Die Milchstrasse im Licht von Gammasternen: der Europäische Forschungssatellit Cos-B liefert erste Himmelskarte der Gammastrahlung unserer Galaxie

Autor(en): **Hintsches, Eugen**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **96 (1978)**

Heft 39

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-73753

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

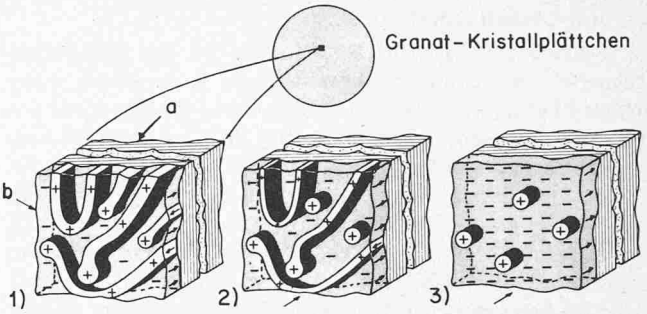
Dies ist wichtig, da Grösse und magnetische Eigenschaften der gebildeten Blase direkt mit der Dicke des magnetischen Films zusammenhängen. Der Durchmesser der Blase sollte etwa gleich gross wie ihre Höhe sein; andernfalls ist sie nicht stabil. Blasen mit einem Durchmesser unter einem Mikron erfordern Filme mit einer Dicke kleiner als ein Mikron. Giess und Kobliska erforschten die *12 möglichen Kombinationen,* die sich durch Arbeiten mit zwei Arten von Filmen, drei Substraten und zwei Orientierungen (Winkelrichtungen im atomaren Gitter) ergeben.

Eine der Orientierungsebenen wird «111» genannt und wird in der Industrie heute stark verwendet, da derart ausgebildete Kristalle leicht herstellbar sind und daraus Filme mit guten, magnetischen Eigenschaften erzeugt werden können. Die andere Orientierungsebene wird «100» genannt; bei dieser ist die Anordnung der Atome an der Oberfläche des Granatsubstrates etwas von der in der Orientierung «111» verschieden.

Die zwei von den genannten Wissenschaftlern untersuchten *Filmtypen* waren: Einer, der *Europium, Lutetium, Eisen* und *Sauerstoff* enthält und ein anderer, bei dem das Europium durch *Samarium* ersetzt wurde.

Trägerfilme mit Samarium

Bei den *Substraten* war eines der heute am häufigsten verwendeten das *Gadolinium-Gallium-Granatsubstrat* (GGG), und ein weiteres, bei dem *Neodym* (NGG) und *Samarium* (SGG) verwendet wurde. Giess und Kobliska fanden, dass bei der Verwendung von *Trägerfilmen mit Samarium die kleinsten Blasen* hergestellt werden konnten, dass es aber, im Vergleich zu Filmen auf der Basis von Europium, schwieriger war, die Blasen zu bewegen. Somit kann ein Konstrukteur eines Magnetblasenspeichers sich für Blasen von 0,6 Mikron mit einer grösseren Mobilität im Verhältnis zu Blasen mit 0,4 Mikron entscheiden, die sich träge durch den Film bewegen. Viel hängt vom Zweck der Vorrichtung ab. «Die Untersuchungen sollten eine zuverlässige Analyse der zutreffenden Kompromisse ermöglichen», sagt Giess.



