

# Beobachtungen von Protosternen mit Radioteleskopen

mit freundlicher Unterstützung von  
Dirk Muders  
Silvia Leurini

# Datenanalyse

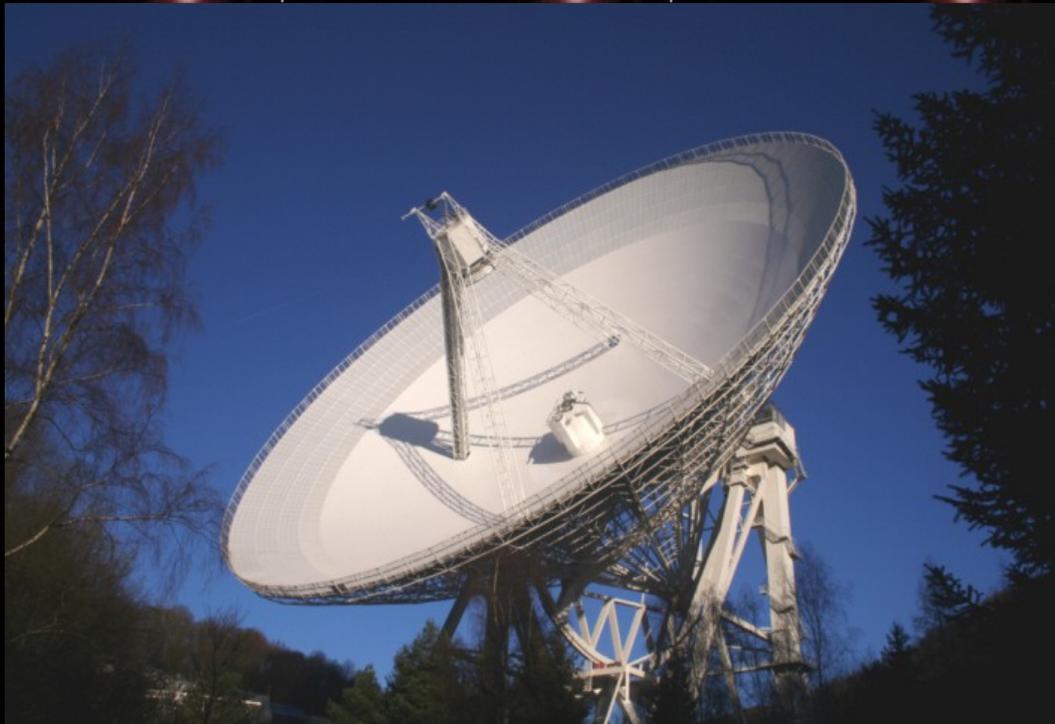
· Datenaufnahme  
· Datenreduktion  
· Datenauswertung  
· Datenvisualisierung

# Sternentstehung

interstellare Materie  
Protostern  
Fusion  
N49

Das MPIfR arbeitet weltweit an vielen Standorten mit Radioteleskopen:

Beispiele sind Effelsberg, Chile oder Spanien



Wichtige Voraussetzungen zur Messung mit Radioteleskopen bei geringen Wellenlängen (unter 3mm):

- hoher Standort (ca. 5000m: Teleskop in Chile)
- geringer Wasserdampf in der Luft
- wenige Störquellen in der Umgebung (Handys, etc.)

# Radioteleskope nicht nur auf der Erde

Das Projekt SOFIA ist ein Flugzeug, das so umgebaut wurde, dass es bald in 10.000 m Höhe als Radioteleskop dienen kann. Nur die Flugzeugelektronik ist als Störquelle vorhanden, und eine ausreichende Höhe ist ebenfalls gewährleistet.



# Und es geht noch höher

Es gibt auch Radioteleskope im All.

Dort herrschen (fast) perfekte Bedingungen für die Radioastronomie: Keine Störquellen, kein Wasserdampf und eine ausreichende Höhe ist auch vorhanden.

Diese Teleskope können jedoch lediglich 3 Jahre genutzt werden.



# Warum nur 3 Jahre?

Nach dieser Zeit ist die Kühlung des Empfängers nicht mehr möglich.

Da nur eine gewisse Menge des Kühlmittels mit ins All genommen werden kann, erschöpft dieses, der Empfänger nimmt Umgebungstemperatur an und ist damit zu warm um weiter zu arbeiten. So wird das Radioteleskop nutzlos.

# Warum muss er gekühlt werden?

Man kühlt den Empfänger ab, um das Rauschen der sich bewegenden Elektronen auf ein Minimum zu reduzieren, da dieses die Daten verfälscht. Die Temperatur beträgt dann ca. 3 Kelvin, also -273 Grad Celsius.



Alle Teleskope nehmen Daten auf,  
die auch an das MPIfR geschickt werden.

Diése Rohdaten müssen dann natürlich  
weiter verarbeitet werden.

Max-Planck-Institut  
für Radioastronomie



# Warum ist die Höhe wichtig?

Wenn die Daten innerhalb der Atmosphäre aufgezeichnet wurden, müssen die Daten zuerst "gereinigt werden".

