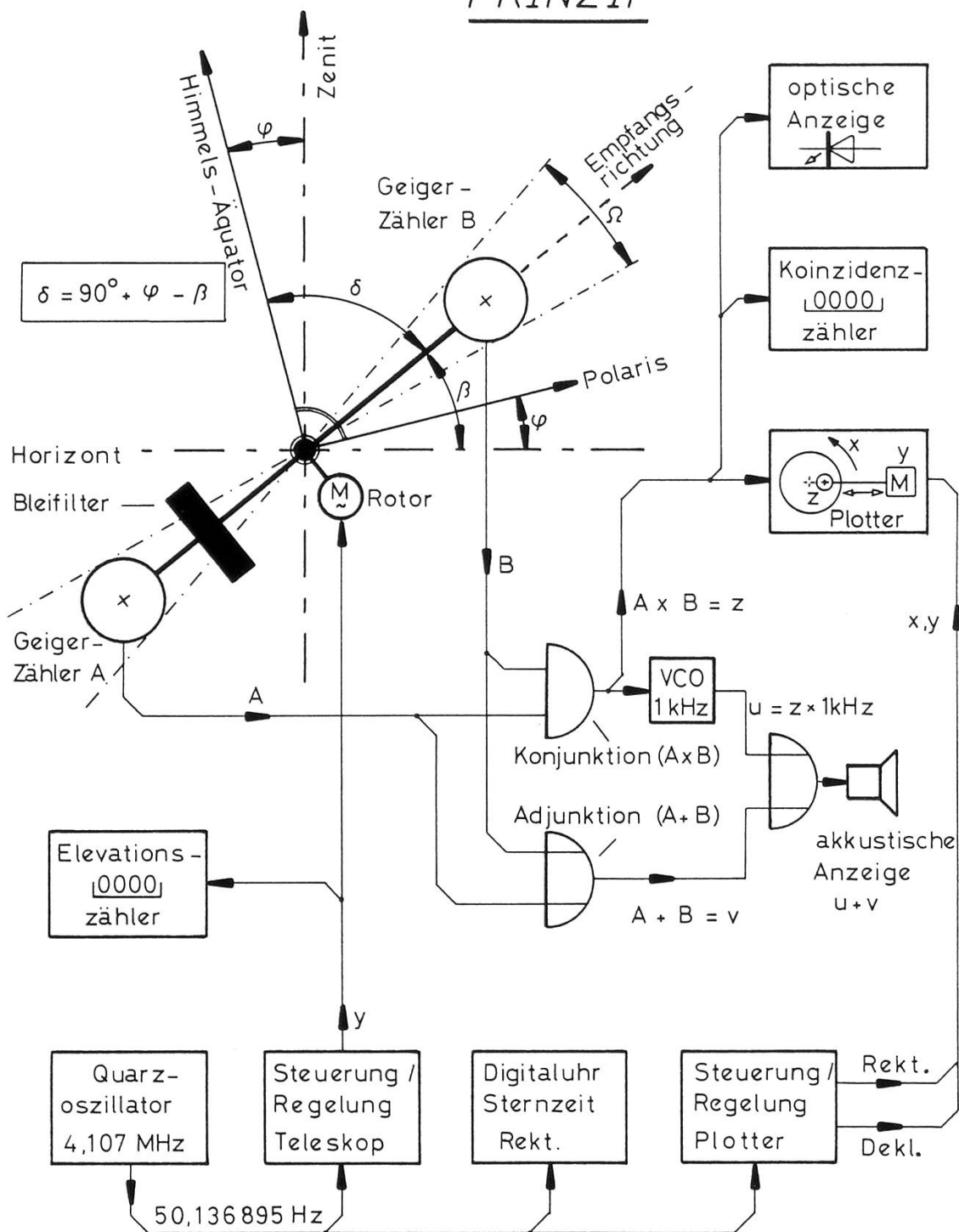


Abbildung 1: Gammastrahlenteleskop, Prinzipschaltung.

