

Paul A. LaViolette

# Die Botschaft der Pulsare

Intelligente Kommunikation aus der Galaxis?

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Das Rätsel der Pulsare</b>	<b>11</b>
Die Entdeckung	12
Das Neutronenstern-Leuchtturmmodell	19
ETI-Leuchtfeuer?	25
<b>2. Eine galaktische Botschaft</b>	<b>30</b>
Der 1-Radiant-Markierungspunkt	31
Der Millisekunden-Pulsar-Markierungspunkt	39
Der bedeckungsveränderliche Millisekunden-Pulsar	45
Weitere bedeckungsveränderliche Pulsare	55
<b>3. Das galaktische Netzwerk</b>	<b>59</b>
Überlichtschnelle Raumfahrt	60
Weltraumnavigation	65
Überlichtschnelle Kommunikation	68
<b>4. Der galaktische Imperativ</b>	<b>72</b>
Botschaft in den Sternen	73
Galaktische Superwellen	75
<b>5. Superwellen-Warnleuchten</b>	<b>88</b>
Die Supernovaüberreste Krebsnebel und Bleistiftnebel	89
Pulsare entstehen nicht durch Supernova-Explosionen	91
Welle der Zerstörung	96
Das Königspaar unter den Pulsaren	106
Warnung vor einer kommenden Superwelle?	114
<b>6. Sternenkarten einer Himmelskatastrophe</b>	<b>116</b>
Eine Karte des Sternbilds Pfeil?	117
Ereignis-Chronometer	120
Himmliches Mahnmal einer irdischen Katastrophe	123
Ein Superwellen-Schild?	132
Kosmische Synchronizität?	136

<b>7. Natürlich oder künstlich?</b>	<b>142</b>
Leuchtturm-Probleme	143
Unerklärlich komplexe Signale mit hohem Ordnungsgrad	154
Eine „Low-Tech“-Teilchenstrahl-Kommunikationseinrichtung	165
Manipulierte stellare Kerne als ETI-Funkfeuer	170
<b>8. Kräftefeld-Projektionstechnik</b>	<b>175</b>
Plasmoide am Himmel	176
Mikrowellen-Phasenkonjugation	180
Tesla-Wellen	185
Das Kornkreis-Phänomen	187
Die ETI-Connection	195
Wie man einen Sternenschild errichtet	199
Kontakt	201
<b>Anhang A: Geordnete Komplexität</b>	<b>204</b>
Pulse und zeitlich gemittelte Pulsprofile	205
Pulsmodulation	208
Pulsdrift	210
Das Mode-Switching-Phänomen	215
<b>Anhang B: Die Luminosität einer Teilchenstrahl-Kommunikationseinrichtung</b>	<b>224</b>
<b>Bibliografie</b>	<b>226</b>
<b>Index</b>	<b>235</b>

1.

## Das Rätsel der Pulsare

*Andererseits könnte auch eine intelligente Zivilisation dahinterstecken, die mit anderen Welten zu kommunizieren versucht. Denn – und das sagen alle – auf diese Art würde man sich bemerkbar machen. Man tut etwas, das in der Natur nicht machbar ist. Man stellt die Pulsfrequenz eines nahegelegenen Pulsars ganz exakt ein, sodass sie Jahr um Jahr nicht die geringste Abweichung zeigt.*

Frank Drake, 1974

## Die Entdeckung

Man schrieb Juli 1967. Soeben war das erste Szintillations-Radioteleskop der Welt fertiggestellt worden, ein Gerät, das Astronomen erlauben würde, schnell variierende Radiostrahlungen von fernen Sternen aufzuspüren. Doktorandin Jocelyn Bell von der Universität Cambridge und ihr Astronomieprofessor Anthony Hewish nahmen die letzten Feineinstellungen an dem Feld aus Radioantennen vor, das sich über die englische Landschaft erstreckte. Noch ahnten sie nicht, dass Jocelyn innerhalb eines Monats zufällig auf eine der bedeutendsten astronomischen Entdeckungen des Jahrhunderts stoßen würde.

Sie hatten das Scannen eines Himmelsbereichs in Richtung des Sternbilds Fuchs (*Vulpecula*) abgeschlossen. Jocelyn sah gerade die meterlangen Messstreifen durch, auf denen die Signale aus ihrem Antennenarray aufgezeichnet wurden, als sie etwas recht Ungewöhnliches bemerkte. Eine der Radioquellen, deren aufblitzende Radiosignale sie beobachtet hatten, schien eine regelmäßige Abfolge von Radiopulsen auszustrahlen – „Piepstöne“, die jeweils mehrere Hundertstelsekunden anhielten. Hewish tat die Pulse zunächst als Radiointerferenzen irdischen Ursprungs ab, wie zum Beispiel die Zündung eines vorbeifahrenden Autos. Das Signal war abgeklungen und konnte auch bei den darauffolgenden Observationen nicht ausgemacht werden, doch eines Nachts tauchte es wieder auf. Nach etlichen Monaten der Beobachtung, in denen Hewish bemerkte, dass das Signal von einem festen Standort am Himmel kam, war er überzeugt, dass sie eine neue Art astronomischer Quelle entdeckt hatten.

Ende November, nachdem sie sich einen geeigneten, schnell ansprechenden Messschreiber beschafft hatten, waren sie zum ersten Mal imstande, die Intervalle zwischen den Pulsen exakt zu bestimmen. Sechs Stunden Beobachtung hatten gezeigt, dass die Signale eine sehr regelmäßige Pulsperiode von  $1,33733 \pm 0,0001$  Sekunden aufwiesen. Nach einem Beobachtungszeitraum von einigen weiteren Monaten konnte die Präzision der Messung um zwei weitere Dezimalstellen erhöht werden, und heute kennen wir die Pulsperiode der Quelle auf mehr als sechs Billionstel genau: exakt  $1,337301192269 \pm 0,000000000006$  Sekunden pro Zyklus!

Diese Entdeckung sorgte für erhebliche Aufregung bei den Projektwissenschaftlern. Noch nie zuvor hatte man dergleichen gesehen, und sie glaubten tatsächlich, möglicherweise Signale einer außerirdischen Zivilisation aufgefangen zu haben. Monate sorgfältiger Beobachtung hatten

offenbart, dass die Radioquelle etwa 2.000 Lichtjahre entfernt lag. Man zog ernsthaft in Betracht, dass es sich bei dem Objekt um das Funkfeuer einer extraterrestrischen Intelligenz (ETI) handeln könnte, da dies das erste Mal in der Geschichte der Astronomie war, dass man auf eine Quelle von derart präziser Regelmäßigkeit gestoßen war. Ursprünglich erhielt die Quelle sogar die Bezeichnung LGM-1, wobei das Akronym LGM für „Little Green Men“ (kleine grüne Männchen) stand.<sup>1</sup>

Gegen Ende Dezember entdeckte Jocelyn eine zweite pulsierende Radioquelle im Sternbild der Wasserschlange, das in einem gegenüberliegenden Teil des Himmels liegt. Dieses Objekt, dessen Periodendauer 1,2737635 Sekunden betrug, wurde später LGM-2 getauft. Nachdem diese zweite Quelle entdeckt worden war, kamen den Astronomen aus Cambridge Zweifel an ihrer ETI-Hypothese. Wie sich herausstellte, lagen mehr als 4.000 Lichtjahre zwischen den beiden Pulsaren, womit klar war, dass sie zwangsläufig von zwei verschiedenen Zivilisationen hätten errichtet worden sein müssen, sollte es sich bei ihnen tatsächlich um extraterrestrische Sender handeln. Andererseits war es jedoch extrem unwahrscheinlich, dass mehr als eine Zivilisation zu diesem bestimmten Zeitpunkt mit uns zu kommunizieren versuchte und sich darüber hinaus noch der gleichen Methode bediente – nämlich präzise getimter Pulse.

Da sie befürchteten, in einer Flut von Journalisten unterzugehen, sollte ihre Entdeckung an die Öffentlichkeit dringen, hielten die Astronomen ihre Forschungsergebnisse streng geheim, bis sie im Februar einen Beitrag darüber bei der Fachzeitschrift *Nature* einreichten.<sup>2</sup> Darin vermieden sie jedoch die Interpretation im Sinne einer extraterrestrischen Intelligenz (ETI) und stellten stattdessen die Theorie auf, dass diese Signale von der Oberfläche eines kompakten Sterns von hoher Dichte abgestrahlt werden könnten – wie z. B. von einem Weißen Zwerg oder einem Neutronenstern, der sich in sehr regelmäßigen Abständen ausdehnte und wieder zusammenzog, verdunkelte und aufhellte.

Hätten sie an ihrer ursprünglichen ETI-Hypothese festgehalten, so wären sie gewiss den Angriffen skeptischer Kollegen ausgesetzt gewesen und hätten damit höchstwahrscheinlich ihre Chancen aufs Spiel gesetzt, ihre Forschungsergebnisse in angesehenen Fachzeitschriften zu veröffentlichen. Im Übrigen war ihre Studie ja auch ursprünglich darauf ausgelegt gewesen,

---

1 Sullivan, W.: „Black Holes“ (Garden City, New York: Anchor Press, 1979), S. 123

2 Hewish, A.; Bell, S. J.; Pilkerton, J. D. H.; Scott, P. F. und Collins, R. A.: „Observation of a rapidly pulsating radio source“ in *Nature*, 1968, 217:209-13

natürliche astronomische Phänomene zu erkunden und nicht, den Himmel nach Spuren außerirdischer Intelligenz abzusuchen.

In den folgenden Monaten entdeckten die Astronomen von der Universität Cambridge zwei weitere extrem regelmäßig pulsierende Radioquellen mit vergleichbaren Perioden von 0,23065 sowie 1,187911 Sekunden, die folgerichtig LGM-3 bzw. -4 genannt wurden. Später, als diese Quellen als „Pulsare“ bekannt wurden, gab man den vier bisher entdeckten die Bezeichnungen PSR 1919+21, PSR 0834+06, PSR 0950+08 und PSR 1133+16.<sup>3</sup>

ETI-Kommunikation aus mehreren Quellen wäre jedoch gar nicht so ungewöhnlich, wenn die Signale von verschiedenen, miteinander kommunizierenden Zivilisationen kämen, die eine Art galaktisches Kollektiv bzw. eine galaktische Gemeinschaft bilden. In einem solchen Fall schiene die Vorstellung, dass mehrere „Gesprächsteilnehmer“ miteinander verbunden sind und ähnliche Übertragungsmethoden verwenden, durchaus einleuchtend. Heutzutage glauben viele Wissenschaftler, die sich für die Suche nach extraterrestrischer Intelligenz interessieren (ein als SETI bekanntes Unterfangen), dass eine derartige galaktische Gemeinschaft sehr wohl existieren könnte. Einer dieser Wissenschaftler war beispielsweise der Radioastronom Prof. Alan Barrett vom Massachusetts Institute of Technology (MIT), der in der *New York Post* Anfang der 1970er Jahre die Frage stellte, ob Signale von Pulsaren „zu einem ausgedehnten interstellaren Kommunikationsnetzwerk gehören könnten, auf das wir zufällig gestoßen sind.“<sup>4</sup> Doch die Vorstellung eines Kommunikationskollektivs war im Jahr 1967 noch kaum Gegenstand der Diskussion, und so hegte man Zweifel.

Ein anderer Grund, warum die Astronomen der Universität Cambridge ihre ETI-Hypothese in Frage zu stellen begannen, hatte mit der Übertragungsweise der Radiosignale zu tun. Anstatt auf diskreten Frequenzen gesendet zu werden, wie bei unseren irdischen Radio- und Fernsehsendern, deckten Transmissionen von Pulsaren einen breiten Radiofrequenzbereich ab. Die Astronomen Robert Jastrow und M. Thompson gaben beispielsweise Folgendes zu bedenken:

---

3 PSR bedeutet „pulsating source of radio“, pulsierende Radioquelle. Die zugeordneten Zahlen bezeichnen die Himmelsposition der Quelle im Jahr 1950 n. Chr. (ein zusätzliches J würde auf die Himmelsposition im Jahr 2000 verweisen). Die ersten vier Ziffern geben die Rektaszension von West nach Ost, entlang des Himmelsäquators, in Stunden und Minuten an; die letzten beiden bezeichnen die Deklinationswinkel entweder nördlich (+) oder südlich (-) des Himmelsäquators. Beim Himmelsäquator handelt es sich um eine Projektion des Erdäquators an die Himmelssphäre.

4 Artikel in der *New York Post*, zit. in Collyns, R.: „Did Spacemen Colonize the Earth?“ (London: Pelham Books, 1974), S. 231

Sollte eine extraterrestrische Gesellschaft versuchen, anderen Sonnensystemen etwas zu signalisieren, würde ihr interstellarer Sender enorme Energie benötigen, um Signale über die Billionen von Meilen hinweg zu senden, die jeden Stern von seinen Nachbarn trennen. Es wäre verschwenderisch, zwecklos und unklug, die Energie der Sendeanlage über ein breites Frequenzband zu streuen. Die einzig praktikable Übertragungsweise bestünde darin, alle verfügbare Energie auf eine Frequenz zu bündeln, wie wir es auf der Erde tun, wenn wir Radio- und Fernsehprogramme übertragen.<sup>5</sup>

Allerdings zeigt uns die Entwicklung der Teilchenstrahlwaffen-Technologie in den 1980er Jahren, dass die Vorstellung extraterrestrischer Breitband-Kommunikationseinrichtungen letztlich gar nicht so weit hergeholt ist. Mit dieser Technologie wäre es uns heutzutage möglich, ein welt-raumgestütztes Gerät zu bauen, das einen starken Strahl energiereicher Elektronen projizieren könnte, der seinerseits einen hochkollimierten, laserartigen Radiowellenstrahl generieren würde. Diese Teilchenstrahl-Kommunikationseinrichtung bestünde aus zwei Hauptkomponenten: einem Teilchenbeschleuniger und einem Teilchenstrahl-Modulator (Abb. 1). Der Teilchenbeschleuniger würde einen Strahl aus energiereichen Elektronen erzeugen, die sich nahezu mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen. Mit Hilfe quer zum Teilchenstrahl wirkender Magnetkräfte könnte der Modulator

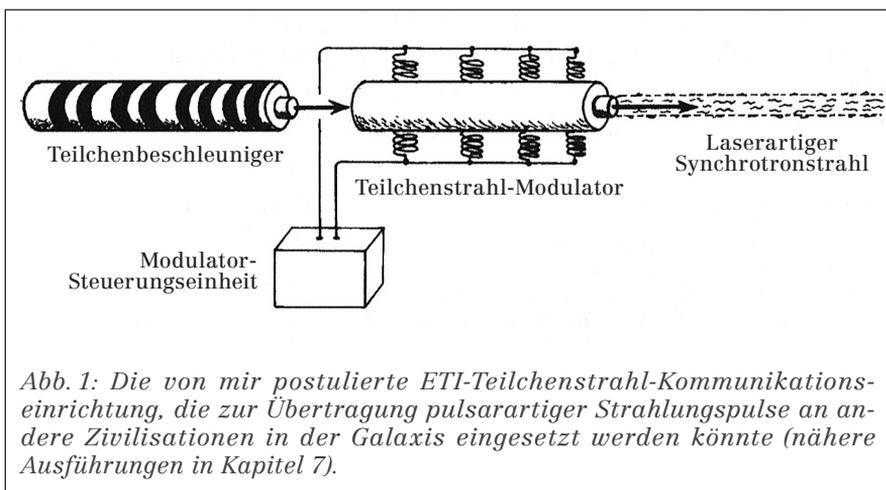
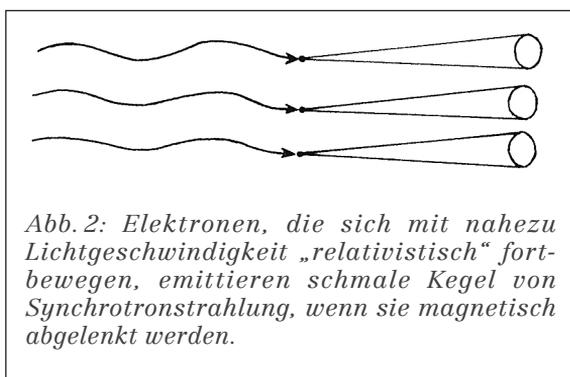


Abb. 1: Die von mir postulierte ETI-Teilchenstrahl-Kommunikationseinrichtung, die zur Übertragung pulsarartiger Strahlungspulse an andere Zivilisationen in der Galaxis eingesetzt werden könnte (nähere Ausführungen in Kapitel 7).

5 Jastrow, R. und Thompson, M.H.: „Astronomy: Fundamentals and Frontiers“ (New York: John Wiley & Sons, 1977), S. 198

die Elektronen geringfügig ablenken, wodurch ein Teil ihrer vorwärts gerichteten kinetischen Energie in *Synchrotronstrahlung* umgewandelt würde – eine Emission elektromagnetischer Wellen, die charakteristischerweise *einen breiten Frequenzbereich* umfasst.

Die Synchrotronstrahlung wurde Anfang der 1940er Jahre entdeckt, als Physiker am General Electric Research Laboratory in Schenectady, New York, zum ersten Mal das Synchrotron einschalteten, einen der ersten Hochenergie-Teilchenbeschleuniger der Welt. Während es in Betrieb war, bemerkten sie, dass von dem Hochenergie-Elektronenstrahl des Beschleunigers ein faszinierendes blau-weißes Leuchten ausging. Später sollte sich herausstellen, dass diese Strahlung ein sehr breites Spektrum besaß, das von niedrigfrequenten Radio- und Mikrowellen bis zu hochfrequenten Ultraviolett- und Röntgenstrahlen reichte. Seitdem ist bekannt, dass Elektronen,

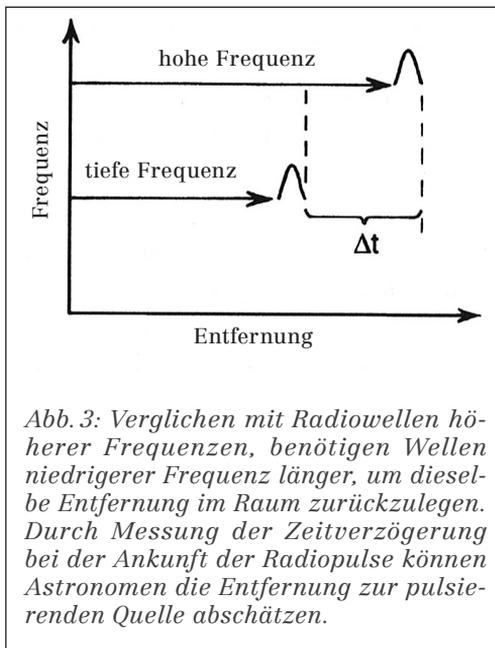


die sich mit nahezu Lichtgeschwindigkeit bewegen, diese Breitband-Strahlung emittieren, sobald sie magnetisch von ihrer normalerweise geradlinigen Trajektorie abgelenkt werden. Aufgrund ihrer hohen Geschwindigkeit geben sie diese Strahlung in Form eines schmalen, kegelförmigen Strahlbündels ab, das in Richtung ihrer Bewegung zeigt (Abb. 2).

