

# Neutronensterne: Von Pulsaren und Pasta-Phasen

MATTHIAS HEMPEL

Dieses Dokument ist eine Ergänzung zum Artikel „Materie am Limit“ in **Physik in unserer Zeit**, 45. Jahrgang 2014, Nr. 1, S. 12.

## Pulsare

„PSR“ im Katalognamen eines Neutronensterns steht abkürzend für „Pulsar“. Dieser Begriff stammt aus der Radioastronomie und bezeichnet Objekte, die ein gepulstes und dabei zeitlich extrem stabiles Radiosignal aufweisen. Pulsare werden durch das sogenannte Leuchtturm-Model erklärt: Die Magnetfeldachse eines Neutronensterns fällt in der Regel nicht mit dessen Rotationsachse zusammen. Das starke Magnetfeld, das zu der Bildung eines Kegels von Radiostrahlung führt, streicht daher durch den Raum, ähnlich wie der Lichtkegel eines Leuchtturms. Liegt die Erde zufällig innerhalb des überstrichenen Raumwinkels, ergibt sich für den Beobachter auf der Erde ein gepulstes Radiosignal, genauso wie man am Strand einen Leuchtturm „blinken“ sieht. Die Nummern im Namen des Pulsars bezeichnen übrigens dessen Position am Sternenhimmel (Rektaszension in Stunden und Minuten und Deklination in Grad und Bogenminuten im äquatorialen Koordinatensystem).

## Pasta-Phasen

Bei Dichten um  $10^{14}$  g/cm<sup>3</sup>, im Übergangsbereich zum Neutronensternkern, kann ein interessanter neuer Effekt eintreten. Die Gitterabstände der Atomkerne werden vergleichbar zu ihrer Größe, wie man in Abbildung 5 im Artikel bei  $r = 10,9$  km erkennen kann. Dies kann nun dazu führen, dass die Kerne miteinander verschmelzen und nichtsphärische Formen annehmen. Solche exotischen Konfigurationen von Kernmaterie werden als Pasta-Phasen bezeichnet.

Eine der möglichen Konfigurationen ist die Spaghetti-Phase, bei der sich die Kerne in ausgedehnte zylinder- oder stabförmige Gebilde umwandeln. Bei noch höheren Dichten werden – zumindest in Neutronensternen – aus Spaghettis Lasagne; die Spaghettis berühren sich und verschmelzen zu Platten von Kernmaterie. Zwischen den Platten befindet sich das ausgedünnte Neutronengas. Weiterhin ist eine Umkehrung der Geometrie möglich. Das heißt, dass man zum Beispiel zylinderförmige Hohlräume innerhalb der Kernmaterie findet. Diese sind mit Neutronengas ausgefüllt und heißen Antispaghetti. Auch sphärische Hohlräume des Neutronengases innerhalb der Kernmaterie könnten möglich sein – die Schweizer-Käse-Phase.



Diese Appetit anregenden Formen der Kernmaterie stellen allerdings eine gewisse Vereinfachung dar. In Quantenmolekular-Simulationen hat man gefunden, dass diese Strukturen eher einer Art Schwamm ähneln können. Außerdem ist das Auftreten der Pasta-Phasen und deren verschiedene Konfigurationen nicht nur von der theoretischen Modellierung sondern auch von der verwendeten Kernwechselwirkung abhängig. Ein Beispiel hierfür ist durch die im Artikel vorgestellte Zustandsgleichung SLy4 gegeben. In ihr tauchen Pasta-Phasen nicht auf, obwohl sie prinzipiell berücksichtigt wurden. Daher sind die Pasta-Phasen in Abbildung 5 im Artikel nicht dargestellt.