



Sommermilchstraße



AZM





Die Sommermilchstraße

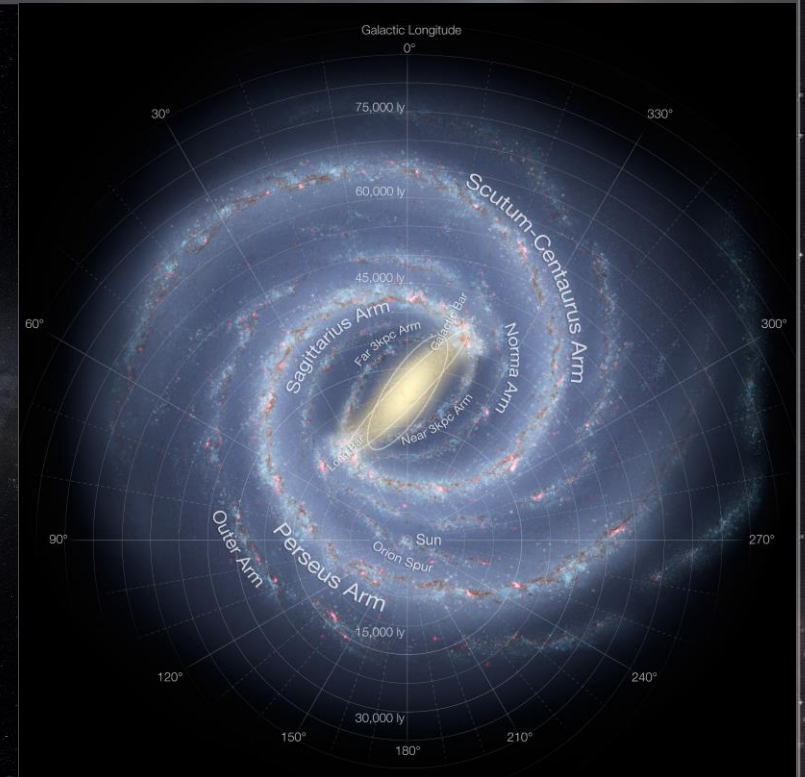
- Unsere Milchstraße
 - Was unsere Milchstraße ist und woraus sie besteht
 - Materie-Recycling
- Nebel
 - Gasnebel
 - Emissionsnebel
 - Reflexionsnebel
 - Dunkelnebel
 - Planetarische Nebel
 - Supernovae-Überreste
 - Wolf-Rayet-Sterne
- Sternhaufen
 - Offene Sternhaufen
 - Asterismen
 - Kugelsternhaufen

Was unsere Milchstraße ist

- Eine 200.000 Lichtjahre durchmessende, gravitativ gebundene Ansammlung von Sternen, Planetensystemen, Gas- und Staubwolken.
- Hat eine scheibenförmige Spiralstruktur mit einem sphäroiden Kernbereich und einem Halo aus Kugelsternhaufen und heißem Gas.
- Hat eine Gesamtmasse von etwa 1,5 Billionen Sonnenmassen (inkl. Dunkler Materie) und besteht aus etwa 250 Milliarden Sternen.



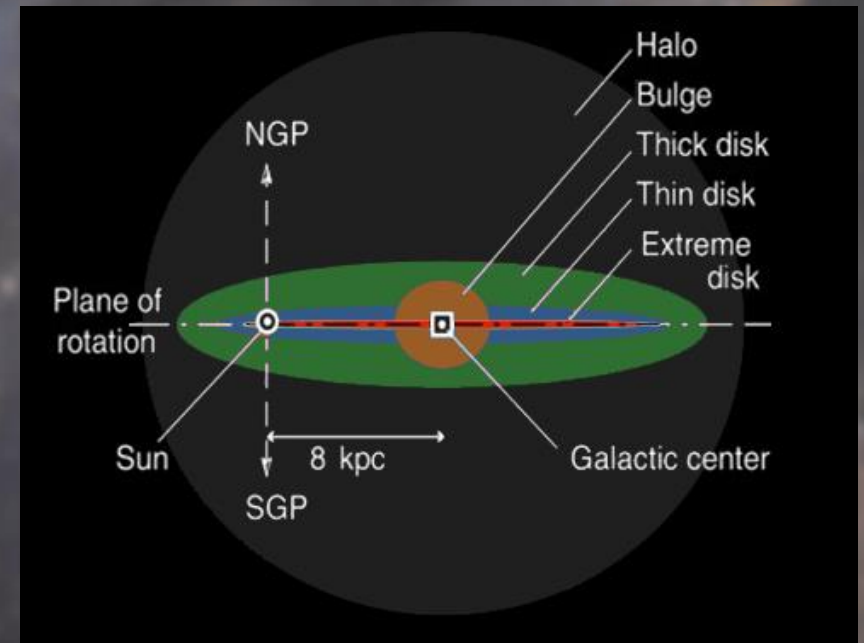
Milchstraßenpanorama aus den Daten der Gaia-Mission



Milchstraße (theoretischer Anblick)

Der Aufbau der Milchstraße ist in mehrere Komponenten gegliedert und folgt einer zeitlichen Entwicklung

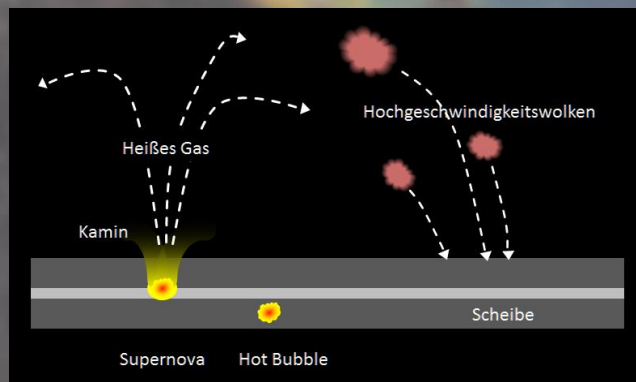
- **Scheibe** mit spiralförmiger Struktur. Sie wird in drei Komponenten gegliedert.
 - Junge dünne Scheibe mit einer Höhe von wenigen hundert Lichtjahren enthält das meiste Gas und Staub und ist somit das Gebiet der gegenwärtigen Sternentstehung.
 - Alte dünne Scheibe erstreckt sich bis etwa 1.500 Lichtjahre über- und unterhalb der Milchstraßenebene
 - Dicke Scheibe erreicht etwa 120.000 Lj im Durchmesser bei 5.000 Lichtjahre Höhe und enthält kaum Gas oder Staub, ist sehr dünn bevölkert. Sonne ist Teil davon.
- **Bulge** ist die zentrale Verdickung, die bei der Milchstraße balkenförmig (ovoid) ausgeprägt ist. Seine Maße sind ca. 11.000 x 4.000 Lichtjahre. Der Bulge weist eine hohe Dichte und starke Leuchtkraft auf.
- Der **Halo** besteht aus Kugelsternhaufen, Feldsternen und Gas. Sphärisch verteilte alte und etwas flacher verteilte jüngere Kugelsternhaufen verteilen sich etwa 100.000 Lj um das Zentrum, der Halo aus Feldsternen reicht darüber hinaus.
- „Dunkle“ Komponente wird aus der Bewegung der Sterne und des Gases postuliert.