Magnetische «Blasen», erzeugt in dünnem Granatfilm: Wissenschaftler der IBM-Forschungsgruppe konnten experimentell «Magnetblasen» erzeugen, die achtmal kleiner als die derzeit im Handel für das Speichern von Daten erhältlich sind. Im Bild wird dargestellt, wie die Blasen in einem Kristall-Granatplättchen durch Anlegen eines äusseren Magnetfeldes gebildet werden. Das Kristallplättchen ist sandwichartig aufgebaut: es besteht aus einem sehr dünnen magnetischen Granatfilm, der auf einem nichtmagnetischen Substrat gewachsen ist. Wird kein äusseres Magnetfeld angelegt (1), so treten im magnetischen Film Zonen auf, die in der einen oder anderen Richtung magnetisiert sein können (dargestellt durch Plus- und Minuszeichen). Wird ein äusseres Feld angelegt (2), so dehnen sich die magnetischen Zonen, die die gleiche Richtung wie das äussere Magnetfeld haben, aus, wogegen die entgegengesetzt magnetisierten Zonen schrumpfen, bis sie letztlich richtige kleine Kreiszylinder bilden (3). Von oben gesehen, sehen diese Zonen kreisförmig aus, und sie werden als Magnetblasen bezeichnet

a: Nichtmagnetisches Substrat b: Dünner magnetischer Film

(aus IBM-Bulletin, Nr. 109, 1978)

Die Milchstrasse im Licht von Gammasternen

Der Europäische Forschungssatellit Cos-B liefert erste Himmelskarte der Gammastrahlung unserer Galaxie

Ein neues Fenster zur Erforschung des Weltraums haben Astrophysiker aufgestossen: Zum ersten Mal führte *Hans Mayer-Hasselwander* vom *Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik* in *Garching,* kürzlich in München eine Himmelskarte vor, die unsere Milchstrasse im «Licht» energiereicher Gammastrahlen zeigt. Die Astronomie mit Gammastrahlen hat damit den Stand der Radioastronomie Anfang der sechziger Jahre erreicht.

Die Daten für diesen neuen Himmelsatlas lieferte der *europäische Forschungssatellit Cos-B.* «Er hat der Gammastrahlen-Astronomie endgültig zum Durchbruch verholfen», betont Mayer-Hasselwander. «Nach zehnjähriger Vorbereitungszeit war es im August 1975 mit dem Start von Cos-B soweit, wissenschaftliche Beobachtungen mit dem derzeit einzigen Gammateleskop im Weltraum zu beginnen.» Cos-B entdeckte bisher unter anderem *15 punktförmige Gammastrahlen-Quellen* im All. Mindestens vier dieser Gammasterne sind *Pulsare.* Die Natur der anderen Quellen ist noch völlig ungeklärt. Trotz der ungewöhnlichen Erfolge erscheint die Cos-B-Mission gefährdet. Obwohl der Satellit weiterhin einwandfrei arbeitet, soll er Ende dieses Jahres abgeschaltet werden.

Mit den Gammastrahlen haben die Astrophysiker für ihre Beobachtungen den *extrem kurzwelligen Teil der elektromagnetischen Strahlung* erschlossen: Sie erstreckt sich insgesamt von *langwelligen Radiosignalen über das infrarote, sichtbare und ultraviolette Licht bis zu den kurzwelligen Röntgen- und Gammastrahlen.* Die *Photonen* der mit Cos-B gemessenen Gammastrahlung haben im Vergleich zum sichtbaren Licht eine mehr als 50000fache Energie. Bei diesen hohen Energien herrscht der «Teilchencharakter» der Strahlung vor. Statt von einer «Strahlung bei einer bestimmten Wellenlänge» sprechen die Wissenschaftler dann lieber von «Strahlungsquanten bestimmter Energie». Die Erzeugungsprozesse der Gammastrahlung sind grundlegend verschieden von denen, die zur Emission von sichtbarem Licht führen. Während das Licht der Sonne und der Sterne von glühenden Gasen mit Temperaturen um 6000 Grad ausgesandt wird, entsteht die Gammastrahlung bei der Zertrümmerung von Atomkernen des interstellaren Gases durch energiereiche Elementarteilchen. Solche energiereichen Elementarteilchen erfüllen als «kosmische Strahlung» vermutlich unsere gesamte Galaxie («Milchstrasse»). Ferner erwartet man Erzeugung von Gammastrahlung in der nächsten Umgebung von Pulsaren und anderen Quellen der kosmischen Strahlung.