Obwohl Synchrotronstrahlung erstmals im Labor entdeckt wurde, fand man später heraus, dass sie in der Natur recht häufig vorkommt. Typischerweise entdecken sie Radioastronomen, wo immer energiereiche kosmische Strahlenteilchen von Magnetfeldern abgelenkt werden: Sie wird von Teilchen aus Sonneneruptionen abgestrahlt, die im Van-Allen-Strahlungsgürtel der Erde eingefangen wurden, von Elektronen aus kosmischer Strahlung, die in Supernovaüberresten magnetisch eingeschlossen sind, und sie ist Teil der ungeheuer energiegeladenen kosmischen Strahlensalven, die von den leuchtkräftigen, quasarartigen Kernen explodierender Galaxien ausgestoßen werden.

Auch die gepulsten Radiosignale der Pulsare bestehen laut solcher Messungen aus Synchrotronstrahlung. Ja, im Grunde könnte man die in Abbildung 1 dargestellte Teilchenstrahl-Kommunikationseinrichtung bei korrekter Steuerung ihrer Modulator-Einheit sogar dazu bringen, einen Synchrotronstrahl zu erzeugen, der in einem bestimmten Rhythmus aufblitzt und somit dem Signal eines Pulsars ähneln würde. Gespeist aus einem mittelgroßen Kraftwerk, das Energie in einer Größenordnung von 10 bis 100 Megawatt liefert, könnte die Kommunikationseinrichtung ein Strahlensignal erzeugen, das dem eines Pulsars sogar über Entfernungen von tausenden Lichtjahren an Stärke in nichts nachstehen würde. Zusätzliche Einzelheiten zur möglichen Funktionsweise einer solchen Kommunikationseinrichtung werden in Kapitel 7 behandelt.

Vorausgesetzt also, dass es einer technisch fortgeschrittenen Zivilisation möglich ist, pulsarartige Breitbandsignale zu erzeugen, stellt sich noch die Frage: Welche Vorteile ergäben sich gegenüber der Transmission auf diskreten Frequenzen? Zum einen hätte ein Breitbandsignal bessere Chancen, von einem Radioteleskop aufgefangen zu werden. Solche Teleskope sind üblicherweise darauf ausgelegt, ein Gewirr von Radiosignalen über einen breiten Frequenzbereich empfangen zu können, wie es normalerweise von natürlich vorkommenden Radioquellen am Himmel abgestrahlt wird. Eine Radiostation, die auf einer einzigen Frequenz sendet, ginge im Hintergrundrauschen der tausenden Radiofrequenzen verloren, die empfangen werden. Andererseits wäre ein Breitbandsignal, dessen Intensität so eingestellt ist, dass sie all seine Frequenzen kohärent durchläuft, auffälliger und leichter aufzufangen und könnte zudem unabhängig davon entdeckt werden, welchen Bereich des Radiofrequenzspektrums ein Astronom zufällig gerade überwacht. Würde das Signal einer außerirdischen Intelligenz stattdessen auf einem einzigen Radiofrequenz-Kanal übertragen, müsste der Astronom schon eine Menge Glück haben, um unter Milliarden verfügbarer Kanäle gerade diesen Kanal eingestellt zu haben. Das käme dem Versuch gleich, eine Nadel in einem kosmischen Heuhaufen zu finden. Dieses Problem ließe sich zwar lösen, indem man Radioteleskope mit elektronischem Spezialzubehör nachrüstet, das Daten von Millionen diskreten Kanälen zugleich rasch verarbeiten kann – genau die Art der Signalverarbeitung also, die derzeit im SETI-Programm zum Einsatz kommt –, sie sind jedoch nicht das übliche Instrumentarium, mit der die beobachtende Astronomie den radioemittierenden Himmel untersucht.



*Abb. 3: Verglichen mit Radiowellen höherer Frequenzen, benötigen Wellen niedrigerer Frequenz länger, um dieselbe Entfernung im Raum zurückzulegen. Durch Messung der Zeitverzögerung bei der Ankunft der Radiopulse können Astronomen die Entfernung zur pulsierenden Quelle abschätzen.*

Die Transmission von Breitbandsignalen hat zudem den Vorteil, dass sie der Empfängerzivilisation eine Möglichkeit verschafft, die Entfernung des Senders abzuschätzen. Der interstellare Raum enthält ein dünnes Medium aus freien Elektronen, was dazu führt, dass niederfrequente Radiowellen sich geringfügig langsamer fortpflanzen als Wellen höherer Frequenz. Dieser Effekt entsteht aufgrund der Streuung der Radiowellen, nicht weil sich die Wellengeschwindigkeit über den Raum hinweg ändert. Die niederfrequenten Radiowellen eines Kommunikationspulses würden demnach

leicht hinter den hochfrequenten Wellen desselben Pulses zurückbleiben (siehe Abb. 3). Folglich könnten die Empfänger der gepulsten Nachricht die Entfernung des Senders einfach durch Messung dieser frequenzabhängigen Zeitverzögerung bestimmen. Eine Entfernungsmessung über solche Distanzen wäre nicht möglich, wenn die Sender-Zivilisation Signale auf nur einer Frequenz übertragen würde. All diese Überlegungen zeigen, dass manche der früher vorgebrachten Argumente, mit denen die Möglichkeit ausgeschlossen wurde, dass die Signale der Pulsare außerirdischen Ursprungs sind, so stichhaltig nicht sind.

Dennoch wurde bei der anfänglichen Suche nach intelligenten Signalen aus dem All von der Annahme ausgegangen, es handele sich bei ihnen um Transmissionen auf diskreten Frequenzen. Die erste Radioteleskop-Untersuchung dieser Art wurde in den Jahren 1959 und 1960 vom Astronomen Frank Drake durchgeführt. Dieses Projekt mit dem Namen OZMA nutzte die 26 Meter hohe Radioantenne im National Radio Astronomy Observatory in Green Bank, West Virginia, um nach Signalen von den beiden nächstgelegenen sonnenähnlichen Sternen, Tau Ceti und Epsilon Eridani, zu suchen. Da die Wissenschaftler davon ausgingen, die ETI-Signale würden auf diskreter Frequenz übertragen, stellten sie ihr Teleskop auf die Frequenz ein,

die sie für die wahrscheinlichste hielten: 1.420,405 MHz, die Wellenlänge der 21-cm-Linie, auf der Wasserstoffatome schwingen. Ihre Suche blieb jedoch ergebnislos.

Obwohl SETI-Enthusiasten in den darauffolgenden Jahren eine Vielzahl weiterer Untersuchungen durchführten, existierte zu jener Zeit kein organisiertes, wissenschaftlich anerkanntes Programm, das solche Aktivitäten finanziert hätte. Darüber hinaus war die wissenschaftliche Gemeinde in diesen Anfangsjahren gegenüber der Vorstellung, anderswo in der Galaxie könnten andere intelligente Wesen leben und womöglich sogar mit uns zu kommunizieren versuchen, weitaus weniger aufgeschlossen als heute.

Erst 1984 erbrachten Astronomen zum ersten Mal unwiderlegbare empirische Beweise dafür, dass auch um andere Sterne Sonnensysteme existierten. Es überrascht daher nicht, dass Hewish und seine Astronomengruppe aus Cambridge damals, im Jahr 1967, letztlich von ihrer ETI-Interpretation der Pulsare Abstand genommen hatten.

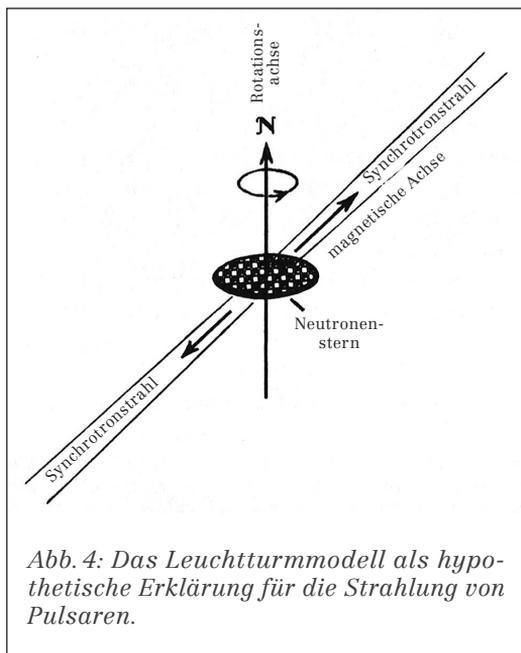
Die Bekanntgabe ihrer Forschungsergebnisse sorgte für erheblichen Aufruhr in der astronomischen Gemeinde, da damals keine anderen natürlichen Quellen derart präzise getimter Pulse bekannt waren. Ihre Arbeit sollte bald als eine der bedeutendsten astronomischen Entdeckungen des Jahrzehnts betrachtet werden. Jocelyn Bell erfuhr beträchtliche Anerkennung durch die Presse, und die Doktoren Hewish und Ryle, Kodirektoren des Radioteleskop-Projekts der Universität Cambridge, teilten sich 1974 den Nobelpreis für Physik.

Kurz nachdem die Ergebnisse der Pulsar-Forschung von Cambridge veröffentlicht worden waren, begannen andere Astronomen mit eigenen Untersuchungen. Infolgedessen stieg die Anzahl der bekannten Pulsare bis Mitte der 1970er Jahre auf 50; bis 1975 zählte man 147 Pulsare; 330 bis zum Jahr 1981; 550 bis 1992; 706 bis 1997; und bis Ende 2005 waren mehr als 1.530 entdeckt worden. Allein im Jahr 1968 wurden gut 140 wissenschaftliche Abhandlungen über Pulsare veröffentlicht, und in den nächsten Jahren sollten hunderte mehr folgen.

## Das Neutronenstern-Leuchtturmmodell

In den Monaten, nachdem Hewish und Bell ihre Entdeckung der Pulsare bekannt gegeben hatten, legten Wissenschaftler nicht weniger als 20 theoretische Modelle vor, die das Phänomen zu erklären versuchten. Die frühere

Idee, bei Pulsaren könne es sich um radial pulsierende Weiße Zwerge handeln, musste verworfen werden, nachdem man später im selben Jahr zwei ungewöhnliche Pulsare in den Supernovaüberresten in den Sternbildern Krebs und Segel des Schiffs entdeckt hatte. Beide weisen Perioden von weniger als einer Zehntelsekunde auf, viel zu kurz, um durch radial pulsierende Zwergsterne zufriedenstellend erklärt werden zu können.



Als Alternative einigten sich die Astronomen zuletzt auf das Neutronenstern-Leuchtturmodell, das im Juni des Jahres 1968 von Thomas Gold vorgeschlagen worden war.<sup>6</sup> Dieses Modell stellte sich einen Pulsar als eine extrem dichte, schnell rotierende Neutronenmasse – einen *Neutronenstern* – vor, der zwei entgegengesetzt ausgerichtete Synchrotronstrahlenbündel emittiert (siehe Abbildung 4). Bei jeder Umdrehung streift demnach einer bzw. beide dieser Strahlen die Erde und erzeugt einen kurzen Radiopuls.

Ein Neutronenstern bildet sich laut dieser Theorie, wenn die Fusionsreaktionen eines Sterns ausbrennen und die Masse des Sterns daraufhin in einem Gravitationskollaps in sich zusammenfällt. Diesem Druck folgt dann eine Supernova-Explosion, deren Kraft den stellaren Kern noch weiter komprimiert. Der Theorie nach ist das Ergebnis ein so dichter Materiezustand, dass sämtliche Kernteilchen des Sterns in Neutronen umgewandelt und auf eine Dichte zusammengedrängt werden, wie sie in einem Atomkern vorherrscht. Der stellare Kern, der ursprünglich die 1,2- bis 3-fache Masse der Sonne sowie einen erdähnlichen Durchmesser besaß, wird auf eine Größe von nur eins bis dreißig Kilometer komprimiert. Auf

<sup>6</sup> Gold, Thomas: „Rotating neutron stars as the origin of pulsating radio sources“ in *Nature*, 1968, 218:731f.

der Erdoberfläche würde ein Kubikzentimeter dieser Substanz zwischen 25 Millionen und einer Billion Tonnen wiegen!

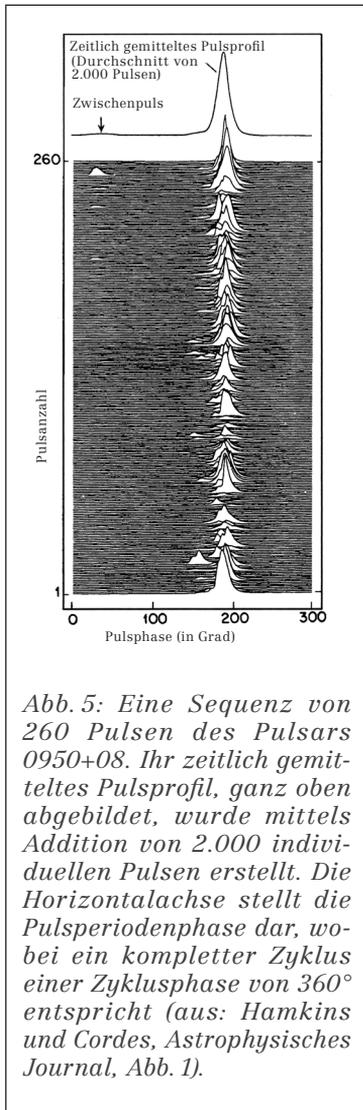
Das Konzept des Neutronensterns wurde erstmals in den 1930er Jahren angeregt. Doch jahrzehntelang waren sich die Astrophysiker nicht sicher, ob sie an die Existenz eines derartigen Naturphänomens wirklich glauben sollten. Erst mit Entdeckung der Pulsare begannen sie, das Konzept ernsthaft in Betracht zu ziehen, da kein bekanntes natürliches Objekt Pulsarsignale zu erklären vermochte. Ihr dementsprechender Versuch mündete in die Theorie, dass Neutronensterne sich sehr schnell um die eigene Achse drehen – von einigen Umdrehungen pro Minute bis zu hunderten pro Sekunde –, wobei die resultierenden Zentrifugalkräfte den Stern zur Form eines Pfannkuchens auswälken.<sup>7</sup> Das Magnetfeld eines solchen Sterns wäre damit dann billionenfach stärker als das der Erde und auf irgendeine Weise in die Materie des Neutronensterns „eingefroren“; zudem stünde es typischerweise in einem Winkel zur Rotationsachse des Sterns.

Weiterhin geht die Theorie davon aus, dass der Neutronenstern infolge seiner gewaltsamen Geburt sehr heiß wird und aufgrund seiner hohen Temperatur einen Schwall energiereicher Elektronen und anderer kosmischer Strahlenteilchen abgibt. Diese sollen in Form zweier einander entgegengesetzter, bleistiftförmiger Strahlen von beiden magnetischen Polen des Sterns ausgestoßen werden. Eine Theorie besagt, das Magnetfeld des Sterns verringere die Geschwindigkeit dieser hinausstürzenden Elektronen und bewirke damit, dass sie zwei kollimierte Strahlen aus Synchrotronstrahlung emittieren – dieselbe Art Strahlung, die von unserer hypothetischen Teilchenstrahl-Kommunikationseinrichtung erzeugt wird. Da man von den Strahlen annahm, sie seien in einem Winkel zur Rotationsachse des Sterns ausgerichtet, würden sie mit jeder Umdrehung des Sterns durch den Weltraum streichen, ähnlich wie das rotierende Leuchtfeuer eines Leuchtturms. Sobald die Erde zufällig in die Bahn eines oder in manchen Fällen beider dieser Strahlen geriete, könnte man beobachten, wie sie mit der Präzision eines Uhrwerks aufblitzen und dabei eine Reihe von Pulsen mit gleichmäßigen Abständen erzeugen.

Beim Neutronenstern-Leuchtturmmodell besteht jedoch ein grundlegendes Problem: Während das Modell prognostiziert, dass die individuellen Radiosignale eines Pulsars in regelmäßigen Abständen erfolgen, *hat sich jedoch herausgestellt, dass die Pulse in unterschiedlichen Zeitabständen*

---

7 Misner, C.; Thorne, K. und Wheeler, J.A.: „Gravitation“ (San Francisco: Freeman & Co., 1973), S. 628



*eintreffen*. Ein typisches Beispiel für diese Abweichungen im Timing der Pulse ist in Abbildung 5 zu sehen, wo eine Abfolge von Pulsen des Pulsars PSR 0950+08 grafisch dargestellt ist. Jede Kurve auf der Horizontalachse stellt das über einen einzigen Pulszyklus empfangene Signal dar, wobei zum Vergleich 260 dieser Zyklen übereinander angeordnet sind. Die höckerartigen Pulse zeigen das Ansteigen und Abfallen der Signalamplitude, die normalerweise etwa neun Millisekunden dauert und damit 3,5 Prozent der etwa 0,253 Sekunden dauernden Pulsperiode des Pulsars entspricht. Man beachte, dass die aufeinanderfolgenden Pulse nicht in genau derselben Phase im Pulszyklus auftreten. Stattdessen scheint ihr Timing eher zufällig zu schwanken, und nicht jeder Puls weist dieselbe Amplitudenhöhe auf wie sein Vorgänger.