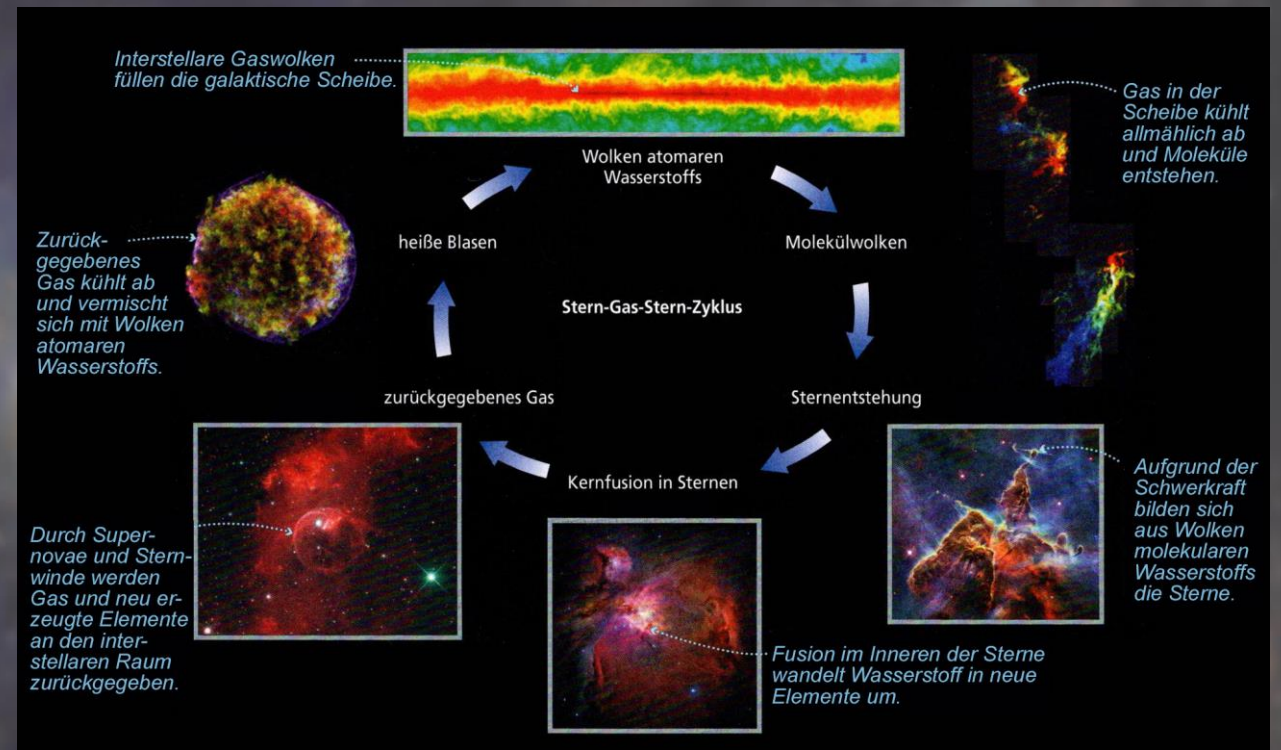
Schematischer Aufbau der Milchstraße

Der galaktische Materiekreislauf

- In der initialen Nukleosynthese im frühen Universum entstanden nur Wasserstoff und Helium (Massenanteile 75% H, 25% He).
- Sterne entstehen aus dichten, kalten, molekularen Gaswolken, die idR nur in den Scheiben von Spiralgalaxien vorkommt.
- Schwerere Elemente werden ausschließlich in Sternen erbrütet. Noch schwerere Elemente (ab Fe, Ni) nur bei SN-Explosionen.
- Dieses Material wird von den Sternen durch Sternwinde und an deren Ende durch Abstoßen der äußeren Hüllen oder bei SN-Expl. an das interstellare Medium wieder zurück gegeben.
- Heißes Gas aus SN-Expl. können in den galaktischen Halo entweichen, dort abkühlen und auf die Scheibe zurück regnen.
- Seit des fast 14 Mrd. Jahre andauernden Recycling-Prozesses erreichte der Anteil an schweren Elementen ~ 2 % Massenanteil gegenüber ca. 71% H und 27% He.



Heißes Gas aus SN-Explosionen fällt auf Scheibe zurück



Gas-Stern-Gas-Zyklus



AZM

Gasnebel

Milchstraße im Schützen

© Gerald Wagner

Gasnebel

Bestehen großteils aus Wasserstoff mit mehr oder weniger Beimengungen anderer Gase (Helium, Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff, ...) sowie geringeren Anteilen fester Stoffe (Silikate bis hin zu schwereren Elementen) in molekularem oder (tlw.) ionisiertem Zustand.

Es werden aufgrund der

- a) Physikalischen Bedingungen (Temperatur, Dichte, Ionisationsgrad und chem. Zusammensetzung) und
 - b) Ursprung bzw. Entstehungsgeschichte
- folgende Formen unterschieden:

- Emissionsnebel
- Reflexionsnebel
- Dunkelnebel, Filamente, Zirkusnebel

- Planetarische Nebel
- Supernovae-Überreste
- Wolf-Rayet-Sterne

Dunkelnebel (Molekülwolken)

Riesige Wolken hoher Dichte aus kaltem, neutralem Wasserstoff mit geringen Anteilen schwerer Elemente (zB Lithium, Kohlenstoff, ...)

