

# Uni(versum) für alle!

»Halbe Heidelberger Sternstunden«



Astronomische Mittagspause in der Peterskirche



Astronomische Mittagspause in der Peterskirche

UNIVERSITÄT  
HEIDELBERG  
Zukunft. Seit 1386.

Uni(versum) für alle!

»Halbe Heidelberger Sternstunden«

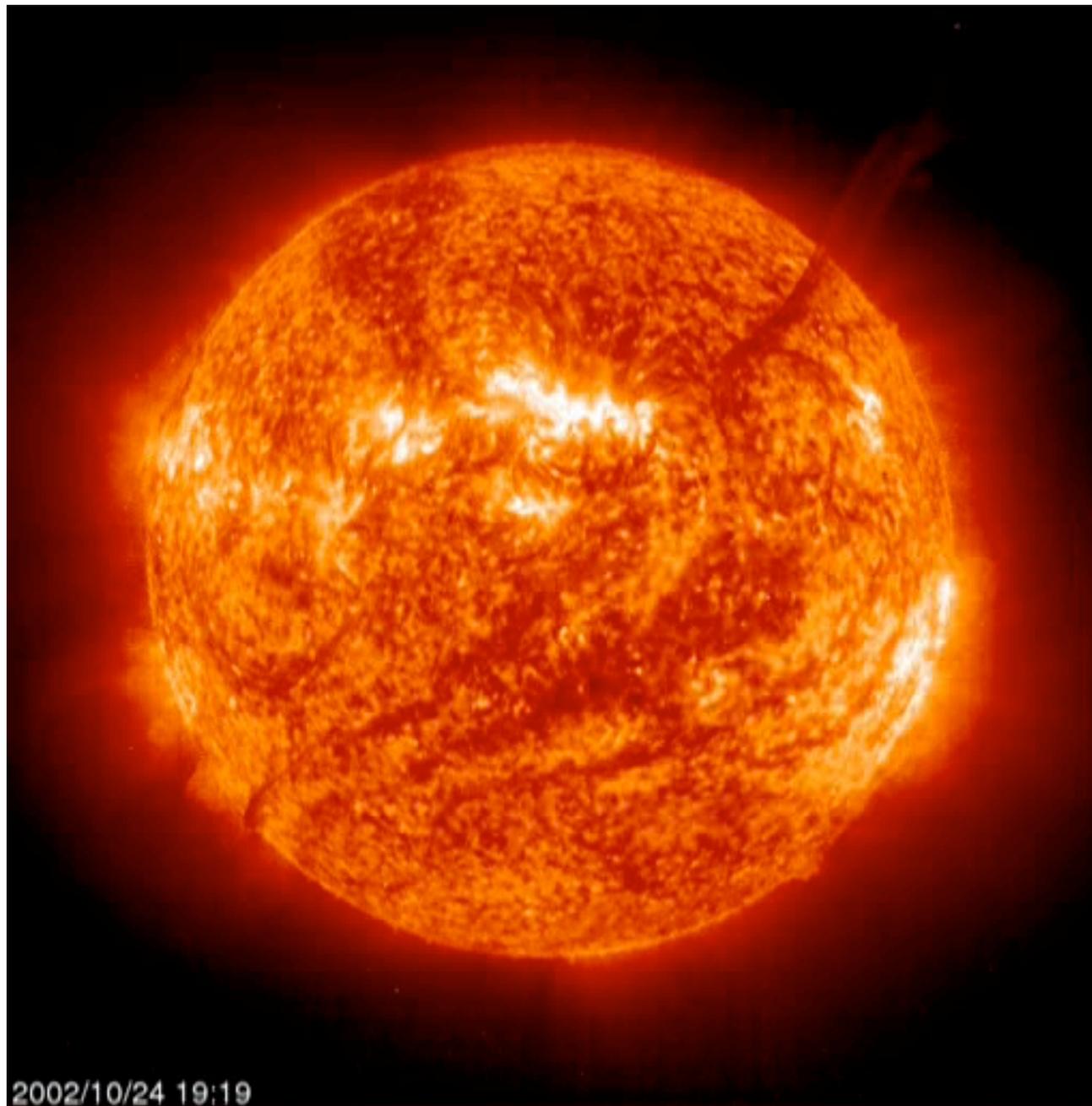
Freitag, 15. April 2011, Vortrag #5:

# “Die turbulente Geburt der Sterne”

Prof. Ralf Klessen

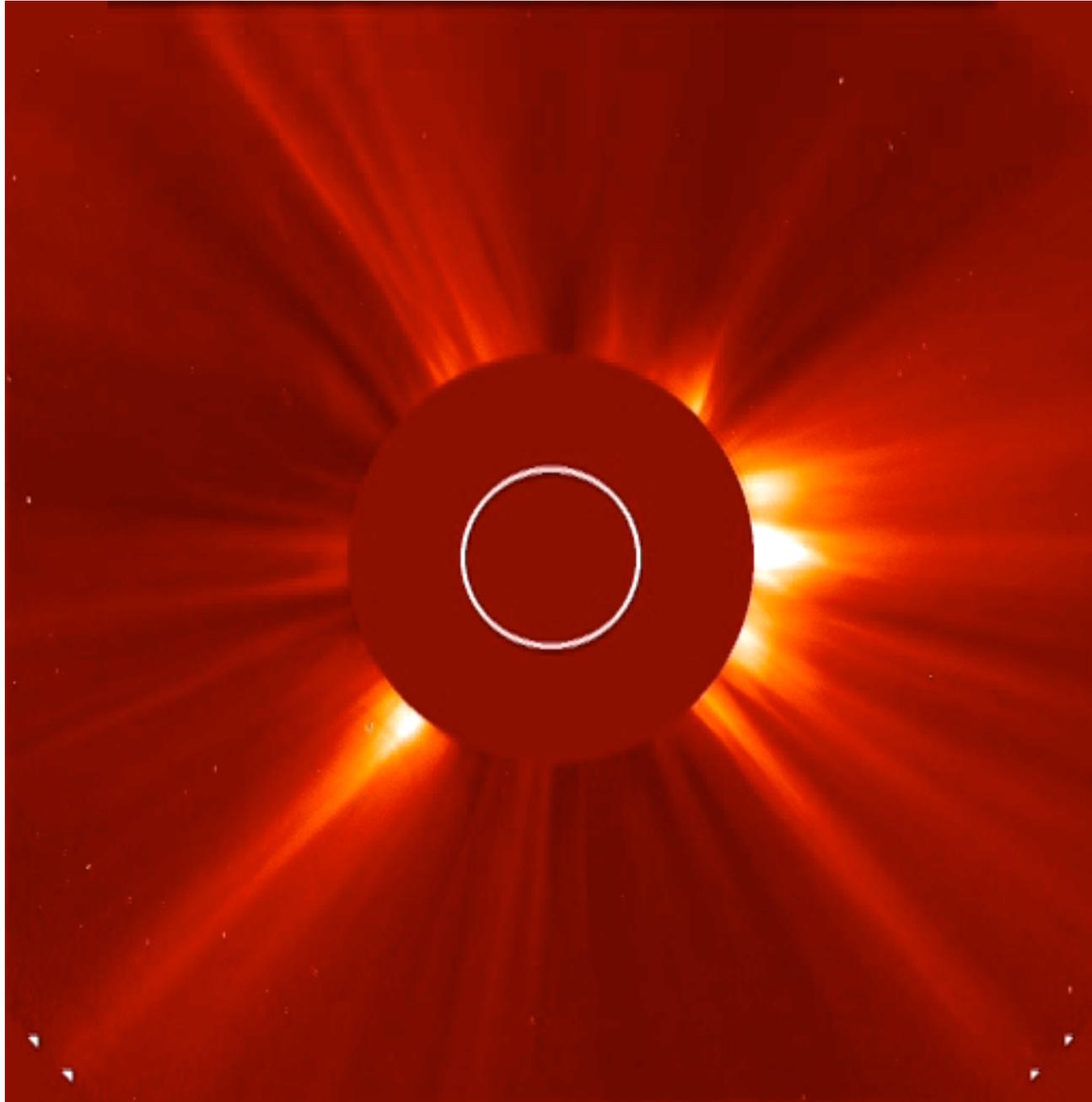
(Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg)

Unsere Sonne



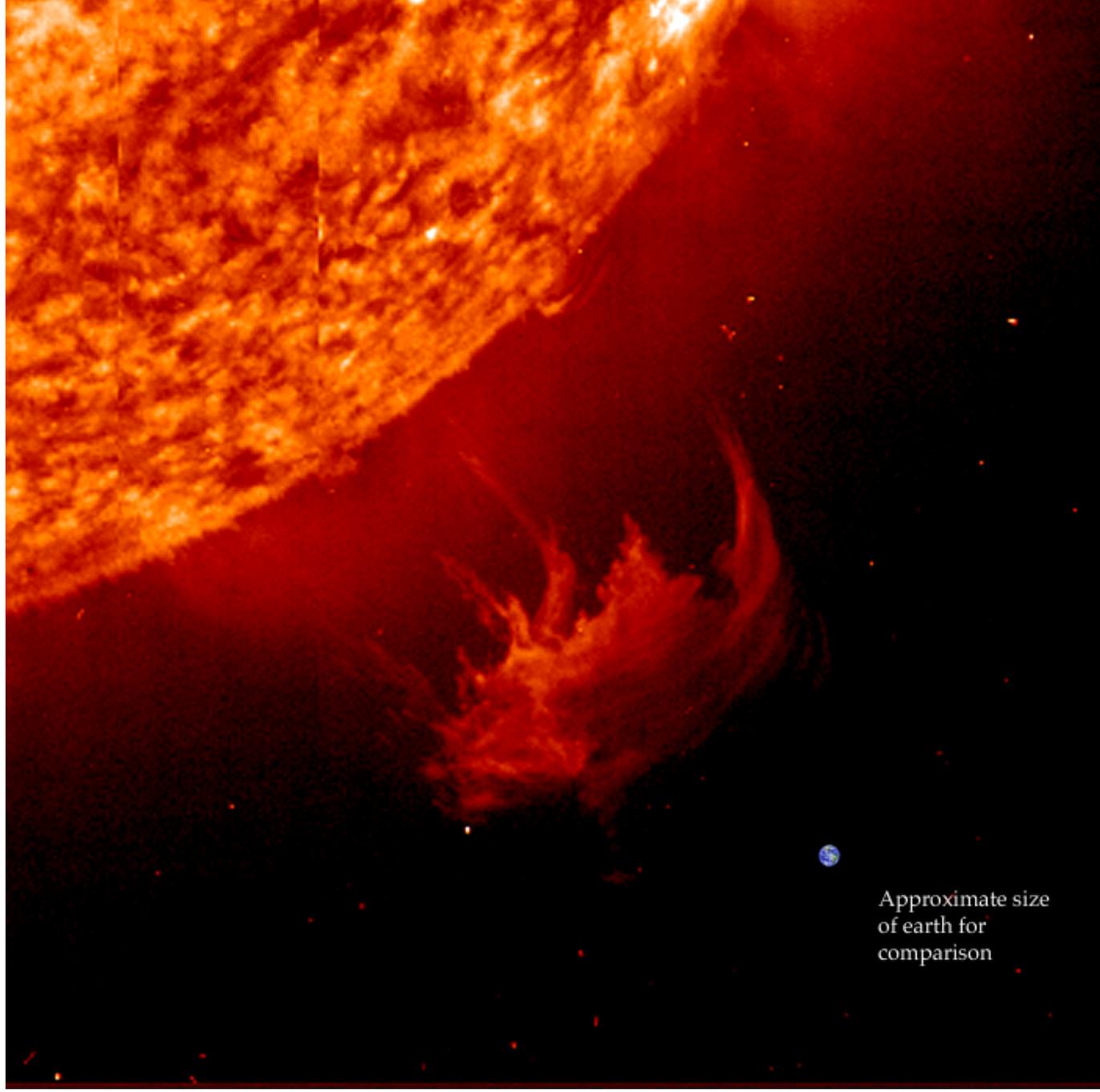
(Aufnahme mit dem SOHO Satelliten)

Unsere Sonne



(Aufnahme mit dem SOHO Satelliten)

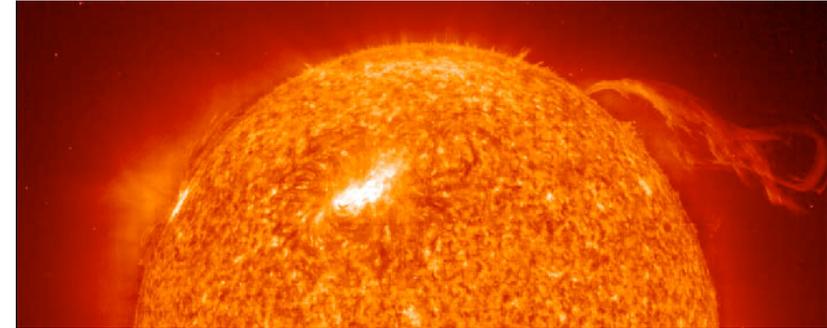
# Größenvergleich: Sonne - Erde



Approximate size  
of earth for  
comparison

# Sterne: die Sonne

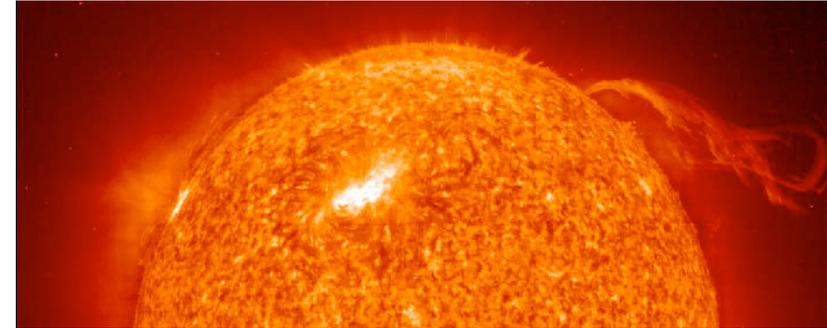
## Eigenschaften der Sterne (Stellare Zustandsgrößen):



