

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 30 (1972)  
**Heft:** 130/131

**Rubrik:** Vortragsberichte

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Vortragsberichte

### Pulsare – Die seltsamsten Sterne

Professor Dr. RUDOLF KIPPENHAHN, Direktor der Sternwarte Göttingen, referierte am 20. Januar 1972 in der Aula der Staatlichen Ingenieurschule Konstanz über die für Astrophysiker wohl seltsamsten Himmelsobjekte: über die *Pulsare*. Es sind dies Objekte, die man erst seit vier Jahren kennt und daher in älteren Nachschlagewerken überhaupt nicht, in den neueren nur sehr oberflächlich beschrieben findet. Professor KIPPENHAHN gab eine chronologische Beschreibung der Entdeckung der Pulsare, der Aufdeckung neuer Probleme und derer physikalisch faszinierender Lösungen. In diesem Bericht seien seine Ausführungen wiedergegeben.

Die Untersuchung der Fluktuationen der zeitlich konstanten Radiostrahlung entfernter Galaxien durch den turbulenten Sonnenwind erforderte den Einsatz spezieller und zeitlich gut auflösender Radioteleskope und führte – eigentlich als Nebenprodukt – auf die enorm wichtige Entdeckung der Pulsare, denn man fand Stellen am Himmel, wo der zu messenden Fluktuation (bedingt durch den störenden interplanetaren Sonnenwind) eine weitere Komponente mit exakt konstanter Periode von 1/10 bis 1/50 Sekunde überlagert wurde. Diese Komponente konnte nicht eine Folge der Einflüsse des Elementarteilchen-Stromes (Sonnenwind) sein und musste dem emittierenden Objekt selbst zugeschrieben werden. Die Publikation dieser Entdeckung durch die Radiosternwarte in Cambridge im Februar 1968 brachte einige Aufregung unter die Astrophysiker, denn es schienen alle Erklärungen fehlzuschlagen und alle abschätzenden Berechnungen zu phantastische Werte anzunehmen. So kennt man Sterne, die ihre Strahlungsintensität mit Perioden von minimal mehreren Minuten verändern. Es handelt sich dabei (wenigstens teilweise) um pulsierende Sterne, die sich aufblähen, hohe Helligkeit erreichen und anschliessend wieder zusammenfallen. Dabei ist die Periode dieser Pulsation von der Dichte der Sternmaterie abhängig, sodass zur Erklärung der Periode von 1/50 Sekunde eine Sternmaterien-Dichte von vielen Millionen Kilogrammen pro Kubikzentimeter (also ein ganz phantastischer Wert, der in unseren Sternen niemals erreicht wird) erforderlich wäre. Die Materie müsste in diesem Fall derart dicht stehen, dass sich die Nukleonen wie Kugeln in dichtester Packung nebeneinanderstellen, was nur durch sogenannte Neutronensterne (vorerst noch hypothetische Gebilde) realisiert werden könnte.

Nun hat ja die Reihe der Entdeckungen weiterer solcher Objekte bis heute noch nicht abgerissen. Eine Statistik dieser Pulsare zeigt eine eindeutige galaktische Breitenabhängigkeit der Pulsar-Häufigkeit, derart, dass die Pulsare im Gebiete der Milchstrasse, also

in der galaktischen Ebene, besonders dicht zu stehen scheinen. Der Schluss liegt daher nahe, dass es sich bei den Pulsaren um Objekte aus unserem Milchstrassensystem handelt. Dieser Schluss wird in seiner Richtigkeit bestätigt, wenn man (durch eine der gerissensten astrophysikalischen Methoden) die Entfernung der Pulsare bestimmt: Im Medium breiten sich elektromagnetische Wellen kleiner Frequenz etwas schneller aus als höherfrequente Schwingungen (im Gegensatz zur Ausbreitung im Vakuum, wo die Ausbreitungsgeschwindigkeit frequenzunabhängig ist); dies ist die Dispersionseigenschaft der Medien, insbesondere auch der interstellaren Materie, welche die Strahlungspulse zu durchdringen haben, wenn sie ein irdisches Instrument treffen sollen. Man misst daher exakt die Zeitdifferenz ein und des selben Pulses auf zwei nahestehenden Frequenzen und ermittelt daraus (unter Zuhilfenahme eines Modells der Verteilung der interstellaren Materie) den Flugweg dieses Strahlungspakets. Man erhält Distanzen von 1000 bis 10000 Lichtjahren und mehr, wodurch der Beweis erbracht ist, dass diese Objekte noch in unserer Galaxis stehen.