Mehrere hundert bis einige tausend Sonnenmassen

Material aus dem neue Sterne bzw. Sternhaufen entstehen

Sind in der Milchstraßenebene verortet

Heben sich vom Sternenhintergrund ab, indem deren Licht tlw. absorbiert und verfärbt wird (Extinktion)

Dunkelnebel mit geringer Dichte finden sich auch in höheren galaktischen Breiten (intergalaktischer Zirkus)

Beispiele: Kohlenack, E-Nebel, Ghost-Nebel, Pferdekopfnebel



E-Nebel im Sternbild Adler



Elefantenrüssel-Nebel



AZM

Gasnebel

Barnard 72 (Snake-Nebula) im Sternbild Ophiuchus

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel

LDN 1235 (Shark-Nebula) im Sternbild Cepheus

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel

VdB 141 (Ghost-Nebula) im Sternbild Cepheus

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel

VdB 152 (Phantom-Nebel) im Sternbild Cepheus

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel

NGC 7023 (Irisnebel) im Sternbild Cepheus

© Gerald Wagner

Reflexionsnebel

Gasnebel, die von hellen Sternen in der Umgebung angestrahlt werden und deren Licht streuen. Dabei werden vorwiegend die blauen Anteile stärker gestreut, als rotes Licht
Sind oft Überreste aus ehemaligen großen Emissionsnebel
Sind in der Milchstraßenebene verortet
Beispiele: Plejaden, Umgebung von Rho Ophiuchi



Plejaden





AZM

Gasnebel

IC 4603 im Sternbild Skorpion

© Michael Jäger

Emissionsnebel

Riesige Wolken aus ionisiertem Wasserstoff mit bis zu mehreren hundert Sonnenmassen

Geburtsstätten der Sterne – beherbergen idR offene Sternhaufen

Sind in der Milchstraßenebene verortet

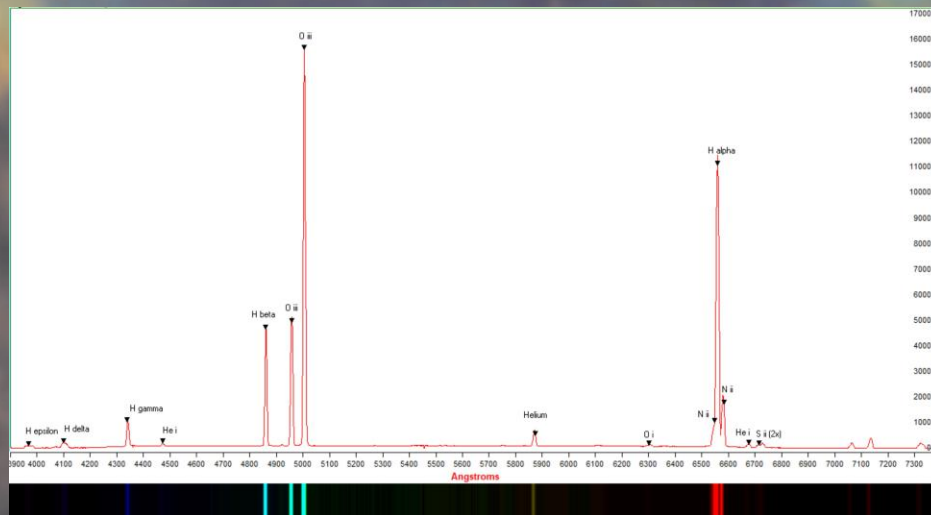
Leuchten von sich aus (Rekombinationsleuchten), benötigen junge, heiße Sterne, die genug Anregungsenergie liefern (O, B – Sterne)

Können dichtere, kühlere Wolken enthalten und von Dunkelnebel oder auch Reflexionsnebeln umgeben sein

Zeigen komplexen Aufbau je nach Entwicklungsstand

Haben diskretes Emissionsspektrum

Beispiele: Lagunen-Nebel, Orion-Nebel, Herznebel



Spektrum des Orionnebels



Orionnebel



AZM

Gasnebel

Sh2-140 im Sternbild Cepheus

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel

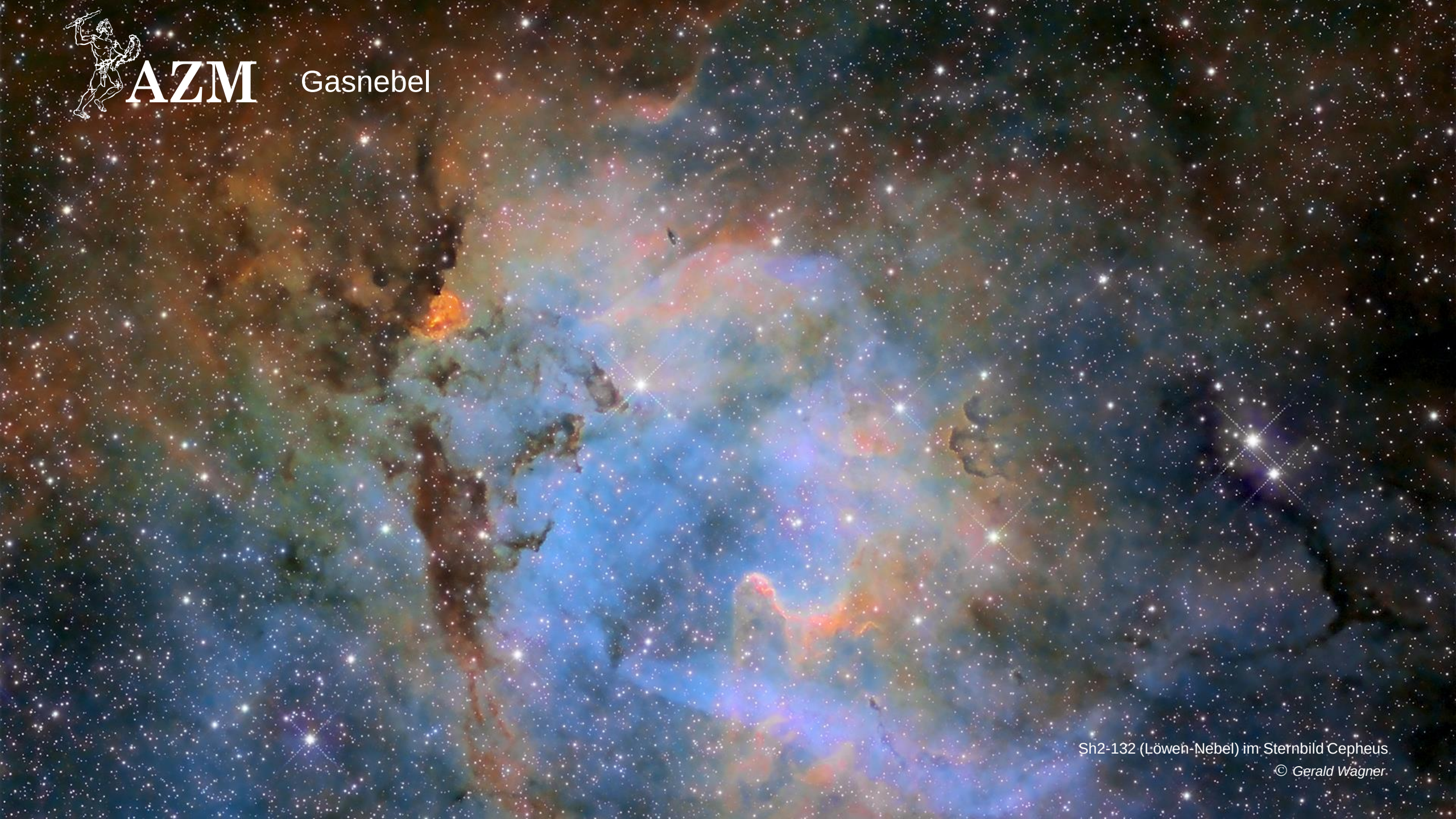
Sh2-155 (Cave-Nebula) im Sternbild Cepheus