Eine präzise Regelmäßigkeit ergibt sich nur dann, wenn der Durchschnitt aus vielen Pulsen in einem *zeitlich gemittelten Pulsprofil* errechnet wird, wie in der obersten Kurve von Abbildung 5 zu sehen ist. Diese Kurve wurde aus 2.000 aufeinanderfolgenden Pulszyklen ermittelt.<sup>8</sup> Die Astronomen haben festgestellt, dass die Form dieser Pulskontur überraschend konstant bleibt und praktisch identisch ist mit einem zeitlich gemittelten Profil, in dem Daten zusammengefasst sind, die einige Tage, Monate oder sogar Jahre später ermittelt wurden. Zudem ist, anders als bei den individuellen Pulsen, das Timing bei diesem gemittelten Pulsprofil ex-

mate oder sogar Jahre später ermittelt wurden. Zudem ist, anders als bei den individuellen Pulsen, das Timing bei diesem gemittelten Pulsprofil ex-

8 Pulsar-Astronomen bezeichnen die individuellen Pulse eines Pulsars mittlerweile als Subpulse. Für das zeitlich gemittelte Pulsprofil hat sich der Begriff des integrierten Pulsprofils durchgesetzt. Da diese Terminologie manche Leser verwirren könnte, werde ich bei Bezugnahme auf diese Konzepte auch weiterhin die Begriffe Puls sowie zeitlich gemittelttes Pulsprofil verwenden.

trem präzise; die Profilkurve steigt stets zu einem „festgesetzten“ Zeitpunkt an. Wenn Astronomen also von der extremen Präzision der Periode eines Pulsars sprechen, meinen sie damit eher die Zeitintervalle im zeitlich gemittelten Profil als die Frequenz des individuellen Pulses.

In Abbildung 6 sind zeitlich gemittelte Pulsprofile für mehrere Pulsare zu sehen. Darin dominiert in den meisten Fällen eine einzige Spitze, jedoch enthalten einige der umfangreicheren Profile mehrere Spitzen bzw. Komponenten. Die Pulsprofile umfassen im allgemeinen 1 bis 20 Prozent der gesamten Pulsperiode, in manchen Fällen erstrecken sie sich jedoch über den gesamten Pulszyklus des Pulsars.

Als Pulsare entdeckt wurden, hatten die Radioastronomen die Schwankungen zwischen den individuellen Pulsen noch nicht erkannt. Ihre Radioteleskope waren lediglich

darauf eingestellt, den Mittelwert aus vielen Pulsen zu errechnen, üblicherweise aus fünf Minuten Datenmaterial. Demzufolge konnten sie nur das zeitlich gemittelte Profil untersuchen, das zufälligerweise höchst präzise getimt war. Für Pulsar-Theoretiker war daher die Annahme nur natürlich, dass die individuellen Radiopulse, die in der Datenausgabe gemittelt worden waren, ähnlich präzise abgestimmt seien. Im Kontext ebendieser Annahme, dass *jeder individuelle Puls präzise getimt sei*, entstand das Neutronenstern-Leuchtturmmodell mit seinem Synchrotronstrahl, der mit der Regelmäßigkeit eines Uhrwerks rotierte.

Nur wenige Monate, nachdem Gold seine Abhandlung über das Neutronenstern-Leuchtturmmodell veröffentlicht hatte, begannen Forscher allerdings zu entdecken, dass die Zeiträume zwischen den Pulsen beträchtlich schwankten. Dies musste vorwiegend auf den Pulsar zurückzuführen

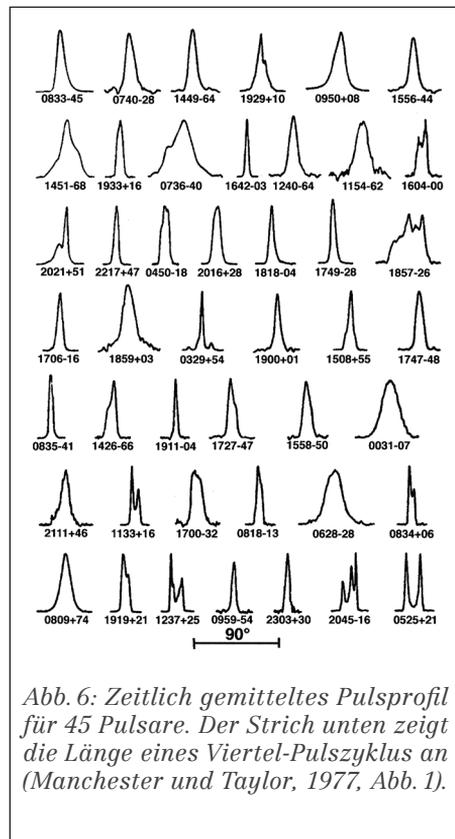


Abb. 6: Zeitlich gemitteltes Pulsprofil für 45 Pulsare. Der Strich unten zeigt die Länge eines Viertel-Pulszyklus an (Manchester und Taylor, 1977, Abb. 1).

sein und nicht auf die interstellare Streuung der emittierten Radiowellen während ihrer Reise zur Erde.<sup>9</sup> Dies bedeutete, dass das grundlegende Leuchtturmmodell radikal überarbeitet werden musste, sodass es *Pulse mit unregelmäßigen Zeitintervallen* erbrachte. Diese Unregelmäßigkeit im Timing der Pulse könnte durch eine Torkelbewegung des Strahlenbündels des Neutronensterns hervorgerufen werden, während es durch den Weltraum streicht. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass der kosmische Elektronenstrahl eine uneinheitliche Substruktur aufweist, sodass seine kosmischen Strahlen in örtlich konzentrierte Elektronenkaskaden bzw. -funken gebündelt und dann innerhalb des Strahlungskegels in unterschiedliche Richtungen ausgestoßen werden.

Wenn jedoch die Intervalle zwischen den Pulsen auf diese Weise variieren sollten, wäre zu erwarten, dass ein aus vielen Pulsen ermittelter Durchschnittswert ein Profil ergäbe, dessen Umriss und Timing sich von einem Pulsserien-Durchschnitt zum anderen willkürlich ändert. Dass das zeitlich gemittelte Pulsprofil ganz im Gegenteil für sehr konstant befunden worden war, zeigte allerdings, dass das Leuchtturmmodell weiterer Überarbeitung bedurfte. Wenn das Leuchtfeuer das All durchkämmte, müssten demnach seine Elektronenfunken aus kosmischer Strahlung dergestalt hin- und herflackern, dass die über mehrere Zyklen beobachtete Pulssequenz ein zeitlich gemitteltes Pulsprofil „zeichnet“, das präzises Timing und eine höchst strukturierte Form aufweist. Dies wäre damit erklärbar, dass die Funken des Neutronensterns eine Art Magnetfeld-„Maske“ passieren, die gemeinsam mit dem Elektronenstrahl rotiert. Diese Maske müsste eine Winkelbreite und Kontur ähnlich dem resultierenden zeitlich gemittelten Pulsprofil aufweisen und die Funken dahingehend beeinflussen, dass die Gesamtsumme ihrer „Pinselstriche“ bei ihrer Vorwärts- und Rückwärtsbewegung die Kontur der Maske nachzeichnet. Sobald die Serien von Synchrotronstrahlungspulsen addiert würden, ergäben sie demzufolge ein schwankungsfreies zeitlich gemitteltes Pulsprofil, das der Form dieser Maske entspricht. Doch müssten Pulsartheoretiker dann immer noch erklären, weshalb diese postulierte Magnetfeld-Maske die ganze Zeit über konstant

---

9 Im Laufe ihrer langen Reise können die Radiowellen des Pulsar-Signals durch interstellare Elektronenwolken von ihrer geradlinigen Flugbahn zur Erde abgelenkt werden. Dieser Effekt ist bei sehr niedrigen Radiofrequenzen besonders ausgeprägt und kann dazu führen, dass das Signal eines Pulsars sich verstärkt und wieder abschwächt, ganz wie das Funkeln eines Sterns. Die meisten Pulsar-Beobachtungen werden jedoch auf höheren Frequenzen durchgeführt, wo diese streuungsbedingten Schwankungen minimal sind. Auf diesen höheren Frequenzen werden die Schwankungen zwischen den einzelnen Pulsen vorwiegend von den Pulsaren selbst verursacht.

bleibt, während der Neutronenstern und sein kosmisches Strahlenbündel sich so schnell um die eigene Achse drehen und in verschiedene Richtungen Funken sprühen. Der gesunde Menschenverstand sagt uns, dass das energiereiche kosmische Strahlenbündel die auferlegte Maske stattdessen – wie ein Wind, der eine Flamme ausbläst – „sprengen“ und dementsprechend ein völlig unregelmäßiges zeitlich gemitteltes Pulsprofil hervorbringen müsste.

Zusammenfassend bietet das Leuchtturmmodell also eine ziemlich enttäuschende Erklärung für selbst die elementarsten Eigenschaften von Pulsarsignalen. Die Schwächen des Modells werden sogar noch offensichtlicher, wenn man die verschiedenen anderen Kategorien berücksichtigt, die Pulsarsignale kennzeichnen. Einige davon wurden in Anhang B zusammengefasst. Ein Beispiel wäre das Phänomen der „Pulsdrift“. Bei bestimmten Pulsaren wird von jedem Puls in einer Folge beobachtet, dass er etwas früher eintrifft als der vorausgegangene Puls. Dadurch entsteht der Eindruck, dass die Pulse mit sehr gleichmäßiger Geschwindigkeit rückwärts laufen und über die Kontur ihres zeitlich gemittelten Pulsprofils hinwegstreichen. Um dieses Verhalten zu erklären, müsste man dem Leuchtturmmodell noch einen weiteren Grad der Komplexität hinzufügen. Sein rotierendes kosmisches Strahlenbündel könnte nun nicht mehr unkontrolliert in verschiedene Richtungen funken. Es müsste vielmehr Funken bilden, die die gleichzeitig rotierende Magnetfeld-Maske mit großer Regelmäßigkeit überstreichen. Aufgrund der Beobachtungen an bestimmten anderen Pulsaren müsste dieses Pulsdrift-Modell weiter überarbeitet werden, um das abrupte Umspringen von einer Driftgeschwindigkeit zur anderen und dann weiter zur nächsten zu erklären, als würde das Driften von rudimentären Gesetzen der Logik gesteuert. *Die Komplexität der Pulsarsignale übersteigt bei Weitem diejenige irgendeines anderen bekannten astronomischen Phänomens.* Selbst wenn man das Leuchtturmmodell bis zu absurder Komplexität weiterentwickelt, bleibt es noch immer eine zufriedenstellende Erklärung für das Verhalten der Pulsare schuldig. Heute sind sich Pulsar-Theoretiker dieser Schwäche allerdings weitgehend bewusst.

## ETI-Leuchtfener?

Selbst nachdem sich die astronomische Gemeinde auf das Leuchtturmmodell geeinigt hatte, erwägten manche Astronomen noch immer die Möglichkeit, dass es sich zumindest bei manchen Pulsaren um ETI-Leucht-

feuer handeln könnte. Derartige Spekulationen kamen beispielsweise im Jahr 1974 auf, anlässlich der Entdeckung von PSR 1513-29, einem Pulsar mit sehr konstanter Pulsfrequenz. Der am SETI-Projekt beteiligte Pulsar-Astronom und Pionier Frank Drake war einer derjenigen, die eine mögliche extraterrestrische Herkunft dieses Pulsars nahelegten. Dr. Drake ist unter anderem dafür bekannt, dass er das Projekt OZMA ins Leben gerufen sowie eine Gleichung entwickelt hat, mit der die hohe Wahrscheinlichkeit der Existenz intelligenter Zivilisationen anderswo in der Galaxie berechnet werden kann. Zu diesem Pulsar bemerkte er:

Alle anderen Pulsare Spin-reduzieren ihre Rotation – sie verlangsamten sich also, wenn Sie so wollen. Bei diesem Pulsar können wir keine Reduktion feststellen, was ihn zu etwas völlig anderem macht. Andererseits könnte auch eine intelligente Zivilisation dahinterstecken, die mit anderen Welten zu kommunizieren versucht. Denn – und das sagen alle – so würde man sich zu erkennen geben. Man tut etwas, das in der Natur nicht machbar ist. Man stellt die Pulsfrequenz eines nahegelegenen Pulsars ganz exakt ein, sodass sie Jahr um Jahr nicht die geringste Abweichung zeigt.<sup>10</sup>

Beobachtungen in den folgenden Jahren zeigten, dass die Periode dieses Pulsars zwar an Geschwindigkeit verlor, aber um mehrere tausend Mal langsamer, als für die meisten Pulsare typisch ist. In dieser Hinsicht war der betreffende Pulsar keineswegs einzigartig; seitdem haben Astronomen nämlich mehr als ein Dutzend anderer Pulsare entdeckt, deren Tempo sogar noch langsamer zurückgeht. Pulsartheoretiker hielten wieder einmal am Leuchtturmmodell fest und ergänzten es um Sonderfälle, die ihrer Meinung nach solch ein ungewöhnlich langsames Abfallen der Rotationsgeschwindigkeit erklären konnten. Vielleicht aber sollten die Astrophysiker die ETI-Interpretation nicht ganz so schnell von der Hand weisen. Wenn extraterrestrische Zivilisationen tatsächlich mit uns zu kommunizieren versuchten und ihre Transmissionen durch etwas kenntlich machen wollten, „das in der Natur nicht machbar ist“, dann kämen Signale von Pulsaren diesem Kriterium gewiss am nächsten.

Die folgenden Kapitel unterbreiten Beweise dafür, dass Pulsare nicht zufällig am Himmel angeordnet sind – wobei sich besonders markante Leuchter an galaktischen Schlüsselpositionen befinden, die vom Standpunkt interstellarer Kommunikation bedeutende Bezugspunkte darstellen. Na-

---

<sup>10</sup> *Winnipeg Free Press*, 27. November 1974

türlich könnten diese scheinbar intelligenten Platzierungen an bestimmten Himmelspositionen als außergewöhnliche, wenn auch sehr seltene Erscheinung abgetan werden. Andere mögen sie stattdessen als Beweis für eine zugrundeliegende Intelligenz betrachten, die in der Natur am Werk ist. Wir werden in diesem Buch die alternative Theorie untersuchen, wonach es sich bei Pulsaren um künstliche Leuchtfeuer handelt, die von hochentwickelten extraterrestrischen Zivilisationen errichtet wurden.

Wenn jedoch Pulsare von intelligenten Wesen konstruiert worden sind, muss irgendwie erklärt werden, wie sie ihre Signale erzeugen. Es ist zu bezweifeln, dass ihre Signale (wie in Abb. 1 dargestellt) von Raumstation-Kommunikationseinrichtungen stammen, die im Weltall stationiert sind. Obwohl man derart riesige Synchrotron-Leuchtfeuer zur Erzeugung pulsarähnlicher Transmissionen konstruieren könnte, legen die Beobachtungen nahe, dass der Ursprung von Pulsarsignalen nahe der Oberfläche von *Körpern von der Größe eines Sterns* liegt.

Dass Pulsare recht massiv sind, wurde anhand von Beobachtungen an Pulsaren festgestellt, die von einem Begleitstern oder -planeten umkreist werden. Bei derartigen *Doppelpulsaren* lässt die Gravitationskraft des Begleiters den Pulsar einen kleinen Orbit im Himmel beschreiben. Dies verursacht eine sinusförmige Abweichung in seiner Pulsperiode.

Durch Analyse dieser zyklischen Schwankungen und unter Berücksichtigung von Beobachtungen am optisch sichtbaren Begleitstern des Pulsars gelangten die Astronomen zu der Überzeugung, dass es sich bei Doppelpulsaren um relativ große Himmelskörper handelt. Ihre Masse ist mit derjenigen unserer Sonne vergleichbar. Wenn wir nun annehmen, dass hunderte von alleinstehenden Pulsaren am Himmel sich von diesen Doppelpulsaren kaum unterscheiden, können wir daraus nur schließen, dass alle Pulsarsignale von ebensolchen Objekten mit recht großer Masse herrühren.

Bedeutet das aber, dass wir die Auffassung, bei Pulsaren könnte es sich um ETI-Kommunikations-Leuchtfeuer handeln, ausschließen müssen? Die Antwort ist nein.

Wir könnten uns beispielsweise eine wissenschaftlich fortgeschrittene Zivilisation denken, die einen heißen stellaren Kern ausfindig macht und den austretenden Elektronenwind aus kosmischer Strahlung zu Kommunikationszwecken nutzt. Mit anderen Worten: Die in Abbildung 1 dargestellte Elektronenbeschleuniger-Komponente würde durch eine natürlich vorhandene stellare kosmische Strahlungsquelle ersetzt. Durch Einsatz von Hochtechnologie der in Kapitel 8 beschriebenen Art könnte man unweit der

Sternoberfläche Magnetfelder künstlich erzeugen. Diese wiederum würden die vom Stern abgegebenen kosmischen Strahlungselektronen verlangsamen und sie so dazu bringen, einen oder mehrere Strahlen aus Synchrotronstrahlung zu bilden (Abb. 7). Durch Modulation dieser Felder könnten Synchrotronpulse ausgelöst werden, die denen von Pulsaren ähneln. Wie bei der Teilchenstrahl-Kommunikationseinrichtung wären diese Strahlen stationär sowie exakt auf entfernte Positionen gerichtet. Je nach Grad ihrer Divergenz könnte der Strahlendurchmesser am fernen Zielort vom Umfang eines typischen Sonnensystems (der hundertfache Durchmesser der Erdumlaufbahn) bis zu etwa 100 Lichtjahren reichen, womit er viele Sternensysteme umfassen würde.