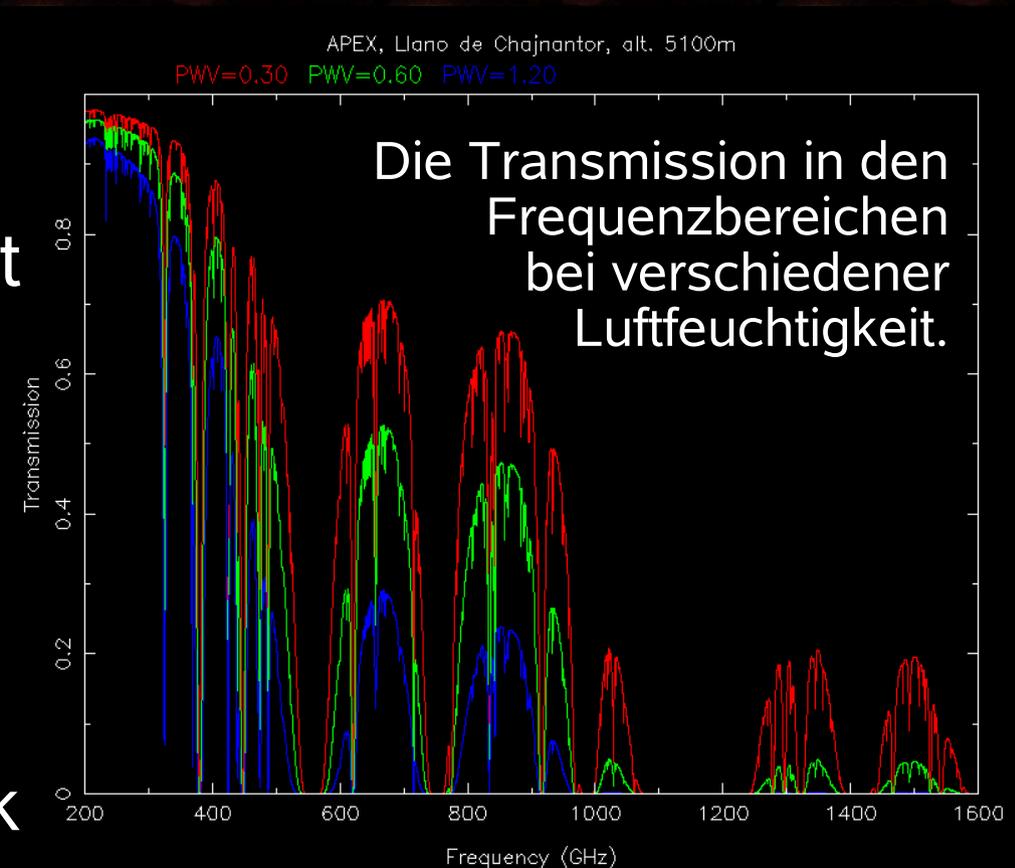
Das bedeutet, man muss die Strahlung des Objekts über das man etwas erfahren möchte extrahieren, denn auch die Erde, die Atmosphäre und selbst der Empfänger am Teleskop senden Strahlung aus.

Mit zunehmender Höhe verringert sich linear die Erdatmosphäre, sodass genauere Daten erhalten werden können.

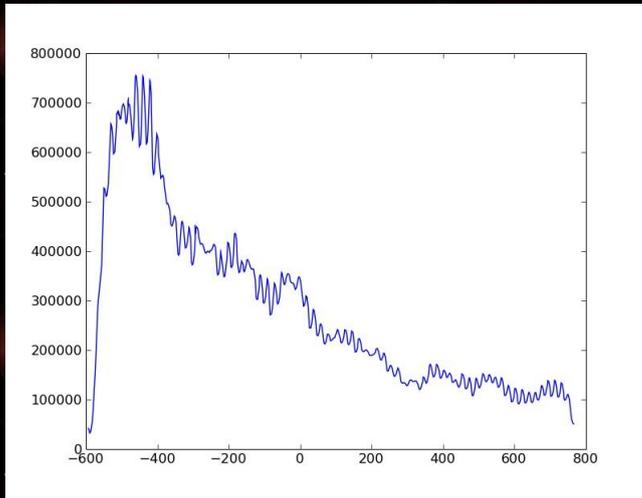
Ohne diesen Schritt wäre in den Aufzeichnungen nichts zu erkennen.

# Durchlässigkeit der Atmosphäre

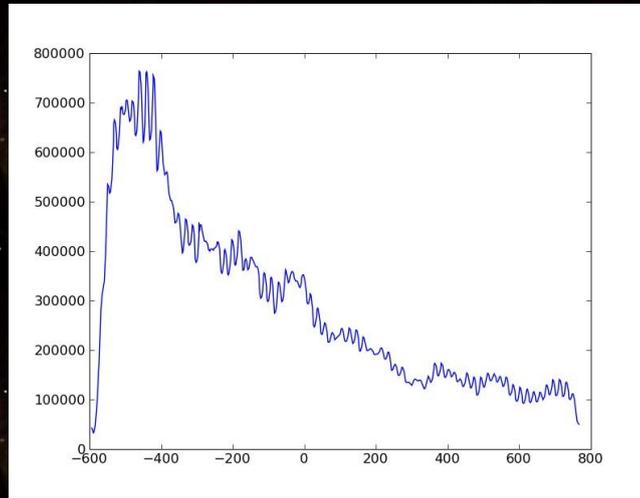
Die Höhe und der Wasserdampf sind auch noch aus einem anderen Grund sehr wichtig: Die Atmosphäre absorbiert die Strahlung, sodass bei manchen Frequenzen keine Strahlen mehr auf der Erdoberfläche ankommen. Andere Frequenzbereiche werden nicht ganz so stark absorbiert. Bei kleinen Wellenlängen liegt die Absorption bei fast 100 Prozent.