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel



Sh2-132 (Löwen-Nebel) im Sternbild Cepheus

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel

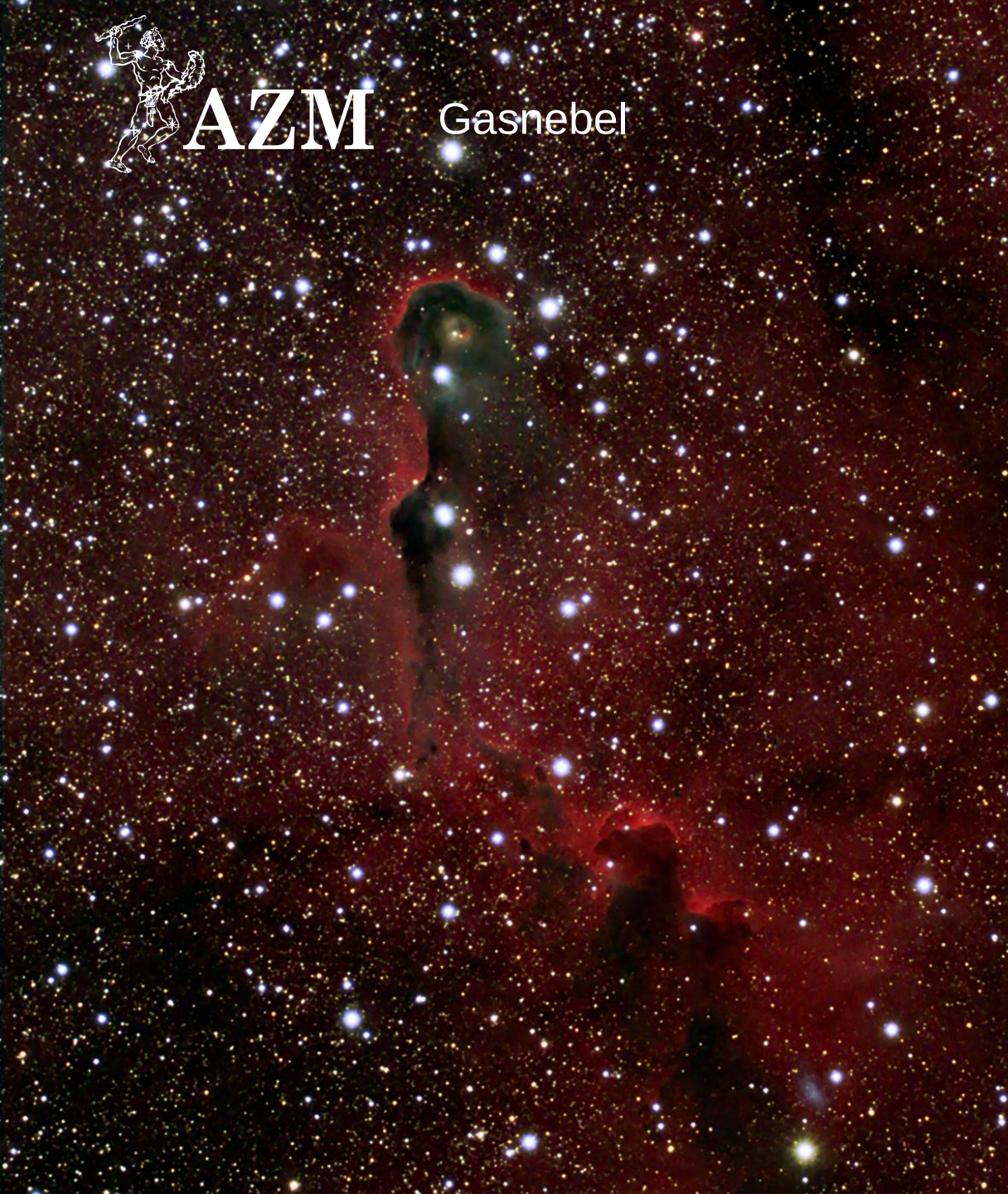
IC 1396 im Sternbild Cepheus

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel



VdB 142 (Elefantenrüssel-Nebel) im Sternbild Cepheus

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel



IC 5146 (Cocoon-Nebel) im Sternbild Schwan

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel

Emissionsnebel und Staubwolken im Sternbild Schwan

© Michael Jäger



AZM

Gasnebel

NGC 7000 (Nordamerika-Nebel) und
IC 5070 (Pelikan-Nebel) im Sternbild Schwan
© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel

IC 1396 (Butterfly-Nebel) und weitere
Gasnebel um Gamma Cygni (Sadir)
© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel

