**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft

**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft

**Band:** 38 (1980)

**Heft:** 176

**Artikel:** Möglicher Überrest alter Supernova-Explosionen in der Richtung von Orion und Eridanus

**Autor:** Fuchs, H.U.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-899539

**Nutzungsbedingungen**

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

**Conditions d'utilisation**

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

**Terms of use**

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

**Download PDF:** 14.12.2025

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

chernden, grossräumigen Struktur des Magnetfeldes (sichtbar in Röntgenbild) und der räumlich begrenzten Energieumwandlungszone (zeitlich erfassbar mit Radiomethoden) schaffen.

Freisetzung magnetischer Energie ist sicher nicht auf die Sonne beschränkt. Sie findet auch im kleineren Mass im irdischen Magnetfeld statt und ebenfalls bei anderen Sternen (z.B. vom Typ UV Ceti), oft noch in viel grösserem Umfang und viel häufiger als bei der Sonne. Im Zusammenhang mit der Erforschung solarer Eruptionen werden auch verwandte, typisch astrophysikalische Phänomene, wie Teilchenbeschleunigung, Strahlungsprozesse und Druckwellen studiert.

*Adresse des Autors:*
Dr. A. Benz, Gruppe für Radioastronomie, ETH Zürich, Hochstrasse 58, CH-8044 Zürich

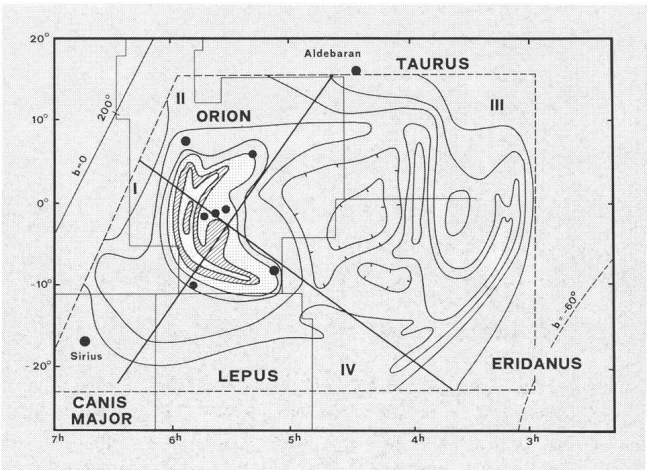
# Möglicher Überrest alter Supernova-Explosionen in der Richtung von Orion und Eridanus

H. U. FUCHS

In der Gegend von Orion und Eridanus kann man einige riesige Strukturen in verschiedenen Wellenlängenbereichen beobachten. Riesig muss man sie schon nennen, da sie sich über 35° in Deklination und $3^h$ in Rektaszension erstrecken. Da gibt es einmal die Orion OB-Assoziation (ein Haufen junger Sterne im Orionnebel) mit einer dazugehörigen kalten und dichten Molekülwolke ($5 \cdot 10^4$ Teilchen/cm³, 2000 Sonnenmassen; KUTNER et al., 1977), die den Orionnebel in zwei Teile zu schneiden scheint. Man nimmt an, dass dies eine Gegend aktiver Sternentstehung ist. Östlich der Gürtelsterne des Orions erstreckt sich sodann Barnards Nebel (Barnard's loop), der im optischen Bereich beobachtet werden kann (H$\alpha$-Licht). Am westlichen Ende des uns interessierenden Gebietes finden wir weit ausgestreckte, schwache H$\alpha$-Filamente. REYNOLDS und OGDEN (1979) haben nun gezeigt, dass die dritte der Strukturen — die Filamente — mit den beiden ersten zusammenhängt. Optische Untersuchungen haben diesen Zusammenhang aufgeklärt. Bisher hatte man zwar die Orionassoziation, die dazugehörige Molekülwolke und Barnards Nebel miteinander in Verbindung gebracht. Die offensichtliche Wechselwirkung zwischen der Molekülwolke und Barnards Nebel hat KUTNER et al. dazu veranlasst, die Wirkung einer grossen Schockfront in jener Gegend zu sehen. Nach ihrer Ansicht soll die Schockwelle für die Sternentstehung in der Molekülwolke und in ihrer Nähe verantwortlich sein. (Eine von mehreren Theorien über die Sternentstehung nimmt an, dass Schockwellen Wolken im interstellaren Medium zum Kollaps anregen). Nun zeigen REYNOLDS und OGDEN, dass die drei eingangs erwähnten Strukturen vermutlich eine riesige, zusammenhängende Schale expandierender Materie bilden. Äusserst wahrscheinlich sind mehrere Supernova-Explosionen für dieses Phänomen verantwortlich.