Radius	$R_{\odot}$	696 000 km
Masse	$M_{\odot}$	$1,989 \times 10^{30}$ kg
Leuchtkraft	$L_{\odot}$	$3,86 \times 10^{26}$ W
effektive Temperatur	$T_{\text{eff}}$	5800 K (Oberfläche)
Zentraltemperatur	$T_{\text{zentral}}$	$15 \times 10^6$ K
Alter	$t_{\odot}$	$4.5 \times 10^9$ a

auf der Erde:  
Solarkonstante  
 $1.37 \text{ kW/m}^2$

# Sterne: Statistische Charakteristika



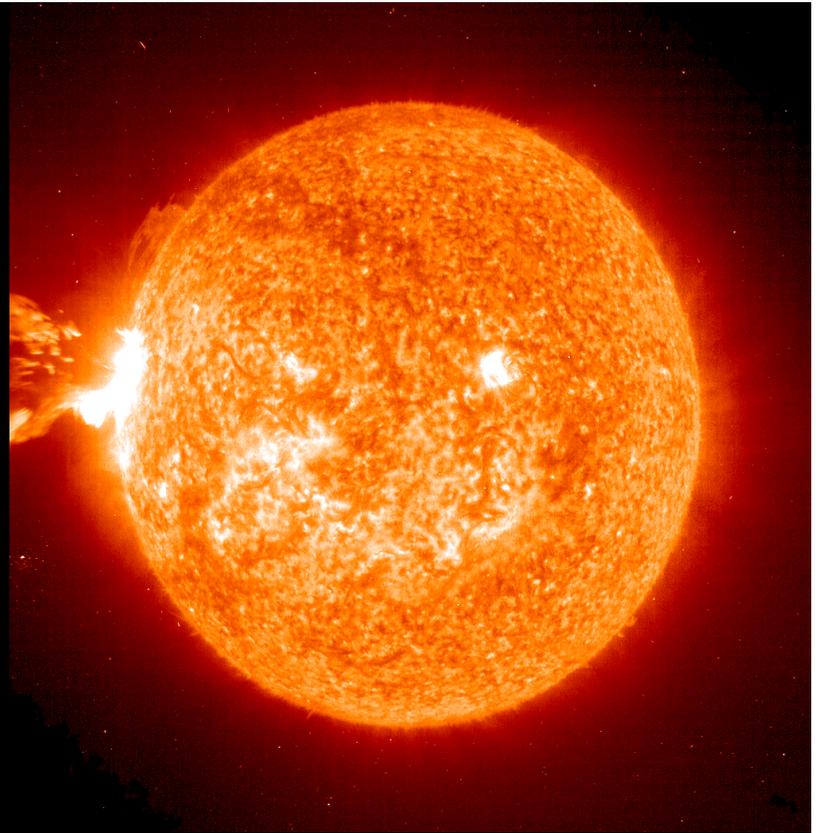
**Anzahl der Sterne in der Milchstraße:**  $\approx 10^{11}$   
**Sternentstehungsrate:**  $\approx 2 M_{\odot}/\text{Jahr}$

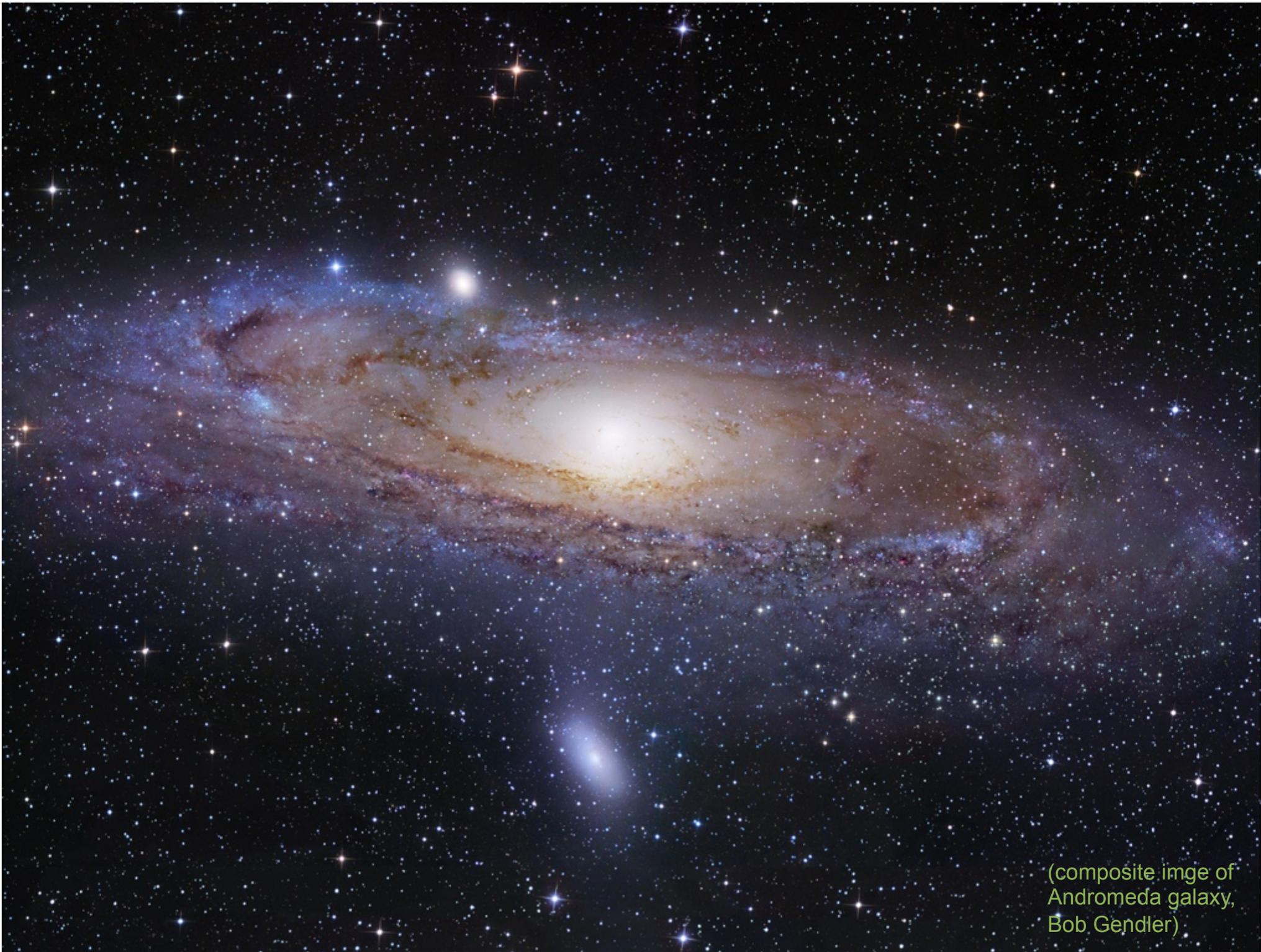
## Skalen:

Milchstraße	$\varnothing \approx 30 \text{ kpc} \approx 10^{23} \text{ cm} \approx 100.000 \text{ Lichtjahre}$
Sonnensystem (Pluto-Bahn)	$\varnothing \approx 80 \text{ AU} \approx 10^{15} \text{ cm} \approx 11 \text{ Lichtstunden}$
Erdbahn	$\varnothing \approx 2 \text{ AU} \approx 3 \times 10^{15} \text{ cm} \approx 17 \text{ Lichtminuten}$
Sonnendurchmesser	$\varnothing \approx 1,4 \times 10^{11} \text{ cm}$
Erddurchmesser	$\varnothing \approx 1,3 \times 10^9 \text{ cm}$



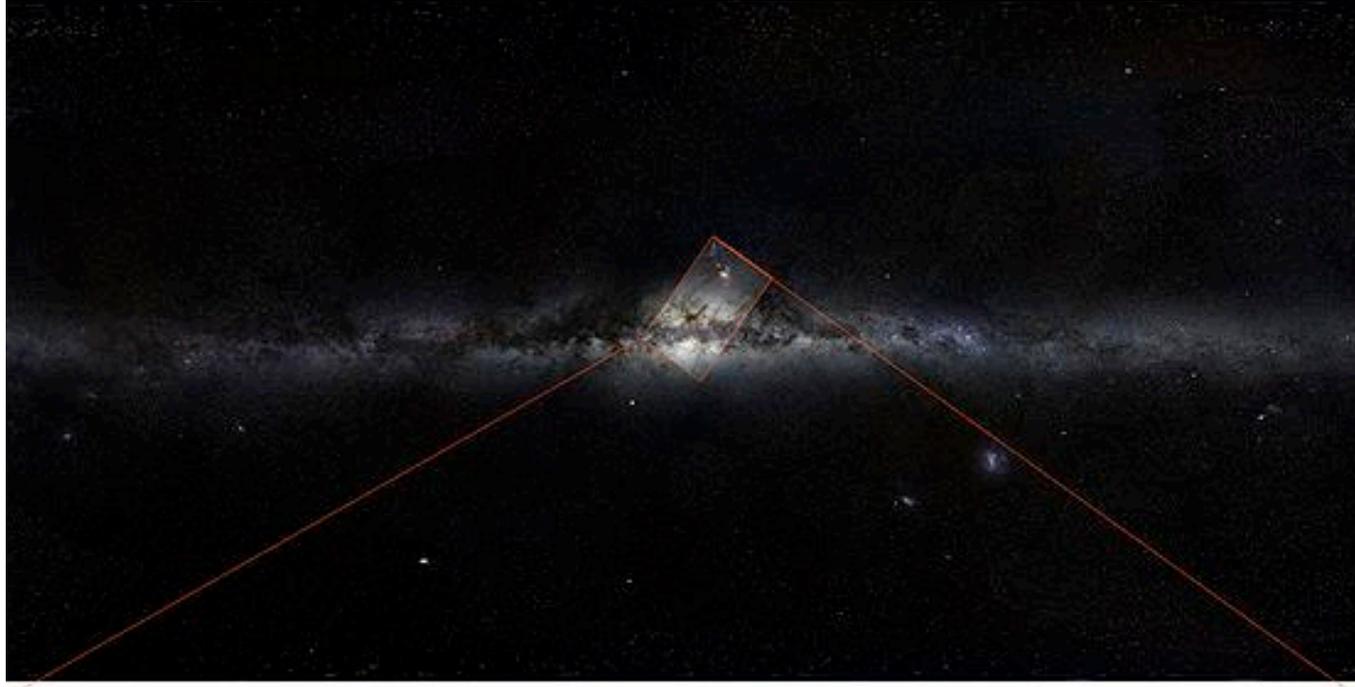
?





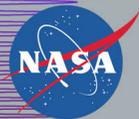
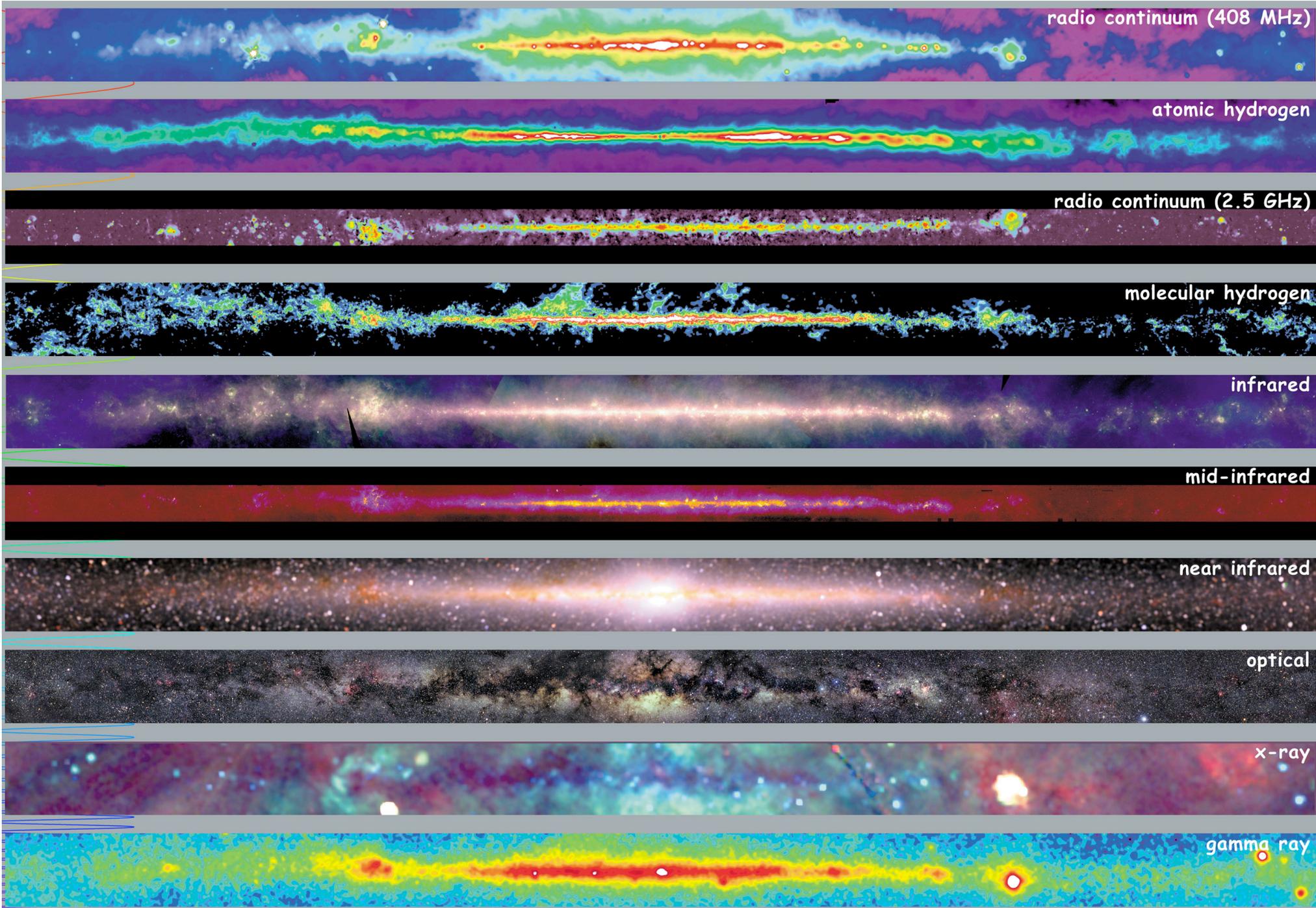
(composite image of  
Andromeda galaxy,  
Bob Gendler)

Milky way starscape taken from Paranal. (ESO)



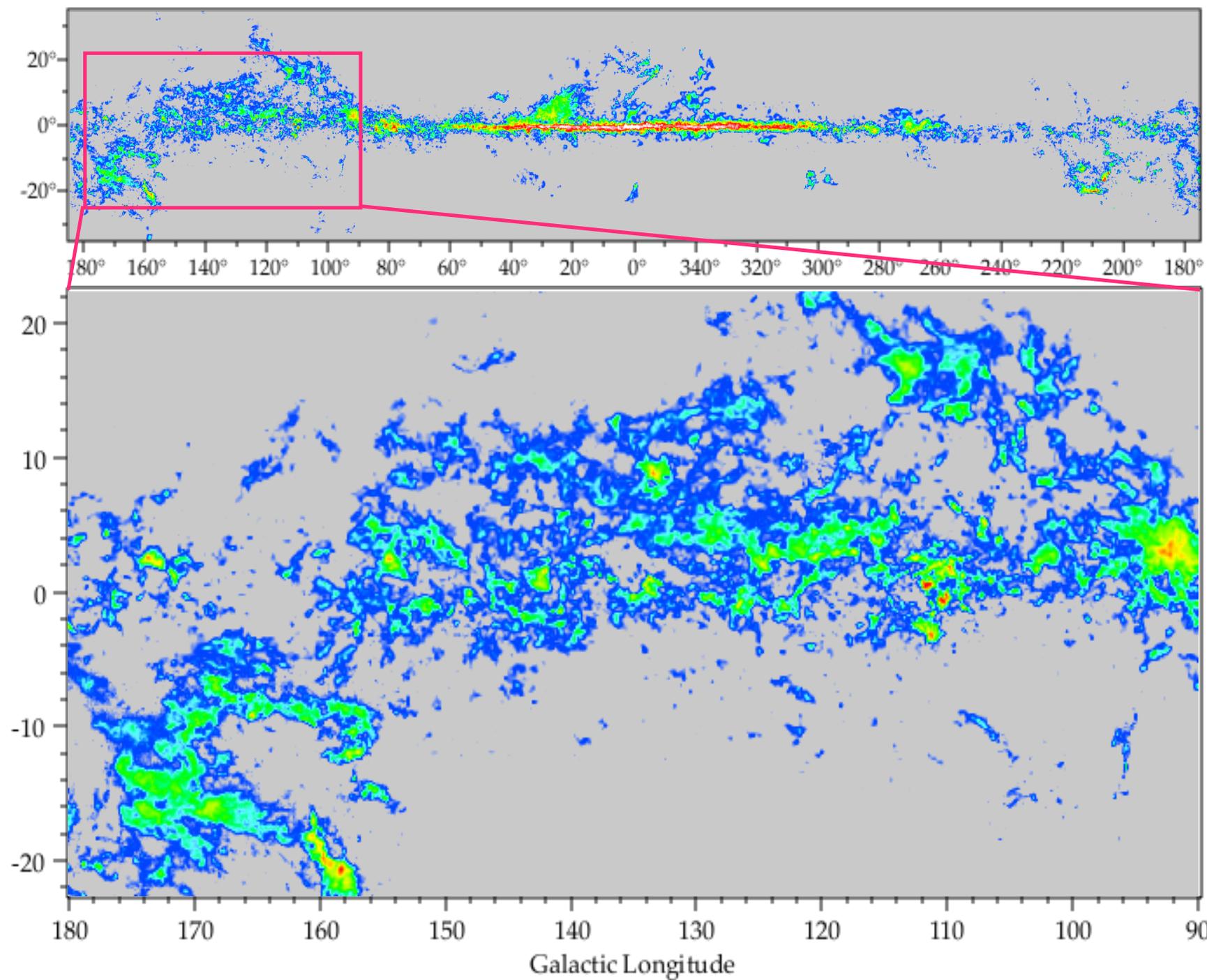
Milky way starscape taken from Paranal. (ESO)