stehen zu lassen. In den Fällen, wo nur einer oder keiner der beiden Empfänger ein Signal liefert, bleibt der Ausgang (z) auf Null, das heisst, es wird kein Ausgangssignal erzeugt. Diese Koinzidenzschaltung liefert also nichts anderes als das logische Produkt der Signale A und B, welches unmittelbar dem Koinzidenzzähler, der optischen Anzeige und dem Plotter (Zeichengerät, Abb. 2) zugeführt wird. Durch die Anwendung dieser Koinzidenzschaltung entsteht

eine Richtwirkung mit dem charakteristischen Öffnungswinkel Ω . Nur frontale Treffer innerhalb des Winkels Ω sind somit in der Lage, den Plotter zu aktivieren. Gleichzeitig wird der erzeugte Koinzidenzimpuls einem spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) zugeführt, welcher frontale Treffer als Pfeifton hörbar macht. Die beiden Empfängersignale werden zudem in einer weiteren logischen Schaltung (ODER-Gatter) addiert und als Knacktöne hörbar gemacht. Solche Knacktöne werden durch seitliche Treffer und durch die natürliche Radioaktivität der näheren Umgebung verursacht. Mit einem Bleifilter zwischen den Strahlungsempfängern kann dafür gesorgt werden, dass die niederenergetische, terrestrische Grundstrahlung weitgehend ausgefiltert und absorbiert wird.

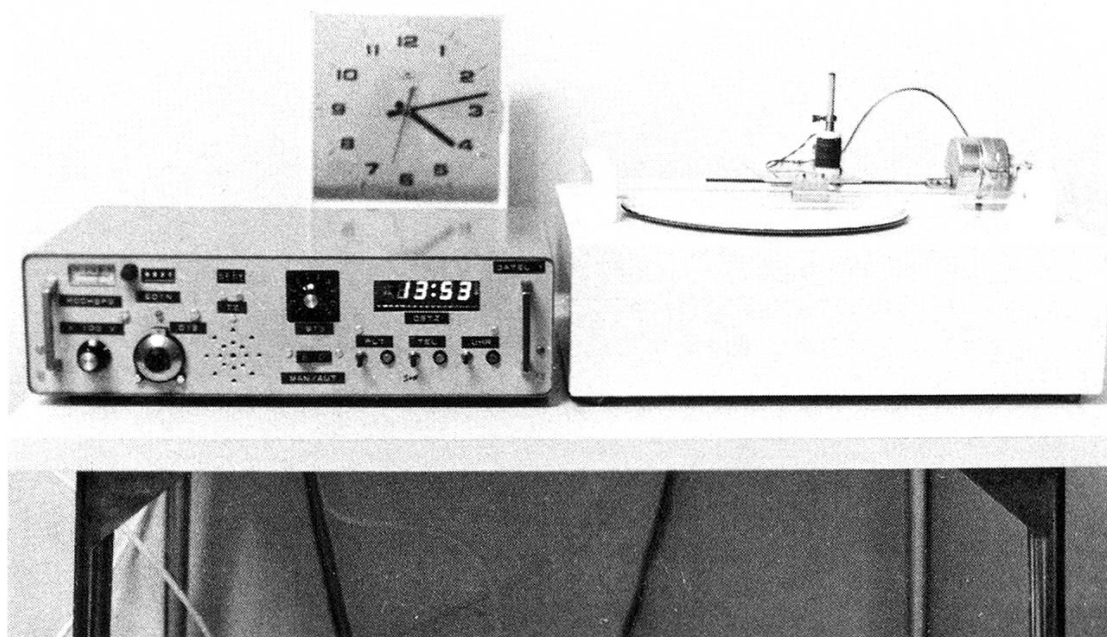


Abbildung 2: Elektronik (links) und Aufzeichnungsgerät (rechts). In der Mitte: Ortszeit.

Erwartungswert der kosmischen Strahlung

Für die Projektierung des gesamten Teleskops und die Wahl der Abtastgeschwindigkeiten im besonderen war es unerlässlich, einen ungefähren Anhaltswert der extraterrestrischen Koinzidenzrate zu bestimmen.

Als Basiswerte für die zum Teil sehr umfangreichen und komplizierten Berechnungen dienen alle möglichen geometrischen Teleskopparameter, die geographischen Daten und der mittels Geiger-Zähler gemessene Nulleffekt des Standortes (Sternwarte). Der Erwartungswert setzt sich im wesentlichen aus sechs Faktoren zusammen. Dazu gehören:

- | | |
|---|--------------------|
| 1. Der gemessene Nulleffekt der Gammastrahlung: | \bar{N}_0 |
| 2. Der sichtbare Himmelsausschnitt vom südlichen zum nördlichen Horizont: | $f_1(\psi)$ |
| 3. Der mittlere Öffnungswinkel des Strahlenteleskops: | $f_2(H, D, L)$ |
| 4. Der Erdradius, die mittlere Dicke der Lufthülle, sowie der Elevationswinkel des Teleskops: | $f_3(r, h, \beta)$ |

5. Zusätzliche Blei- oder andere Metallfilter: $f_4(\mu, x)$
 6. Mittlerer und aktueller Luftdruck: $f_5(\bar{p}, p)$

Die explizite Berechnung des Erwartungswertes möchte ich aus verschiedenen Gründen an dieser Stelle nicht durchführen, statt dessen gleich das Endergebnis anschreiben. Das mathematische Denken des Lesers soll hier ja nicht unnötig strapaziert werden.