Seit dem Urknall unterwegs

Da sich die Gammastrahlung ungestört von kosmischen Magnetfeldern geradlinig ausbreitet und kaum durch interstellare Materie absorbiert («verschluckt») wird, erreicht uns Strahlung aus dem Zentrum unseres Milchstrassen-Systems ebenso wie Strahlung, die aus den entferntesten Regionen des Universums stammt und Jahrmilliarden zu uns unterwegs war. *Klaus Pinkau,* Direktor am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik: «Die Beobachtung der kosmischen Gammastrahlung liefert deshalb einen völlig neuen Einblick in die hochenergetischen Prozesse, die gegenwärtig in unserer Milchstrasse stattfinden und seit dem ‹Urknall› im Universum abgelaufen sind.»

Weil die Erde durch ihre Lufthülle weitgehend gegen energiereiche Strahlung aus dem All abgeschirmt wird, sind solche Messungen nur im Weltraum mit Hilfe von künstlichen Satelliten möglich. Die Cos-B-Mission wird als europäisches Gemeinschaftsprojekt von der europäischen Weltraumorganisation ESA durchgeführt. Die als Experiment bezeichnete Messeinrichtung des Cos-B-Satelliten wurde von sechs Forschungsinstituten in *Frankreich, Holland, Italien* und der *Bundesrepublik* entwickelt und gebaut.

Technische Pionierleistung

Kernstück des ungefähr 300 Kilogramm schweren europäischen künstlichen Monds ist eine *Drahtfunkenkammer mit Magnetkernspeichern.* Das Messgerät gilt als technische Pionierleistung. Es wurde von Hans Mayer-Hasselwander und *Elmar Pfeffermann* vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, Garching/München, in Zusammenarbeit mit den Firmen Siemens und MBB entwickelt. Die Aufgabe der Funkenkammer ist es, die Gammaquanten zu identifizieren und ihre Häufigkeit, Energie und Einfallsrichtung mit bisher unerreichter Genauigkeit zu bestimmen. Das Gammateleskop von Cos-B nutzt mit dem «Paarbildungs-Effekt» die Tatsache aus, dass energiereiche Strahlung speziell im untersuchten Energiebereich in der Lage ist, sich beim Aufprall auf Materie in zwei elektrisch geladene Teilchen, ein Elektron-Positron-Paar, umzuwandeln. Bei Cos-B geschieht dies in sogenannten «Konversionsblechen» aus Wolfram-Metall. Das hier entstehende geladene Teilchenpaar macht also das elektrisch neutrale Gammaquant messbar.

Hochspannungsfunke schlägt über

Die beiden Teilchen durchdringen dann bei ihrem Flug durch die Drahtfunkenkammer des Cos-B eine Reihe von Registrierebenen. Sie bestehen aus parallel aufgespannten, feinen Drähten. Längs ihrer Flugbahn ionisieren die beiden Teilchen das Gas in der Kammer. Nach Durchgang des Elektron-Positron-Paars wird an jeweils zwei benachbarte Gitterebenen ein Hochspannungsimpuls angelegt: Er führt Funkenüberschläge entlang der von den Teilchen hinterlassenen Ionenspur herbei. Der über einzelne Drähte abfliessende Funkenstrom ändert schliesslich den Magnetisierungszustand kleiner Speichermagnetkerne, die am Ende eines jeden Drahtes sitzen. Aus den Positionen der so umgeschalteten Magnetkerne kann man die Flugbahn der beiden Teilchen rekonstruieren und damit die Einfallsrichtung der Gammastrahlen errechnen.

Das aus dem Gammaquant entstandene Teilchenpaar dringt dann in einen 20 Zentimeter dicken Kristallblock aus Cäsium-Jodid ein und bleibt dort stecken. Beim Abbremsen entsteht ein Lichtblitz. Er leuchtet um so intensiver, je grösser die Energie der einfallenden Teilchen ist und wird deshalb zur Bestimmung der Energie der Gammaquanten verwendet.