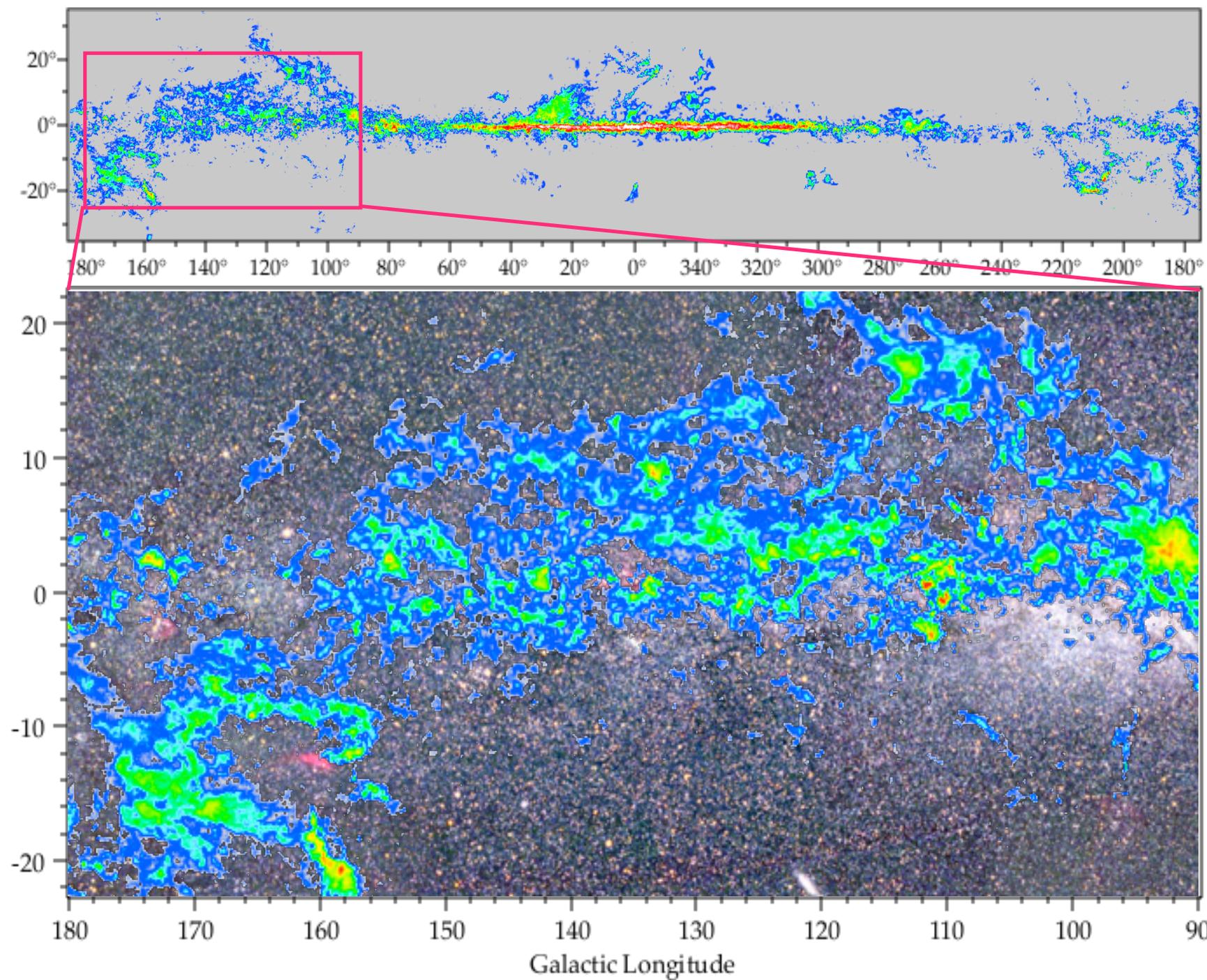


# Multiwavelength Milky Way

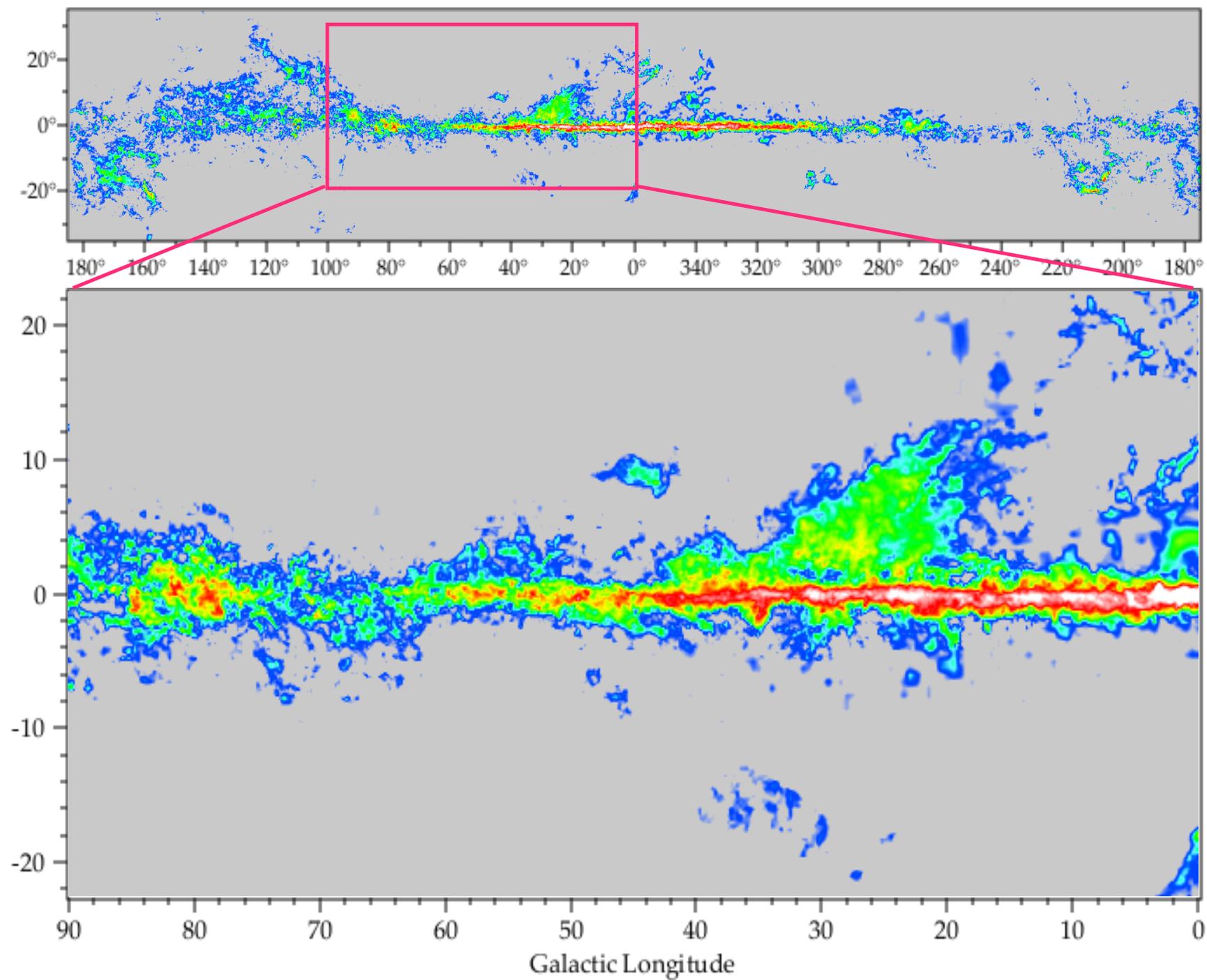
CfA Survey (Thomas Dame)



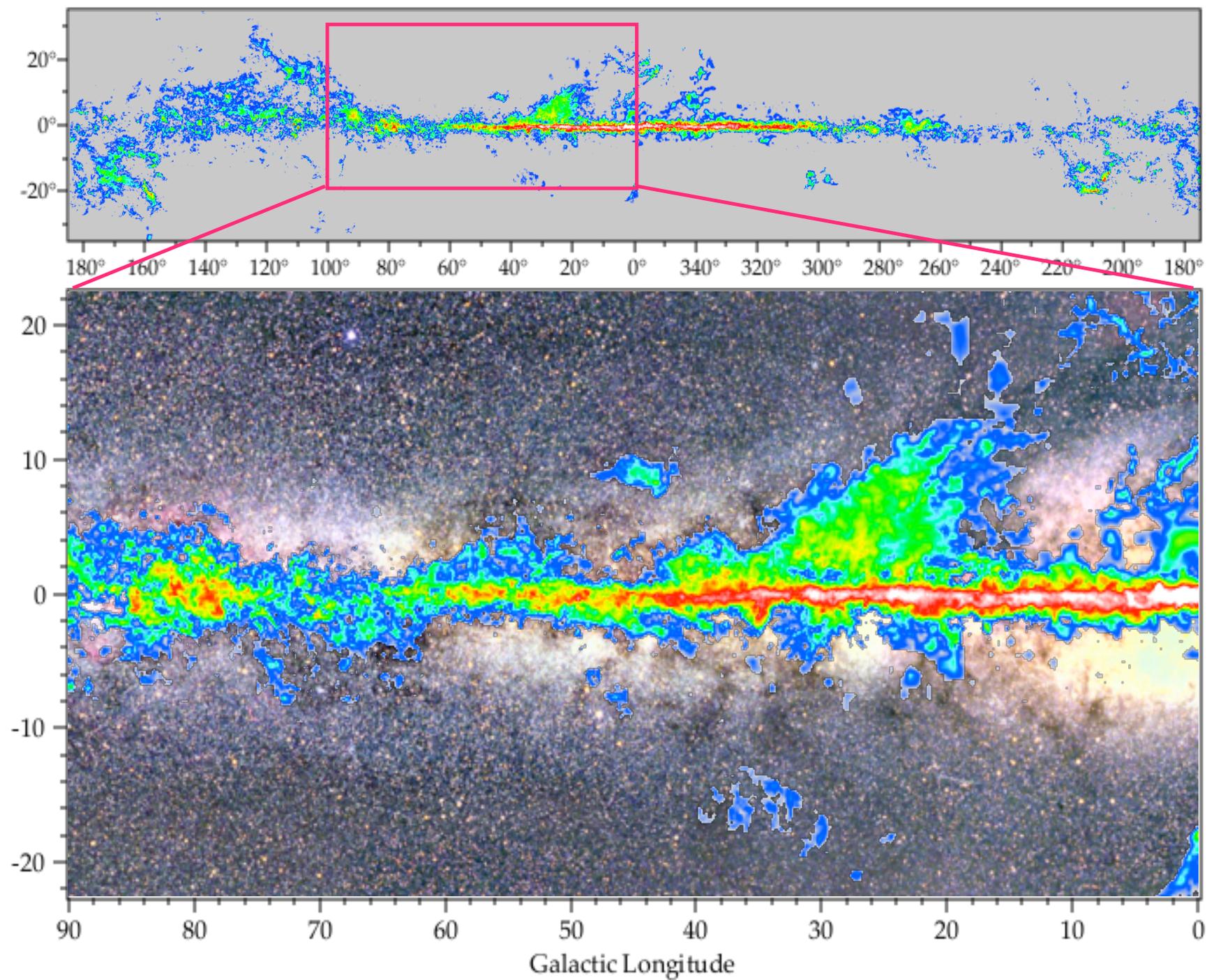
CfA Survey (Thomas Dame)



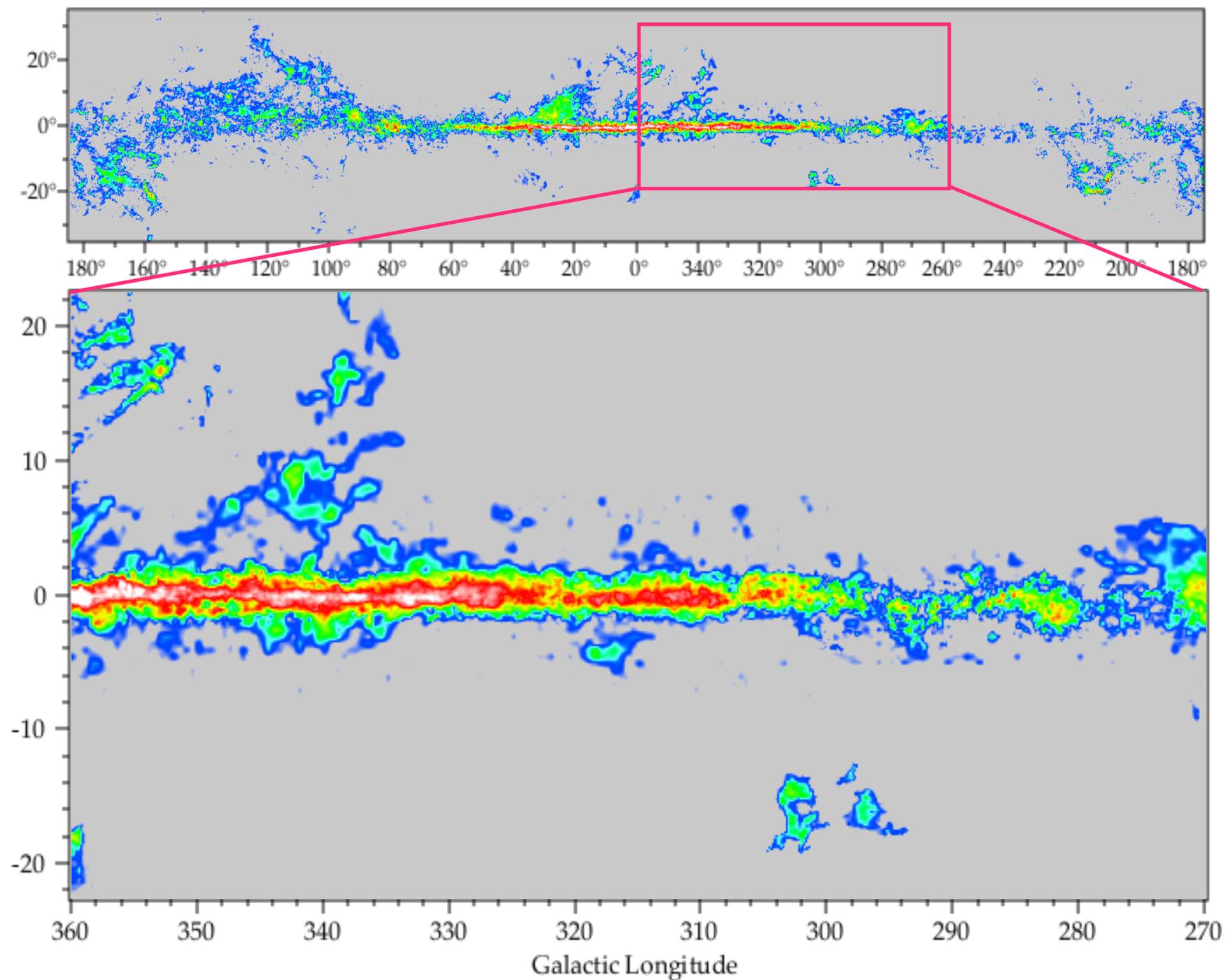
CfA Survey (Thomas Dame)