Erwartungswert (näherungsweise):

$$N_c = \bar{N}_0 \cdot \frac{\left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{H+D}{2L}\right)^2}} \right] \cdot \exp \left[\frac{h}{-r \cdot \sin(\beta) + \sqrt{(r \cdot \sin(\beta))^2 + h(h+2r)}} - \left(\mu \cdot x + \frac{p}{P} \right) \right]}{1 - \cos(\psi/2)} + N_c$$

Die Richtigkeit obiger Formel kann mit den, trotz allem, bescheidenen Physik- und Mathematikkenntnissen nicht bewiesen werden; die Übereinstimmung mit den bisher gemessenen Werten ist jedoch erstaunlich.

Montierung und Abtastung

Es hat sich nach verschiedenen Überlegungen und Versuchen gezeigt, dass es am einfachsten und billigsten ist, wenn man das Strahlenteleskop als Meridianinstrument mit azimuthaler Montierung aufbaut (Horizontalsystem).

Der Himmelsabtastung wird somit ein Polarkoordinatensystem zugrunde gelegt, wobei der Polarstern etwa das Zentrum dieses gewählten Koordinatensystems darstellt. Die Rotation um den zentralen Punkt besorgt dabei die Erde selbst mit der konstanten Umdrehungszeit von 23 h 56' und 4,091".

Das Teleskop (Abbildung 3) braucht somit nur noch die radiale Bewegung vom Zentrum nach aussen im Polarkoordinatensystem und in Wirklichkeit von Norden über den Zenit nach Süden in der Meridianlinie auszuführen (oder auch umgekehrt). Das hier gewählte Verfahren ist zwar mechanisch relativ leicht ausführbar, hat aber den Nachteil einer sehr langen Messzeit für jede einzelne Messreihe. Die Messzeit für eine Messreihe bei 6° Öffnungswinkel, 170 ° sichtbarem Horizont dauert in unserer geographischen Breite ziemlich genau 20 Tage. Wollte man den Öffnungswinkel beispielsweise auf 20 Minuten (0.3°) verkleinern, was technisch durchaus möglich ist, dann würde eine Messung etwa ein Jahr dauern, was natürlich unrealistisch und daher auch undurchführbar ist. Man begnügt sich daher mit einem Kompromiss-Öffnungswinkel von 6°, führt aber sehr viele Messreihen durch, um anschliessend mit Hilfe eines Computers und geeigneter mathematischer Verfahren die Daten zu verbessern und auch auszuwerten.

Auswertung der Messreihen

Die Auswertung der vom Plotter gelieferten Messprotokolle (vergleiche Abbildung 4) erfolgt ausnahmslos am sehr gut eingerichteten Rechenzentrum der Fachhochschule Konstanz.

Sämtliche 960 Datenpunkte jeder Messreihe werden in etwas mühsamer, zeitraubender Handarbeit auf Lochkarten gestanzt und dem Rechner eingegeben. Die Daten liegen dann als dreidimensionale Felder im Kernspeicher, wo mittelst

eines speziellen Programms alle Datenblöcke in ein anderes Koordinatensystem transformiert werden.

Nachdem auch noch die winkelabhängige Absorption in der Lufthülle eingerechnet ist, werden die Daten gedruckt und auf einem X-Y-Plotter als quasi-drei-dimensionale Zeichnung (Abbildung 5) ausgegeben.