Fig. 1 zeigt die optischen Beobachtungen von REYNOLDS und OGDEN, die wir im weiteren besprechen werden. Von ihren Messungen erhielten sie die Kontourkarte der H$\alpha$-Intensität, die in eine Sternkarte der betroffenen Gegend eingezeichnet wurde. Man sieht einen Teil der Struktur, den halbschalenförmigen Barnards Nebel, nahe der Ebene der Milchstrasse. Die andere Seite der Schale, die Filamente in Eridanus, erstrecken sich bis 50° südlich des galaktischen Äquators (dies erklärt die Tatsache, dass früher die Filamente als Phänomene hoher galaktischer Breite mit viel kleinerer Entfernung als die der Orionassoziation interpretiert wurden). Die erste Frage richtet sich natürlich danach, ob diese einzelnen Teile wirklich zusammenhängen. Tatsächlich zeigen die Beobachtungen, dass Phänomene, die man dort im optischen und im Radiobereich beobachten kann, zusammengehören. Radiale Geschwindigkeiten optischer und radioastronomischer Strukturen stimmen im ganzen Gebiet überein. Auch findet man, dass beide Teile, der östliche und westliche, von der gleichen Quelle ionisiert werden. Die gemessene Temperatur von etwa 8000° K erlaubt die Erklärung, dass die Ionisationsenergie (in Form von Photonen mit einer Energie von mehr als 13.6 eV, der Wasserstoffionisationsenergie) von heissen O-Sternen der Orionassoziation stammt. Die gesamte H$\alpha$-Strahlung kann auf diese Weise erklärt werden. Erstens reicht die UV-Strahlung der Assoziation aus für die beobachtete H$\alpha$-Strahlung. Und zweitens — und dies deutet direkt auf die Assoziation als den Ursprung der Energie — ist die totale H$\alpha$-Energie genau dieselbe in jedem der vier Quadranten, die in Fig. 1 eingezeichnet sind. Der Ursprung der Quadranten ist die Assoziation.

Wenn man einmal annimmt, dass die verschiedenen Strukturen zusammengehören, dann kann man versuchen, die Masse und die Energie der Materie in der Schale zu berechnen. Wichtig ist, die Entfernung abzuschätzen. Die Orionassoziation ist etwa 460 pc entfernt. Allerdings zeigen



die Beobachtungen, dass die Sterne der Assoziation eher am fernen Ende der Schale liegen. Deshalb nehmen REYNOLDS und OGDEN 400 pc als Entfernung an. Der Radius der Kugelschale im Winkelmass (hier mit $\varrho$ bezeichnet) ist etwa 19°. Der Radius wird durch

$$R = D \cdot \mathrm{tg}\,\varrho$$

gegeben, wobei D die Entfernung des Zentrums von uns ist. Mit D = 400 pc erhält man etwa R = 140 pc, also einen Durchmesser des Gebietes von 280 pc. Man fragt sich, ob die UV-Strahlung der heissen Sterne so weit zu reichen vermag. Da man im Zentrum der Struktur ein «Loch» beobachtet, d.h. da die Materie im Zentrum — innerhalb der Schale — nur sehr dünn verteilt ist, kann man annehmen, dass die Strahlung nicht vorher absorbiert wird.

Die Dicke der Schale wird mit $\varepsilon = 1.2°$ angegeben. Danach ist ihr Volumen

$$V = 4\pi R^2 \cdot D\,\mathrm{tg}\,\varepsilon = 5.8 \cdot 10^{61}\,\mathrm{cm}^3.$$

Diese Gleichung gilt, da die Schale sehr dünn ist im Vergleich zum Radius. Die Elektronendichte wurde von REYNOLDS und OGDEN zu $n_e = 1.1\ \mathrm{cm}^{-3}$ bestimmt. Bei einer mittleren Masse von $\mu = 2.3 \cdot 10^{-24}$ g (pro Elektron existiert auch ein Proton, falls der Wasserstoff vollständig ionisiert ist), ergibt sich eine Masse der Schale von

$$M = \mu n_e V = 7.5 \cdot 10^4\,M_\odot.$$

Die Materie expandiert mit einer mittleren Geschwindigkeit von $v = 15\ \mathrm{km\,s}^{-1}$. Also beträgt heute die Energie der Schale

$$E = \tfrac{1}{2} M v^2 = 1.7 \cdot 10^{50}\,\mathrm{erg}.$$

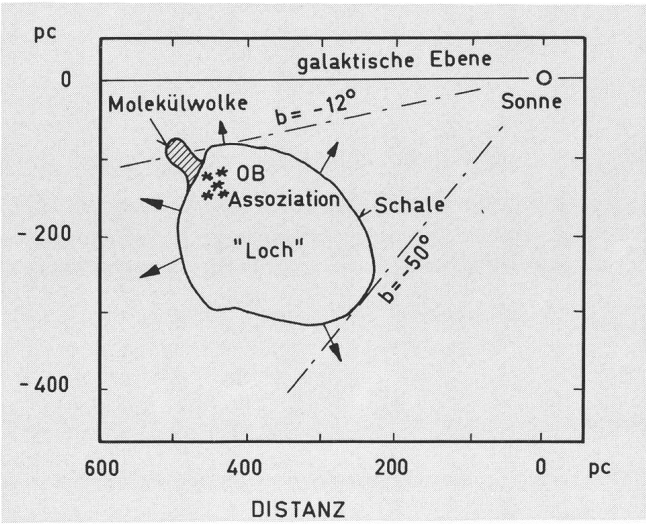
Wie kann soviel Masse mit einer solchen Energie zum Expandieren gebracht werden? Die einfachste Möglichkeit scheinen eine oder mehrere Supernovaexplosionen in der Orionassoziation zu sein. Wenn man annimmt, ein Stern explodiere in einem homogenen Medium einer gewissen Dichte, dann kann man nach CHEVALIER (1974) aus Radius und Geschwindigkeit der Schale auf die Stärke und das Alter des Ausbruches schliessen. Man findet für die Energie des Ausbruches (oder mehrerer Explosionen)