Ein *Detektor für Röntgenstrahlen* an Bord von Cos-B misst zusätzlich, ob gleichzeitig mit der Gammastrahlung auch Röntgenstrahlung eintrifft. Eine genau gehende Uhr bestimmt ausserdem die Ankunftszeit eines jeden Gammaquants auf eine viertel Millisekunde genau in der «Universal-Zeit-Skala». Dies ist für die Analyse der periodischen, von Pulsaren ausgesandten Strahlung notwendig. Die von der Cos-B-Funkenkammer registrierten Gammaereignisse werden direkt zur Bodenstation übertragen, aufbereitet und mit einem im Garchinger Max-Planck-Institut speziell entwickelten Bildauswerte-Programm per Computer analysiert.

Brillantes Band der Galaxie

Ausser technischem Geschick für den eindeutigen Nachweis von Gammaquanten brauchen die Wissenschaftler viel Geduld: Der Fluss der kosmischen Gammastrahlung ist nämlich nur sehr schwach. Zudem müssen die Gammaquanten aus der im Weltraum 100000mal häufigeren galaktischen Teilchen-Strahlung – hauptsächlich hochenergetische Protonen – herausgefiltert werden. Wenn Cos-B auf die stärkste, räumlich ausgedehnte Gammaquelle am Himmel, das Zentrum der Milchstrasse, «schaut», registriert er ungefähr 5000 Gammaquanten in einem Monat. In der selben Zeit liefert die stärkste bisher bekannte Punktquelle für Gammastrahlung, der Pulsar Vela, etwa 1500 Nachweise. Energieschwächere Röntgenquanten sind etwa 1000mal häufiger. «Deshalb werden unsere Ergebnisse um so besser, je länger wir eine Gammaquelle beobachten können», meint Mayer-Hasselwander. Mittlerweile hat Cos-B seit seinem Start am 9. August 1975 ungefähr 100000 Gammaquanten gemessen, etwa ein Drittel der Daten sind bisher ausgewertet. Ein wichtiges Ergebnis: «Im Licht der Gammaquanten leuchtet brillant das Band der galaktischen Scheibe. In ihr sitzen lokalisiert Quellen, die nur teilweise aus anderen Bereichen elektromagnetischer Strahlung bekannt waren.»

Vermutlich müssen die Wissenschaftler eine Vorstellung aufgeben: Bisher waren sie der Meinung, die Gammastrahlung sei hauptsächlich beim Zusammenstoss der kosmischen Strahlung mit interstellarer Materie in einem grossräumigen Prozess entstanden, und fülle so als diffus verteilte Hintergrundstrahlung unsere Milchstrasse einigermassen gleichmässig. Nach den bisherigen Ergebnissen aus den Cos-B-Messungen sind es jedoch vor allem auch viele punktförmige Quellen, die offenbar einen grossen Anteil der kosmischen Gammastrahlung in unserer Milchstrasse erzeugen. Wahrscheinlich entsteht auch durch die Überlagerung der von einzelnen Punktquellen ausgehenden Gammastrahlung der Eindruck einer diffusen Streustrahlung.

Blitze in Zeitlupe

Um so interessanter sind die Gammasterne geworden, denen Cos-B auf die Spur gekommen ist. Schon der amerikanische Satellit *SAS-2* hatte festgestellt, dass zumindest zwei der genau vor zehn Jahren im All entdeckten Radioblinkfeuer, die *Pulsare Crab und Vela,* auch kurze Gammablitze aussenden. Der «Small Astronomy Satellite» (SAS) der Amerikaner war allerdings nur vom 5. November 1972 bis 8. Juni 1973 in Betrieb. Der wesentlich länger und genauer messende Cos-B-Satellit fand jetzt neue, aussergewöhnliche Einzelheiten: Crab, der schnellste bekannte Pulsar, sendet alle 33 Tausendstelsekunde (Millisekunde, msec) zwei Blitze aus, die gleichzeitig im Radio-, Infrarot-, sichtbaren, Röntgen- und Gammabereich leuchten. Die Messeinrichtung von Cos-B erlaubte es erstmals, die Röntgen- und Gammablitze in «Zeitlupe» anzusehen, das heisst, in Abschnitte von jeweils 0,5 msec Dauer einzuteilen. Da sie von der Cos-B-Uhr mit einem Zeitsignal markiert wurden, kann man sie auch