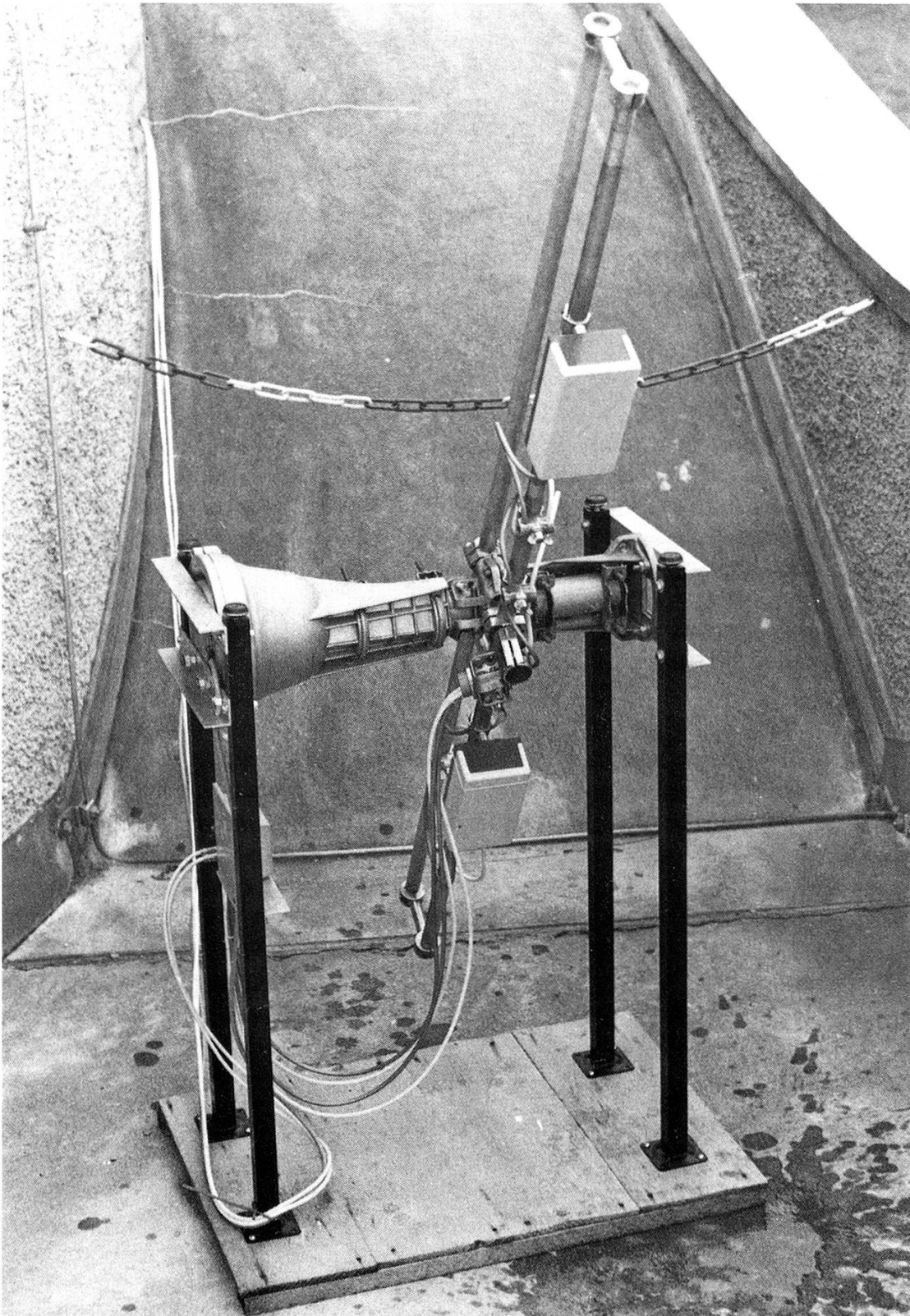


Abbildung 3: Strahlenteleskop (ohne Schutzhüllen) auf der Terrasse der Sternwarte.