Bei diesen als Kommunikations-Leuchtfener genutzten kosmischen Strahlungsquellen muss es sich nicht notwendigerweise um Neutronensterne handeln; auch Himmelskörper von einem größeren Durchmesser, wie Weiße Zwerge oder Röntgensterne, kämen dafür in Frage. Es ist bekannt, dass solche heißen stellaren Kerne, die ein normales Spätstadium in der Entwicklung eines Sterns darstellen, üblicherweise ausgiebige Mengen kosmischer Strahlungselektronen emittieren. Ihr Durchmesser ist größer als der von Neutronensternen (bis 20.000km anstatt 1 bis 20km), und ihre Dichte ist um etwa ein Millionenfaches geringer. Ihr Inneres besteht aus dicht komprimierten Atomen anstatt dicht komprimierten Neutronen. Wie

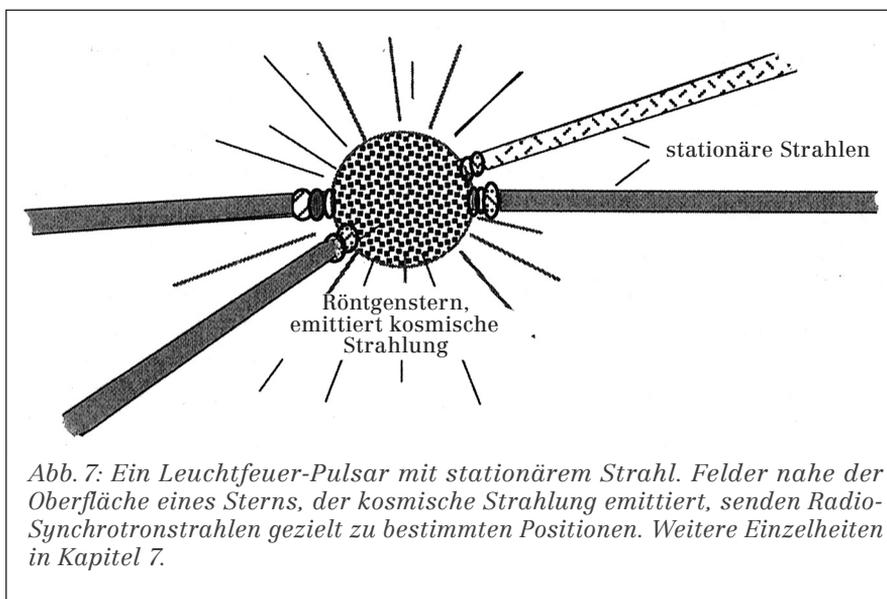


Abb. 7: Ein Leuchtfener-Pulsar mit stationärem Strahl. Felder nahe der Oberfläche eines Sterns, der kosmische Strahlung emittiert, senden Radio-Synchrotronstrahlen gezielt zu bestimmten Positionen. Weitere Einzelheiten in Kapitel 7.

zuvor erwähnt, nahmen Astronomen bei der erstmaligen Entdeckung von Pulsaren an, dass ihre Strahlung von Weißen Zwergen verursacht werden könnte, die sich entweder schnell um die eigene Achse drehen oder radial pulsieren. Doch als man auf Pulsare mit kurzer Periode – wie den Crab-Pulsar oder den Vela-Pulsar – stieß, mussten die Theorien über die Weißen Zwerge fallengelassen werden, da diese Sterne aufgrund ihres relativ großen Umfangs nicht schnell genug rotieren bzw. radial oszillieren könnten, um derartig schnell zu pulsieren. Das hatte zur Folge, dass Pulsar-Astronomen das Neutronenstern-Modell als einzig plausible Alternative übernahmen.

Wenn jedoch Pulsarsignale ein Produkt extraterrestrischer Intelligenz sind und durch künstlich modulierte Magnetfelder anstelle der natürlichen mechanischen Bewegung des Sterns erzeugt werden, könnte ein heißer stellarer Kern von viel größerem Umfang ebensogut als kosmische Strahlungsquelle dienen. Die genannten mechanischen Begrenzungen würden in diesem Fall nicht länger gelten. Mehr zu diesem ETI-Strahlenmodell erfahren wir in Kapitel 7.

Als Nächstes wollen wir untersuchen, welche Eigenschaften neben dem präzisen Timing im zeitlich gemittelten Pulsprofil uns zu dem Schluss bringen könnten, dass es sich bei Pulsaren um Kommunikations-Leuchtfeuer handeln könnte, die von intelligenten Wesen betrieben werden.

2.

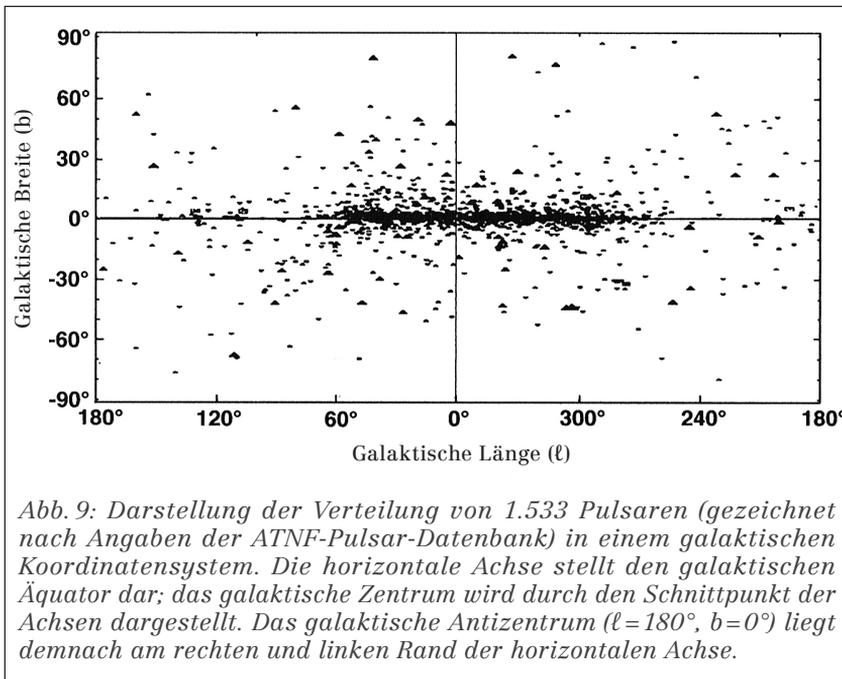
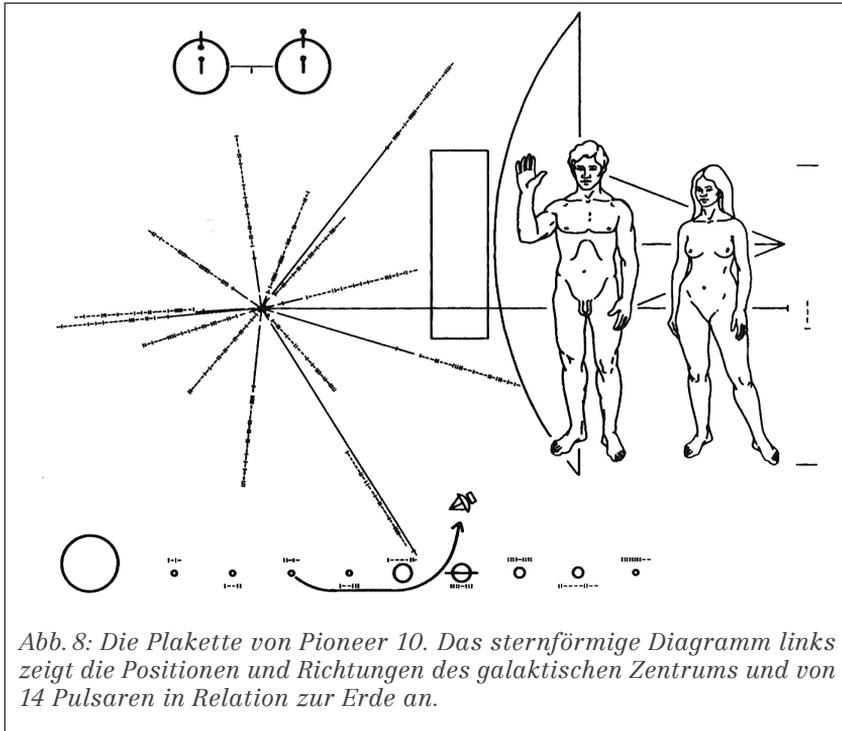
## **Eine galaktische Botschaft**

## Der 1-Radiant-Markierungspunkt

Wissenschaftler einer kommunizierenden galaktischen Zivilisation stehen vor dem Problem, dass ihre Botschaft notwendigerweise eine Sprachbarriere überwinden muss. Sie könnten dieses Problem lösen, indem sie die zu übermittelnde Nachricht in universalen Symbolen formulieren, die für jede hochentwickelte Kultur verständlich sind. Als gemeinsame Bezugspunkte, auf deren Grundlage eine sinnvolle Kommunikation entstehen könnte, wären etwa mathematische oder geometrische Relationen, Naturgesetze oder bedeutende astronomische Bezugspunkte geeignet.

Ein wichtiger Ort in unserer Galaxis, dessen Verwendung als Bezugspunkt einleuchtend wäre, ist das galaktische Zentrum – der Massenmittelpunkt, um den die Sterne der Milchstraße kreisen. Die zentrale Lage dieses einzigartigen Standorts würden wohl alle Zivilisationen in unserer Galaxis erkennen. Auch NASA-Wissenschaftler nahmen auf der Plakette, die 1972 an Bord der Raumsonde Pioneer 10 ins Weltall startete, auf das galaktische Zentrum Bezug. Man hoffte damals, dass irgendwo, weit außerhalb unseres Sonnensystems, eine weltraumfahrende außerirdische Zivilisation den Weg von Pioneer 10 kreuzen und die Botschaft auf der goldbeschichteten Aluminiumplakette entdecken würde, die außen an der Sonde befestigt war (siehe Abb. 8). Die lange horizontale Linie, die sich von der „Strahlenkranz“-Darstellung auf der Plakette nach rechts zieht, zeigt die relative Entfernung des Sonnensystems vom galaktischen Zentrum. Die binär verschlüsselten Linien, die sternförmig vom Zentrum des Strahlenkranzes ausgehen, stellen die Richtungen, relativen Entfernungen und Pulsperioden von 14 markanten Pulsaren dar. Man hegte die Hoffnung, dass eine extraterrestrische Zivilisation mit Hilfe dieser himmlischen Markierungspunkte den Ausgangspunkt des Raumfahrzeugs triangulieren und so unseren Planeten finden könnte. Wie ich auf den folgenden Seiten zeigen werde, sind die Pulsare, die auf dem Diagramm so nichtsahnend als Bezugspunkte angegeben werden, möglicherweise Teile eines ETI-Netzwerks aus Markierungsfunkfeuern, die uns ihrerseits eine Botschaft zukommen lassen wollen.

Um die mit Pioneer 10 gesandte Nachricht zu erhalten, müsste die Empfänger-Zivilisation die Sonde erst einmal abfangen und dann erkennen, dass die daran angebrachte Plakette eine Botschaft enthält. Nehmen wir aber einmal an, dass eine Zivilisation einen Kommunikationsversuch startet, indem sie Radiosignale durch den interstellaren Raum sendet. Wie würden Wesen, die auf eine solche Art kommunizieren, Bezug auf das galaktische

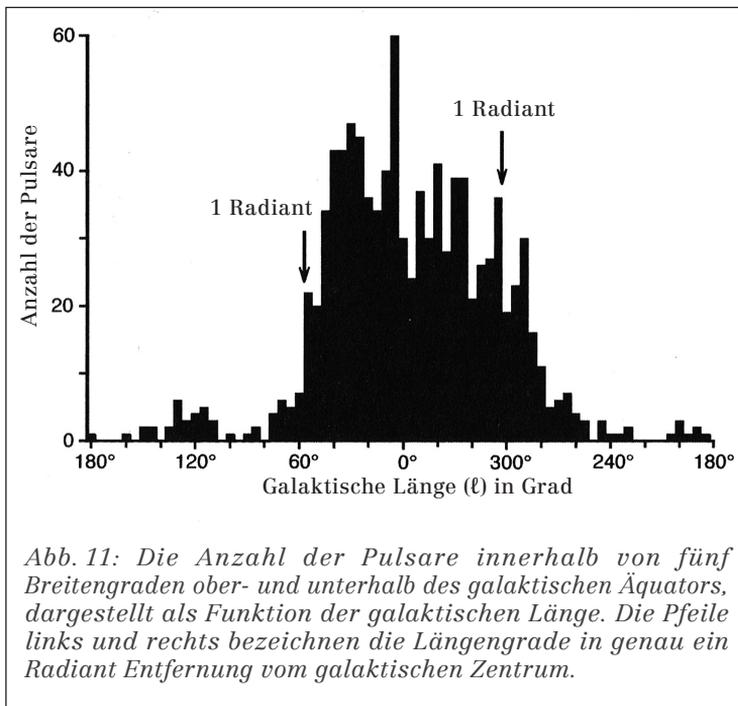
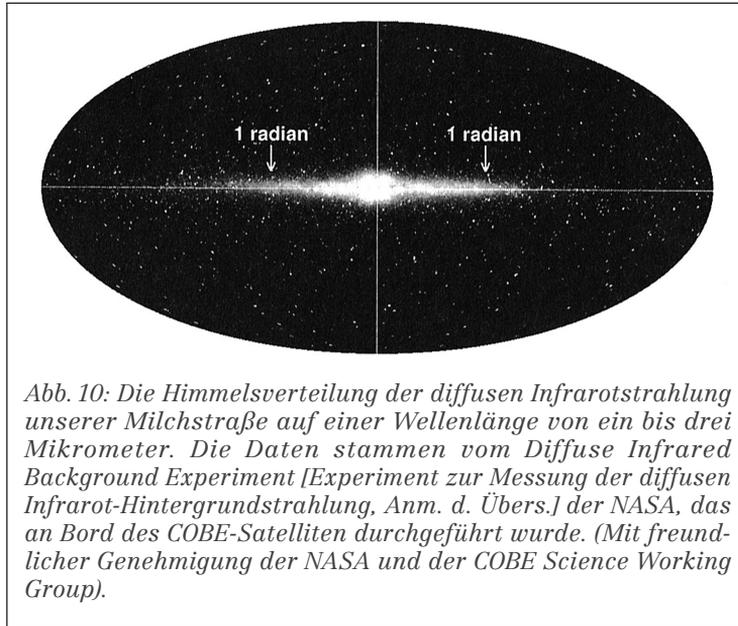


Zentrum nehmen, um sicherzustellen, dass man ihr Signal nicht für eine natürliche Radioquelle hält? Eine mögliche Methode bestünde darin, die Richtung des abgestrahlten Signals sehr sorgfältig auszuwählen. So würde die Empfänger-Zivilisation feststellen können, dass die Radiopulse von einer Quelle stammen, die in Relation zum galaktischen Zentrum eine eindeutig definierte Position einnimmt – eine Position mit einer bestimmten geometrischen Bedeutung, die für den Empfänger unschwer erkennbar wäre.

Tatsächlich weisen die Positionen bestimmter, sehr markanter Pulsare bei genauerer Betrachtung auf Orte hin, die in entscheidender Relation zum galaktischen Zentrum stehen. Auf Abbildung 9 sind die Himmelspositionen von 1.533 Pulsaren in einem galaktischen Koordinatensystem eingezeichnet. Die Koordinatenlinien zeigen galaktische Länge ( $\ell$ ) und Breite ( $b$ ) an, ganz ähnlich wie die Längen- und Breitengrade auf einer Weltkarte.<sup>1</sup> Die Scheibe unserer Spiralgalaxis erstreckt sich entlang des Äquators des Koordinatensystems, der galaktische Kern liegt genau in seinem Zentrum. Wie unsere Milchstraße als Edge-on-Galaxie [eine Galaxie mit hoher Schräglage, Anm. d. Übers.] mit ihrer Ausbuchtung in der Mitte in einem solchen System aussehen würde, wird anhand von Abbildung 10 deutlich, die die Verteilung der diffusen Infrarotstrahlung unserer Galaxis zeigt.

Die in Abbildung 9 eingezeichneten Pulsare neigen im Wesentlichen dazu, sich in der Nähe der galaktischen Ebene – also an der gedachten Mittellinie unserer Spiralgalaxis – zusammenzuscharen. Wenn wir unseren Blick aber mit zunehmendem galaktischen Längengrad nach links richten, so stellen wir fest, dass die Anzahl der Pulsare jenseits von  $\ell = 57 \pm 1^\circ$  jäh abnimmt. Noch deutlicher wird das, wenn wir unsere Pulsardaten in einem Säulendiagramm darstellen, wie man das in Abbildung 11 sieht.<sup>2</sup> Dabei bezeichnet die horizontale Achse die galaktische Länge, wobei der Kreisum-

- 
- 1 Der Längengrad null wurde sehr nahe am galaktischen Zentrum festgelegt, die galaktische Länge beschreibt von dort aus, unserer Sichtlinie von der Erde folgend, einen vollständigen Kreis von 360 Grad Richtung Norden gegen den Uhrzeigersinn, entlang des galaktischen Äquators – der Ebene, die von der Scheibe der Milchstraße mit ihren Spiralarmen geformt wird. Die galaktische Breite gibt den Winkel ober- oder unterhalb des galaktischen Äquators an; positive Winkel bezeichnen die Richtung zum galaktischen Nordpol im Sternbild Haar der Berenike, nördlich der Konstellation Jungfrau, negative Winkel die Richtung zum galaktischen Südpol im Sternbild Bildhauer. Als die Astronomen dieses Koordinatensystem ausarbeiteten, kannten sie die genaue Position des galaktischen Zentrums noch nicht. Aus diesem Grund weicht die Position des tatsächlichen galaktischen Zentrums ( $\ell = -0,0558^\circ$ ,  $b = -0,0462^\circ$ ) etwas vom Nullpunkt der galaktischen Koordinaten (0,0) ab.
  - 2 LaViolette, P.A.: „Evidence that radio pulsars may be artificial beacons of ETI origin“, Vortrag beim 195. Treffen der American Astronomical Society in Atlanta, Georgia, Januar 2000



fang der Galaxis ( $360^\circ$ ) in 72 Abschnitte zu je fünf Längengraden unterteilt wird. Auf der vertikalen Achse ist für jeden dieser Längenabschnitte die Anzahl der Pulsare eingezeichnet, die innerhalb von fünf Breitengraden ober- und unterhalb des galaktischen Äquators liegen. Die fünf Längengrade umfassenden Abschnitte haben ihren Ursprung nicht bei  $\ell=0^\circ$ , sondern bei  $\ell=357,24^\circ$ , weil sich so besser zeigen lässt, wie steil der Abfall jenseits von  $\ell=57\pm 1^\circ$  ist. Innerhalb des Breitengrad-Abschnitts von  $\pm 5^\circ$  sind hier 1.010 Pulsare dargestellt – ca. 66 Prozent einer Gesamtstichprobe von 1.533 Pulsaren.<sup>3,4</sup>

Die Grafik zeigt deutlich, dass jenseits des galaktischen Längengrads  $\ell=57,24^\circ$  nur noch dreimal so wenig Pulsare verzeichnet sind. Wenn wir die horizontale Achse in kleinere Abschnitte von je einem Längengrad unterteilen, stellen wir fest, dass dieser starke Rückgang bereits einen Grad vor diesem Punkt, nämlich bei etwa  $56^\circ$  beginnt. Dabei handelt es sich um ein reales Phänomen und nicht etwa um einen Fehler aufgrund eines Beobachtungsauswahleffekts. Das Arecibo-Radioteleskop, das auch sehr weit entfernte, schwach strahlende Pulsare aufspüren kann, hat den Himmel weitere neun Längengrade jenseits dieses deutlichen Populationsrückgangs durchmustert und nur mehr wenige Pulsare entdeckt. Zudem wurden die Beobachtungen dieser Himmelsregion durch das Arecibo-Teleskop von den Observatorien Green Bank und Jodrell Bank ergänzt, deren Teleskope weite Himmelsbereiche abdecken. Der steile Abfall von einer dichten zu einer ausgedünnten Pulsar-Population ist auch dann ersichtlich, wenn wir nur die am hellsten strahlenden (und daher am leichtesten aufzuspürenden) Pulsare in die Grafik einzeichnen – oder wenn wir den Breitengrad-Abschnitt auf  $\pm 10^\circ$  vom galaktischen Äquator erhöhen.