Sh2-101 (Tulpen-Nebel) im Schwan

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel

Sh2-101 (Tulpen-Nebel) im Schwan

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel

NGC 6823 im Sterbild Fuchslöwin

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel

NGC 7380 (Wizzard-Nebula) im Schwan

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel

NGC 7380 (Wizzard-Nebula) im Schwan

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel

Messier 16 (Adler-Nebel) im Sternbild Schlange

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel



Messier 16 (Adler-Nebel) in Falschfarben

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel

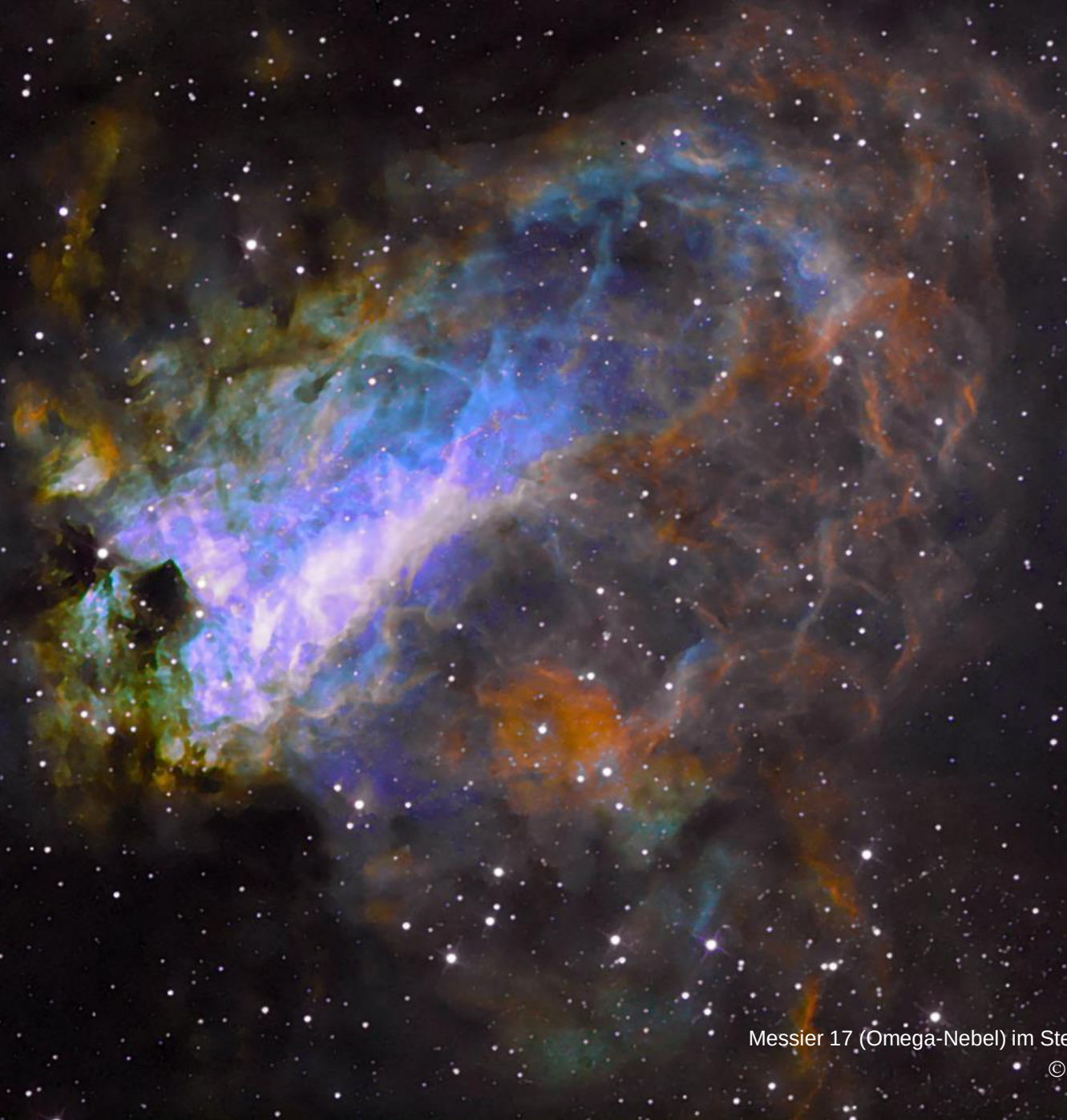
Messier 17 (Omega-Nebel) im Sternbild Schütze

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel



Messier 17 (Omega-Nebel) im Sternbild Schütze

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel

Messier 20 - Trifidnebel

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel



Messier 8 - Lagunennebel

© Michael Jäger

Planetarische Nebel

Gasnebel, die aus der abgestoßenen Hülle eines Sterns hervor gehen (Rote Riesen)
Werden durch die intensive Strahlung des verbliebenen Weißen Zwergs zum Leuchten angeregt
Weisen oft eine bipolare Struktur auf. Können sehr komplex sein und ihre Entwicklungsgeschichte nachzeichnen
Haben relativ geringe Bestandsdauer
Beispiele: Ringnebel, Helixnebel



Ringnebel im Sternbild Lyra



AZM

Gasnebel



Messier 57 (Ringnebel) im Sternbild Leier

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel



Messier 27 (Hantelnebel) im Sternbild Fuchsslein

© Gerald Wagner

Supernova-Überreste

Gasnebel, die aus der Hülle bzw. den Resten eines Sterns bestehen, der bei einem Supernova-Ausbruch zerstört wurde
Sehr heiße Gase mit relativ hohen Anteilen schwerer Elemente, die auch im UV- und Röntgen-Bereich strahlen
Gleichen Planetarischen Nebeln, während ältere SN-Überreste eine ausgedehnte Blasenstruktur aufweisen (Filamente)
Wird durch Schockwellen beim Auftreffen auf intergalakt. Medium aufgeheizt
Beispiele: Krebsnebel, Zirkus-Nebel