mit den von der Erde aus gemessenen Licht- und Radiopulsen vergleichen. *Rosolino Buccheri,* ein am Garchinger Institut arbeitender Gastwissenschaftler aus Palermo: «Die Pulsprofile verlaufen phasengleich und sehen sich sehr ähnlich.»

Anders bei Vela, dem drittschnellsten Pulsar: Ebenso wie bei Crab befindet er sich in einem Sternennebel, der nach einer Supernova-Explosion übrig geblieben ist. Vela sendet alle 89 Millisekunden Blitze aus. Doch ihr Profil ähnelt sich nur – wie die Cos-B-Messungen jetzt zeigen – in unterschiedlichen Energiebereichen der Gammastrahlung. Die extrem kurzen Radiopulse laufen ebenso ausser Phase, werden also zu einer anderen Zeit abgestrahlt, wie die erst vor kurzem entdeckten optischen Lichtblitze. Im Röntgenbereich hingegen konnte allen Anstrengungen zum Trotz bisher überhaupt kein Signal des Vela-Pulsars gefunden werden. «Diese überraschenden Beobachtungen zu erklären, bereitet den Theoretikern derzeit erhebliches Kopfzerbrechen», stellt Pinkau fest.

Aktive Sternleichen

Nach den bisherigen Erkenntnissen gelten Pulsare als die Leichen ausgebrannter Sterne – die freilich noch erstaunlich aktiv sind: Wenn ein massereicher Stern seinen Kernbrennstoff verbraucht hat, schrumpft er nach einer riesigen Supernova-Explosion zu einem extrem dicht gepackten, rasend rotierenden Gebilde von nur noch wenigen Kilometern Durchmesser zusammen: Ein einziger Kubikzentimeter dieser ausgeglühten Sternasche – ein Neutronenstern – würde auf der Erde 100 Millionen Tonnen wiegen.

Je jünger solche Kompaktsterne sind – so die vorherrschende Meinung –, desto schneller rotieren sie. Dabei verlieren sie jedoch ständig Energie, die sie zum Teil in Form von Strahlungsblitzen aussenden – und werden dadurch allmählich langsamer. Weil die Pulsare mit etwa 20 Kilometern Durchmesser nur sehr klein sind, finden die Strahlungsprozesse auf engstem Raum von vermutlich nur wenigen Quadratkilometern Fläche statt. Die dabei umgesetzten Energiemengen sind jedoch so gewaltig, dass sie über Tausende von Lichtjahren hinweg noch auf der Erde registriert werden können. «Das Aufregende an den Cos-B-Beobachtungen ist jedoch, dass auf derselben aktiven Fläche der Neutronensterne offenbar sogar mehrere Strahlungsprozesse völlig verschiedener physikalischer Natur gleichzeitig stattfinden», erläutert Pinkau.

Noch wenig wagen die Wissenschaftler bisher über die von Cos-B bei der Durchmusterung der Milchstrasse entdeckten Gammasterne zu sagen. Derzeit versucht man herauszufinden, ob diese Objekte in anderen Bereichen der elektromagnetischen Strahlung vielleicht als Pulsare «leuchten». So richten zum Beispiel die Radioastronomen ihr empfindlichstes Gerät, die 100-m-Parabolantenne des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie, Bonn, seit kurzem auf die punktförmigen Gammastrahler.