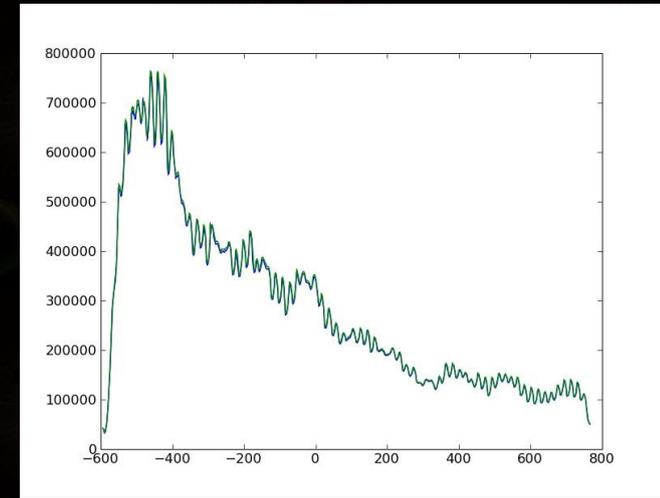
# $(\text{Objekt} - \text{Referenz}) / \text{Referenz}$



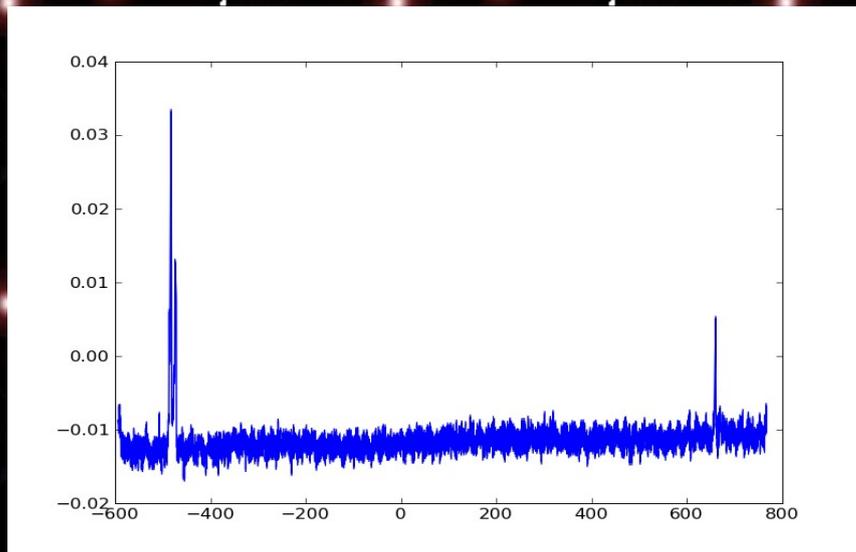
Objekt



Referenz



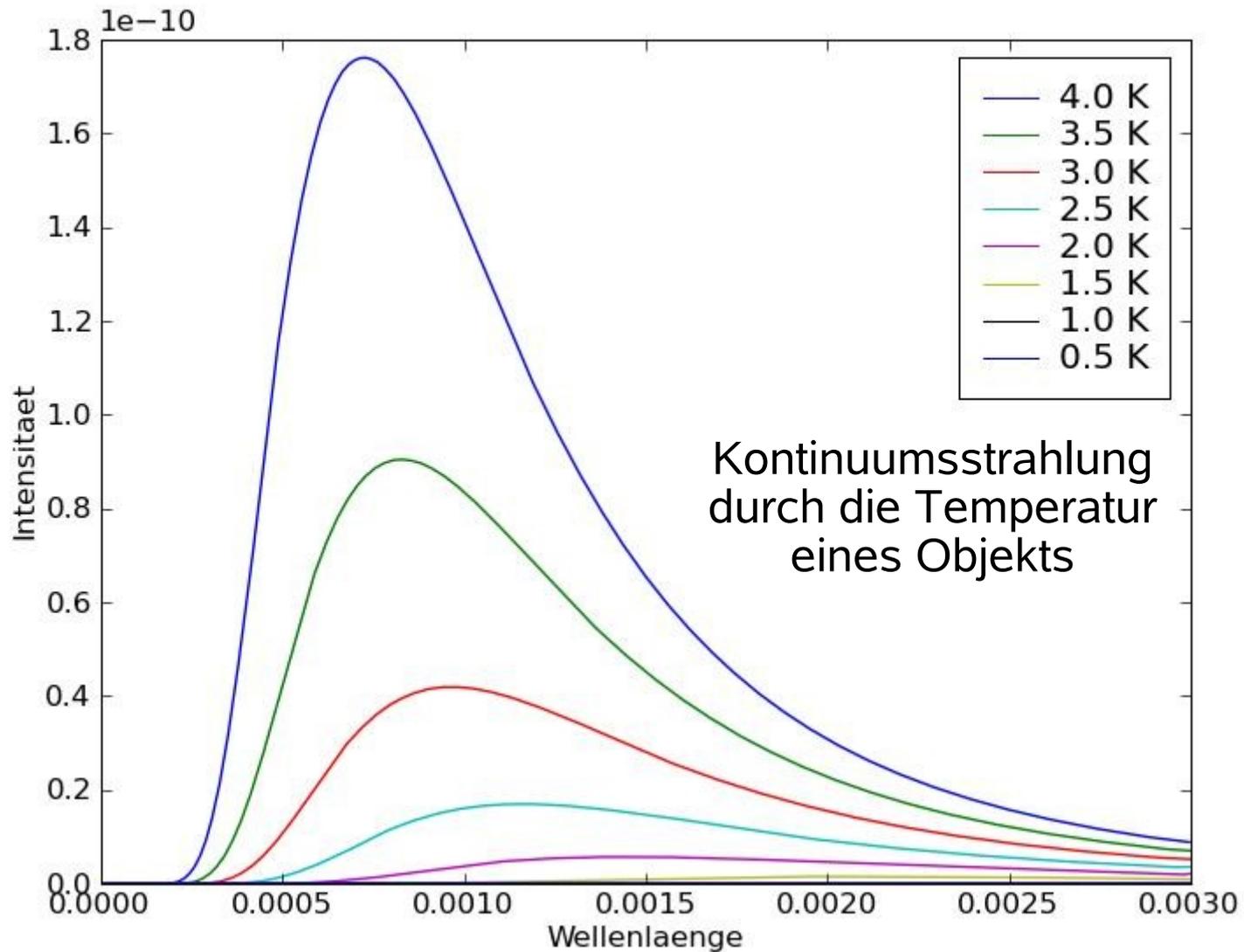
gleichzeitig



voneinander  
abgezogen

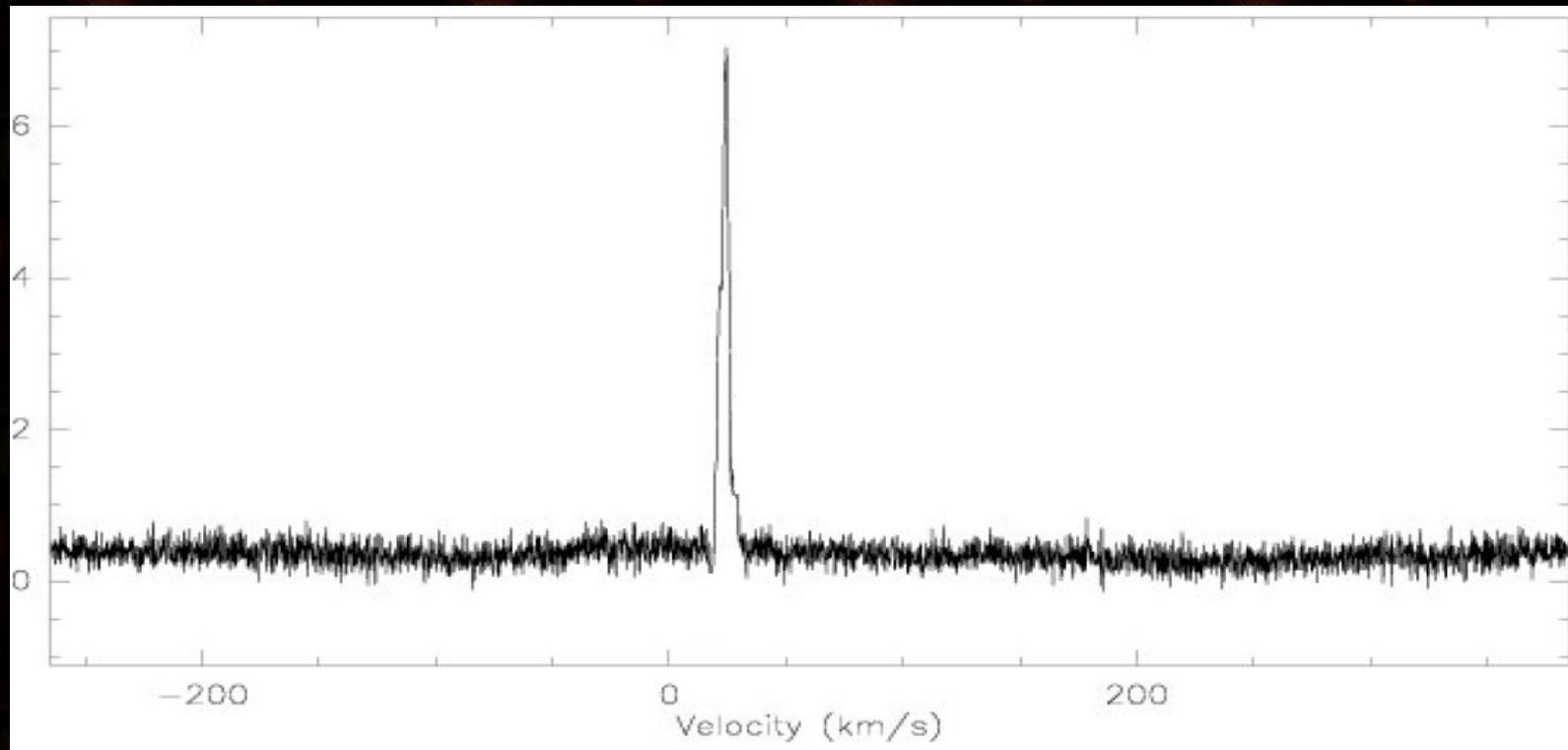
Referenz = Atmosphäre + Erde + Empfänger + etc.

# Planck-Spektren



# Der Dopplereffekt in Plots

Aufgrund des Dopplereffekts ist die Spitze der Strahlung nicht nur an einem Punkt zu sehen, sondern breitet sich auch auf beide Seiten noch gering aus.



## Der Dopplereffekt kurz erklärt

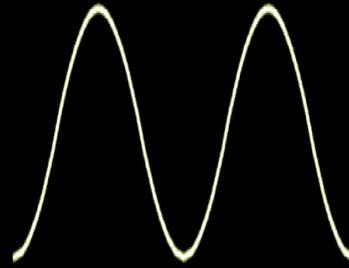
Der Dopplereffekt ist eine Veränderung der Wahrnehmung der Wellenlängen eines Objekts.

Wenn sich ein Objekt nähert, erscheinen die Wellenlängen kürzer, wenn es sich wegbewegt, erscheinen sie länger.

Bewegt sich ein Objekt weg, so können sich einzelne Moleküle dieses Objekts weniger weit entfernen. Hierdurch kommt es zum Dopplereffekt.

Dies muss ebenfalls in den Daten berücksichtigt werden.