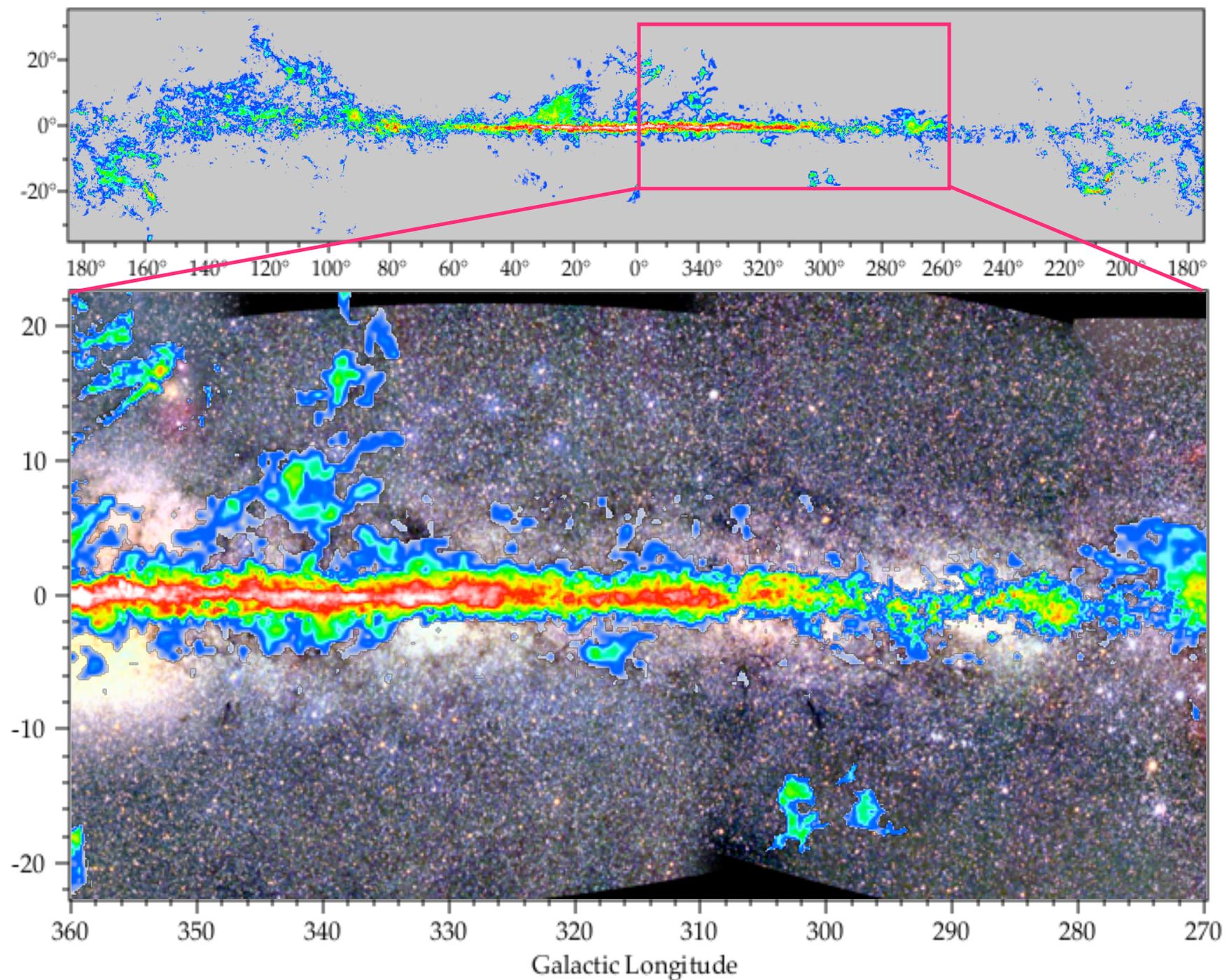
CfA Survey (Thomas Dame)



CfA Survey (Thomas Dame)



CfA Survey (Thomas Dame)



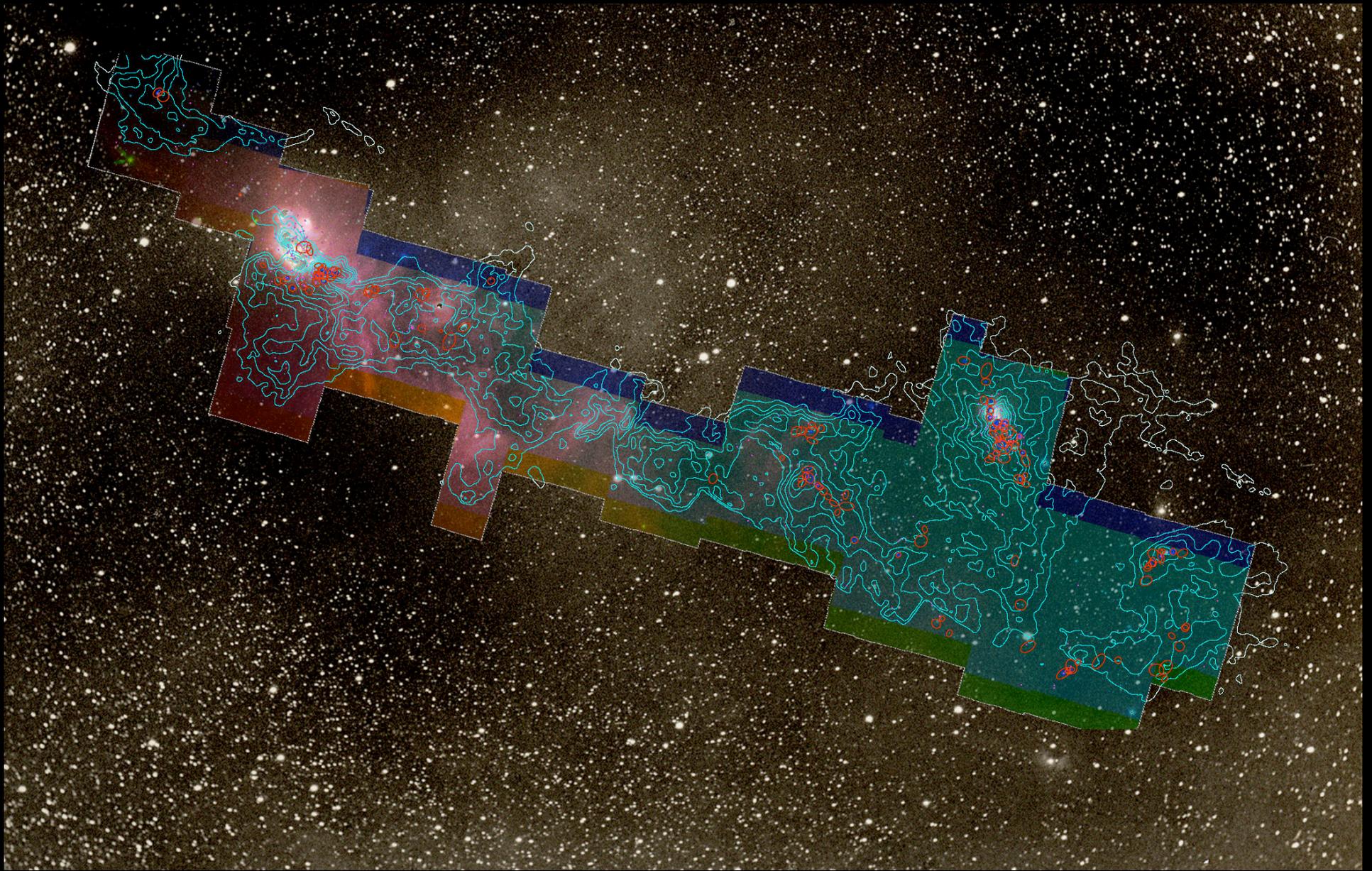
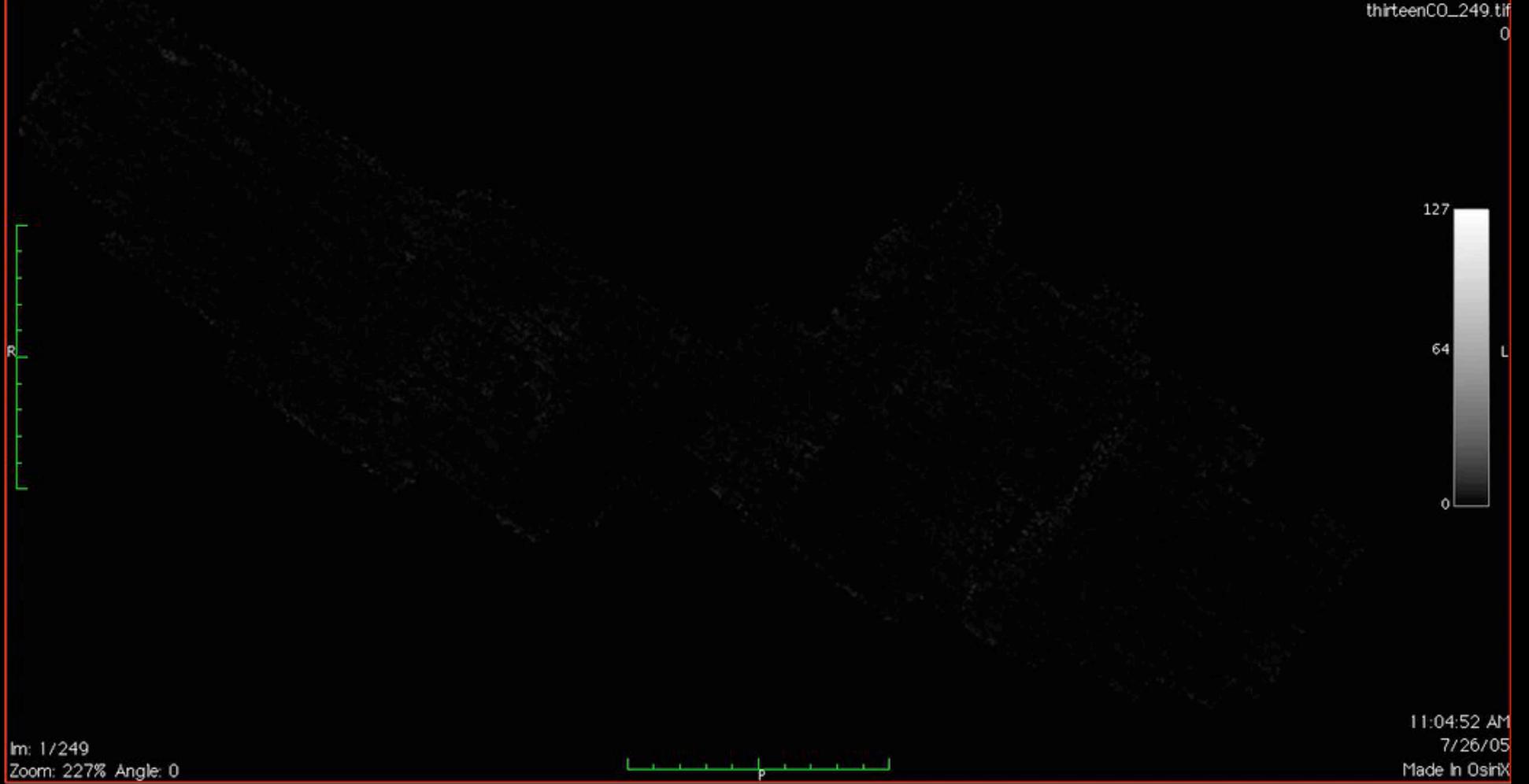


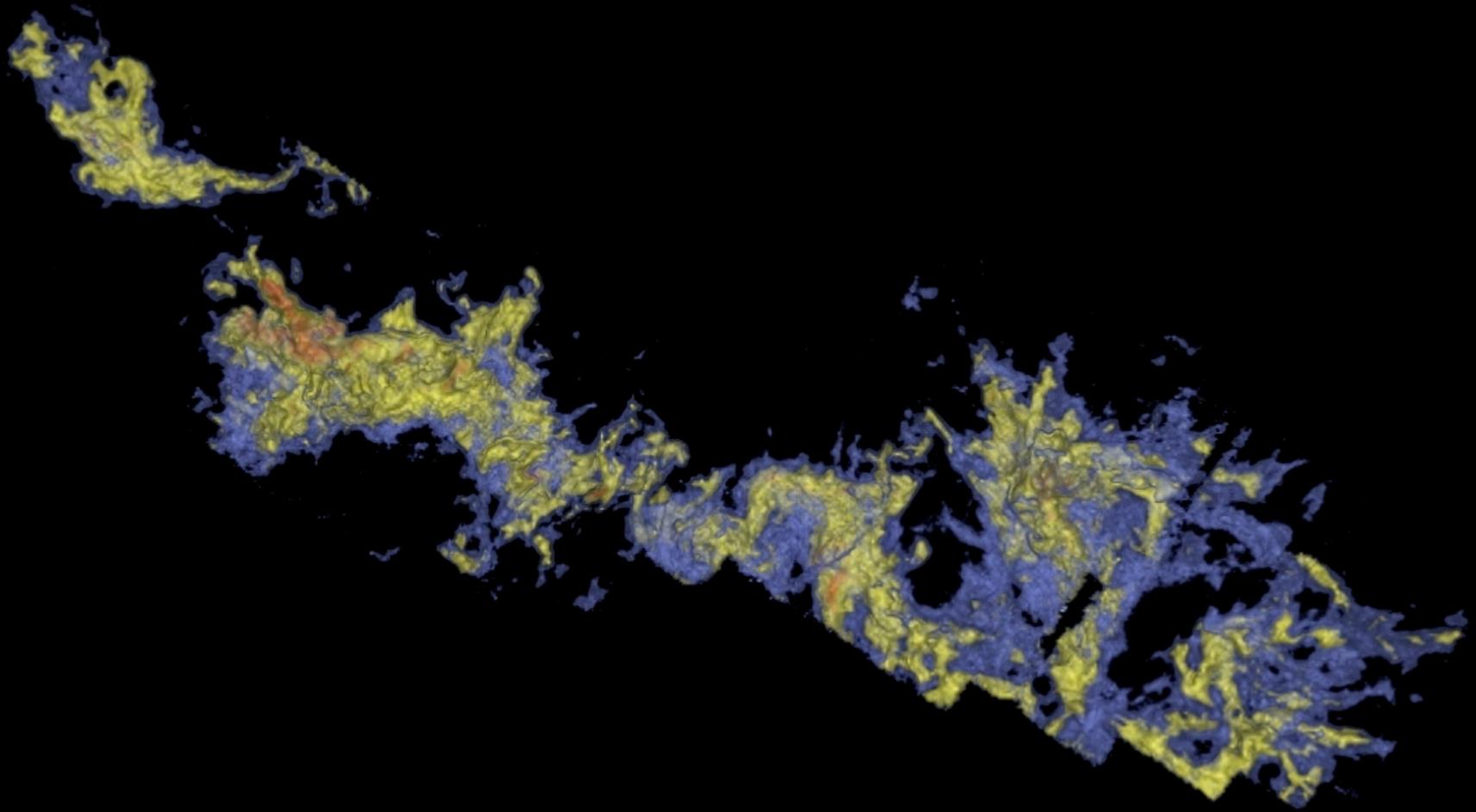
Bild der Perseus Wolke (A. Goodman)