Die neu entdeckten Himmelsobjekte zeigten sich derart seltsam, dass man alle herkömmlichen Methoden zur Bestimmung derer Zustandsgrößen vorsichtshalber fallen lassen musste. Neue Theorien, neue Methoden mussten gefunden werden, um das unerklärliche Phänomen der Pulsare zu veranschaulichen und zu begründen. So kann man beispielsweise aus der zeitlichen Länge eines Pulses auf den Sternradius schliessen, wenn man annimmt, dass die Strahlungsblicke einerseits unendlich kurz sind und andererseits auf jedem Punkt des Sterns gleichzeitig und isotrop emittiert werden. Dieses Modell lässt dann einen Sternradius von 30 bis 100 Kilometern zu, was – trotz der sehr unwahrscheinlichen Annahmen – ganz gut einen Neutronenstern charakterisiert.

Ein ganz bedeutender Fortschritt gelang den Astronomen durch die Identifikation eines Pulsars als dem Zentralstern des Crab-Nebels. Eine solche Identifikation ist wegen der schlechten Auflösung der Radioteleskope gar nicht trivial und man durfte von Glück sagen, dass dieser kleine Zentralstern auch im visuellen Bereich die gleiche Pulsation mit der gleichen Periode (1/30 Sekunde, also rascher als das Auge aufzulösen vermag) zeigt wie im Radiospektrum. Mit einem Choppersystem, das alle 1/30 Sekunde den Strahlengang auf eine zweite Photoplatte umlenkt, gelang der Nachweis der visuellen Pulsation und eine Identifizierung war vollzogen. Damit wurde auch die Frage aktuell, ob die Pulsare wohl die Überreste von Supernovae sind...

Inzwischen haben amerikanische Astronomen den Ursprung der Pulsationen damit beschrieben, dass Sterne mit Tourenzahlen von 30 pro Sekunde um eine feste Achse rotieren, die nicht mit ihrer Magnetfeldachse zusammenfällt. Eine derart hohe Rotationsgeschwindigkeit ist aber nur bei sehr kleinen und gleichzeitig sehr dichten Sternen – also bei Neutronensternen – denkbar, weil bei grösseren Sternen die Zentrifugalwirkung den Stern sofort zerreißen würde. In diesem Modell kommt die Strahlung dann dadurch zustande, dass die Elektronen der umgebenden Gashülle auf das variable, vorbeirrasende Magnetfeld ansprechen und auf relativistische Geschwindigkeiten beschleunigt werden, wodurch elektromagnetische Pulse abgegeben werden. Eine Bestätigung dieser Theorie ist darin zu erkennen, dass die Emission der Gasmassen im Crab-Nebel längst abgeklungen sein sollte. Die ständige Anregung durch das rotierende Magnetfeld in dessen Mittelpunkt würde aber genügend Energie liefern, um die Emission bis heute aufrecht zu erhalten.

Die genauesten Registrierungen haben nun aufgedeckt, dass die Periode nicht exakt konstant ist, sondern sehr langsam zunimmt, so langsam, dass sie sich erst nach  $10^7$  Jahren verdoppelt hat (10 Millionen Jahre). Man kann diese Zunahme nach obigem Modell durch ein Abklingen der Rotationsgeschwindigkeit durch Reibungsverluste an der umgebenden Gas-

hülle oder durch Strahlungsverluste deuten.