$$E_0 = 2.8 \cdot 10^{52}\,\mathrm{erg}$$

und

$$t = 2.2 \cdot 10^6\,\mathrm{Jahre}$$

für das Alter. Mehrere Fragen stellen sich sofort. Falls man als Ort der Explosion die Orionassoziation nimmt, dann




verlief jene und die nachfolgende Expansion sehr asymmetrisch. Die Assoziation liegt an einem Ende der Schale (siehe auch Fig. 2). Aber dies lässt sich einfach erklären. Die interstellare Materie ist nicht gleichmässig verteilt. Ihre Dichte nimmt stark zur Milchstrassenebene hin zu (das nahe Ende der Schale — mit der Assoziation — liegt nur etwa 100 pc unter der Ebene, das ferne aber etwa 300 pc). Zudem steht am oberen Ende die dichte Molekülwolke im Weg, was die ungleichmässige Expansion hinreichend erklärt.

Die Orionassoziation ist sehr jung. Kann eine solche Assoziation Supernovas produzieren? Das ist leicht möglich, da die Lebensdauer supermassiver 0 Sterne nur einige wenige Millionen Jahre beträgt. Einige der älteren Mitglieder der Assoziation sind hingegen mehrere zehn Millionen Jahre alt. Wie steht es mit der Energie bei einer Supernovaexplosion? Man weiss, dass es Explosionen gab, die $5 \cdot 10^{51}$ erg überschritten haben. Sicher kann die notwendige Energie $E_0$ mit einer Reihe von Supernovas erzeugt werden. Nun gibt es auch positive Hinweise, dass in der Orionassoziation Sterne explodierten. Man kennt drei Ausreissersterne (Columbae, AE Aurigae, 53 Arietis), die einmal zur Assoziation gehörten, diese aber mit hohen Geschwindigkeiten (130 km/s, 130 km/s, und 80 km/s) verlassen haben. Dies geschah vor 2.6 Millionen Jahren bei den beiden ersten, vor 4.6 Millionen Jahren beim dritten Stern. Man nimmt an, dass diese Ausreisser bei Supernovaexplosionen in Doppelsternen hinausgeschleudert wurden. Zudem beobachtet man erhöhte Röntgenstrahlung aus dem Inneren der Kugelschale. Dies deutet auf heisses Gas hin, das nach einer Supernovaexplosion innerhalb der expandierenden Schale zurückbleibt.

Wenn die Beobachtungen und Überlegungen stimmen, dann wurden damit die ältesten Supernovaüberreste bis heute gefunden. Die in Fig. 2 beschriebene Struktur von dünnen Schalen mit einem «Vakuum» im Innern soll nach einigen Theorien so häufig auftreten, dass etwa die Hälfte des interstellaren Raumes mit «Löchern» gefüllt ist. In radioastronomischen Übersichtskarten (HEILES, 1974) findet man tatsächlich, dass der ganze Raum mit schalenähnlichen Gebilden übersät ist. Demnach müsste man sehr viele Supernovareste finden können. Heisse Sterne haben es im vorliegenden Fall möglich gemacht, eine solche Struktur auch im optischen Bereich zu beobachten.

Es ist also wahrscheinlich, dass wir in der Orionassoziation Anfang und Ende der Sternentwicklung beobachten können. Aus einer dichten Gaswolke sind massive Sterne entstanden, einige so massiv, dass sie schon nach kurzer Zeit explodierten. Die Schockwellen treiben interstellares Gas vor sich her, das von den heissen Sternen der Assoziation beschienen wird. Der Tod einiger schnellebiger Mitglieder des Haufens verursacht in der Folge die Geburt neuer Sterne in der noch übriggebliebenen molekularen Wolke. Mehr und mehr Beobachtungen unterstützen also die noch etwas unsicheren Thesen, wie Sterne geboren werden und sich entwickeln.

*Literaturverzeichnis*

CHEVALIER, R.A. 1974, Ap.J. *188,* 501.
HEILES, C. 1974, in IAU Symposium 60, Galactic Radio Astronomy, ed. F.J. Kerr und S.C. Simonson (Dordrecht: Reidel), p. 13.
KUTNER, M.L., TUCKER, K.D., CHIN, G., und THADDEUS, P. 1977, Ap.J. *215,* 521.
REYNOLDS, R.J., und OGDEN, P.M. 1979, Ap.J. *229,* 942.

*Adresse des Autors:*
Hans-Ulrich Fuchs, Stalpertstraat 45, Den Haag, Holland.