# Kurze Erläuterung



kleinere Wellenlänge = höhere Frequenz

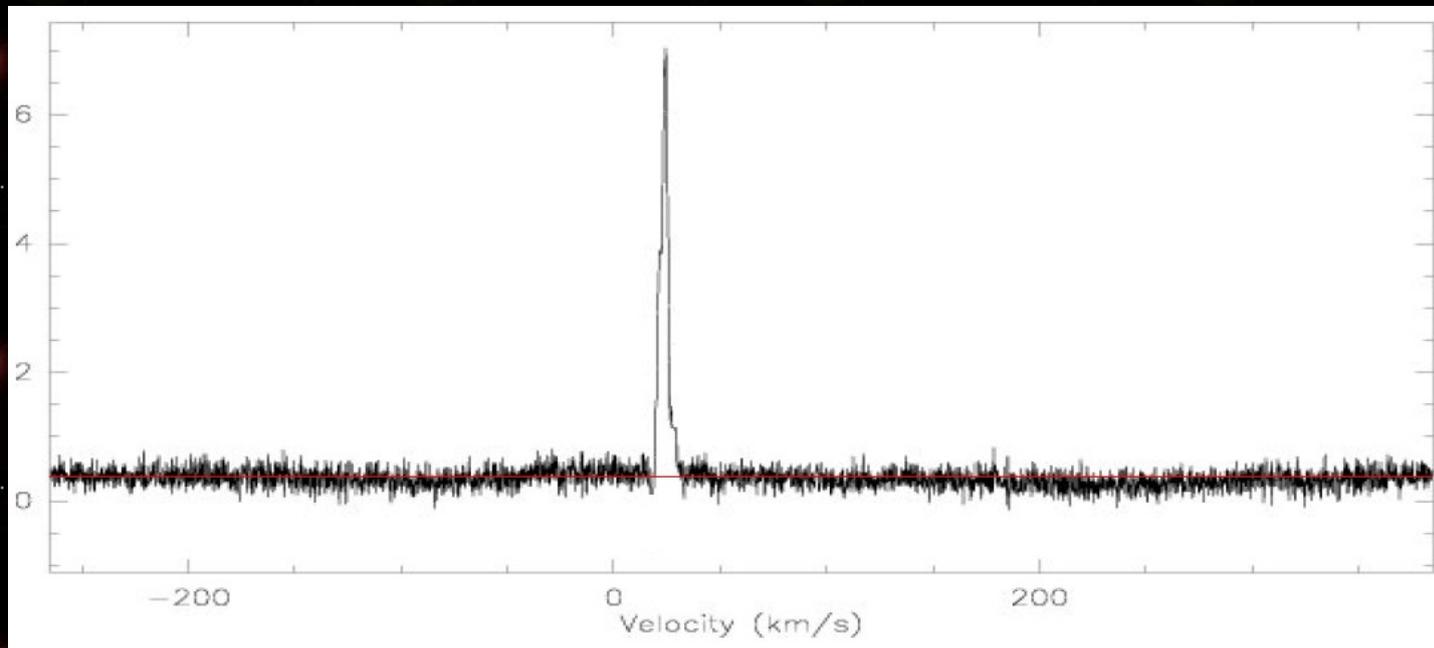


längere Wellenlänge = niedrigere Frequenz

# Basislinien

Da sich die Grundlinie der Daten nur selten auf 0 befindet, wird während der Bearbeitung eine Basislinie 1. Grades gezogen, um die Grundlinie anzugleichen.

In sehr seltenen Fällen kann zur Verfeinerung der Daten eine Basislinie 2. oder sogar 3. Grades gezogen werden. Jeder höhere Grad würde die Daten jedoch zu sehr verfälschen.