Man weiss heute, dass die im Jahre 1054 gesichtete Supernova sich heute als eine expandierende Gasmasse und ein pulsierender Stern präsentiert; aus der bekannten jährlichen Zunahme der Pulsationsperiode lässt sich berechnen, dass der Neutronenstern unmittelbar nach der Supernova eine Rotationsgeschwindigkeit von 50 pro Sekunde aufweisen musste, so dass man geneigt ist, diesen Wert als Referenzwert für andere Pulsare zu betrachten.

Bei vielen Nebeln, die darauf schliessen lassen, dass sie durch eine Supernova entstanden sind, hat man nach Pulsaren gesucht und auch tatsächlich solche Objekte gefunden. Durch analoge Rückwärtsrechnungen auf Perioden von 1/50 Sekunde könnte man damit den Zeitpunkt der Supernovae an jenen Gebieten des Himmels abschätzen.

Ob Neutronensterne effektiv existieren oder nicht, weiss man nicht mit Gewissheit, jedenfalls würden sie für den Kernphysiker zunächst ein Gebilde voller Widersprüche sein und eine neue Theorie über Nukleonen und deren Kernkräfte müsste entwickelt werden; Neutronensterne sind die unvorstellbarsten Materieanhäufungen auf kleinstem Raum: in Wirklichkeit nur 30 km gross und im Innern derart dicht, dass  $1 \text{ cm}^3$  1 runde Milliarde Tonnen wiegt!...

E. OBRESCHKOW

#### KEPLER – der Revolutionär astronomischen Denkens

Zu einem Vortrag mit diesem Thema des Berner Astronomen Prof. Dr. MAX SCHÜRER lud der Astronomische Verein Basel ins Kollegiengebäude der Universität ein. Eine neuzeitliche Würdigung des am 27. Dezember 1571 in Weil der Stadt/Deutschland geborenen JOHANNES KEPLER sollte nicht allein an seinen 400. Geburtstag erinnern, sondern unserm Bewusstsein die Eigenart und die hervorragende Bedeutung des grossen Forschers vergegenwärtigen.

Prof. SCHÜRER stellte seinem Referat die Feststellung voran, dass KEPLER zur Hauptsache die Verantwortung für den Durchbruch des revolutionären, d.h. in diesem Zusammenhang: astronomisch-physikalischen Denkens in der Neuzeit trägt. Diese These steht in gewissem Gegensatz zu der im geflügelten Wort von der «Kopernikanischen Wende» sich manifestierenden Meinung, dass einer von KEPLERS berühmten Vorläufern, NIKOLAUS KOPERNIKUS (1473–1543), diese Wandlung zum naturwissenschaftlichen Denken mit dem Entwurf eines heliozentrischen Weltbildes bewirkt habe. KOPERNIKUS hatte zwar die Sonne ins Zentrum des Planetensystems gestellt und damit KEPLERS Ansatz zur exakten Erklärung der unregelmässigen scheinbaren Planetenbewegungen entscheidend vorbereitet, aber KOPERNIKUS hielt, wie schon PTOLEMÄUS (um 150 n. Chr.) und dann auch TYCHO BRAHE (1546–1601), noch an der Vorstellung fest, dass sich die Planeten nur auf Kreisen oder aus Krei-

sen zusammengesetzten Bahnen (Epizyklen) bewegen, weil sich Himmelskörper nur auf «vollkommen», «harmonischen» Figuren, eben auf Kreisen, bewegen könnten.