Image size: 520 x 274  
View size: 1305 x 733  
WL: 63 WW: 127

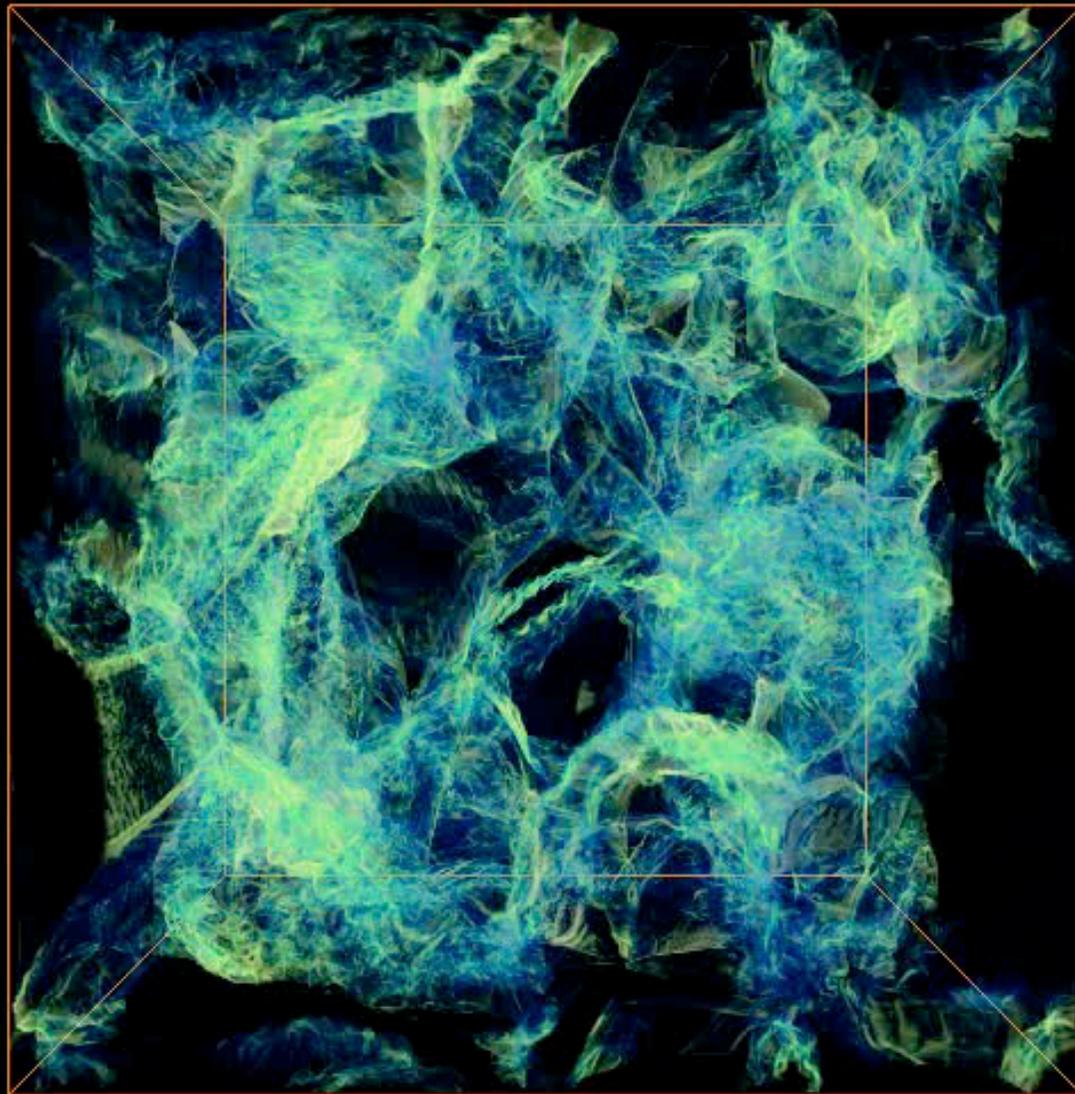
thirteenCO\_249.tif  
thirteenCO\_249.tif  
thirteenCO\_249.tif  
thirteenCO\_249.tif  
0



Geschwindigkeitsstruktur der Perseus Wolke (A. Goodman)

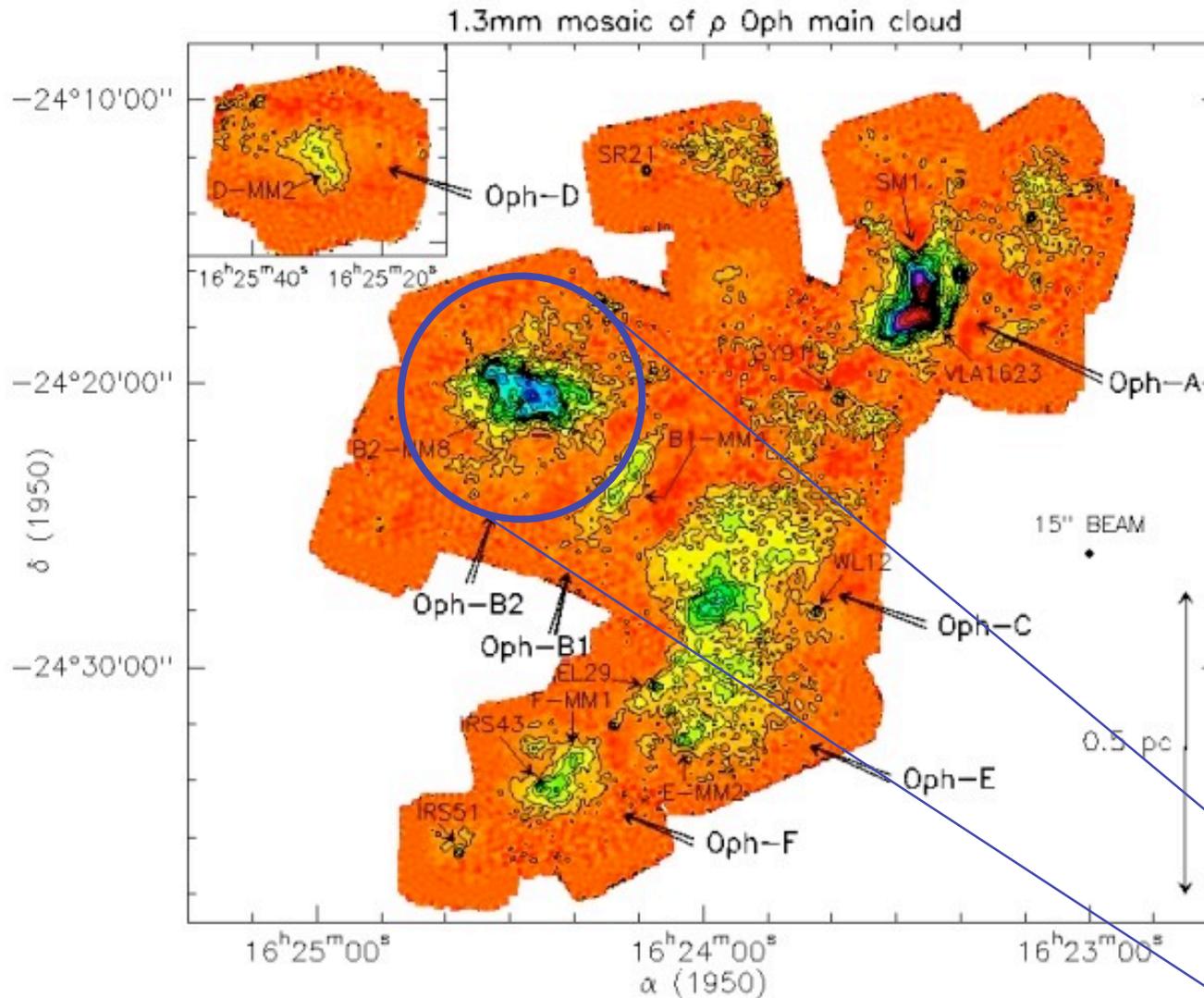


Geschwindigkeitsstruktur der Perseus Wolke (A. Goodman)



(movie from Christoph Federrath)

# Dichtestruktur von MW



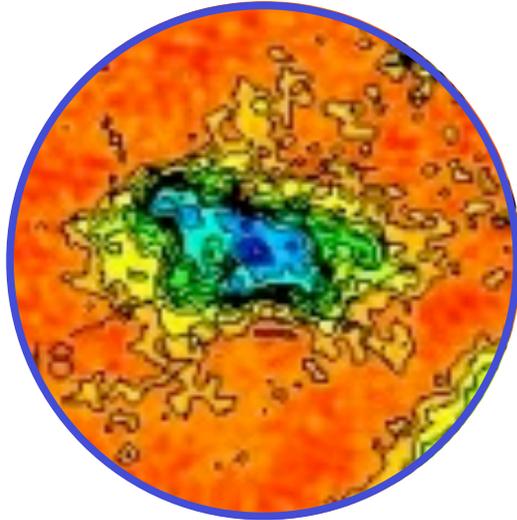
Molekülwolken sind hochgradig inhomogen.

Sterne bilden sich in den dichtesten und kältesten Teilen der Wolke.

genauere Betrachtung

( $\rho$ -Ophiuchus in Staubemission: Motte, André, & Neri 1998)

# Entwicklung von Wolkenkernen

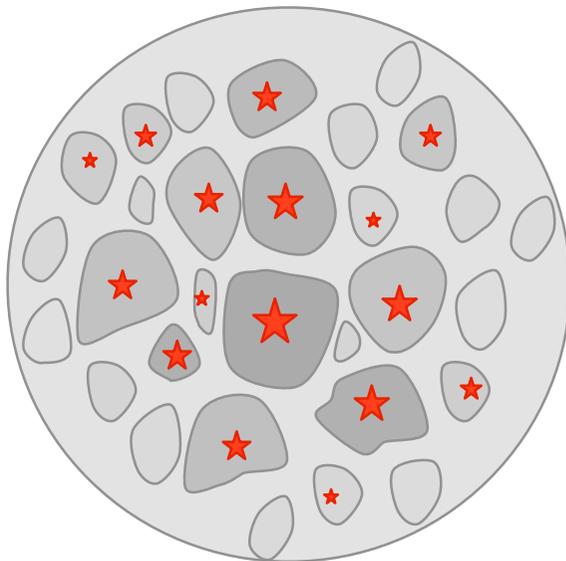


## **FRAGE:**

Bildet sich ein einzelner massereicher Stern, oder ein Sternhaufen mit massearmen Sternen?

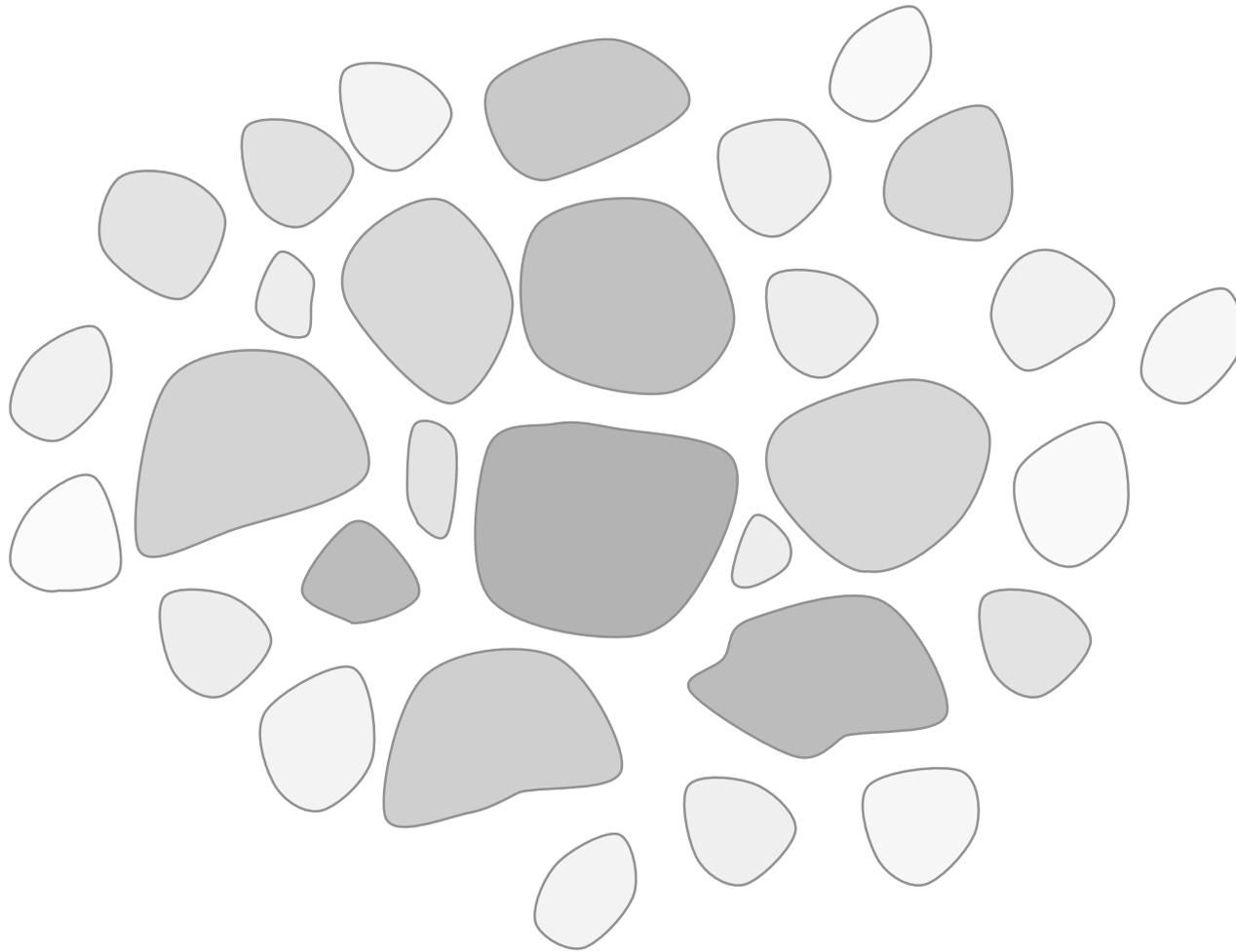
Überschallturbulenz erzeugt große Dichtekontraste