Unterdessen ist *Gottfried Kanbach* vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik zuversichtlich, dass bei der weiteren Auswertung der Cos-B-Daten ausser den bisher lokalisierten 15 Punktquellen noch weitere Gammasterne gefunden we8den. «Das war erst der Anfang. Mit Sicherheit strahlen einige der bisher registrierten 300 Radiopulsare auch im Gammabereich. Vermutlich finden wir darüberhinaus weitere Gammapunktquellen, wenn wir erstmals die höheren Breiten der galaktischen Scheibe mit Cos-B systematisch untersuchen.»

Düstere Aussichten

Allerdings erscheinen dafür die Aussichten derzeit düster: Als Cos-B Mitte 1977 seine vorgesehene Messzeit von zwei Jahren erreicht hatte, verlängerte die Europäische Weltraumorganisation (ESA) die Mission um 16 Monate. Obwohl der Satellit noch immer einwandfrei arbeitet und das Messprogramm noch lange nicht erschöpft ist, soll er jetzt zum Jahresende abgeschaltet werden: Die ESA sieht keine Möglichkeit mehr, die weitere Datenübertragung zu finanzieren.

Dabei könnte das Raumfahrzeug noch bis ins erste Quartal 1980 arbeiten: Bis dahin reicht für die Drahtfunkenkammer der Vorrat an Gas – es muss alle 100 Tage ausgetauscht werden. Jetzt versuchen einige der beteiligten Länder durch Spezialvereinbarungen die Fortsetzung der Cos-B-Messungen zu sichern. Mayer-Hasselwander: «Da für die Verlängerung der Mission um ein Jahr nur etwa zwei Prozent der Gesamtkosten des Cos-B-Projekts aufgewendet werden müssen, käme es einem Schildbürgerstreich gleich, dieses – auch in den nächsten Jahren noch – weitaus empfindlichste Observatorium für Gammastrahlen im Weltraum abzuschalten, ohne dass dies technisch notwendig ist».

Eugen Hintsches, München

Unterhalt und Ausbesserung von Betonbauwerken

Bewährte Verfahren, Materialien und Vorschriften dieses Gebietes wurden in einem Seminar im *Haus der Technik* in *Essen,* einem Ausseninstitut der *Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen,* unter Leitung von *Günter Ruffert* von der Torkret GmbH in Essen am 6. Juni 1978 behandelt. Typische Schadensursachen an *Stahlbetonkonstruktionen* sollten möglichst weitgehend erfasst und ausgewertet werden, um aus diesen *Langzeiterfahrungen* die technischen Bestimmungen anpassen und damit in Zukunft einen Teil dieser Schäden vermeiden zu können.

Um abzuschrecken, müssen typische Beispiele von Schadensfällen einem möglichst grossen Kreis von Baufachleuten zur Kenntnis gebracht werden. Die Wiederinstandstellung beschädigter Stahlbetonkonstruktionen erfordert besondere, für diese Spezialaufgabe entwickelte, Sanierungsverfahren. Für sie sind die technischen Grundlagen und Regeln zu schaffen, damit ihre Anwendung mit dem gleichen Grad an Sicherheit möglich ist, wie ihn heute die Stahlbetonbestimmungen fordern. Bei schweren Sanierungsfällen sind häufig *konstruktive Sonderlösungen* erforderlich, bei denen zwangsläufig technisches Neuland beschritten werden muss; Beispiele für solche Problemlösungen sind von besonderem Interesse und können Wege für neue Lösungen in ähnlich gelagerten Fällen aufzeigen.

Höhere Betongüten und die analog dazu gestiegenen *Stahlfestigkeiten* haben in den letzten Jahren zu immer *schlankeren* und damit *schadenanfälligeren Querschnitten* geführt. Wir werden in Zukunft mit Schadenfällen an Stahlbetonkonstruktionen fertig werden müssen, ganz gleich, ob sie auf Fehler beim Entwurf, bei der Ausführung oder durch übermässige Beanspruchung (z.B. Brand) zurückzuführen sind. Wir können es uns nicht leisten, Stahlbetonkonstruk-