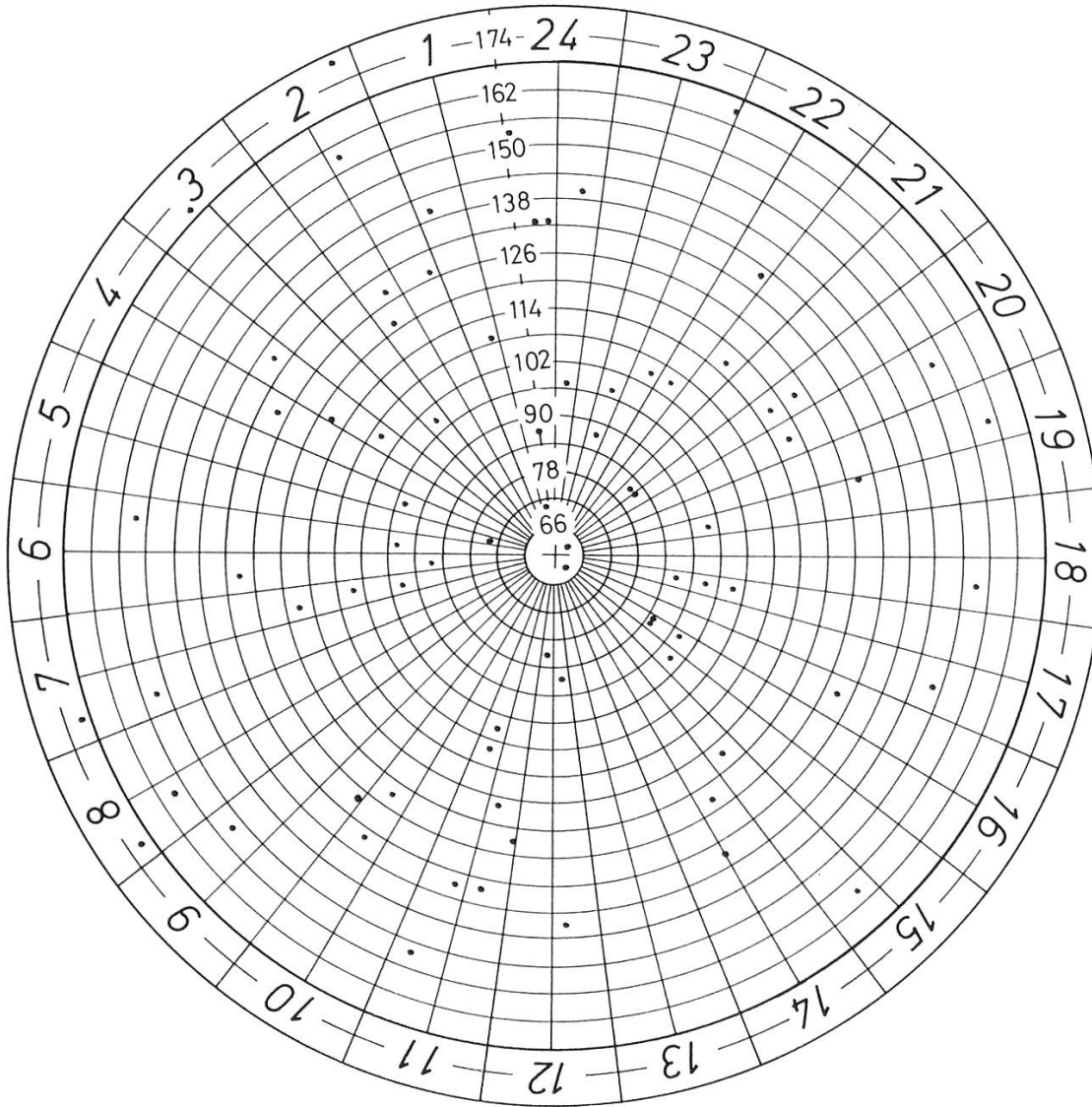


Abbildung 4: Punktdiagramm der Messreihe vom Januar 1978 (nicht massstabgetreu)

Deklination = $90^\circ - k \cdot r$ (k = Diagrammkonstante in $^\circ/\text{mm}$, r = Radius in mm)

Elevation = $42^\circ 60' + \text{Deklination}$ (wie beschriftet)

Im Zentrum der Scheibe denke man sich den nördlichen Himmelspol (Polaris).

Der äussere Rand der Scheibe entspricht dem südlichen Horizont (Elevation = 180°).

Die X-Koordinate in Abbildung 5 entspricht exakt der Rektaszension im Meridian der Sternwarte und die Y-Koordinate der Elevation gezählt vom südlichen Horizont (180°) bis in die Nähe des Polarsterns (47°). Die Höhe der einzelnen Berge (Z-Koordinate) gibt Auskunft über die Anzahl der Koinzidenzen pro Winkeleinheit. Je höher ein Berg ist, desto intensiver ist die Strahlungsquelle, welche die astronomischen Koordinaten Rektaszension und Deklination angeben. Dadurch, dass man mehrere Messreihen zusammenfasst und ausmittelt, erreicht man, dass das Koinzidenzgebirge der kosmischen Strahlungsquellen etwas weniger bizarr aussieht, als es sich hier in Abbildung 5 zeigt. Da aber vorerst nur vier Messreihen berücksichtigt werden konnten, spielen Zufallstreffer eine nicht zu unterschätzende Rolle, was das Ergebnis etwas in Frage stellt.