Der Rückgang in dieser Längengrad-Region kann unmöglich auf eine Abnahme der Pulsar-Population außerhalb eines der Spiralarme der Milchstraße zurückgeführt werden, da es keinen Spiralarm gibt, der sich in Richtung ein Radiant erstreckt; die Spiralarme durchschneiden diese Richtung

---

3 Die meisten dieser Radioquellen wurden bei Pulsarsuchen auf einer Radiofrequenz von 400MHz aufgespürt, ein Teil wurde aber auch im Frequenzbereich zwischen 1.400 und 1.500MHz entdeckt. Der hier grafisch dargestellte Datensatz enthält die Resultate der Hochfrequenz-Parkes-Studie von 1992, die einen Bereich von  $-90^\circ \leq \ell \leq 20^\circ$  und  $|b| \leq 4^\circ$  abdeckte, sowie die Resultate der Jodrell-Bank-Studie von 1992, die einen Bereich von  $-5^\circ \leq \ell \leq 110^\circ$  und  $|b| \leq 1^\circ$  umfasste. Diese „Durchmusterungen“ des Himmels weisen eine höhere Empfindlichkeit auf als die Studien mit 400MHz, wobei die Jodrell-Bank-Studie jedoch nur ein Fünftel des in unserem Datensatz enthaltenen Breitengrad-Abschnitts beobachtete.

4 Die hier verwendeten Pulsar-Daten stammen von <ftp://pulsar.princeton.edu/pub/catalog>.



*Abb. 12: Das Radioteleskop in Arecibo, Puerto Rico, mit einem effektiven Durchmesser von 304,8 Metern. Das Arecibo-Observatorium ist Teil des National Astronomy and Ionosphere Center, das von der Cornell University in Kooperation mit der amerikanischen National Science Foundation betrieben wird. (Fotoabdruck mit freundlicher Genehmigung von David Parker, 1997/Science Photo Library)*

vielmehr schräg. Der plötzliche Abfall kann auch nichts mit dem Molekül-Gasring zu tun haben, der den Kern unserer Galaxis in einer Entfernung von etwa 14.000 Lichtjahren umschreibt. Aus unserer Sicht erreicht die optische Dicke dieses Rings ihr Maximum bei ca.  $\ell = 30^\circ$  bis  $40^\circ$  und nimmt dann allmählich ab, bis sie bei  $\ell = 52^\circ$  ihr Minimum erreicht. Entständen Pulsare aus Sternen, die sich in diesem Ring gebildet haben, dann müsste die Pulsardichte bereits einige Längengrade vor dem 1-Radiant-Rand abnehmen.

Nach dem Leuchtturmmodell wären Pulsare rotierende Neutronensterne, die sich auf natürlichem Wege nach Supernova-Explosionen gebildet haben. Diesem Modell zufolge müssten Pulsare in der Galaxis aber ähnlich

verteilt sein wie Supernovaüberreste.<sup>5</sup> Diese Sternleichen sind in der gesamten Scheibe der Milchstraße zu finden, wobei ihre Häufigkeit in Richtung auf das galaktische Zentrum hin zunimmt. Dies entspricht der Verteilung der relativ schweren Sterne der sogenannten Population I, die als Vorläufer von Supernovae gelten. Das Verteilungsprofil der Supernovaüberreste weist beim 1-Radian-Längengrad aber keinen vergleichbaren Abfall auf. Mit zunehmender Entfernung vom galaktischen Zentrum nimmt zwar auch die Häufigkeit dieser Überreste ab, doch in einer wesentlich flacheren Kurve, die ihr stärkstes Gefälle bei  $\ell = 30^\circ$  bis  $40^\circ$  erreicht.

Aus geometrischer Sicht ist die Position des starken Abfalls der Pulsar-Population in Bezug auf das galaktische Zentrum jedoch äußerst bemerkenswert. Sie befindet sich nämlich nahe dem Punkt am galaktischen Äquator, der in einem *Bogenmaß von einem Radiant vom galaktischen Zentrum entfernt* ist – siehe dazu auch den linken Pfeil in Abbildung 11.

Was ist nun ein Radiant und warum ist ausgerechnet dieser galaktische Längengrad so bedeutsam, wenn wir über extraterrestrische Kommunikation nachdenken? Der Radiant ist eine allgemeingültige Vorstellung aus der Geometrie. Fangen wir mit

einem Kreis an, wie wir ihn in Abbildung 13 sehen. Wenn wir am Kreisumfang eine Strecke markieren, die genauso lang ist wie der Radius des Kreises, dann ist der Winkel zwischen den Enden des abgesteckten Kreisbogens und dem Kreismittelpunkt *ein Radiant*. Für den vollen Kreisumfang ergeben sich  $2\pi$  Radiant. Daraus folgt, dass ein Radiant gleich 360 Grad dividiert durch  $2\pi$  ist – also etwa 57,2958 Grad. Dieser Winkel bleibt immer gleich, egal wie groß der Kreis ist.

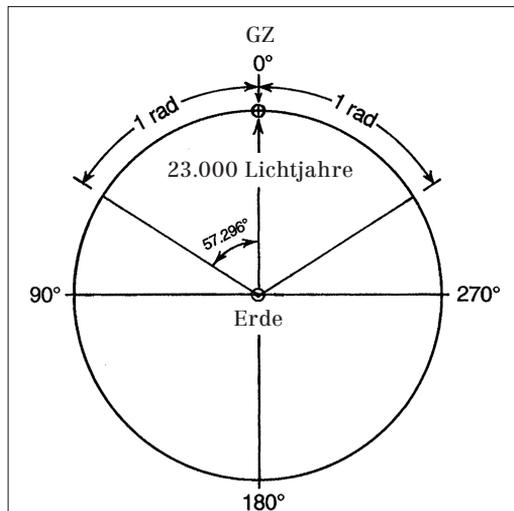


Abb. 13: Darstellung der 1-Radian-Markierungspunkte in Bezug auf das galaktische Zentrum (GZ), von der Erde aus gesehen.

5 Clark, D.H. und Caswell, J.L.: „A study of Galactic supernova remnants based on Moolglo-Parkes observational data“ in *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 1996, 174:267-305, Abb. 8

Die Berechnungsweise mit Radianten benutzt also den Radius eines Kreises als Maßstab zur Messung seiner Winkel. Sie eignet sich im Alltagsgebrauch zwar nicht besonders gut dazu, einen Kreis so zu unterteilen, dass sich das Ergebnis in natürlichen Zahlen ausdrücken lässt, hat aber den großen Vorteil, auf einer einfachen geometrischen Relation zu beruhen, die jeder galaktischen Zivilisation bekannt sein sollte. Und damit eignet sie sich perfekt für den Einsatz in der extraterrestrischen Kommunikation.

Auf der Erde haben wir uns auf das *Gradmaß* geeinigt, das einen Kreis in 360 gleiche Teile unterteilt – eine leicht teilbare Zahl, die auch ungefähr der Anzahl der Tage in unserem Sonnenjahr entspricht. Unsere Wissenschaftler und Techniker verwenden aber auch Radianten zur Winkelmessung. Daher würden wir wohl dieses Maßsystem wählen, um mit Außerirdischen zu kommunizieren, weil anzunehmen ist, dass es auch Wissenschaftlern anderer technisch fortgeschrittener galaktischer Zivilisationen, die unsere Signale empfangen können, bekannt ist.

Um zu sehen, wie sich der Radiant in galaktische Längengradmessungen umsetzen lässt, nehmen wir wieder unseren Beispielkreis. Stellen Sie sich vor, dass besagter Kreis einen Radius hat, der der Entfernung unseres Sonnensystems vom galaktischen Zentrum entspricht, und dass die Kreisebene auf der galaktischen Äquatorialebene liegt. Die Erde befindet sich im Kreismittelpunkt, das galaktische Zentrum (GZ) an einem Punkt der Kreislinie (siehe Abb. 13). Von diesem Punkt aus messen wir die galaktische Länge, und zwar gegen den Uhrzeigersinn. Da sich das galaktische Zentrum in Wahrheit auf einer Länge von  $\ell = -0,0558^\circ$  befindet, läge ein Punkt in ein Radiant Entfernung auf der nördlichen Himmelshalbkugel und einer Länge von  $\ell = 57,2400^\circ$  (also  $57,2958^\circ$  minus  $0,0558^\circ$ ). Der nördliche 1-Radiant-Bezugspunkt läge demnach im Umkreis der Sternbilder Pfeil und Fuchs, also sehr nahe an dem Punkt, wo die Pulsar-Population plötzlich so stark abnimmt. Ein zweiter 1-Radiant-Bezugspunkt findet sich beim galaktischen Äquator auf einer galaktischen Länge von  $\ell = 302,6484^\circ$ . Dieser Punkt liegt auf der südlichen Himmelshalbkugel, unweit des Sternbilds Kreuz des Südens.

Bei einem Winkel von ein Radiant ist der Kreisbogen genauso lang wie der Kreisradius. Auf das galaktische Koordinatensystem bezogen heißt das, dass der 1-Radiant-Bezugspunkt eine Bogenlänge anzeigen würde, die der Entfernung unseres Sonnensystems zum galaktischen Zentrum entspricht. Da die plötzliche Abnahme der Pulsar-Population am fernen Ende dieses 1-Radiant-Kreisbogens erfolgt, würde diese galaktische Metapher einen

Radialabstand von 23.000 Lichtjahren Länge symbolisieren, der vom galaktischen Zentrum ausgeht und bei der Erde endet.

### **Das 1-Radiant-Geometriegesetz**

Die Bogenlänge vom galaktischen Zentrum bis zu einem galaktischen 1-Radiant-Bezugspunkt entspricht der Entfernung zwischen galaktischem Zentrum und Erde.

Die Errichter des Pulsar-Netzwerks würden uns durch den deutlichen Hinweis auf diesen 1-Radiant-Bezugspunkt nicht nur die Information übermitteln, dass ihre Signale intelligenten Ursprungs sind – also von Wesen stammen, die die Geometrie des Kreises kennen –, sondern auch, dass die Urheber dieser Signale genau wissen, in welcher Richtung das galaktische Zentrum *von der Nachbarschaft unserer Sonne aus gesehen* liegt.

Viele werden jedoch nach weiteren Beweisen verlangen, bevor sie eine derart radikale Idee auch nur in Betracht ziehen; die abrupte Abnahme der Pulsar-Population in der Nähe eines bedeutsamen geometrischen Längengrads reicht da noch nicht aus. Hätte eine außerirdische Zivilisation diese wichtige galaktische Richtung wirklich für uns markieren wollen, dann hätte sie das wahrscheinlich auf eindeutigerer und aufsehenerregendere Art getan – auf eine Art, die viel präziser auf den besagten Längengrad hinweist. Und tatsächlich gibt es eine Himmelsmarkierung, die genau diese Anforderungen erfüllt. Es handelt sich um den markantesten Pulsar von allen: den Millisekunden-Pulsar.

## Der Millisekunden-Pulsar-Markierungspunkt

Von allen Pulsaren am Himmel ist einer besonders ungewöhnlich. Dieser Pulsar mit der Bezeichnung PSR 1937+21 (siehe Abb. 14) ist auch dem nördlichen 1-Radiant-Bezugspunkt am nächsten, der einen Winkel von genau ein Radiant zum galaktischen Zentrum markiert. Er liegt wirklich außerordentlich nahe an dieser Schlüsselposition, nämlich nur 0,4 Bogengrad entfernt! Seine galaktischen Koordinaten lauten  $\ell = 57,5089^\circ$  und  $b = -0,2896^\circ$ ; die Koordinaten des nördlichen 1-Radiant-Bezugspunkts unserer Galaxis lauten im Vergleich:  $\ell = 57,23995^\circ$  und  $b = 0^\circ$ . Projiziert man die galaktische

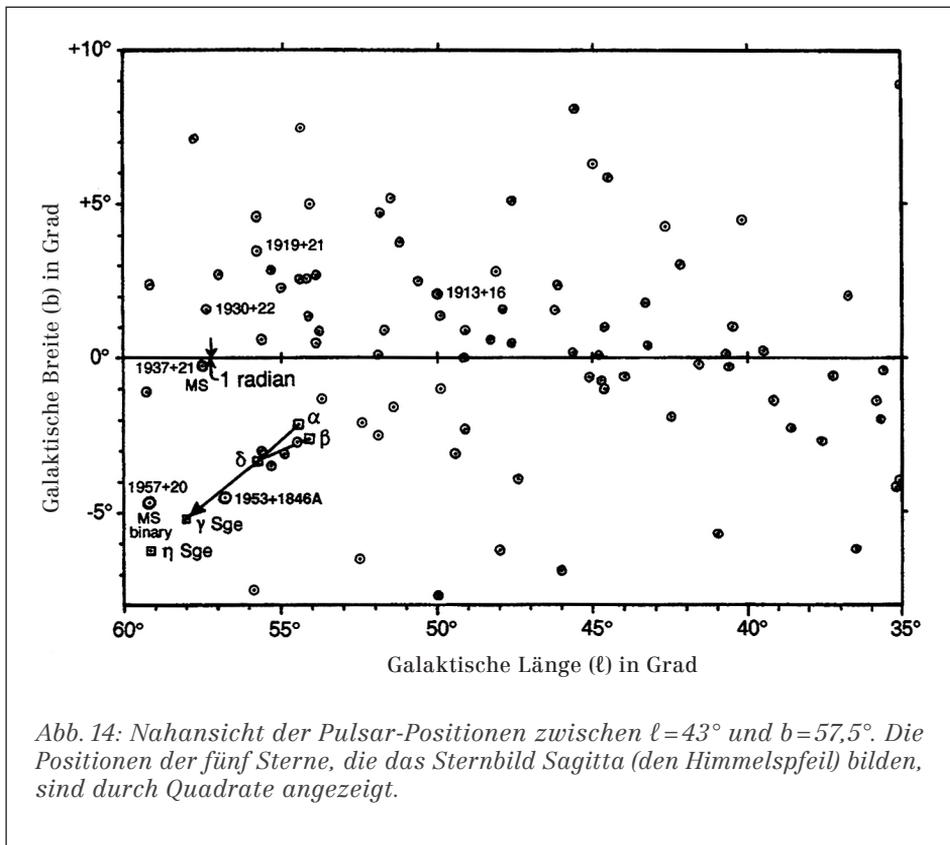


Abb. 14: Nahansicht der Pulsar-Positionen zwischen  $\ell=43^\circ$  und  $b=57,5^\circ$ . Die Positionen der fünf Sterne, die das Sternbild Sagitta (den Himmelspfeil) bilden, sind durch Quadrate angezeigt.

Längenkoordinate dieses Pulsars auf den galaktischen Äquator, so weicht er nur 0,27 Grad von der 1-Radian-Länge ab – das ist ungefähr der halbe Durchmesser des Vollmonds.

Wenn die ETI-These zutrifft, so sollte man annehmen, dass die Zivilisation, die diese Leuchtfener installiert hat, den am nächsten an einem der galaktischen 1-Radian-Längengrade gelegenen Pulsar mit besonderen Eigenschaften ausstatten würde. Und tatsächlich ist Pulsar PSR 1937+21 einer der auffälligsten aller bisher bekannten Pulsare. Es handelt sich nämlich um *den schnellsten Pulsar am Himmel*. Er blitzt etwa 642 Mal pro Sekunde auf und hat eine Pulsperiode von nur 1,5578064688197491 Tausendstelsekunden.<sup>6,7</sup> Könnte man seine Pulse hören, so würden sie als

6 „Newly discovered pulsar is 20 times faster than Crab pulsar“ in *Physics Today*, März 1983, S. 19-21

7 Backer, D. et al.: „A millisecond pulsar“ in *Nature*, 1982, 300:615-8

hohes E erklingen. Und er pulsiert nicht nur sehr schnell, sondern hat auch eine außergewöhnlich konstante Pulsperiode, die jedes Jahr um nur 3,3 Billionstelsekunden zunimmt. Da die Timing-Eigenschaften des Pulsars derzeit auf 17 signifikante Stellen bekannt sind, übertrifft dieses galaktische Leuchtfeuer *in seiner Ganggenauigkeit heute die besten Atomuhren*.

Die meisten Pulsare weisen eine sehr viel langsamere Pulsperiode zwischen Zehntelsekunden und ein paar Sekunden Dauer auf. Einige von ihnen pulsieren jedoch sehr schnell – so schnell, dass sie damit die Theorie von den rotierenden Neutronensternen stark in Frage stellen. Solche Pulsare, die Pulsperioden von weniger als zehn Millisekunden haben (also mehr als hundert Mal in der Sekunde pulsieren) nennt man „Millisekunden-Pulsare“. Bis zum jetzigen Zeitpunkt haben die Astronomen insgesamt 92 dieser Radioquellen entdeckt, und ihre Anzahl nimmt stetig zu.

Dank seines einzigartigen Status als „Haupt“-Millisekunden-Pulsar wird PSR 1937+21 offiziell als der Millisekunden-Pulsar bezeichnet. Er ist nicht nur der schnellste Pulsar, sondern besitzt auch noch einige andere besondere Eigenschaften. Im Frequenzbereich von Radiowellen ist er der „leuchtendste“ aller Millisekunden-Pulsare, da er 10 bis 100 Mal so viel Energie abstrahlt wie die anderen Pulsare dieser Kategorie. Er ist weiterhin der zweithellste Millisekunden-Pulsar am Himmel, obwohl er 11.700 Lichtjahre von der Erde entfernt liegt; der hellste Millisekunden-Pulsar befindet sich in einem Fünfundzwanzigstel dieser Entfernung und erscheint uns nur deshalb heller. Außerdem strahlt er im Einklang mit seinen Radiopulsen Lichtblitze ab, die mit optischen Teleskopen sichtbar sind. Solche Lichtblitze sind ein sehr seltenes Phänomen, das *bisher nur bei vier anderen Radiopulsaren beobachtet* wurde. Zwei dieser Radioquellen sind der Pulsar im Krebsnebel und der Vela-Pulsar, die beide Orte von Supernovaüberresten markieren (siehe Kapitel 5). Bei den beiden anderen handelt es sich um einen Pulsar im Sternbild Zwillinge und einen Pulsar außerhalb unserer Milchstraße, der sich 160.000 Lichtjahre weit weg in der Großen Magellanschen Wolke befindet. Unter den Millisekunden-Pulsaren ist jedoch PSR 1937+21 der einzige, der optische Pulse abstrahlt.