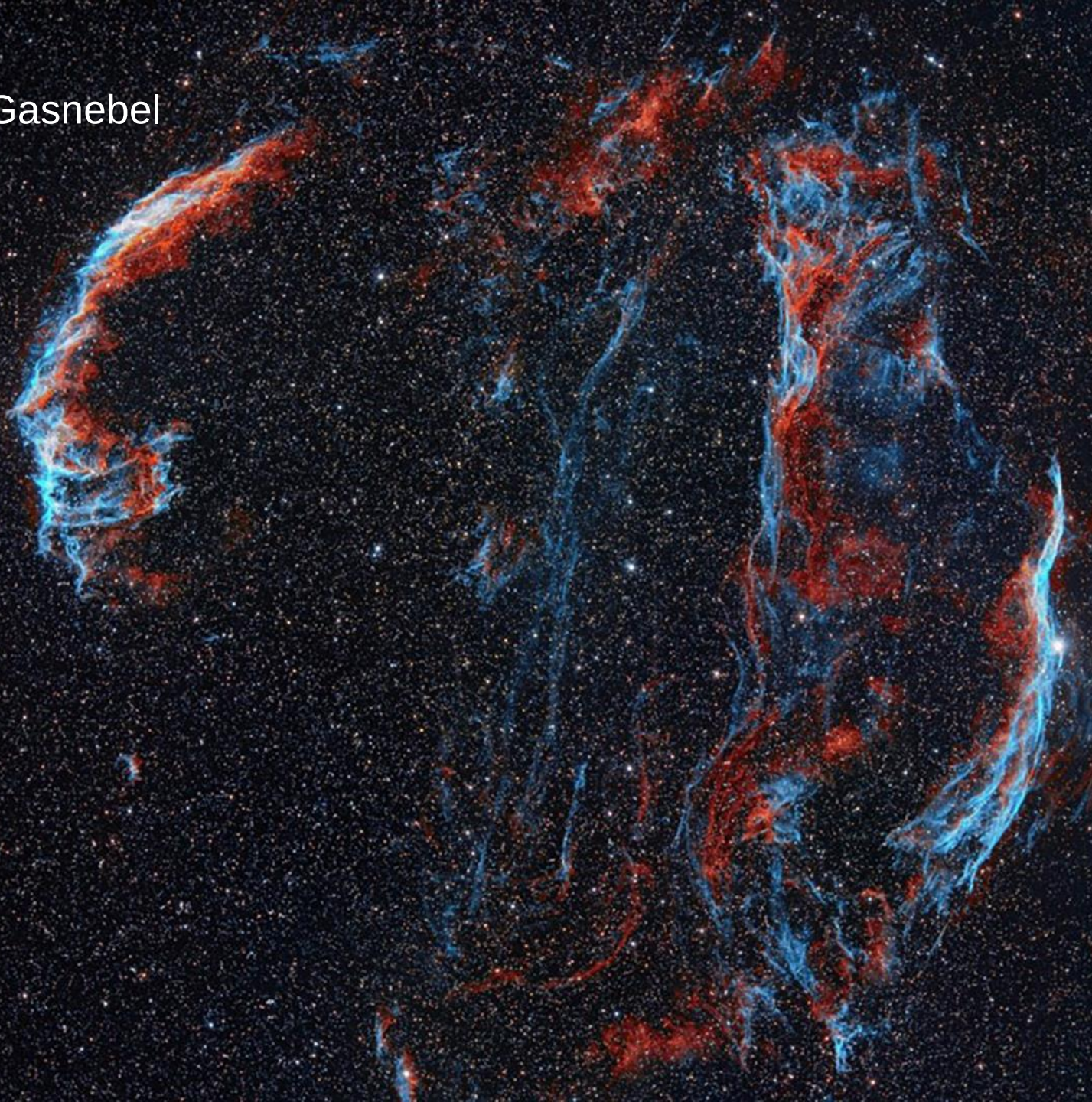


Messier 1 (Krebsnebel) im Sternbild Stier



AZM

Gasnebel

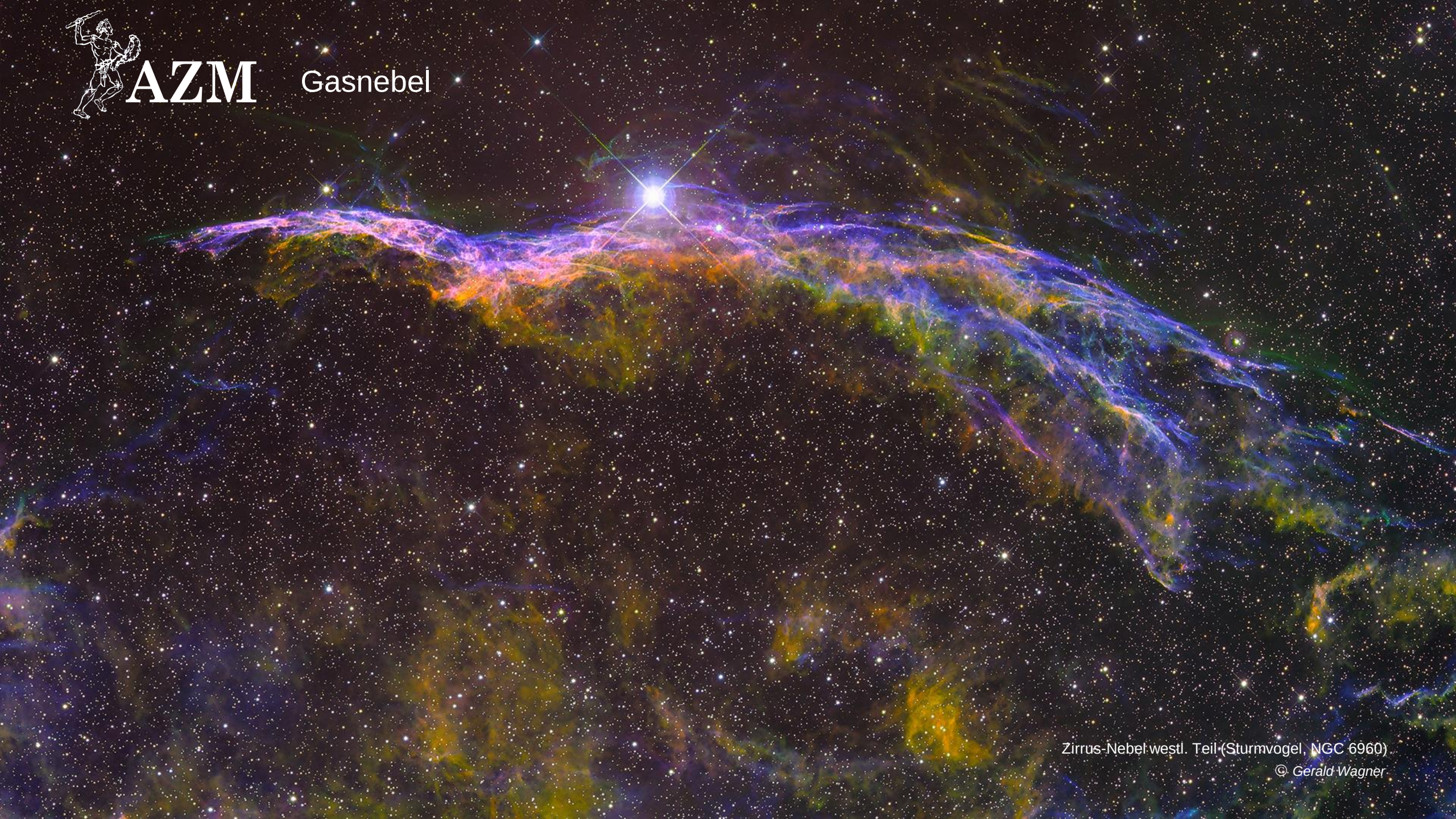


Zirrus-Nebel
© Michael Jäger



AZM

Gasnebel



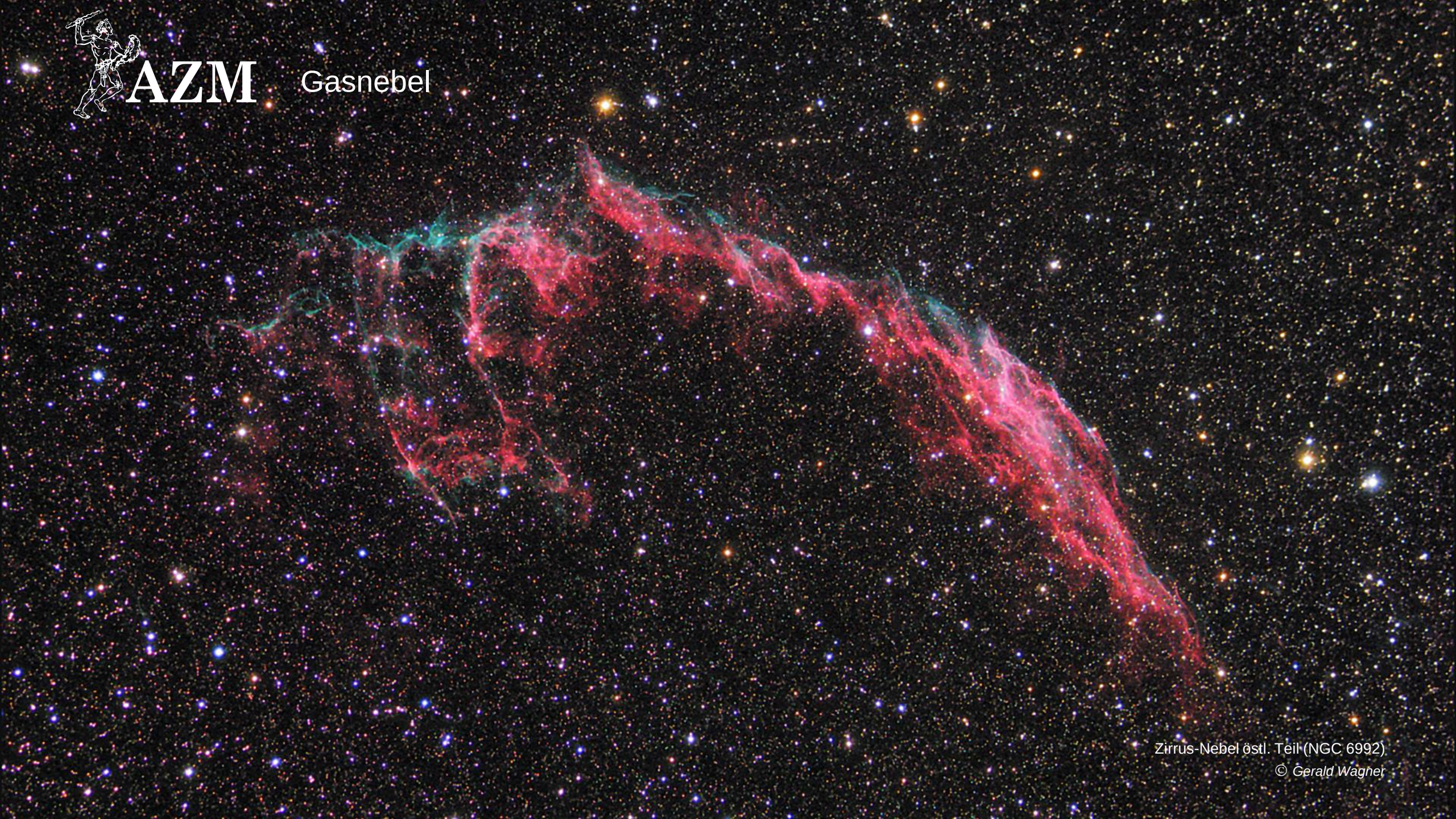
Zircus-Nebel westl. Teil (Sturmvogel, NGC 6960)

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel



Zircus-Nebel östl. Teil (NGC 6992)

© Gerald Wagner

Wolf-Rayet-Sterne

Gasnebel aus den äußeren Atmosphäreschichten extrem massereicher, heißer Sterne

Sehr heiße Gase, die durch die intensive Strahlung des Zentralsterns, aufgeheizt werden

Hohe Anteile an schwereren Elementen (Kohlenstoff, Stickstoff u. Sauerstoff) aus der Nukleosynthese des WR-Sterns

In ihrer Form und Entstehungsgeschichte ähnlich den planetarischen Nebeln