KEPLERS Leistung dagegen, die Planetenbewegungen durch quantitative Gesetze zu beschreiben, ist weder das Ergebnis eines leicht verständlichen «spektakulären Gedankensprunges», wie er etwa, vereinfachend gesagt, in KOPERNIKUS' Entscheidung für das heliozentrische Weltbild als einer Alternative zum geozentrischen erscheinen mag, noch konnte KEPLER das Postulat zweifelsfrei akzeptieren, die Erscheinungen am Himmel nur mit Hilfe von kreisförmigen Bewegungen zu erklären. KEPLER hat vielmehr, wie Prof. SCHÜRER an einigen Textstellen aus dessen Hauptwerk, der ASTRONOMIA NOVA, zeigte, die Erkenntnis der heute qualitativ bestätigten wahren Verhältnisse im Sonnensystem in einem 8 Jahre langen und beschwerlichen Kampf den damals hervorragendsten Beobachtungsdaten des dänischen Astronomen TYCHO BRAHE abgerungen. BRAHE hatte allerdings erhofft, dass mit seinen auf wenige Bogenminuten genauen Positionsmessungen eine exakte Bestimmung und Bestätigung seiner geozentrischen Vorstellung durch KEPLER erbracht werden könnte. KEPLER jedoch übernahm wohl die Messwerte BRAHES, nicht aber dessen Hypothesen. Vielmehr entwickelte sich in ihm während der langwierigen «Daten-

verarbeitung» der Beginn des Bewusstseins, dass nicht nur geometrische Beziehungen (Gesetzmässigkeiten) innerhalb des Planetensystems gelten, sondern auch physikalische: dass das gesetzmässige geometrische Verhalten (Bewegung längs irgendwelchen geschlossenen geometrischen Figuren) der Planeten auch mit der «Körperhaftigkeit», mit der materiellen Beschaffenheit (Physis) der Mitglieder dieses Systems zusammenhängen müsse. Er stellte sich diesen Zusammenhang so vor, dass die Sonne, der offensichtlich durch seine überragende Grösse und besondere Natur (intensivste Lichtquelle) ausgezeichnete Himmelskörper, die übrigen Körper um sich herum treiben könne. Die Stärke dieses Antriebs – bei KEPLER noch ein heuristischer Ansatz – müsse in weiter Entfernung von der Sonne geringer sein als in ihrer Nähe.

KEPLER gelangte tatsächlich, indem er seine Vorstellungen immer mit den Beobachtungen BRAHES verglich und sie, wenn die Übereinstimmung mangelhaft war, wieder verwarf oder abänderte, zur Erkenntnis der Richtigkeit des sogenannten *Flächensatzes*, der die quantitative Fassung der oben erwähnten qualitativen KEPLERSchen Hypothese über die Planetenbewegungen ist, und der heute unter dem Begriff 2. *Keplersches Gesetz* als Lehrsatz bekannt ist.

KEPLER versuchte die Bestimmung der Bahnform zunächst auch mit Modellen, die aus Kreisen konstruiert waren. Da aber keines dieser Modelle zu befriedigender Übereinstimmung mit den Beobachtungen führte, verwarf er sie alle, bis ihn eine fast zufällige, seine Art der Auseinandersetzung mit dem verfügbaren Datenmaterial treffend charakterisierende «Spielerei» mit den Zahlen zur *Ellipse* als der mit den Beobachtungen am besten vereinbaren Bahnform und zur Erkenntnis führte, dass die Sonne als zentraler Körper im einen, gemeinsamen Brennpunkt der indi-

viduellen elliptischen Planetenbahnen steht.

Nach der sachlichen Darstellung dieses Erkenntnisweges KEPLERS kehrte Prof. SCHÜRER zur ersten These zurück: KEPLER ist eines der ersten grossen Beispiele von im modernen Sinne naturwissenschaftlich tätigen Forschern: (1) Alle Argumente, die bloss auf *Tradition und Autorität* beruhen, werden grundsätzlich in Frage gestellt. Nicht die einem Bedürfnis nach kosmischer Harmonie entspringenden Vorstellungen, sondern allein die *Befragung der Natur* selbst kann darüber entscheiden, was wir von der Natur zu wissen behaupten können. Damit kann die naturwissenschaftliche Forschung ihre Selbständigkeit allen philosophischen und theologischen Lehrsätzen gegenüber behaupten. (2) Die fortwährende Anwendung der *mathematischen Denkweise* – die sich bei KEPLER in seiner Treue zu und in seiner kritischen Auseinandersetzung mit den Beobachtungen zeigt – ist massgebend für die Aufstellung und Verifizierung naturwissenschaftlicher Hypothesen.