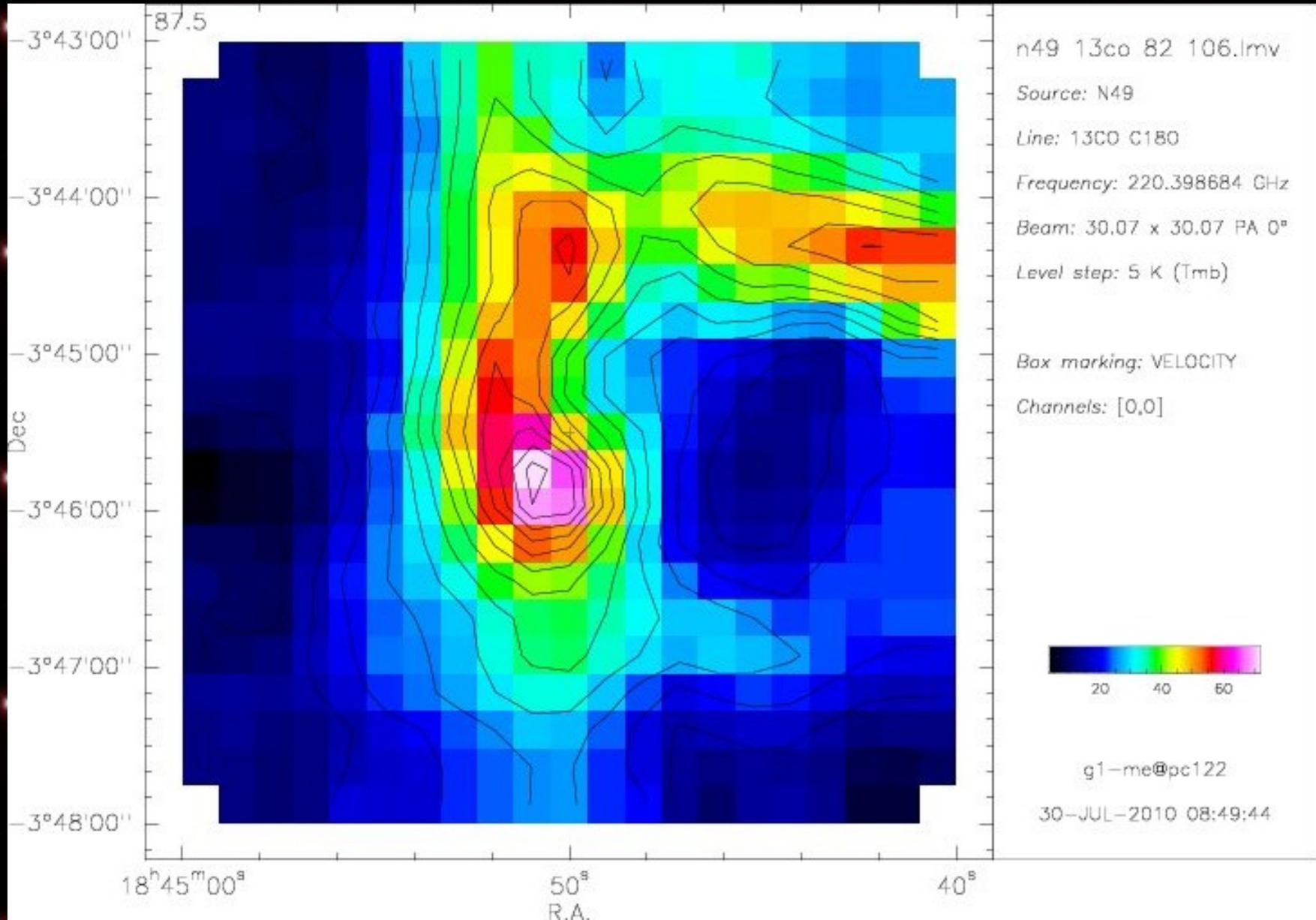


Nachdem die Daten aufbereitet wurden, kann man diese in 2D- oder 3D-Karten darstellen. Darüber hinaus können wichtige Schlussfolgerungen für die voranschreitende Entwicklung der Radioastronomie gezogen werden.

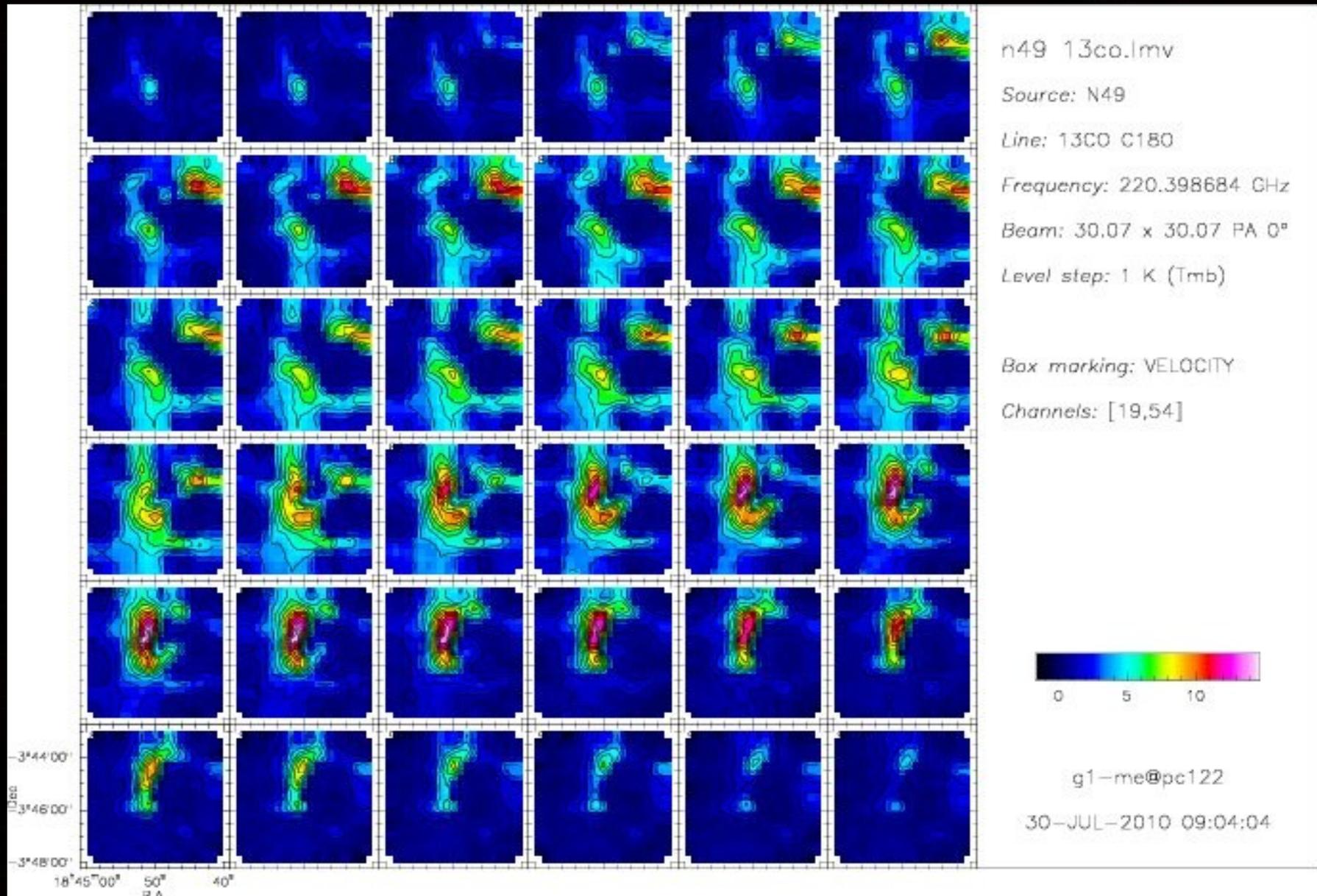
2D-Grafiken können auf verschiedene Weise dargestellt werden.