Beispiele: Crescent-Nebel



NGC 2359 (Thor's helmet im Sternbild Großer Hund)



AZM

Gasnebel



NGC 6888 (Crescent-Nebel) im Sternbild Schwan

© Gerald Wagner



AZM

Gasnebel



NGC 6888 (Crescent-Nebel) im Sternbild Schwan

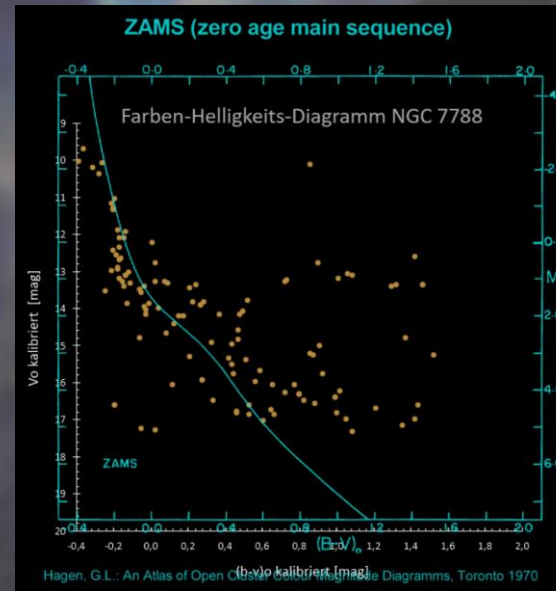
© Michael Jäger

Offene Sternhaufen

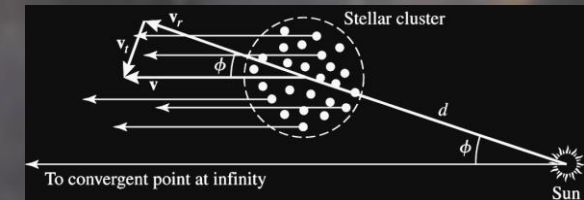
Junge Gebilde, die beim Kollaps einer Riesen-Molekülwolke entstehen
 Sind stark zur galaktischen Ebene (Junge dünne Scheibe) konzentriert
 Bestehen aus mehreren Hundert bis zu einigen Tausend Sternen
 Haben nur wenige Millionen Jahre Bestand
 Hohe Bedeutung für die Forschung (zB Sternentwicklungsmodelle, Entfernungsbestimmung, ...)
 Beispiele: Plejaden, h und chi Persei