Auch die moderne naturwissenschaftliche Forschung ist durch diese Merkmale ausgezeichnet. Genauso wie bei KEPLER verläuft auch heute naturwissenschaftliches Forschen meistens *nicht geradlinig* von der Aufstellung der Hypothesen zu absolut sicheren Ergebnissen; vielmehr ist es gerade ein Zeichen seiner Stärke und seines kritischen Inhalts, dass es auf unzähligen Irrwegen forschreiten kann und sich so die Möglichkeit verschafft, das *Wahre in der Natur* zu finden.

Die sehr anregende Diskussion nach dem Vortrag war ein angemessener Ausdruck für den Dank des Publikums, dass ihm Professor SCHÜRER und der Astronomische Verein Basel diese bedeutsame Begegnung mit einem Begründer der modernen Naturwissenschaft ermöglicht hatten.

ROLAND BUSER

## Bibliographie

FLOYD WILLIAM STECKER, *Cosmic Gamma Rays*; Mono Book Corp., Baltimore, 1971. IX + 246 Seiten, zahlreiche Abbildungen; 12.50 US \$.

Bekanntlich wird der ganze kurzwellige Teil des Spektrums der elektromagnetischen Strahlung von unserer Erdatmosphäre nicht hindurchgelassen, darum kann man auch vom Erdboden aus keine Gamma-Strahlen aus dem Weltraum empfangen. Erst durch Ballonaufstiege, durch Raketen und vor allem durch künstliche Satelliten, die in grosser Höhe unsere Erde umkreisen und geeignete Apparaturen mit sich tragen, wurde die Möglichkeit geschaffen, eine Gamma-Strahlen-Astronomie zu betreiben.

Die Gamma-Strahlen-Astronomie ist somit ein sehr junger Zweig der Astronomie, und wir wissen noch nicht allzu viel darüber. Im vorliegenden Buch wird nun der Versuch gemacht, eine Einführung in dieses neue, bisher wenig durchforschte Gebiet zu bringen. Im ersten Abschnitt werden die Grundprozesse behandelt, die zur Aussendung von Gamma-Strahlen führen können: Zerfall von Teilchen, die bei kosmischer Strahlung durch Wechselwirkungen entstanden sind, Vernichtung

von kosmischen Elektron-Positron-Paaren, kosmische Proton-Antiproton-Prozesse, Absorptions- und Streuprozesse. Im zweiten Abschnitt wird diskutiert, was man nach diesen Grundbetrachtungen wohl an galaktischer Gamma-Strahlung erwarten könnte, wie das Spektrum ausschauen dürfte, und im dritten Abschnitt werden diese Überlegungen auf den intergalaktischen Raum ausgedehnt und auch die Kosmologie wird einbezogen. Ein Anhang über Gamma-Strahlen-Teleskope beschliesst das interessante Werk.

Das Buch ist bestimmt für Astrophysiker, Kosmologen, Physiker und Studierende, die sich speziell in dieses Gebiet vertiefen wollen. Es wird dabei soviel an Kenntnissen in Physik, in Kern-Physik vorausgesetzt, dass wohl nur wenige Amateurastronomen hier wirklich mitmachen können. Lohnend ist der Anhang, aus dem man ersieht, wie die Apparaturen konstruiert sein müssen, mit deren Hilfe man die Gamma-Strahlung erfasst. Ein Durchblättern der Hauptteile wird einem dann vielleicht doch einen Eindruck vermitteln, was uns dieser neue Zweig der Astronomie eventuell liefern kann, bei der Lösung welcher Probleme er von entscheidender Bedeutung sein dürfte.

HELmut MÜLLER