Die Darstellung erfolgt entweder als ein Bild, in dem alle Segmente gleichzeitig oder einzeln, in dem alle Segmente getrennt dargestellt werden.

# Ein Bild mit allen Segmenten



# Mehrere Bilder mit einzelnen Segmenten



# Entstehung von Sternen

Der Bereich zwischen den Sternen ist nicht leer, sondern auch dort existiert Materie.

Diese interstellare Materie ballt sich zu großen Wolken zusammen, die fast ausschließlich aus Gas (99%, davon 90% Wasserstoff), aber auch zu einem geringen Teil aus Staub bestehen.

Wie eine solche Wolke kollabiert, ist bis heute unklar.

Es gibt mehrere Theorien:

z.B.:

Supernovaexplosionen und HII-Regionen könnten eine Druckwelle auslösen, die einen Teil der Wolke verdichtet und zur Kontraktion „zwingt“, sodass am Ende ein Stern entsteht.

Auch kann es sein, dass die Eigengravitation zur Kontraktion führt.

Sicher ist jedoch, dass Sterne durch den Kollaps der interstellaren Materie in einer Wolke entstehen.

# Kühlungsmechanismus

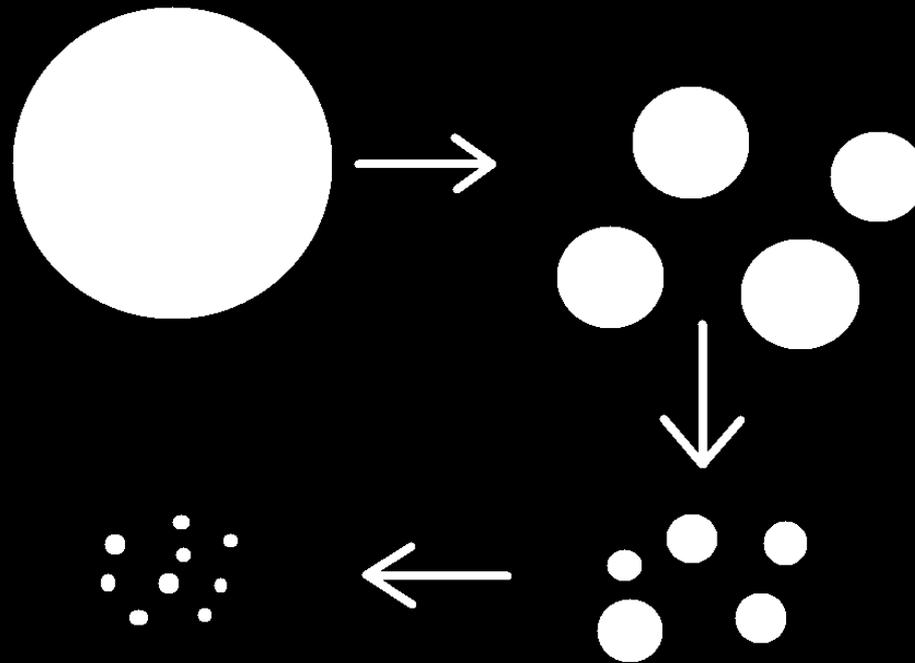
Eine wichtige Voraussetzung für diesen Kollaps ist eine funktionierende Kühlung.

Die durch die Wärme erzeugte Energie könnte dem Kollaps entgegenwirken und so die Sternentstehung verhindern.

Deshalb sollte eine Wolke etwa 10-20 Kelvin kalt sein, aber auch dann existiert noch immer eine Wärmebewegung, die bei der Verdichtung ansteigt. So können die Wasserstoffmoleküle mit Staubteilchen kollidieren, welche die Energie aufnehmen, emittieren und so eine Kontraktion weiter ermöglichen.

# Fragmentation

Während der Kontraktion erhöht sich die Dichte zusehends, sodass irgendwann kleine Teilchen instabil werden, die Wolke zerfällt und sich nicht nur ein Stern, sondern mehrere Sterne bilden.



# Protostern

Da immer mehr Masse auf das Zentrum einströmt, erwärmt sich die Wolke, sodass bei 2.000 K die Wasserstoffmoleküle in Wasserstoffatome gespalten werden und das Kontraktionszentrum zusammenbricht.

Bei 10.000 K werden die Wasserstoffatome dann ionisiert.

# Fusionsbeginn

Bei Erreichen einer Temperatur von 5 Millionen Kelvin setzt die Kernreaktion ein. Hierbei setzt der Stern mehr Energie frei, als er zugeführt bekommt.

Die letzten Reste von interstellarer Materie werden weggeweht, sodass der Stern seine endgültige Größe erreicht hat.

Damit ist die Sternentstehung vollendet.

# Größe der Sterne

Sterne sind verschieden groß.

Unsere Sonne ist sehr klein im Gegensatz zu vielen Sternen.

Sterne mit 100facher Sonnenmasse leben aber nicht so lange, wie Sterne mit 0,8facher Sonnenmasse.

Warum?

Je größer ein Stern ist, umso früher ist die Fusion beendet.

Daher existiert der große Stern nur ein paar Million Jahre, während der kleine einige Milliarden Jahre lebt. Deshalb existieren auch heute noch alle kleinen Sterne.