( $\delta\rho/\rho \approx M^2$  mit typischerweise  $M \approx 10 \rightarrow \delta\rho/\rho \approx 100$ )

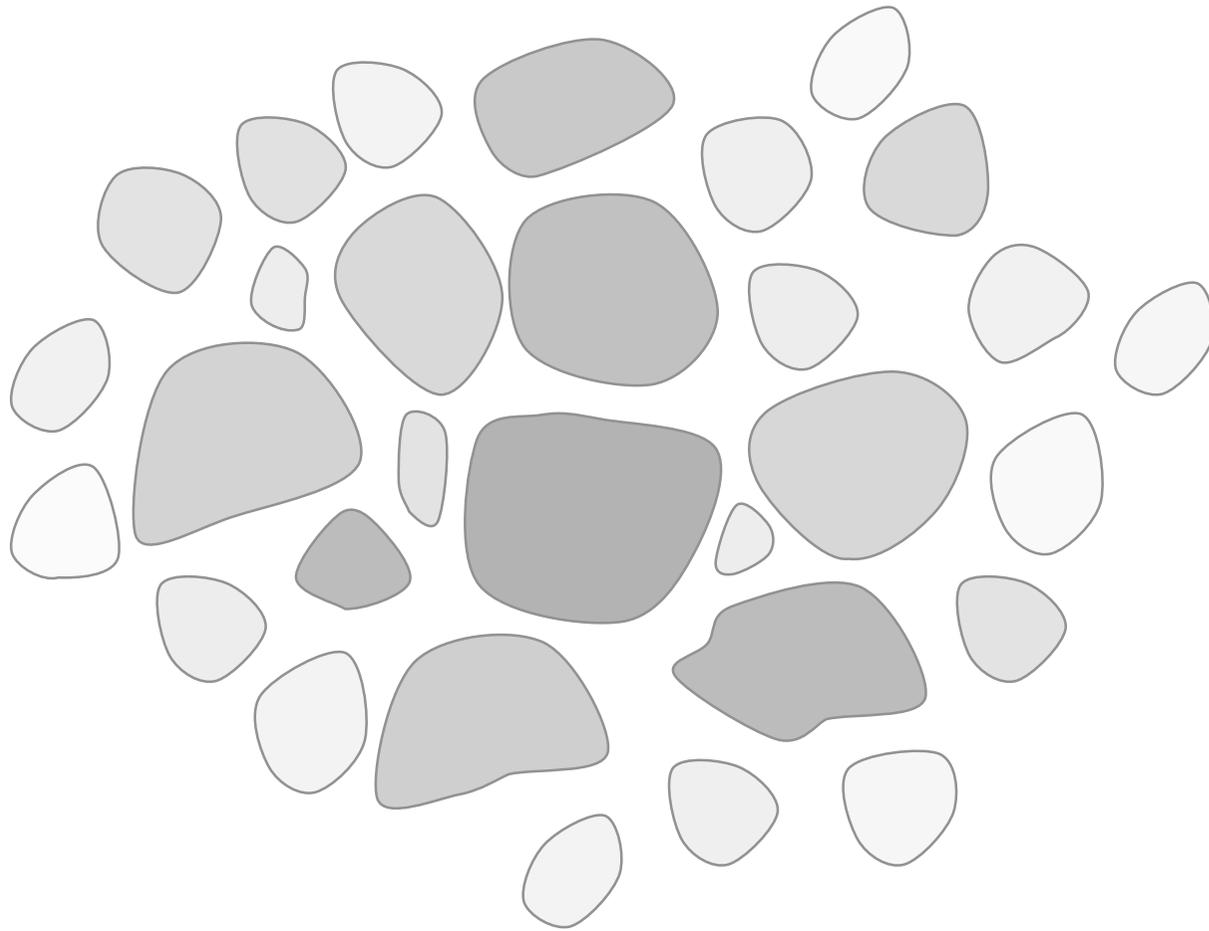


Viele Dichtefluktuationen sind gravitativ instabil und kollabieren.

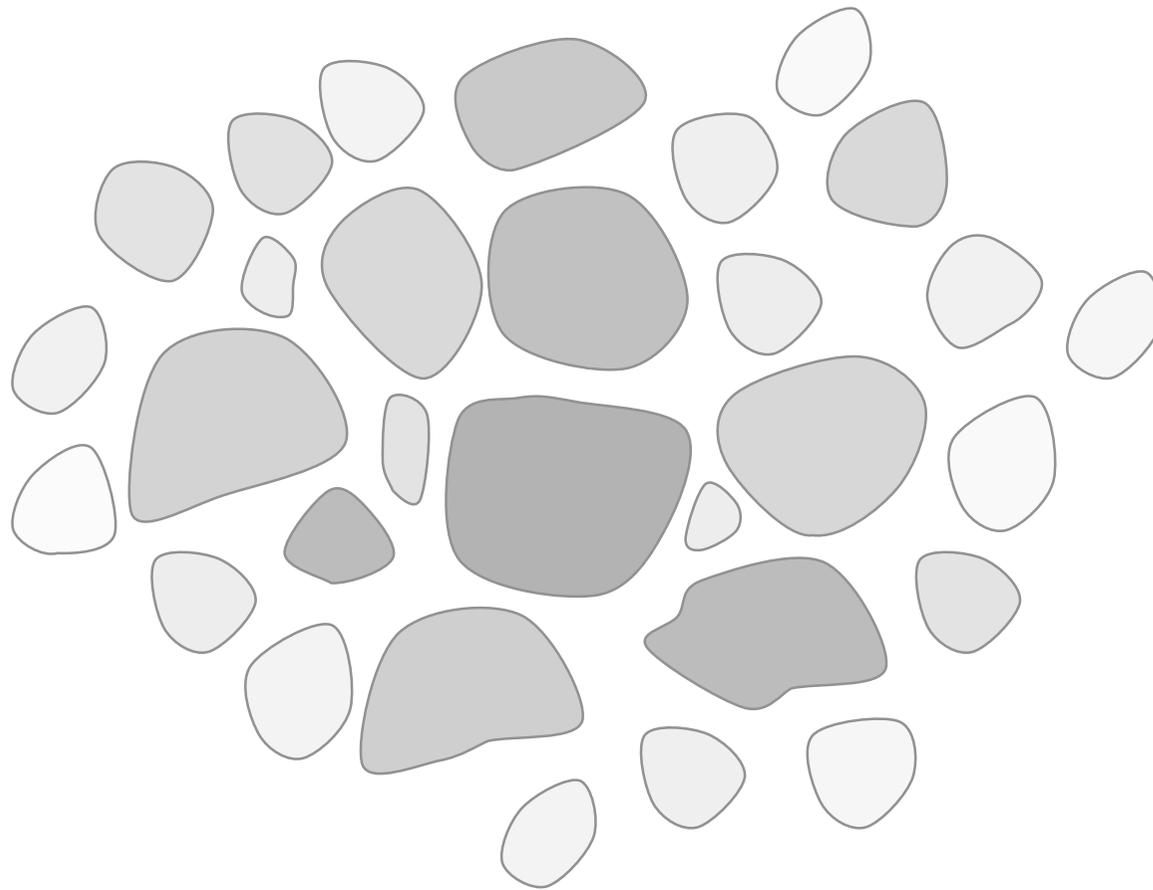
--> *Wolkengebiet fragmentiert und bildet Sternhaufen.*



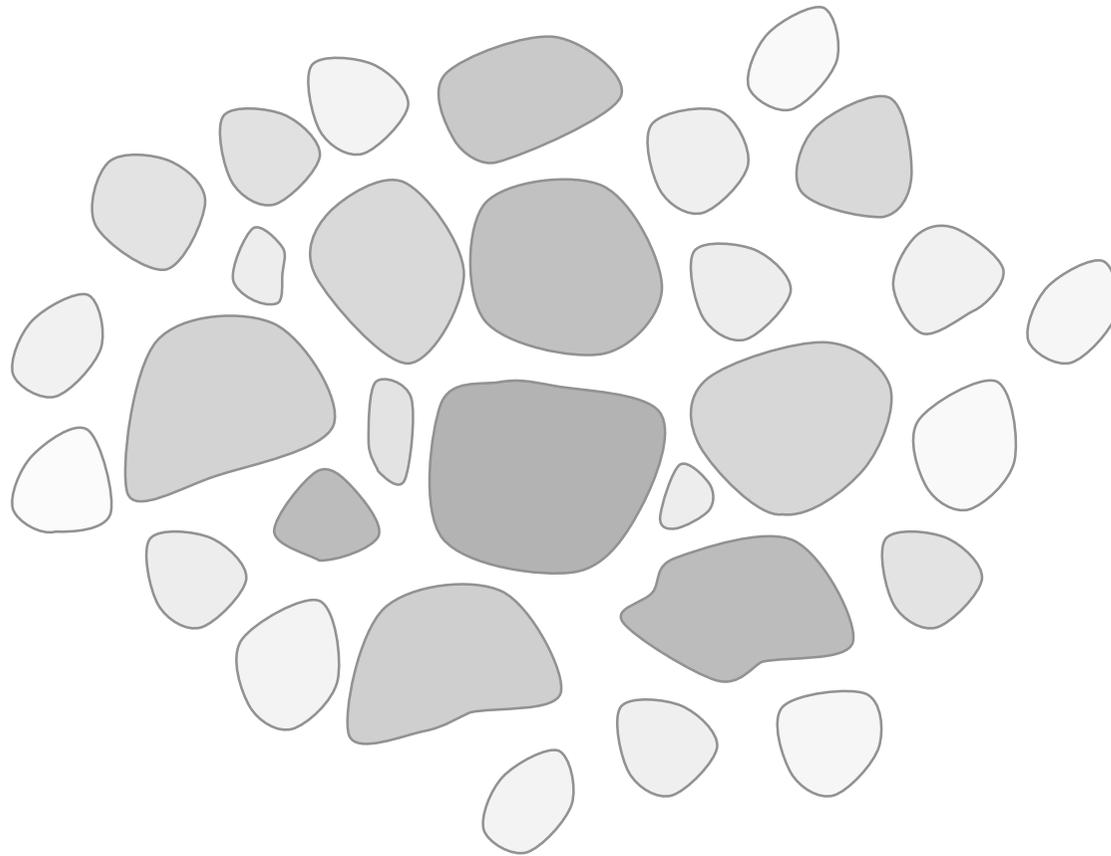
Turbulenz erzeugt Hierarchie von Klumpen



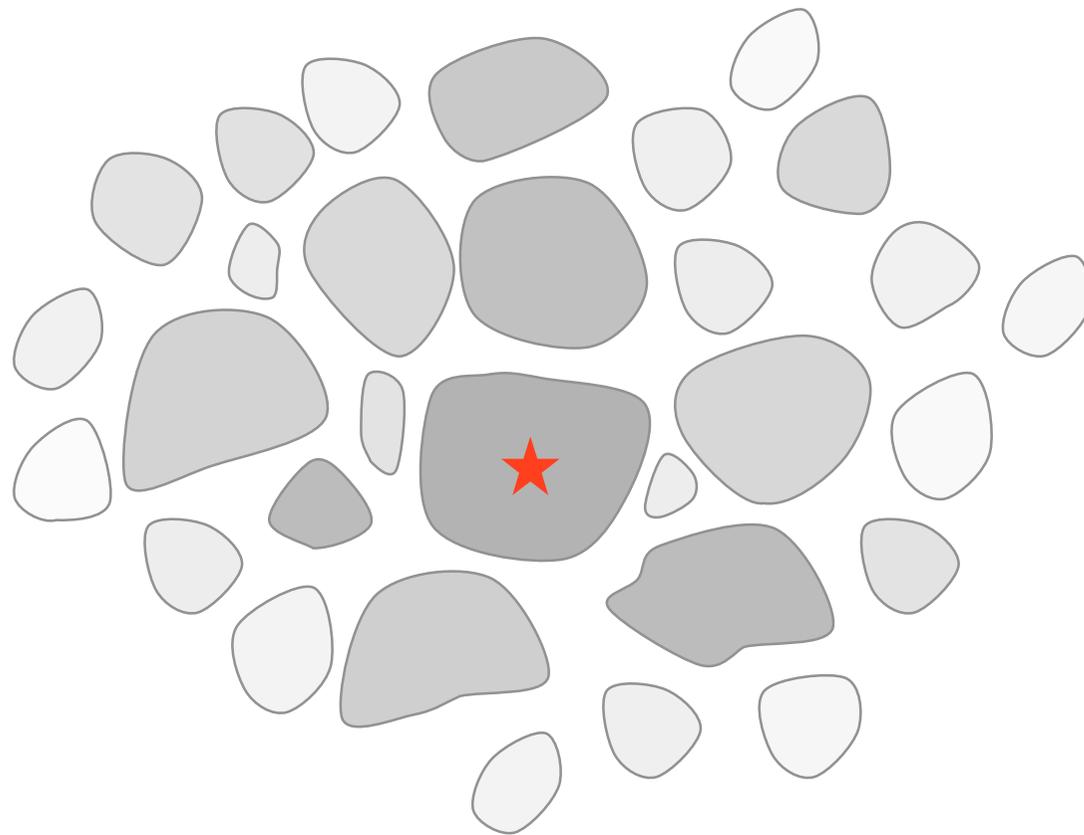
Turbulenz dissipiert, Kontraktion setzt ein



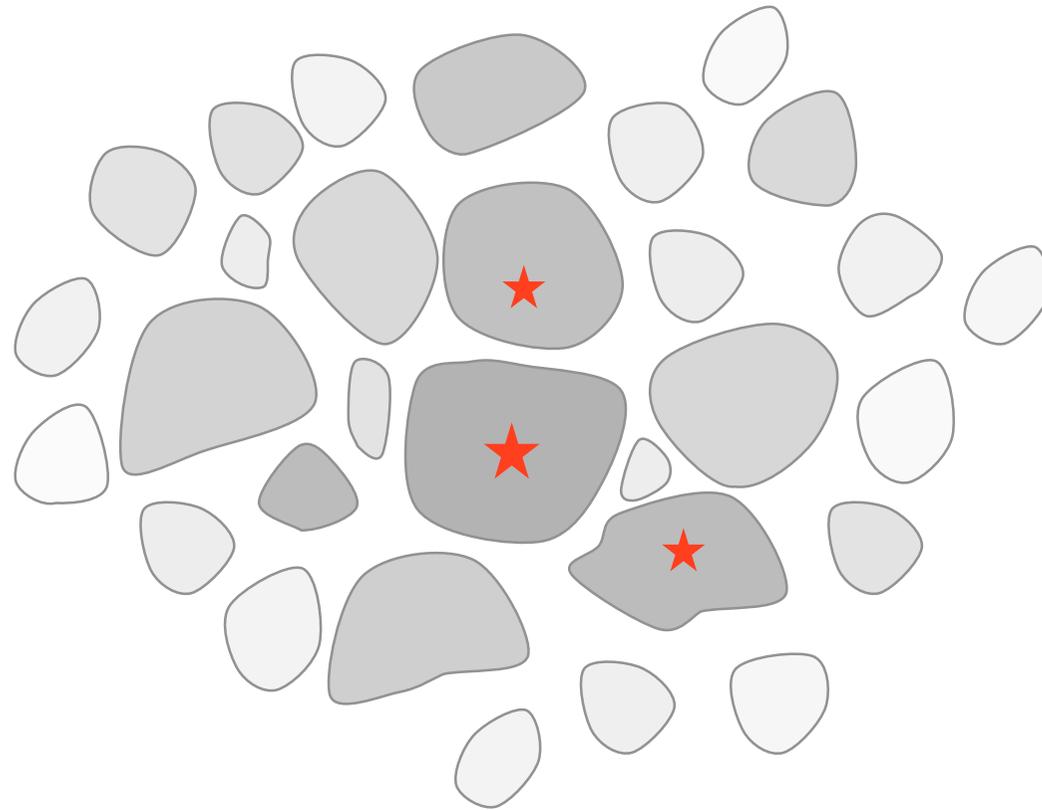
Turbulenz dissipiert, Kontraktion setzt ein