Der Millisekunden-Pulsar PSR 1937+21 ist ungewöhnlich, weil er *einer von nur zehn Pulsaren ist, die „Giant Pulses“ abstrahlen* – der Pulsar im Krebsnebel und der Vela-Pulsar gehören auch zu dieser Gruppe. Ein „Giant Pulse“ ist eine seltene Puls-Abart, deren Intensität die des durchschnittlichen Radiopulses um ein Vielfaches übertrifft. Beim Millisekunden-Pulsar ist etwa einer von 10.000 Pulsen mehr als 20 Mal stärker als normal, und

einer von 800.000 Pulsen – ca. alle 20 Minuten – ist 100 Mal stärker. Gelegentlich sendet der Pulsar sogar „Giant Pulses“ aus, die 1.000 Mal stärker sind als seine durchschnittliche Puls-Intensität. Wenn er einen so starken „Giant Pulse“ abstrahlt, ist der Millisekunden-Pulsar im Frequenzbereich von Radiowellen der hellste am ganzen Himmel und kann daher von Empfänger-Zivilisationen problemlos erkannt werden. Die besonderen Merkmale dieses Pulsars – nämlich die Abstrahlung von optischen Pulsen und „Giant Pulses“ – machen ihn zum geeigneten Markierungsfunkfeuer, das seine ungestüme Warnung 642 Mal pro Sekunde aufblitzen lässt, um unsere Aufmerksamkeit auf diese Schlüsselposition in ein Radiant Entfernung vom galaktischen Zentrum zu richten.

Der Millisekunden-Pulsar eignet sich auch deshalb als Markierungspunkt, weil er seine Himmelsposition kaum verändert. Dank ihrer räumlichen Bewegung ändern Pulsare ihre Position im Verhältnis zu weiter entfernten Sternen; die Astronomen nennen dieses Phänomen *Eigenbewegung*. Bislang wurde die Eigenbewegung von 233 Pulsaren gemessen, von denen der Millisekunden-Pulsar die geringste aufweist: Er verändert seine Position nur um  $0,8 \pm 2,0$  Bogensekunden in 1.000 Jahren.<sup>8</sup>

Zusammenfassend kann man daher sagen, dass der Millisekunden-Pulsar einige bemerkenswerte Eigenschaften aufweist, die ihn als Markierungsfunkfeuer geeignet erscheinen lassen: Er ist der am schnellsten pulsierende Pulsar; er strahlt optisch wahrnehmbare Pulse ab, die seine Entdeckung begünstigen; er ist der „leuchtendste“ aller bekannten Millisekunden-Pulsare; er strahlt in regelmäßigen Abständen besonders starke Pulse („Giant Pulses“) ab; sein zeitlich gemitteltes Pulsprofil weist eine äußerst hohe Regelmäßigkeit auf; und er hat eine sehr geringe Eigenbewegung.

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein beliebiger Pulsar sich innerhalb eines Winkels von 0,4 Grad vom 1-Radiant-Bezugspunkt befindet, beträgt etwa 1:14.300.<sup>9</sup> Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Pulsar optische Pulse abstrahlt, beträgt 5:1.533 (also ca. 1:300). Und die Wahrscheinlichkeit, dass ein Pulsar „Giant Pulses“ abstrahlt, liegt bei 10:1.533 (oder ca. 1:153). Selbst bei einer äußerst vorsichtigen Schätzung gelangen wir durch die Multiplikation dieser Wahrscheinlichkeiten zum Ergebnis, dass die Wahrscheinlichkeit

---

8 Hobbs, G. et al.: „A statistical study of 233 pulsar proper motions“ in *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2005, 360:974-92

9 Zur Berechnung wurde hier das Verhältnis einer Kreisfläche mit einem Radius von 0,4 Bogengrad zu einer Himmelsfläche von  $360^\circ$  mal  $20^\circ$  herangezogen – wenn man von der Annahme ausgeht, dass die meisten Pulsare innerhalb eines Winkels von  $\pm 10^\circ$  von der galaktischen Ebene liegen. Daraus ergibt sich:  $0,5 : 7.200 = 7 \times 10^{-5}$ .

eines so einzigartigen Pulsars wie des Millisekunden-Pulsars, alle diese Voraussetzungen zu erfüllen, etwa eins zu einer Milliarde beträgt! Die Wahrscheinlichkeit, dass die Natur dieses Arrangement getroffen hat, ist also verschwindend gering. Wenn wir uns zwischen einer zufälligen Platzierung an dieser galaktischen Schlüsselposition und einer absichtlichen Platzierung durch eine extraterrestrische Zivilisation entscheiden müssten, bietet sich die viel wahrscheinlichere ETI-Version als Erklärungsmöglichkeit geradezu an. Das bedeutet, dass eine ETI-Zivilisation dieses Leuchtfeuer zielsicher an der besagten Stelle eingerichtet haben könnte, um damit ein Bogenmaß von ein Radiant vom galaktischen Zentrum zu markieren, das aus unserer Betrachtungsperspektive augenfällig ist. So würden die Außerirdischen unsere Astronomen mit Hilfe der allgemeingültigen Sprache der Geometrie auf die nicht natürliche Herkunft der Signale aufmerksam machen.

Wenn dieser Pulsar – der sich, wie wir bereits wissen, sehr langsam über die Himmelsebene bewegt – uns aber tatsächlich den 1-Radiant-Bezugspunkt anzeigen soll, warum weicht er dann um 0,4 Grad von diesem Punkt ab? Konnten seine Schöpfer etwa keine besser positionierte Quelle kosmischer Strahlung finden? Im Gegenteil: Wie ich später noch erläutern werde, war diese Winkelabweichung nicht nur beabsichtigt, sondern man wollte uns auch ihre genaue Größe anzeigen.

An dieser Stelle sollte man festhalten, dass der nördliche 1-Radiant-Bezugspunkt in der Nähe des seit dem Altertum bekannten Sternbilds Sagitta liegt, das den Himmelspfeil symbolisiert. Die Pfeilspitze bildet der Stern Gamma Sagittae ( $\gamma$  Sge) mit einer Himmelsposition von  $\ell = 57,9661^\circ$ ,  $b = -5,2066^\circ$ . Dieser Stern liegt dem 1-Radiant-Markierungspunkt von allen sichtbaren Mitgliedern der Sternkonstellationen mit einer Längenabweichung von nur 0,73 Grad am nächsten. Es gibt überzeugende Beweise dafür, dass die antiken Astronomen, die das Sternbild Sagitta beschrieben, auch die Position des galaktischen Zentrums kannten und diesen 1-Radiant-Bezugspunkt bewusst mit einer Pfeilspitze markierten. Daraus folgt, dass Gamma Sagittae in den alten irdischen Überlieferungen über den Sternhimmel das Gegenstück zum Millisekunden-Pulsar bildet – und beide auf diese galaktische Schlüsselposition hinweisen.

Interessant ist auch der Vulpecula-Pulsar PSR 1930+22 (siehe Abb. 15). Er befindet sich im Sternbild Fuchs auf den Koordinaten  $\ell = 57,3453^\circ$ ,  $b = +1,5467^\circ$  und ist somit dem nördlichen 1-Radiant-Bezugspunkt der Galaxis *am zweitnächsten*. Zugleich ist er dem Längenmeridian, der durch

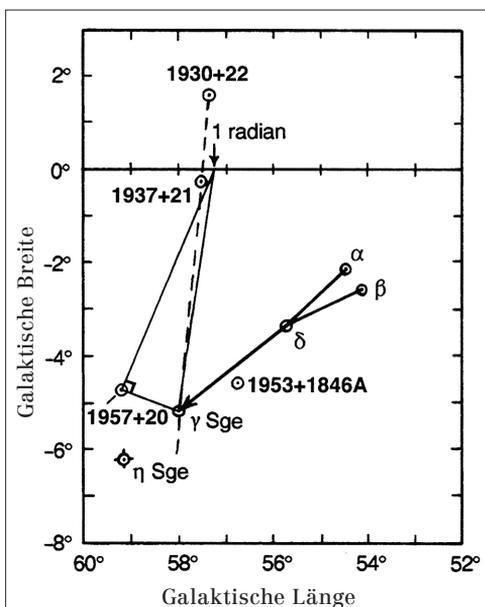


Abb. 15: Dieses Himmelsdiagramm zeigt die Positionen des Millisekunden-Pulsars (PSR 1937+21), des bedeckungsveränderlichen Millisekunden-Pulsars (PSR 1957+20), des Vulpecula-Pulsars (PSR 1930+22) und des Sagitta-Pulsars (J1953+1846A) in Relation zu den Sternen des Sternbilds Sagitta (Pfeil).

diesen äquatorialen 1-Radian-Punkt läuft, mit einer Winkelabweichung von nur 0,1 Grad *am nächsten*. Wenn man eine Linie vom Standort des Vulpecula-Pulsars durch den des Millisekunden-Pulsars (zwei der drei Pulsare, die dem nördlichen 1-Radian-Längenmeridian am nächsten liegen) zieht und diese verlängert, so führt sie erstaunlicherweise nur 0,01 Bogengrad an Gamma Sagittae, der Spitze des Himmelspfeils, vorbei.<sup>10</sup> Es ist gar nicht so einfach, eine solche Anordnung als bloßen Zufall zu interpretieren. Wenn es sich beim vorliegenden Pulsar-„Hinweis“ tatsächlich um das künstlich erschaffene Leuchtfeuer eines galaktischen Kollektivs miteinander in Verbindung stehender Zivilisationen handeln sollte, dann müssen die beteiligten Wissenschaftler genau gewusst haben, wie sich

der Nachthimmel in unserer galaktischen Region manifestiert. Unter den hellen Sternen in der Nähe unseres Sonnensystems ist Gamma Sagittae der einzige, der von unserer Region aus so erscheint, als läge er dem 1-Radian-Bezugspunkt am nächsten. Und auch dieser Bezugspunkt existiert in der Form nur für uns, weil er von unserer Blickrichtung abhängt.

Wie ich in meinem Buch „Earth Under Fire“ gezeigt habe, ist das Sternbild Sagitta Teil einer antiken Überlieferung, die mit Hilfe archetypischer Metaphern eine Explosion im galaktischen Kern für die Nachwelt protokollierte.<sup>11</sup> In der Botschaft wird berichtet, wie ein starker kosmischer

10 Vor tausend Jahren wäre die Ausrichtung noch exakt gewesen, doch seit damals hat sie sich durch die allmähliche Seitwärtsbewegung (Eigenbewegung) von Gamma Sagittae leicht verschoben.

11 LaViolette, P.A.: „Earth Under Fire: Humanity’s Survival of the Ice Age“ (Rochester, Vt.: Bear & Co., 2005)

Strahlenwind aus dem galaktischen Zentrum strömte und nach einer Reise von 23.000 Lichtjahren gegen Ende der Eiszeit unser Sonnensystem durchquerte. Sagitta symbolisiert diesen heftigen Hagel kosmischer Teilchenstrahlung, der aus dem galaktischen Zentrum auf unser Sonnensystem niederging – über eine Entfernung hinweg, die dem symbolischen Flug des Himmelspfeils am galaktischen Äquator entlang bis zum 1-Radian-Punkt entspricht. In Kapitel 4 erfahren wir mehr zu diesem Thema.

## Der bedeckungsveränderliche Millisekunden-Pulsar

Ein weiterer bemerkenswerter Millisekunden-Pulsar, der sich an diesem entscheidenden Teil des Himmels befindet und in mancher Hinsicht ebenfalls einzigartig ist, heißt PSR 1957+20.<sup>12</sup> Er gehört ebenfalls zum Sternbild Sagitta und ist 5.000 Lichtjahre von uns entfernt. Seine Position lautet  $\ell = 59,1970^\circ$ ,  $b = -4,6975^\circ$ , also knapp jenseits des galaktischen Längengrads, nach dem die Pulsar-Population stark abnimmt. Wie der Millisekunden-Pulsar zeichnet auch er sich durch seine Rolle als galaktische Zeitskala aus. Im Hinblick auf seine Konstanz liegt er an 21. Stelle unter allen Pulsaren, da seine Pulsperiode nur um eine halbe Billionstelsekunde pro Jahr ansteigt. Am ungewöhnlichsten jedoch ist die Tatsache, dass er der zweit-schnellste Pulsar der gesamten bekannten Population ist; seine Pulsperiode von 1,60740168480632 Millisekunden dauert nur 3,1837 Prozent länger als die des Millisekunden-Pulsars.

Es ist wirklich äußerst ungewöhnlich, dass aussgerechnet die zwei schnellsten Pulsare unserer Galaxis zwei *fast identische* Pulsperioden aufweisen. Noch ungewöhnlicher aber ist ihre Position am Himmel: Ihr Winkel zueinander beträgt *nicht einmal 4,5 Grad*, und sie befinden sich *in unmittelbarer Nähe des galaktischen 1-Radian-Bezugspunkts*. Zur geringen Entfernung der beiden Millisekunden-Pulsare von dieser galaktischen Schlüsselposition hat sich bisher keiner der über sie forschenden Astronomen geäußert – wahrscheinlich, weil sie die ETI-Hypothese nicht ernsthaft in Erwägung zogen. Anderen ist die gegenseitige Nähe dieser außergewöhnlichen Radioquellen aber sehr wohl aufgefallen. Der Astronom

---

12 Fruchter, A. S., Stinebring, D. R. und Taylor, J. H.: „A millisecond pulsar in an eclipsing binary“ in *Nature*, 1988, 333:237-9

Dan Stinebring beispielsweise hat die betreffende Region scherzhaft als „Pulsarhimmel“ bezeichnet, weil „sie anscheinend der Ort ist, wo die interessantesten Sterne nach ihrem Tod hingehen“.<sup>13</sup> Die Anspielung auf „tote Sterne“ beruht auf seiner Annahme (und der der meisten Astronomen), dass Pulsare rotierende Neutronensterne sind, also stellare Kerne, die nach dem explosiven Supernova-Tod von Sonnen übrigbleiben. Die übliche Neutronenstern-Interpretation liegt allerdings ein wenig daneben. Wie wir später noch erfahren werden, handelt es sich bei Neutronensternen weder um tote Überreste stellarer Kerne, noch muss ihre Entstehung unbedingt mit Supernovae zu tun haben.

PSR 1957+20 unterscheidet sich insofern vom Millisekunden-Pulsar, als er Teil eines *Doppelsternsystems* ist. Der Neutronenstern mit einer Sonnenmasse von 1,4 wird von einem Begleiter umkreist, in diesem Fall

einem Weißen Zwerg mit einer Sonnenmasse von 0,02, durch den das Timing der Pulse des Pulsars eine sinusförmige Modulation erfährt. Der kosmische Strahlenwind vom zentralen Neutronenstern bläst fortwährend Gas von der Oberfläche des ihn umkreisenden Begleiter-Zwergsterns weg, wodurch die beiden Sterne in einen kleinen Nebel gehüllt sind (siehe Abb. 16). Untersuchungen der Eigenbewegung des Pulsars haben interessanterweise ergeben, dass er sich auf das galaktische Zentrum zubewegt. Diese Relativbewegung durch die interstellare Materie erzeugt einen „Fahrtwind“, der aus der Richtung des galaktischen Zentrums auf den Nebel einwirkt. Dadurch wird die windwärts gelegene, zum galaktischen

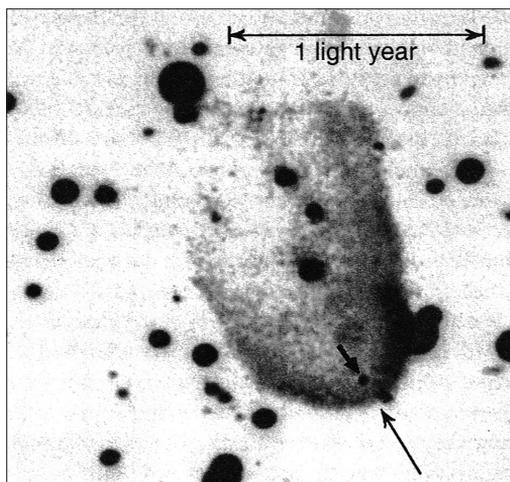


Abb. 16: Der kometenschweifartige Nebel um den bedeckungsveränderlichen Millisekunden-Pulsar PSR 1957+20 und seinen Begleiter. Der nach unten weisende Pfeil zeigt die Position des Begleiters an. Der schräg nach oben weisende Pfeil zeigt die Richtung des Sternwinds an, der vom galaktischen Zentrum her weht (Kulkarni und Hester in: *Nature*, Abb. 3; Fotoabdruck mit freundlicher Genehmigung von S. R. Kulkarni)

13 Preston, R.: „The eclipsing death star“ in *Discovery*, 1988, August, S. 41-6

Zentrum weisende Seite des Nebels in eine bogenartige Form gebracht, während seine Leeseite wie bei einem Kometenschweif nach außen geblasen wird.

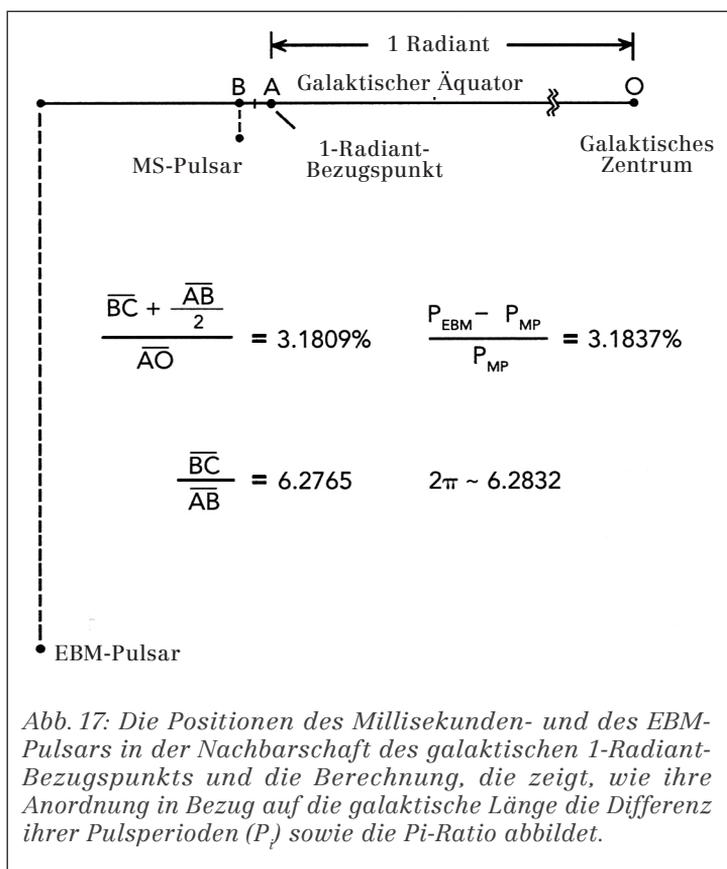
Astronomen können die Umlaufeigenschaften eines Doppelsterns mit einem hohen Grad an Genauigkeit bestimmen, indem sie den zyklischen Anstieg und Rückgang der Pulsperiode beobachten. Diese Periode verändert sich, weil der Pulsar und sein Begleiter einander umkreisen. PSR 1957+20 weist zum Beispiel eine nahezu kreisförmige Umlaufbahn mit einem Radius von 26.770 Kilometern auf. Sein Orbit ist so präzise, dass *er nicht einmal um ein Milliardstel von der perfekten Kreisform abweicht!* Die Umlaufbahn der Erde um die Sonne weicht im Vergleich dazu um mehr als ein Zehntausendstel von der perfekten Kreisbahn ab.