# N49 – The Bubbling Galactic Disk – Katalog

by Churchwell et al. 2006

Die drei Bilder zeigen die Region N49 bei verschiedenen Wellenlängen.

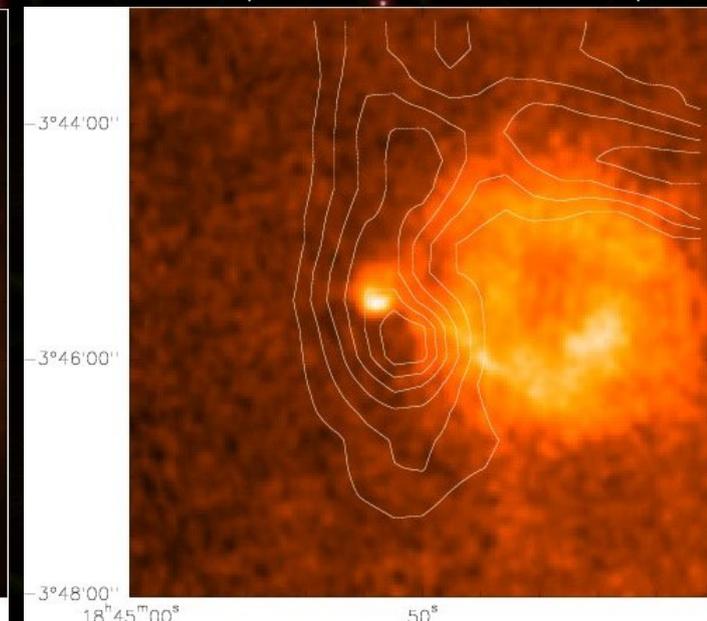
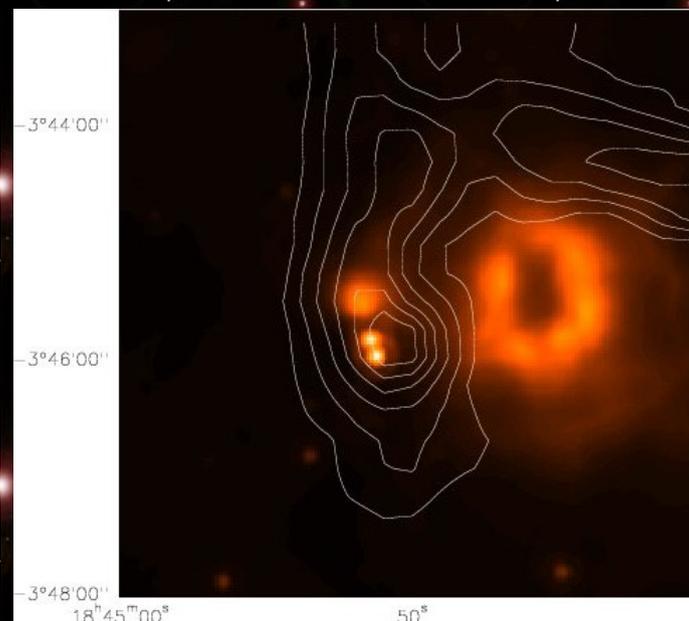
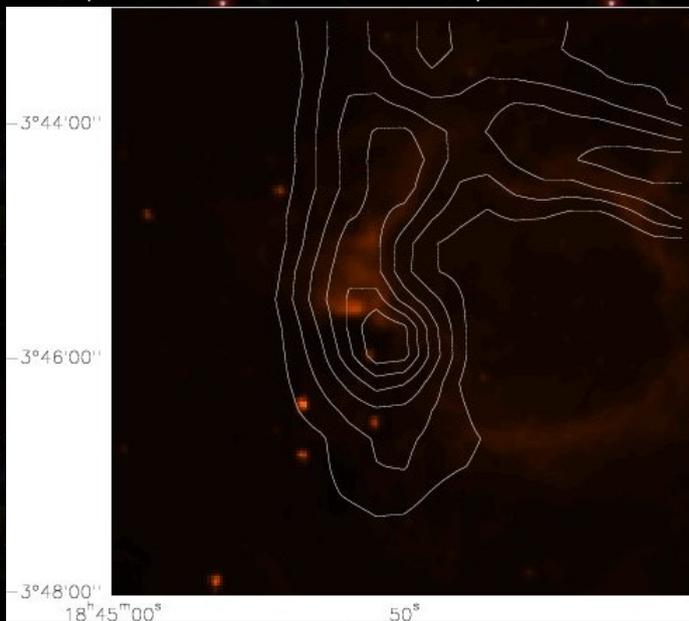
Die weißen Konturen stellen ein Kohlenstoffmolekül dar, das dort beobachtet wurde.

Wellenlängen:

8 $\mu$ m(Infrarot)

24 $\mu$ m(Infrarot)

20cm(Radio)



Hier wurden die 3 Bilder der verschiedenen  
Wellenlängen aufeinander gelegt.

rot = 20cm  
grün=24 $\mu$ m  
blau=8 $\mu$ m



## N49 – Größenordnung

Entfernung: 169.730.000.000.000.000 km  
(ca. 1.14 Mio. x Strecke: Erde → Sonne.)

Durchmesser: 822.851.082.629.890.000 km  
(ca. 5.5 Mio. x Strecke: Erde → Sonne.)

Masse: 36.636.838.027.323.000.000.000.000.000 kg  
(ca. 18.4 x Masse: Sonne)

## Zusammenfassung - N49

Sicher ist also, dass Sterne aus kalten Wolken interstellarer Materie entstehen.

N49 wurde mit APEX beobachtet.  
Es wird von dichtem, kaltem Gas der nahen HII-Region umgeben.