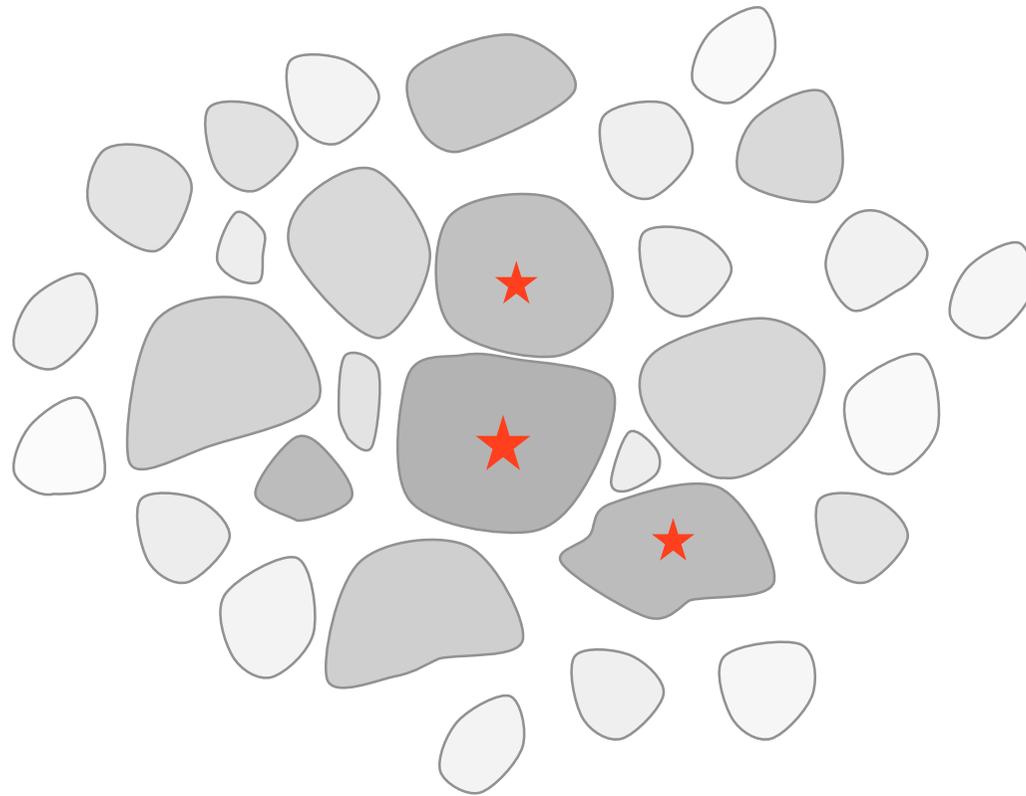
während Region kontrahiert können einzelne Klumpen kollabieren und Sterne bilden



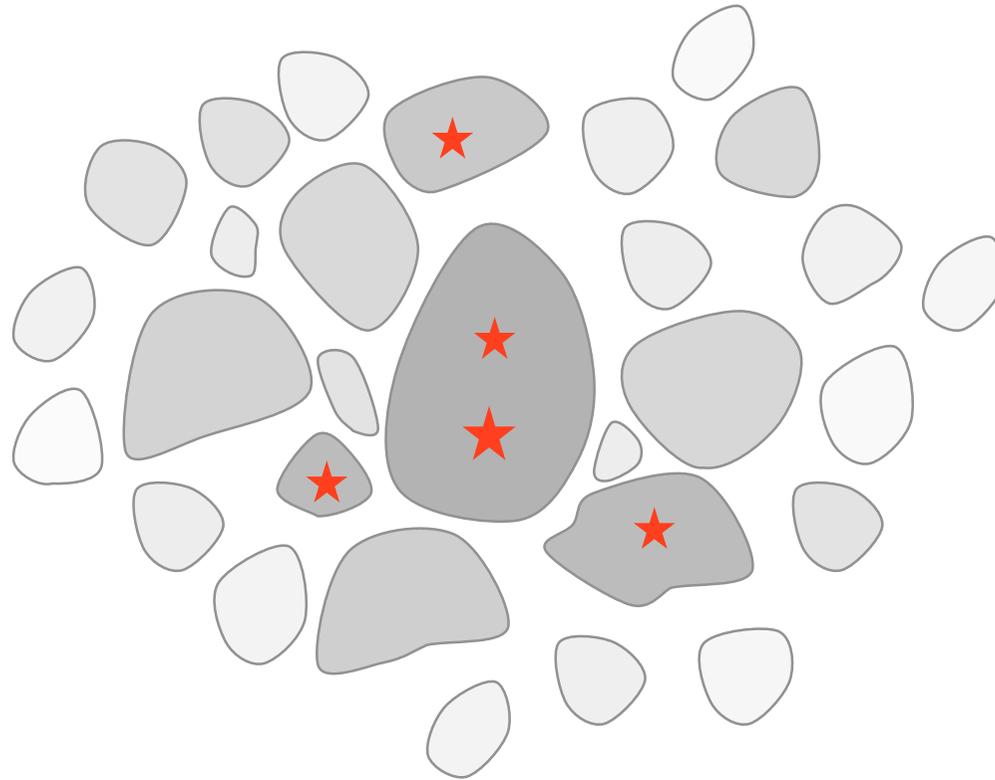
während Region kontrahiert können einzelne Klumpen kollabieren und Sterne bilden



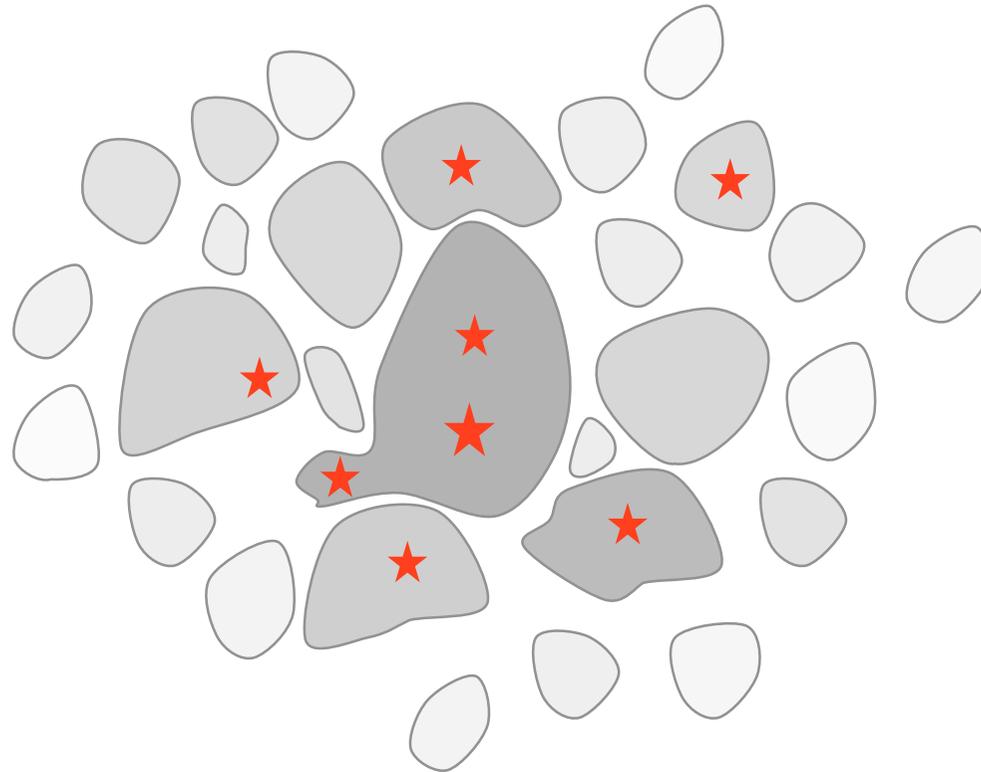
einzelne Klumpen kollabieren und bilden Sterne



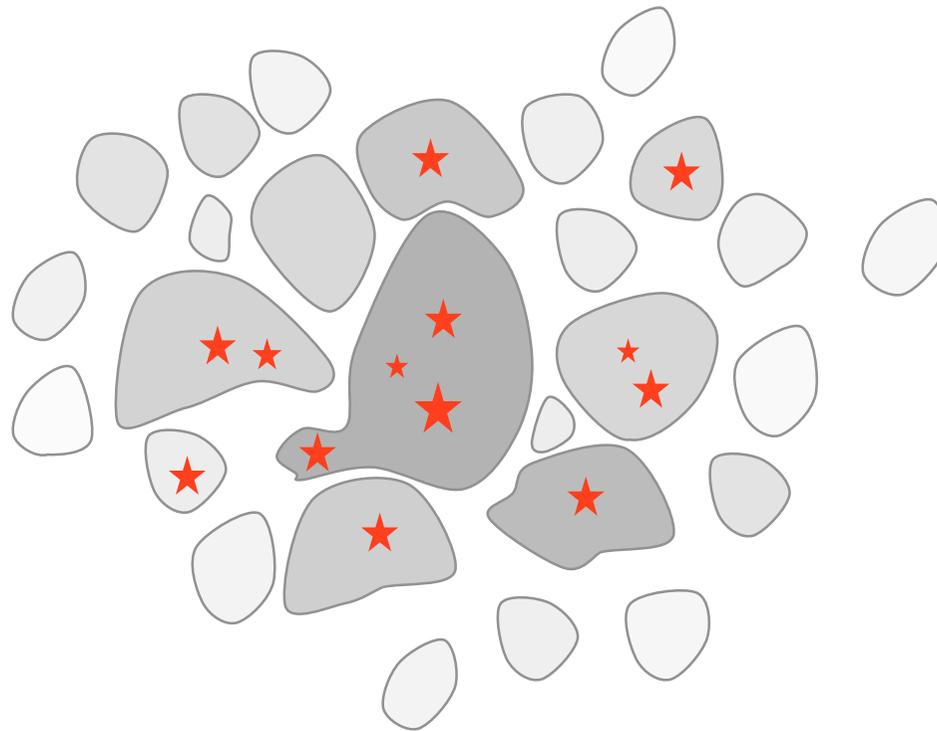
einzelne Klumpen kollabieren und bilden Sterne



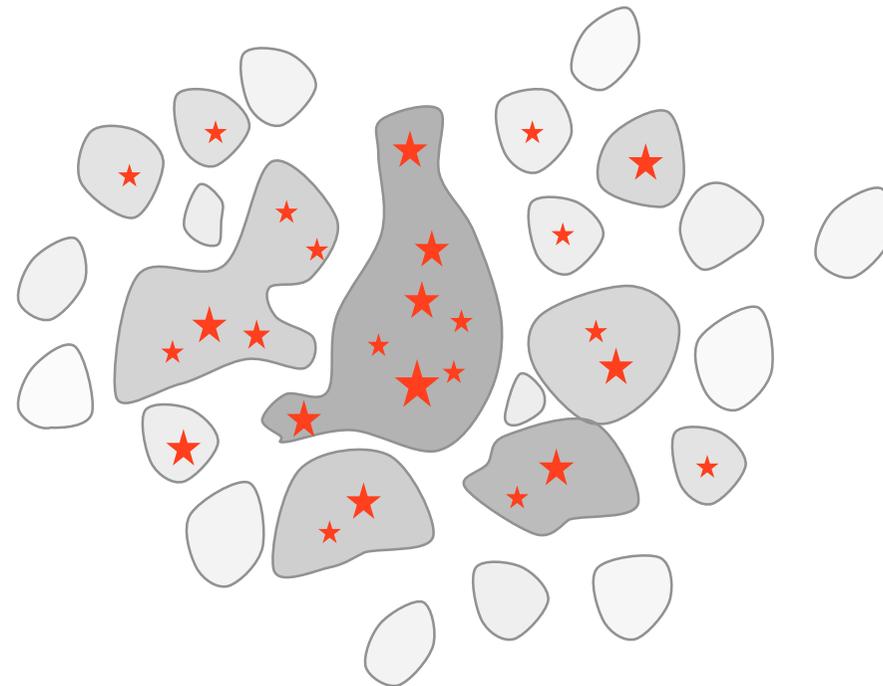
Im *dichten Haufen* können Klumpen verschmelzen während sie kollabieren --> sie enthalten nun mehrere Protosterne



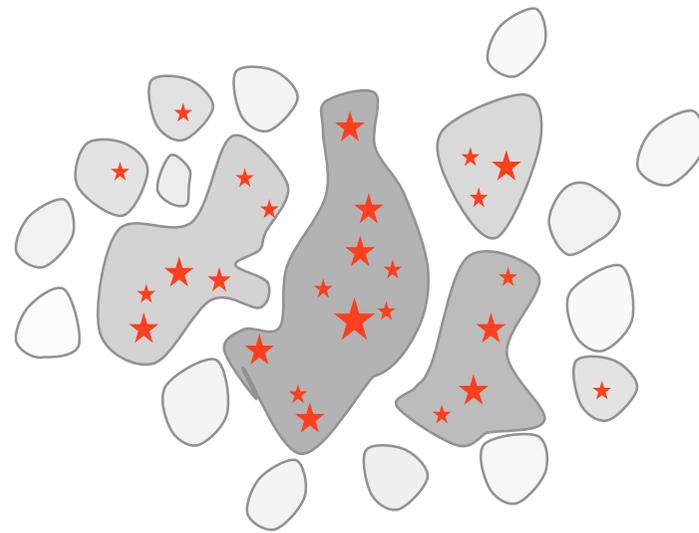
Im *dichten Haufen* können Klumpen verschmelzen während sie kollabieren --> sie enthalten nun mehrere Protosterne



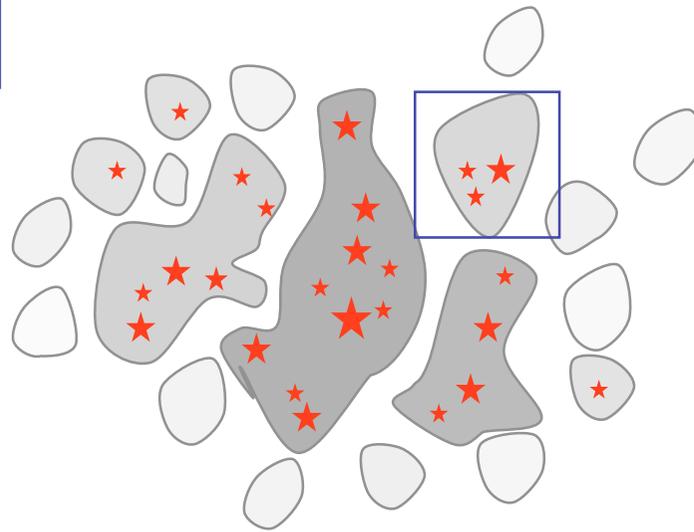
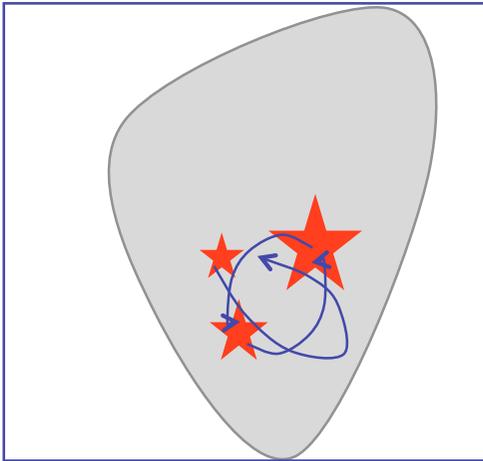
Im *dichten Haufen* können Klumpen verschmelzen während sie kollabieren --> sie enthalten nun mehrere Protosterne