Beachtenswert an diesem Doppelstern-Pulsar ist zudem, dass sein Begleiter-Zwergstern regelmäßig vor ihm vorüberzieht und damit zeitweilig sein Signal verdeckt. Es gibt insgesamt 122 bekannte Doppelstern-Pulsare, doch nur bei 14 davon ist die Bahnebene so zu unserem Sonnensystem hin ausgerichtet, dass ihr Begleiter in regelmäßigen Zeitabständen die Signale des Pulsars blockiert. PSR 1957+20 ist einer dieser 14 Doppelstern-Pulsare. Seine Signale werden alle 9,2 Stunden für etwa 50 Minuten durch den Begleiter blockiert. Dazu kommt, dass er die kreisförmigste Umlaufbahn aller bedeckungsveränderlichen Pulsare hat. Da er somit ebenso einzigartig ist wie der Millisekunden-Pulsar, wollen wir ihn künftig als den *bedeckungsveränderlichen Millisekunden-Pulsar* (Eclipsing Binary Millisecond Pulsar oder EBM-Pulsar) bezeichnen.

Das Phänomen der „Verfinsterung“ zeigt uns, dass die Bahnebene des EBM-Pulsars unserer Ekliptik sehr verwandt ist – oder, mit anderen Worten, dass die Bahnneigung des Doppelsterns eine Inklination von 90 Grad hat, wir seine Bahnebene also direkt von der Kante sehen. Und wieder stellt sich die Frage: Ist es bloßer Zufall, dass dieser außergewöhnliche Pulsar, der zweitschnellste am Himmel, *eine Umlaufbahn beschreibt, die genau in unsere Sichtlinie zeigt?* Oder könnten intelligente Wesen das absichtlich so eingerichtet haben, um uns zu zeigen, dass diese Botschaft für uns bestimmt ist? Um unsere Aufmerksamkeit noch stärker auf ihn zu lenken, strahlt der Pulsar – wie sein entfernter Gefährte, der Millisekunden-Pulsar – noch dazu „Giant Pulses“ ab, ist also einer der nur zehn von insgesamt 1.533 Pulsaren, die diese Eigenschaft besitzen.

In Anbetracht der Tatsache, dass diese besonderen Pulsare – der Millisekunden- und der EBM-Pulsar – am Himmelszelt so nahe beieinanderliegen sowie erstaunlich ähnliche Pulsperioden haben, müssen wir uns die Frage

stellen, ob die beiden Radioquellen auch in einer symbolischen Beziehung zueinander stehen. Soll uns ihre Pulsperioden-Differenz von 3,1837 Prozent etwas mitteilen? Gehen wir einmal davon aus, dass es sich so verhält. Statt uns auf die Differenz ihrer Pulsperioden zu konzentrieren, wollen wir unser Augenmerk auf den Unterschied zwischen ihren galaktischen Längengraden richten – also auf ihre Position am galaktischen Äquator, wenn wir von den beiden Pulsaren eine senkrechte Linie zur galaktischen Ebene ziehen. Die Differenz würde dann 1,68807 Grad (d. h.  $59,19697^\circ - 57,50890^\circ$ ) betragen. Da einer der beiden – nämlich der Millisekunden-Pulsar – fast genau den nördlichen 1-Radian-Bezugspunkt der Galaxis markiert, verleitet uns das natürlich dazu, diesen schmalen Winkel in Radian auszudrücken. Wie wir in diesem Kapitel bereits gesehen haben, ist der Radian das für eine Kommunikation mit anderen galaktischen Zivilisationen am besten geeignete Winkelmaß, weil er auf einer universalen geometrischen Relation beruht.



Dividieren wir also  $1,68807^\circ$  durch  $57,2958^\circ$  (ein Radiant), so erhalten wir  $0,02946$  Radiant (rad) oder  $2,946$  Prozent von ein Radiant.

Dieser Wert kommt der Abweichung von  $3,18$  Prozent zwar nahe, aber nicht nahe genug. Folgender Gedanke drängt sich auf: Wäre der Millisekunden-Pulsar nur ein kleines bisschen näher am 1-Radiant-Bezugspunkt platziert worden, dann hätten wir das korrekte Resultat erhalten. Wenden wir uns aber nun der Winkelabweichung zwischen der galaktischen Länge des Millisekunden-Pulsars und der des 1-Radiant-Markierungspunkts zu: sie beträgt genau  $0,26895$  Grad (d. h.  $57,50890^\circ - 57,23995^\circ$ ). Wir haben uns zuvor schon gefragt, warum dieser Pulsar nicht näher am 1-Radiant-Bezugspunkt platziert wurde. Nehmen wir aber einmal an, dass diese Differenz beabsichtigt ist. Wenn wir den Winkel von  $0,26895$  Grad halbieren (AB in Abb. 17), erhalten wir einen Wert von  $0,13448$  Grad. Dazu addieren wir die Längengrad-Differenz von  $1,68807$  Grad (BC in Abb. 17) und kommen somit auf  $1,82255$  Grad. Dies wollen wir nun in Radiant ausdrücken, indem wir die Summe durch ein Radiant ( $57,2958$  Grad; AO in Abb. 17) dividieren; so erhalten wir eine Bogenlänge von  $3,1809$  Prozent von ein Radiant – was der Differenz der Pulsperioden der beiden Pulsare von  $3,1837$  Prozent schon sehr viel näherkommt (der Unterschied beträgt nur  $0,09$  Prozent). Wie wir aber bereits wissen, weist der EBM-Pulsar eine Eigenbewegung Richtung galaktisches Zentrum auf, also wäre das Längengradverhältnis in früheren Zeiten näher am Wert von  $3,1837$  Prozent gelegen. Die galaktische Länge des Pulsars nimmt jedes Jahr um  $26 \pm 6$  Milli-Bogensekunden ab.<sup>14</sup> Ziehen wir als Berechnungsgrundlage die galaktische Länge des EBM-Pulsars um  $1800$  n. Chr. heran, als er noch  $5,4$  Bogensekunden ( $0,0015^\circ$ ) weiter vom galaktischen Zentrum entfernt war, so ergibt sich ein Verhältnis von genau  $3,1837$  Prozent.

Wenn wir davon ausgehen, dass die zwei Pulsare von ETIs platziert wurden, dann gelangen wir zum logischen Schluss, dass ihre Signale für unser Sonnensystem bestimmt sein müssen. Jeder andere Beobachtungspunkt, etwa das uns nächstgelegene Sonnensystem in vier Lichtjahren Entfernung, hätte durch die Parallaxe nämlich zu beträchtlichen Abweichungen in der relativen Position der beiden Pulsare geführt. Dort wäre demnach auch die für uns erstaunliche Analogie zwischen ihrem in Radiant ausgedrückten Winkelabstand und der minimalen Differenz zwischen ihren Pulsperioden weniger offensichtlich. Wir können natürlich auch weiterhin darauf beharren, dass die Position des Millisekunden-Pulsars zum 1-Radi-

---

14 Hobbs et al.: „A statistical study of 233 pulsar proper motions“

ant-Markierungspunkt einerseits und dem EBM-Pulsar andererseits reiner Zufall ist – doch die Wahrscheinlichkeit für eine solche Anordnung wäre außerordentlich gering. Sie läge bei eins zu einer Milliarde dafür, dass dieser einzigartige Millisekunden-Pulsar, der am schnellsten pulsierende unseres Himmels, sich innerhalb eines Winkels von 5,4 Bogensekunden von dem Punkt befindet, der genau dieses Winkelverhältnis darstellt (eine Kreisfläche mit einem Radius von 5,4 Bogensekunden, dividiert durch eine Himmelsfläche von  $360^\circ$  mal  $20^\circ$ ). Wenn wir noch einmal berücksichtigen, dass dieser Pulsar einer von nur fünf ist, die optische Pulse abstrahlen, und einer von nur zehn, die „Giant Pulses“ senden, dann erhöht sich die Chance, diesen „Markierungs“-Pulsar ausgerechnet hier zu finden, auf eins zu 50 Billionen!

Doch es geht noch weiter. Wir sind nämlich auch versucht, das Verhältnis dieser beiden Pulsare zueinander näher zu betrachten, weil sie die zwei schnellsten Pulsare am Himmel sind und außerdem aufreizend nahe beieinander liegen. Da einer der beiden Pulsare den galaktischen 1-Radiant-Bezugspunkt markiert, sollten wir den Winkelabstand zwischen den galaktischen Längen der zwei Pulsare ( $BC = 1,68807^\circ$ ) mit dem Winkelabstand zwischen den galaktischen Längen des Millisekunden-Pulsars und des 1-Radiant-Punkts ( $AB = 0,26895^\circ$ ) miteinander vergleichen (siehe Abb. 17). Dabei stellen wir fest, dass das Verhältnis zwischen den Winkelabständen  $1:6,2765$  beträgt und dem Verhältnis  $1:2\pi$  äußerst nahekommt, wobei  $2\pi$  einen Wert von circa 6,2832 hat – eine Abweichung von nur 0,10 Prozent. Wäre der Winkelabstand zwischen EBM-Pulsar und Millisekunden-Pulsar nur  $0,0018^\circ$  (also zusätzliche 6,5 Bogensekunden) höher, dann betrüge das Verhältnis genau  $2\pi$ . Das ist fast genau dieselbe Differenz, die wir in der Verhältnisangabe der Pulsperioden beobachtet haben. Wenn wir hier noch die Eigenbewegung des EBM-Pulsars berücksichtigen, stellen wir fest, dass das Verhältnis dieser Winkelabstände um etwa 1750 n. Chr. genau  $2\pi$  betragen haben muss. Oder, anders ausgedrückt: Wenn wir den Winkelabstand BC, der die Differenz zwischen den Längengraden der beiden Millisekunden-Pulsare anzeigt, als Kreisumfang von 360 Grad interpretieren, dann ist der Winkelabstand AB – der die Längendifferenz zwischen Millisekunden-Pulsar und 1-Radiant-Punkt anzeigt – genau der 0,15915ste Teil dieses Kreisumfangs BC, also ein Radiant. Wie passend! Und als sollte dieses mathematische Konzept noch betont werden, beschreibt der bedeckungsveränderliche Millisekunden-Pulsar im Orbit um seinen Begleiter einen fast perfekten Kreis am Himmel – den kreisförmigsten Orbit aller bekannten bedeckungsveränderlichen Pulsare.

Die „Konstellation“ der Millisekunden-Pulsare soll uns das 1-Radiant-Konzept also anscheinend auf unterschiedliche Weise vermitteln, wobei die 1-Radiant-Verhältnisse zwischen ca. 1750 und 1800 n. Chr. am genauesten abgebildet wurden.<sup>15</sup> Wollen wir die Wahrscheinlichkeit dafür berechnen, dass diese Abbildung auf einer zufälligen Platzierung der beteiligten Pulsare beruht, dann müssen wir dabei auch die Wahrscheinlichkeit einbeziehen, dass der EBM-Pulsar in einem so vielsagenden Verhältnis zum Millisekunden-Pulsar steht. Beziehen wir auch noch die Wahrscheinlichkeit dafür ein, dass dieser zweitschnellste Pulsar zufällig mit einer Genauigkeit von nur 6,5 Bogensekunden platziert wurde (sie beträgt ca. 1 : 700 Millionen), sowie das insgesamt seltene Vorkommen von bedeckungsveränderlichen Pulsaren und noch dazu die Tatsache, dass der EBM-Pulsar den kreisförmigsten Orbit aller bedeckungsveränderlichen Pulsare hat, dann kommen wir auf eine geschätzte Wahrscheinlichkeit von eins zu einer Billion. Und berücksichtigen wir dann auch noch, dass der EBM-Pulsar die seltene Eigenschaft hat, „Giant Pulses“ zu produzieren, dann ergibt sich eine Gesamtwahrscheinlichkeit von eins zu 185 Billionen.

Nun müssen wir aber auch die Wahrscheinlichkeit dafür einkalkulieren, dass sein Partner – der Millisekunden-Pulsar – sich genau an der Position befindet, wo er diese raffinierte Botschaft vermitteln kann. Multiplizieren wir die eben errechnete Wahrscheinlichkeit mit jener von 1 zu 50 Billionen, die wir zuvor ermittelt haben, so gelangen wir zu einer überaus geringen Gesamtwahrscheinlichkeit *von eins zu  $10^{28}$  dafür, dass die Anordnung der beiden Pulsare auf purem Zufall beruht*. Die Chancen für die Gültigkeit einer ETI-Interpretation werden also immer höher.

Der EBM-Pulsar befindet sich zudem an einer Schlüsselposition, die noch einmal anders auf das 1-Radiant-Konzept aufmerksam macht. Er ist jener Pulsar, dessen Himmelsposition der von Gamma Sagittae – der Pfeilspitze des Sternbilds Pfeil – am nächsten liegt. Tatsächlich liegt er mit seiner Position von  $\ell = 59,1970^\circ$ ,  $b = -4,6975^\circ$  so, dass seine Sichtlinie durch die Pfeilspitze Gamma Sagittae fast genau einen rechten Winkel mit seiner Sichtlinie durch den galaktischen 1-Radiant-Bezugspunkt bildet (siehe Abb. 15). Ge-

---

15 Als ich im Jahr 2000 die erste Auflage dieses Buches veröffentlichte, war mir noch nicht klar, dass die relativen Himmelspositionen dieser zwei ungewöhnlichen Millisekunden-Pulsare so einzigartige Verhältnisse abbilden. Ich hatte aber die ganze Zeit das lästige Gefühl, dass es im Hinblick auf die sehr geringe Winkelabweichung zwischen Millisekunden-Pulsar und nördlichem 1-Radiant-Bezugspunkt sowie auf die geringe Winkelabweichung zwischen den Pulsperioden der beiden Pulsare noch einiges zu entdecken gäbe. Ich brauchte fünf Jahre, um (während der Bearbeitung des Texts für die zweite Auflage) diese Entdeckungen zu machen.

genwärtig beträgt der Winkel zwischen diesen Sichtlinien 89,95 Grad, also im Wesentlichen ein rechter Winkel. Weiterhin ist die galaktische Länge des Pulsars fast genau dieselbe wie die von Eta Sagittae, dem „Zielstern“ des Himmelspfeils; sie weicht nur eine Bogenminute davon ab.

Die scheinbar sorgfältige Anordnung der zwei schnellsten Millisekunden-Pulsare und des Vulpecula-Pulsars PSR 1930+22 in Relation zur Pfeilspitze Gamma Sagittae ist recht verblüffend. Daraus ergibt sich nämlich die Möglichkeit, dass das Netzwerk oder die Föderation extraterrestrischer Zivilisationen, die diese Pulsare geschaffen haben, deren Position bewusst so ausgewählt hat. Das heißt aber weiter, dass die Außerirdischen den Sternhimmel in unserem Teil der Galaxis von vornherein gekannt haben und gewusst haben müssen, welche Sterne hell genug sein werden, um an unserem Nachthimmel sichtbar zu sein. Mit diesem Wissen könnten sie beschlossen haben, den einen für das bloße menschliche Auge wahrnehmbaren Stern zu markieren, dessen Längengrad dem 1-Radiant-Bezugspunkt am galaktischen Äquator am nächsten ist. Man könnte diese faszinierende Verbindung aber auch damit erklären, dass Mitglieder des galaktischen ETI-Netzwerks vor langer Zeit unseren Planeten besucht und Kontakt mit unseren Vorfahren gehabt haben. Damals haben sie ihnen vielleicht das Sternbild Pfeil sowie andere Sterngruppen gezeigt und sie beauftragt, diese extraterrestrischen Überlieferungen über die Sterne von Generation zu Generation weiterzugeben.

Wenn wir all diese Fakten und Theorien zusammennehmen, stehen wir aber vor einem bedeutenden philosophischen Problem. Die erwähnten Pulsare weisen diese ausgeklügelten geometrischen Relationen – also das Pi-Zahlenverhältnis und das 1-Radiant-Konzept – nämlich nur dann auf, wenn man sie von unserem Sonnensystem aus betrachtet. Vom Blickwinkel jedes anderen Sternensystems aus hätten die genannten Sterne aufgrund der Parallaxe völlig andere Himmelspositionen in Relation zueinander und zum galaktischen 1-Radiant-Bezugspunkt, wie er von jenem Standort aus sichtbar ist. Folglich gelangen wir zu dem unausweichlichen Schluss, dass *diese Botschaft für uns, für Bewohner unseres Sonnensystems bestimmt ist*. Doch wozu sollte eine Zivilisation solche Schwierigkeiten auf sich nehmen, ganze Sternensysteme zu schaffen, nur um mit uns zu kommunizieren? Der bloße Gedanke, eine Zivilisation würde sich die Mühe machen, die notwendige technische Ausrüstung zur Projektion von Kraftfeldern auf die Oberfläche von Neutronensternen in Position zu bringen, um auf diese Art Signalleuchtfener zu schaffen, strapaziert die menschliche Phantasie. Dabei ist das im Vergleich zu Problemen wie der Standortwahl dieser Ra-

dioquellen noch eine Kleinigkeit. Es ist ja eher unwahrscheinlich, dass die erforderlichen Neutronensterne, die kosmische Strahlung abgeben, sich zufällig gerade an den passenden Standorten aufgehalten haben. Daraus müssen wir folgern, dass sie dorthin transportiert wurden, indem man sie irgendwie aus ihrer Sternenheimat wegbewegt und an den betreffenden Standorten installiert hat. Wenn die beteiligten Zivilisationen tatsächlich mit solchen stellaren Energiequellen gearbeitet haben, dann hätten sie Massen bewegen müssen, die mindestens 1,4 Mal so groß sind wie die unserer Sonne. Wie ist den galaktischen Handwerkern dieses Kunststück gelungen? Und wie haben sie es geschafft, die Bahnebenen des bedeckungsveränderlichen Millisekunden-Pulsars und des ihn umkreisenden Weißen Zwergs so auszurichten, dass sie genau in unsere Richtung weisen? Und weiter: Wie konnten sie diese Himmelskörper so manipulieren, dass ihre Umlaufbahnen eine nahezu perfekte Kreisform aufweisen? Der Begleiter dieses Pulsars hat etwa zwei Prozent der Sonnenmasse oder 23 Prozent der Masse des Planeten Jupiter. Wie müssen Wesen beschaffen sein, denen eine solche technische Meisterleistung gelingt? Die Energien, die für diese Vorgänge verwendet worden sein müssen, sind für uns unvorstellbar und grenzen ans Übernatürliche.