Messier 45 (Plejaden) im Sternbild Stier



Main-Sequenz-Fitting



Sternstrom-Parallaxe



AZM

Offene Sternhaufen

NGC 7129 und NGC 72124 im Sternbild Cepheus

© Gerald Wagner



AZM

Offene Sternhaufen

NGC 6946 (Fireworks-Galaxie) und
OC NGC 6939 im Sternbild Cepheus

© Gerald Wagner



AZM

Offene Sternhaufen

Messier 11 (Wildenten-Haufen) im Sternbild Scutum

© Gerald Wagner

Kugelsternhaufen

Sehr alte Gebilde, die im Halo der Milchstraße (und anderer Galaxien) vorkommen

Meist kompakte, kugelsymmetrische Form

Bestehen aus mehreren hunderttausenden bis zu wenigen Millionen Sternen

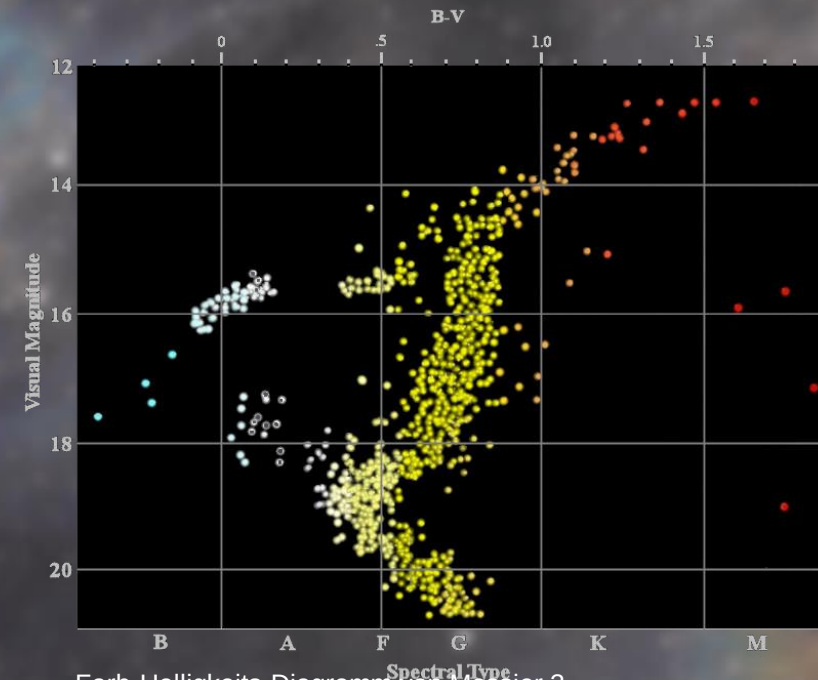
Können supermassive schwarze Löcher enthalten

Weisen keine Gasanteile und somit auch keine Sternentstehung auf (ausgen. Blue Stragglers)

Beispiele: Messier 13, Omega-Centauri



NGC 5139 (Omega-Centauri) im Sternbild Zentaurus



Farb-Helligkeits-Diagramm von Messier 3



Kugelsternhaufen

Messier 4 im Sternbild Skorpion

© Michael Jäger



AZM

Kugelsternhaufen

Messier 5 im Sternbild Schlange

© Michael Jäger



AZM

Kugelsternhaufen

Messier 9 im Sternbild Skorpion

© Michael Jäger



AZM

Kugelsternhaufen



Messier 10 im Sternbild Skorpion

© Michael Jäger



AZM

Kugelsternhaufen

Messier 12 im Sternbild Skorpion

© Michael Jäger



AZM

Kugelsternhaufen

Messier 13 im Sternbild Herkules

© Michael Jäger



AZM

Kugelsternhaufen

Messier 14 im Sternbild Ophiuchus

© Michael Jäger



Kugelsternhaufen

Messier 22 im Sternbild Schütze

© Gerald Wagner



AZM

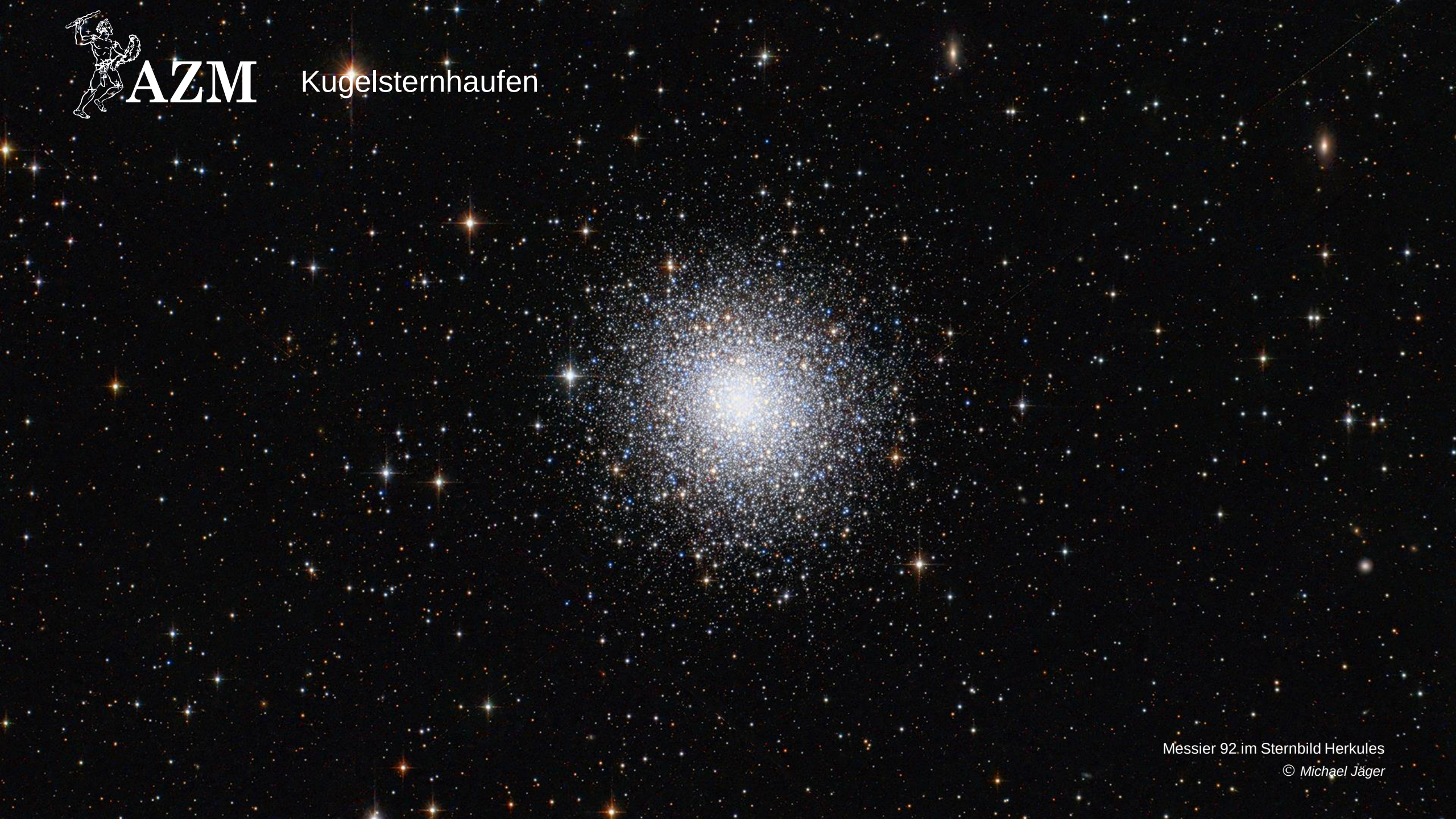
Kugelsternhaufen

Messier 56 im Sternbild Leier

© Michael Jäger



Kugelsternhaufen



Messier 92 im Sternbild Herkules

© Michael Jäger



AZM

Zwerggalaxien

NGC 6822 (Barnards Galaxie) im Sternbild Schütze

© Gerald Wagner



AZM

Sommermilchstraße

Danke für Ihre Aufmerksamkeit