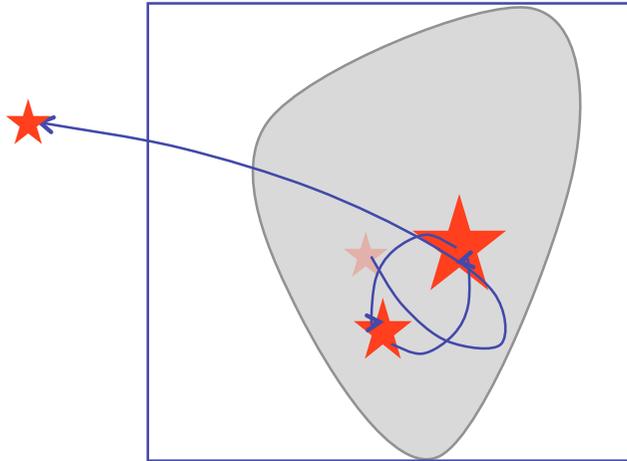
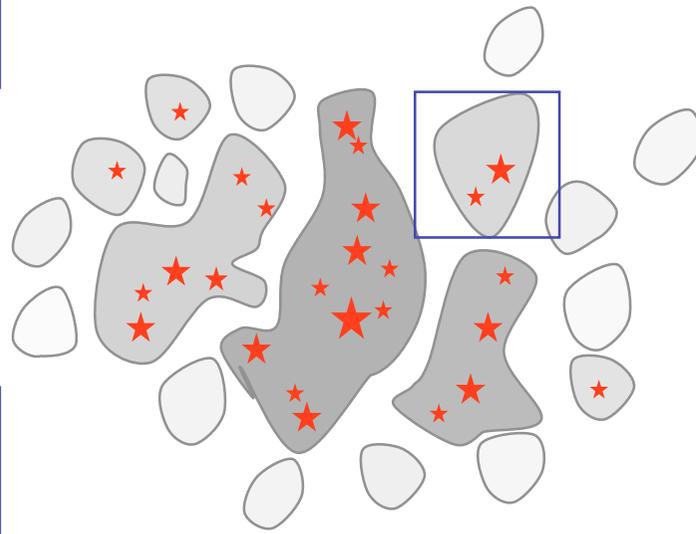
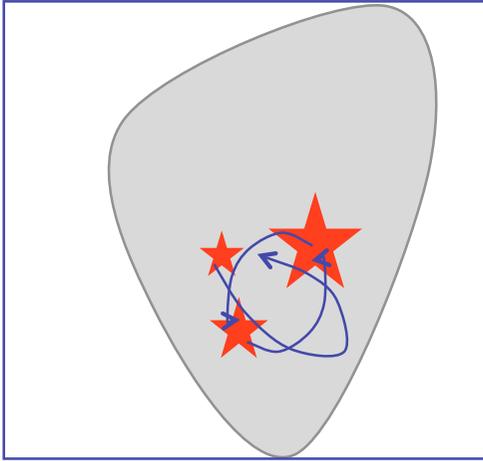
Im *dichten Haufen* wird kompetitives Wachstum wichtig



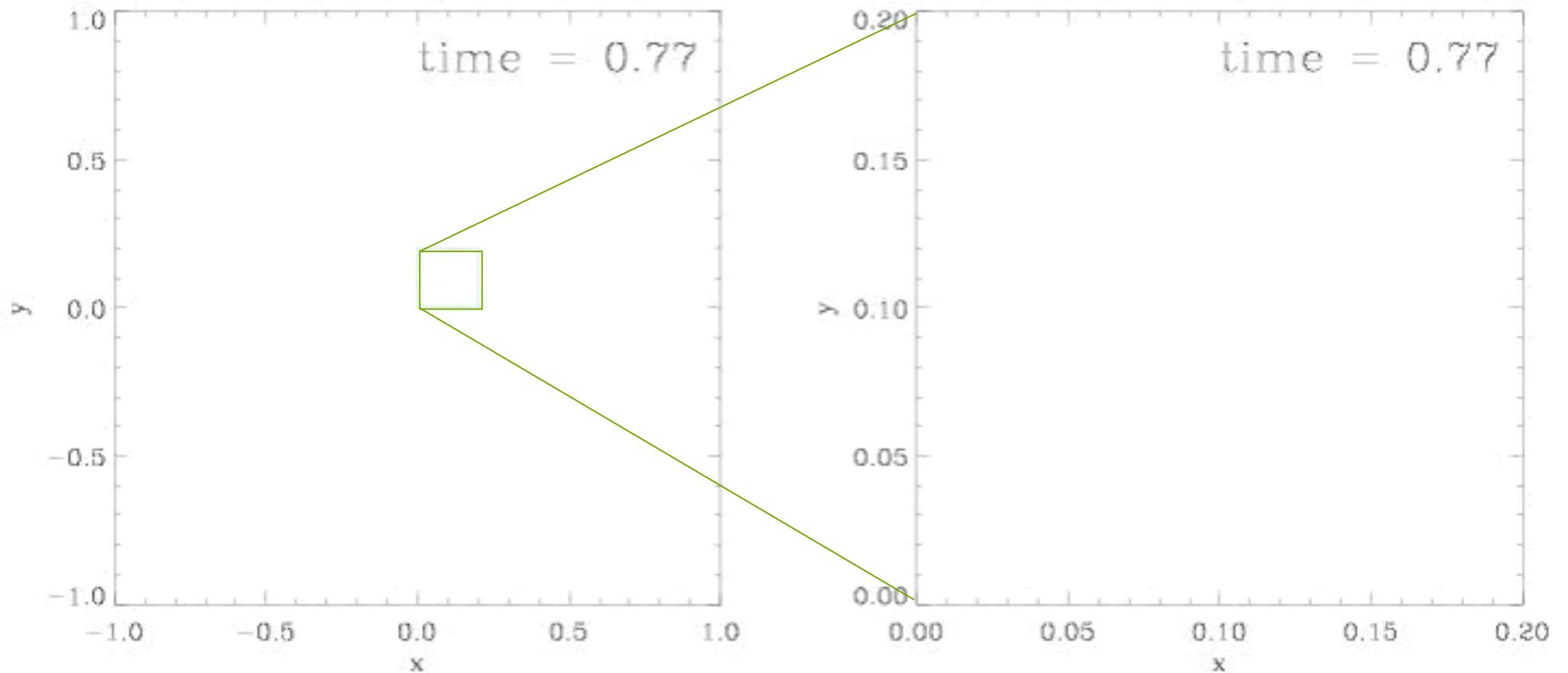
Im *dichten Haufen* wird kompetitives Wachstum wichtig



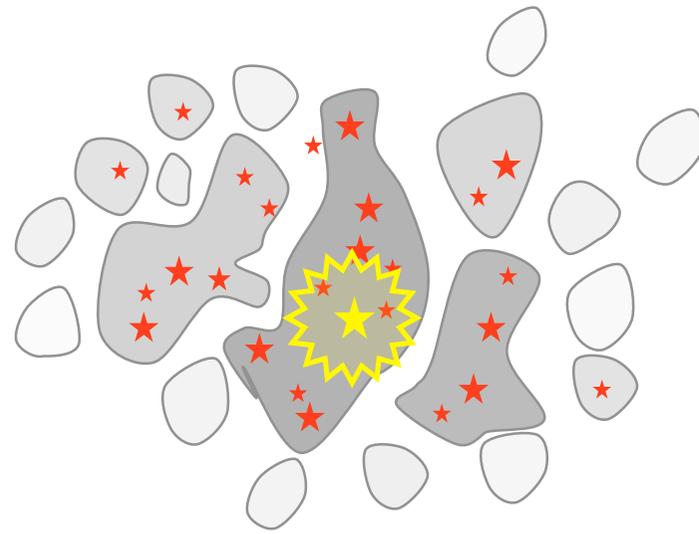
Im *dichten Haufen* beeinflussen stellardynamische Prozesse das Wachstum



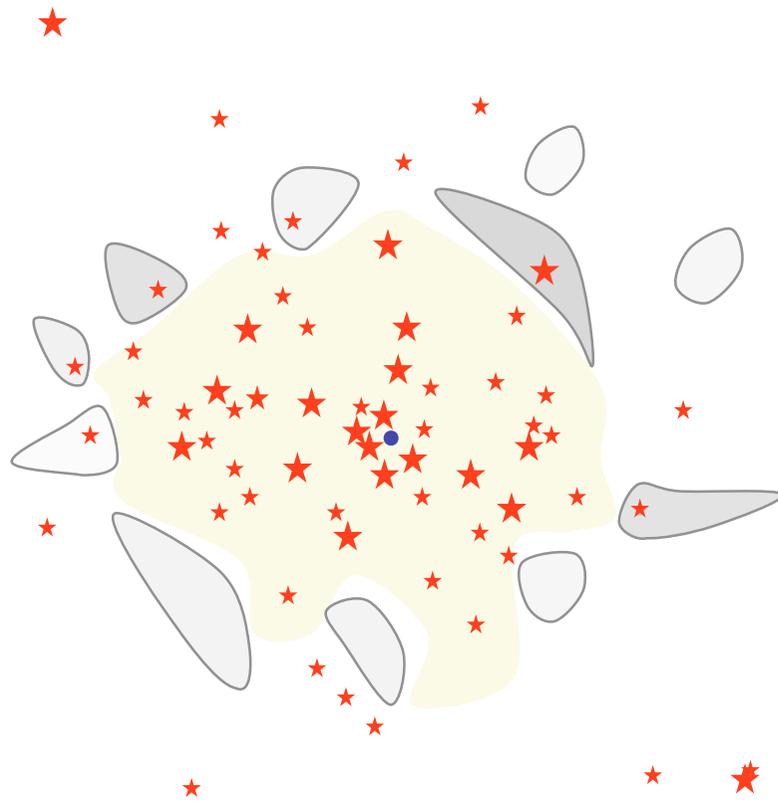
massearme Objekte können herausgeschleudert werden --> Ende der Akkretion



Modellrechnung der Bahnen junger Sterne in einem dichten Haufen.  
(Klessen & Burkert 2000, ApJS, 128, 287)



Feedback beendet die Sternbildung

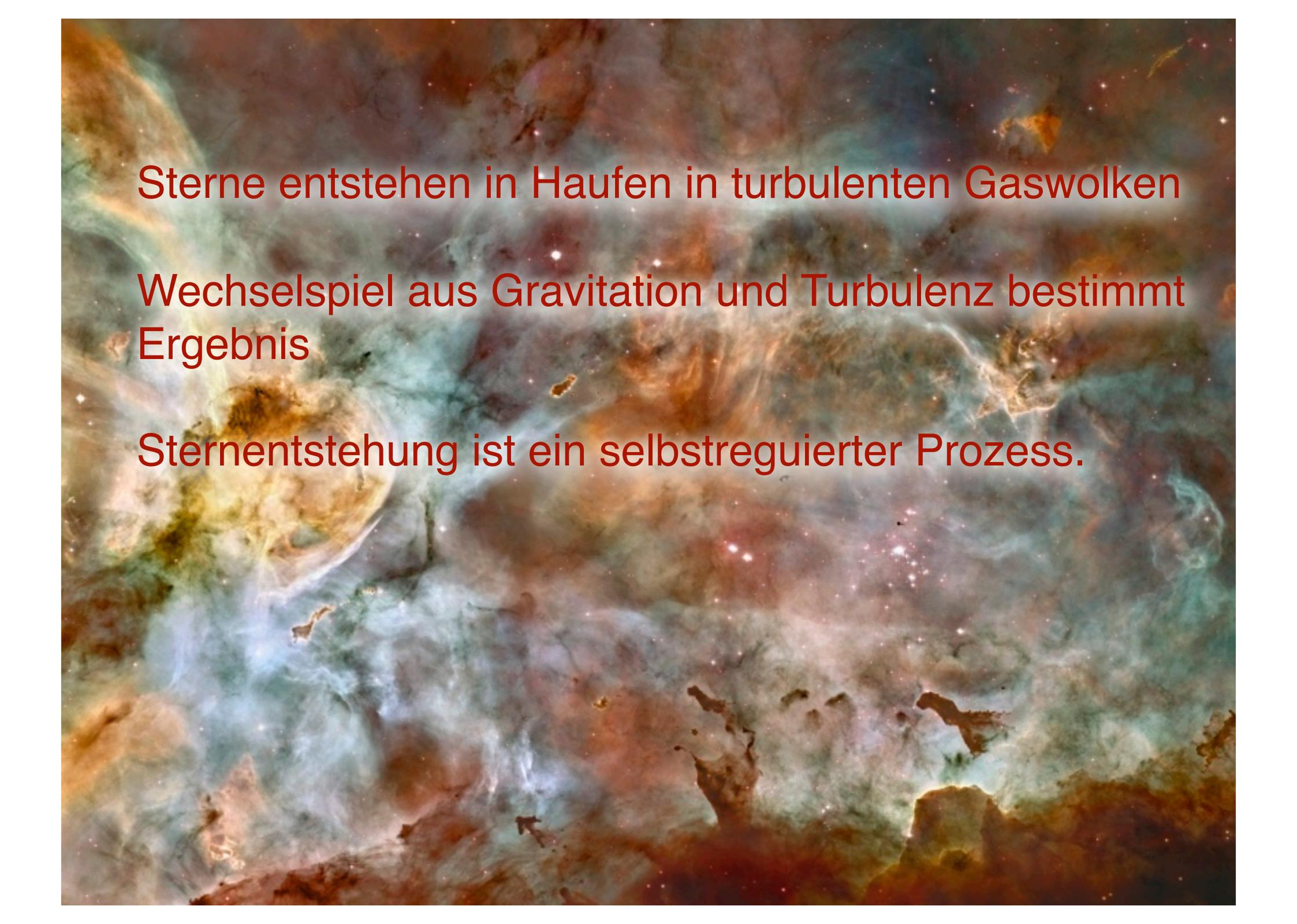


Resultat: *Sternhaufen*, evtl. umgeben von H<sub>II</sub>-Region



NGC 602: Hubble Heritage Projekt

Resultat: *Sternhaufen*, evtl. umgeben von HII-Region



Sterne entstehen in Haufen in turbulenten Gaswolken

Wechselspiel aus Gravitation und Turbulenz bestimmt Ergebnis

Sternentstehung ist ein selbstregulierter Prozess.

**(Platzhalter für eigene Slides)**



Astronomische Mittagspause in der Peterskirche

Uni(versum) für alle!

»Halbe Heidelberger Sternstunden«

... und kommende Woche:

Montag, 18. April 2011, Vortrag #6:

**“Wie scharf können Teleskope sehen?”**

Prof. Andreas Quirrenbach  
(Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg)

# Uni(versum) für alle!

»Halbe Heidelberger Sternstunden«



Astronomische Mittagspause in der Peterskirche