Damit stehen wir vor einer eindrücklichen Frage: Könnte all das von höheren Wesen inszeniert worden sein? Könnte es sein, dass das Universum intelligent ist und keine Mühen scheut, uns wissen zu lassen, dass seine kollektive Intelligenz existiert und um uns bemüht ist? Die Botschaft, die man uns übermitteln will, will uns nämlich – wir wir später noch erfahren werden – vor einer drohenden kosmischen Strahlenkatastrophe von galaktischen Dimensionen warnen, die auch auf unserem Planeten heftige Auswirkungen haben könnte. Es ist aber auch möglich, dass die Schöpfer dieser Pulsare lebende Wesen sind – obgleich von einer Zivilisation, die geistig in unvorstellbarem Maße weiterentwickelt ist als wir und Kräfte beherrscht, wie man sie früher den Göttern zugesprochen hat. Das erinnert uns an das Sprichwort, dass der Glaube Berge versetzen kann. Vielleicht gibt es ja wirklich Wesenheiten, die allein kraft ihres Glaubens ganze Sternensysteme versetzen können.

Im Gegensatz zu UFO-Kontakten, die flüchtig sind und kaum Beweise hinterlassen, mit denen man Skeptiker überzeugen könnte, stehen Pulsare dauernd am Himmel und senden ihre Signale aus. Die Daten über sie sind in wissenschaftlichen Fachzeitschriften bestens belegt. Studiert man diese Daten aber genau und objektiv, so müssen sie unweigerlich zur Schlussfolgerung führen, dass eine ungewöhnlich hochentwickelte galaktische Kultur

existiert und mit uns zu kommunizieren versucht. Angesichts der vielen Hollywood-Filme, in denen feindliche Außerirdische unsere Erde zerstören wollen, wirkt es richtig befreiend, eine andere mögliche Wahrheit zu erkennen. Alfred Webre bringt in seinem Buch „Exopolitics“ überzeugende Argumente für die Existenz einer Föderation galaktischer Zivilisationen, die sich an ein „galaktisches Gesetzbuch“ halten und von einer Zivilisation oder einer Gruppe von Zivilisationen angeführt werden, die gütig und geistig hochentwickelt ist.<sup>16</sup> Es leuchtet ja auch ein, dass sich die Mächte des Guten in der Evolution einer Galaxis letztlich durchsetzen müssen – die Technik entwickelt sich schließlich in Zivilisationen, die mit ihren Nachbarn Frieden geschlossen haben und ihre Inspiration aus der inneren, geistigen Welt erhalten, immer schneller weiter als in kriegerischen.

Ein weiteres bisher ungelöstes Rätsel im Hinblick auf die Pulsare betrifft die Lichtgeschwindigkeit. Der Millisekunden-Pulsar befindet sich in einer geschätzten Entfernung von 3,6 Kiloparsec (also 11.700 Lichtjahren) von unserer Erde, während sein Partner – der EBM-Pulsar – nur halb so weit entfernt liegt, nämlich etwa 1,53 Kiloparsec (5.000 Lichtjahre). Da ihre gepulsten Radiosignale mit Lichtgeschwindigkeit durchs All unterwegs sind, wurden die heute von uns wahrgenommenen Signale bereits vor 11.700 Jahren vom Millisekunden-Pulsar und vor 5.000 Jahren vom EBM-Pulsar abgestrahlt. Das bedeutet nicht nur, dass sich das galaktische Kommunikationsprojekt über mindestens 12.000 Jahre erstreckt hat, sondern auch, dass es ein unglaubliches Maß an Weitsicht und Planung erfordert haben muss. Obwohl die beiden Pulsare fast 7.000 Lichtjahre voneinander entfernt sind, haben ihre Schöpfer es geschafft, dass die abgestrahlten Signale der Radioquellen uns gemeinsam eine schlüssige Botschaft über das 1-Radiant-Konzept zukommen lassen.

Auch die Tatsache, dass die Botschaft der Pulsare vergänglich ist, scheint uns mysteriös. Ihre geometrischen Relationen wäre am deutlichsten gewesen, wenn man sie zwischen 1750 und 1800 n. Chr. beobachtet hätte. Seit diesem Zeitraum nimmt die Genauigkeit der Darstellung allmählich ab, da sich der EBM-Pulsar bewegt und seine Längenkoordinate um  $2,6 \pm 0,6$  Bogensekunden pro Jahrhundert verändert. Wenn sich unsere technische Entwicklung also aus irgendeinem Grund verzögert hätte und wir erst in fünftausend Jahren dazu fähig gewesen wären, Pulsare zu entdecken, hätten die scheinbaren Himmelsposition der betreffenden Pulsare

---

16 Webre, A. L.: „Exopolitics: Politics, Government, and Law in the Universe“ (Vancouver, B.C.: Universe Books, 2005)

nicht mehr dieselben geometrischen Relationen angezeigt. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts legten klassische Physiker wie Coulomb, Oersted, Ampère und Faraday den Grundstein für die Theorie des Elektromagnetismus. Mehr als ein Jahrhundert später, im Jahre 1937, leitete Grote Reber mit dem Bau des ersten Radioteleskops das Zeitalter der Radioastronomie ein. Und etwa drei Jahrzehnte später entdeckte man die Pulsare. Ist es purer Zufall, dass die genannten wissenschaftlichen und technischen Fortschritte genau in dieser Phase unserer Geschichte passierten – genau dann, wenn wir die Möglichkeit haben, die so sorgfältig und präzise am Himmel buchstabierte Botschaft der Pulsare wahrzunehmen? Konnten die Erbauer der Pulsare vor 12.000 Jahren auf irgendeine Art voraussehen, dass wir Erdlinge die zur Radioteleskopie nötige Technik genau dann entwickeln würden, wenn ihre Botschaft bei uns ankommt, plus minus ein paar Jahrhunderte? Oder verhält es sich vielleicht gar so, dass die technische Evolution der Menschheit nicht einzig und allein dem Zufall überlassen bleibt, sondern unsere Entwicklung von außen dergestalt beeinflusst wird, dass sie einen vorherbestimmten Zeitplan folgt? Sehen wir uns die Botschaften des Pulsars im Krebsnebel und des Vela-Pulsars – auf die ich später noch eingehen werde – näher an, so stoßen wir auf dieselben Rätsel und Fragen.

Wenn Radiowellen abstrahlende Pulsare künstlich geschaffene Leuchtfeuer am Himmel sind, dann lässt uns schon das bloße Ausmaß dieses interstellaren Kommunikationsprojekts innehalten. Ist es wirklich möglich, dass galaktische Zivilisationen so viele Markierungsfunkfeuer einrichten und über derart lange Zeiträume instandhalten, nur um mit unserer galaktischen Region zu kommunizieren? Vielleicht hat die Stationierung dieser Funkfeuer ja auch noch einen zusätzlichen Zweck – zum Beispiel den Einsatz als Bezugspunkte für die Raumschiffnavigation in unserer Galaxis (siehe dazu Kapitel 3).

## Weitere bedeckungsveränderliche Pulsare

Wie wir bereits wissen, stellen der Millisekunden-Pulsar und der EBM-Pulsar das Verhältnis  $1:2\pi$  dar, wobei sich der Wert  $2\pi$  aus der Winkelabweichung des EBM-Pulsars ergibt, dessen Umlaufbahn um seinen Begleiter einen fast perfekten Kreis am Himmel beschreibt. Außerdem richten die beiden Pulsare unser Augenmerk auf den 1-Radian-Bezugspunkt, indem sie durch die Differenz ihrer jeweiligen Pulsperioden bestätigen, dass die

Winkelabweichung des Millisekunden-Pulsars von diesem galaktischen Markierungspunkt genau kalibriert wurde. Da uns bekannt ist, dass der Millisekunden-Pulsar innerhalb dieser Botschaft einen Richtwert darstellt, ist es nur angemessen, die Pulsperioden aller anderen Pulsare durch die des Millisekunden-Pulsars zu dividieren, um herauszufinden, ob die auf diese Weise normalisierten Pulsperioden ganzzahlige Vielfache von  $\pi$  sind. Dabei stellen wir fest, dass eine Reihe von Pulsperioden diesem Kriterium beinahe entspricht – mehr als auf die normale Wahrscheinlichkeitsverteilung zurückzuführen wäre. In der vorliegenden Gruppe aus 1.533 normalisierten Pulsperioden sind es beispielsweise 10 Pulsare, die auf  $\pm 0,1$  Prozent an ganzzahlige Vielfache von  $\pi$  herankommen; bei einer zufälligen Wahrscheinlichkeitsverteilung würde man jedoch nur 4 Pulsare erwarten, die dieses Kriterium erfüllen.

Eines dieser ganzzahligen Vielfachen unterscheidet sich von allen anderen. Es handelt sich um die normalisierte Pulsperiode des Millisekunden-Pulsars J1953+1846A im Kugelsternhaufen M71A. Während sich bei den anderen neun Pulsaren durch die Normalisierung ihrer Pulsperioden ganzzahlige Vielfache von  $\pi$  ergeben, die von  $57 \times \pi$  bis  $587 \times \pi$  reichen, beträgt die normalisierte Pulsperiode dieses Pulsars fast genau  $\pi$ . Das heißt weiter, dass seine Pulsperiode (4,8883 ms) fast präzise  $\pi$  mal die Pulsperiode des Millisekunden-Pulsars (1,5578 ms) ist – das Verhältnis dieser Pulsare weicht nur um 0,11 Prozent von der Kreiszahl  $\pi$  ab. Wenn die Pulsperiode von J1953+1846A aber bewusst dazu ausgewählt wurde, eine exakte  $\pi$ -Ratio zu markieren, ist nicht einsichtig, warum diese kleine Abweichung vorliegen sollte. Die Pulsperiode des Pulsars ist – ähnlich wie die des Millisekunden-Pulsars – äußerst konstant, also lässt sich die Abweichung auch nicht auf eine allmähliche Periodenänderung zurückführen.

Der betreffende Millisekunden-Pulsar besitzt aber auch noch andere Eigenschaften, die ihn zu etwas Besonderem machen. Er liegt innerhalb des Sternbilds Pfeil und ist der viertnächste Pulsar am galaktischen 1-Radiant-Bezugspunkt, mit einer Längenabweichung von nur 0,5 Grad. Außerdem ist er der zweitnächste Pulsar zur Spitze des Himmelspfeils. Er weist fast genau denselben Winkelabstand zu Gamma Sagittae auf wie der EBM-Pulsar: 1,381 Grad gegenüber 1,332 Grad (siehe Abb. 15). Vor einigen Jahrtausenden hätten die beiden Pulsare noch genau denselben Winkelabstand zu der Pfeilspitze gehabt – aber hier kommt wieder Gamma Sagittae's Eigenbewegung ins Spiel. Ferner handelt es sich bei J1953+1846A, wie beim EBM-Pulsar, um einen bedeckungsveränderlichen Millisekunden-Pulsar,

*Tabelle 1: Besonderheiten der Pulsar-Leuchtf Feuer am 1-Radiant-Bezugspunkt*

Der Millisekunden-Pulsar
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ist der schnellste Pulsar am Sternhimmel.</li> <li>2. ist der „leuchtendste“ aller Millisekunden-Pulsare.</li> <li>3. ist einer von nur fünf Pulsaren, die optische Pulse abstrahlen.</li> <li>4. ist einer von nur zehn Pulsaren, die „Giant Pulses“ abstrahlen.</li> <li>5. ist der Pulsar, der dem nördlichen 1-Radiant-Bezugspunkt der Galaxis am nächsten liegt.</li> <li>6. ist der stationärste Pulsar, mit der geringsten Eigenbewegung aller Pulsare.</li> <li>7. Wenn man eine Linie von ihm durch PSR 1930+22 (den Pulsar, der dem Längenmeridian durch den äquatorialen 1-Radiant-Punkt am nächsten liegt) zieht, so berührt diese Linie Gamma Sagittae, die Pfeilspitze des Sternbilds Pfeil, die dem nördlichen 1-Radiant-Bezugspunkt am nächsten liegt.</li> </ol>
Der bedeckungsveränderliche Millisekunden-Pulsar (EBM-Pulsar)
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ist der zweitschnellste Pulsar am Sternhimmel.</li> <li>2. Seine Pulsperiode weicht nur um 3,18 Prozent von der des Millisekunden-Pulsars ab. Diese Abweichung ist gleich groß wie die Differenz der galaktischen Länge dieses Pulsars und der galaktischen Länge des Mittelpunkt zwischen Millisekunden-Pulsar und dem 1-Radiant-Bezugspunkt, in Radiant ausgedrückt.</li> <li>3. Die Längendifferenz zwischen dem Millisekunden-Pulsar und dem 1-Radiant-Bezugspunkt, verglichen mit der Längendifferenz zwischen EBM-Pulsar und Millisekunden-Pulsar, ergibt ein Verhältnis von <math>1 : 2\pi</math>.</li> <li>4. liegt in einem Winkel von 4,5 Bogengrad zum Millisekunden-Pulsar.</li> <li>5. ist einer von nur 14 bekannten bedeckungsveränderlichen Pulsaren, deren Bahnebenen zufällig genau in unsere Richtung weisen, sodass wir sie direkt von der Kante sehen.</li> <li>6. hat die kreisförmigste Umlaufbahn aller bedeckungsveränderlichen Pulsare.</li> <li>7. ist einer von nur zehn Pulsaren, die „Giant Pulses“ abstrahlen.</li> <li>8. ist der Pulsar, der Gamma Sagittae – dem Stern, der in unseren Überlieferungen von den Sternbildern den 1-Radiant-Bezugspunkt markiert – am nächsten ist.</li> <li>9. Wenn man eine Linie von diesem Pulsar durch den nördlichen 1-Radiant-Bezugspunkt der Galaxis zieht, so bildet diese einen rechten Winkel mit einer Linie, die man von diesem Pulsar durch den „Markierungsstern“ Gamma Sagittae zieht.</li> <li>10. ist in einen Nebel gehüllt, der von einem Wind aus Richtung des galaktischen Zentrums verformt wird.</li> </ol>

dessen Bahnebene genau in unsere Richtung zeigt.<sup>17</sup> Zudem beschreibt er – wie der EBM-Pulsar – einen annähernd kreisförmigen Orbit mit einer Exzentrizität von weniger als 0,001; d.h. seine Umlaufbahn weicht nur um ein Millionstel von der perfekten Kreisbahn ab.<sup>18</sup>

Es scheint überdies ungewöhnlich, dass von den 14 bekannten bedeckungsveränderlichen Sternen zwei so dicht beieinander stehen und nur einen Winkelabstand von 2,46 Grad aufweisen. Noch ungewöhnlicher ist es, dass die zwei Pulsare am Himmel, die der Pfeilspitze Gamma Sagittae am nächsten sind, beide bedeckungsveränderliche Pulsare mit annähernd kreisförmigen Umlaufbahnen sind, und dass beide fast genau denselben Winkelabstand zu Gamma Sagittae aufweisen. Wenn man all dies in Betracht zieht, ist es auch nicht verwunderlich, dass beide dieser bedeckungsveränderlichen Pulsare symbolisch das 1-Radiant-Konzept von Pi enkodiert haben.<sup>19</sup>

Wie wir in diesem Kapitel erfahren haben, zeichnen sich die beiden galaktischen Markierungsfunkfeuer des 1-Radiant-Bezugspunkts – der Millisekunden-Pulsar und der EBM-Pulsar – durch mehrere Besonderheiten aus, durch die sie sich von anderen Pulsaren abheben (siehe Zusammenfassung in Tabelle 1). Gemeinsam übermitteln sie uns eine schlüssige Botschaft über den nördlichen 1-Radiant-Bezugspunkt unserer Galaxis, dessen festgelegte Position nur aus unserer Blickrichtung evident ist. Die Wahrscheinlichkeit, dass die einzigartigen Himmelspositionen der zwei Pulsare, die auf bedeutende geometrische Relationen hinweisen, sowie ihre zahlreichen aufsehenerregenden Eigenschaften rein zufällig und auf natürlichem Wege zustandegekommen sind, ist außerordentlich gering.

---

17 Hessels, J.W. et al.: „A 20cm search for pulsars in globular clusters with Arecibo and the GBT“ in: „Young Neutron Stars and Their Environments“, hrsg. von Camilo, F. und Gaensler, B., IAU Symp., 2004, Vol. 218; [www.arxiv.org/abs/astro-ph/0402182](http://www.arxiv.org/abs/astro-ph/0402182)

18 persönlicher Nachrichtenaustausch mit J.W. Hessels, 2005

19 Zwei weitere bedeckungsveränderliche Pulsare, deren Himmelspositionen relativ nahe beieinander liegen, sind B1744-24A und J1807-2459A, die einen Winkelabstand von 4,38° haben. Der erste der beiden hat die Koordinaten  $\ell=3,84^\circ$ ,  $b=1,70^\circ$  und liegt im Kugelsternhaufen Terzan A in der Nähe des galaktischen Zentrums. Der zweite ist uns wesentlich näher und hat die Koordinaten  $\ell=5,84^\circ$ ,  $b=-2,20^\circ$ . Der Kugelsternhaufen Terzan A ist weiterhin die Heimat des dritt- und des viertschnellsten Millisekunden-Pulsars, deren Pulsperioden relativ ähnlich sind und nur um 3,1 Prozent voneinander abweichen. Derzeit ist diesen beiden Pulsaren keine besondere Bedeutung zuschreibbar; es ist jedoch beachtenswert, dass sie nur wenige Grad von dem Teil des Himmels entfernt liegen, wo unsere Ekliptik den galaktischen Äquator schneidet. Ihre Stellung zueinander weist diese Position allerdings nicht eigens aus.