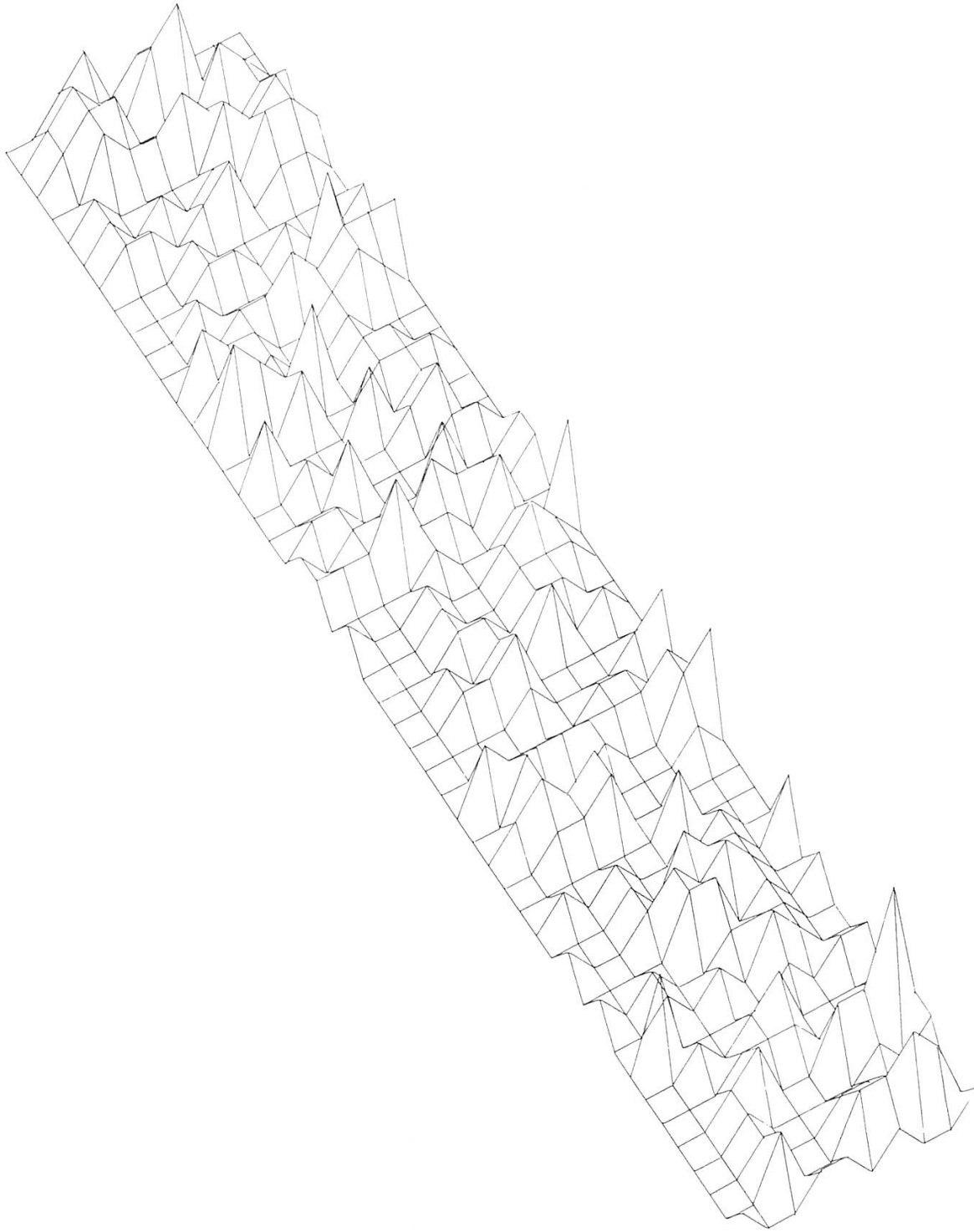


Abbildung 5: Koinzidenzgebirge der extraterrestrischen Gammastrahlung.

Elevation = *Deklination* + 42° 60'

Rektaszension = 0 h ... 24 h

Gebirgshöhe = *Summe aller Koinzidenzen pro Winkeleinheit*

Bereits scheinen sich jedoch Zentren herauszukristallisieren, wo die Anzahl der Koinzidenzen grösser ist als in der unmittelbaren Umgebung. Nach Berücksichtigung weiterer Messreihen wird sich zeigen, ob es tatsächlich, wie erwartet, einzelne Gebiete mit stärkeren Quellen gibt oder ob schlechtestenfalls die Koinzidenzgebirge ausgegletet werden und das Relief verschwindet.

Adresse des Autors:
Christian Monstein, Luggenacker 4, 8596 Scherzingen