



Einsatz der CCD-Kamera zur Kometenbeobachtung

Dokumentation dynamischer Vorgänge bei
hellen Kometen





Übersicht

- Unterschied zur chemischen Fotografie
- Instrumentelle Ausstattung
- Aufnahmetechnik
- Bildverarbeitung
- Zusammenfassung und Ausblick



Unterschied zur chemischen Fotografie

- Meist kleineres Bildfeld
- Oft nur Schwarz-Weiss
- Kürzere Belichtungszeiten durch höhere Empfindlichkeit
- Hauptvorteil: wesentlich größerer Belichtungsspielraum

Welche CCD-Kameras eignen sich dazu?



Instrumentelle Ausstattung

- Allgemeine Anforderungen an die CCD-Kamera.
- Anforderungen für Kometenkopfaufnahmen
- Ausstattung für Kometenschweifaufnahmen.



Allgemeine Anforderungen an die CCD Kamera

- Großer Sättigungspegel (full well capacity)
- Hohe Graustufenauflösung (16 Bit)
- Geringes Ausleserauschen
- Hohe Lichtempfindlichkeit (Quanteneffizienz)
- Kameras ohne Antiblooming erfüllen die beiden letzten Anforderungen besser

Ziel: Hoher Belichtungsspielraum und bestes Signal-Rauschverhältnis



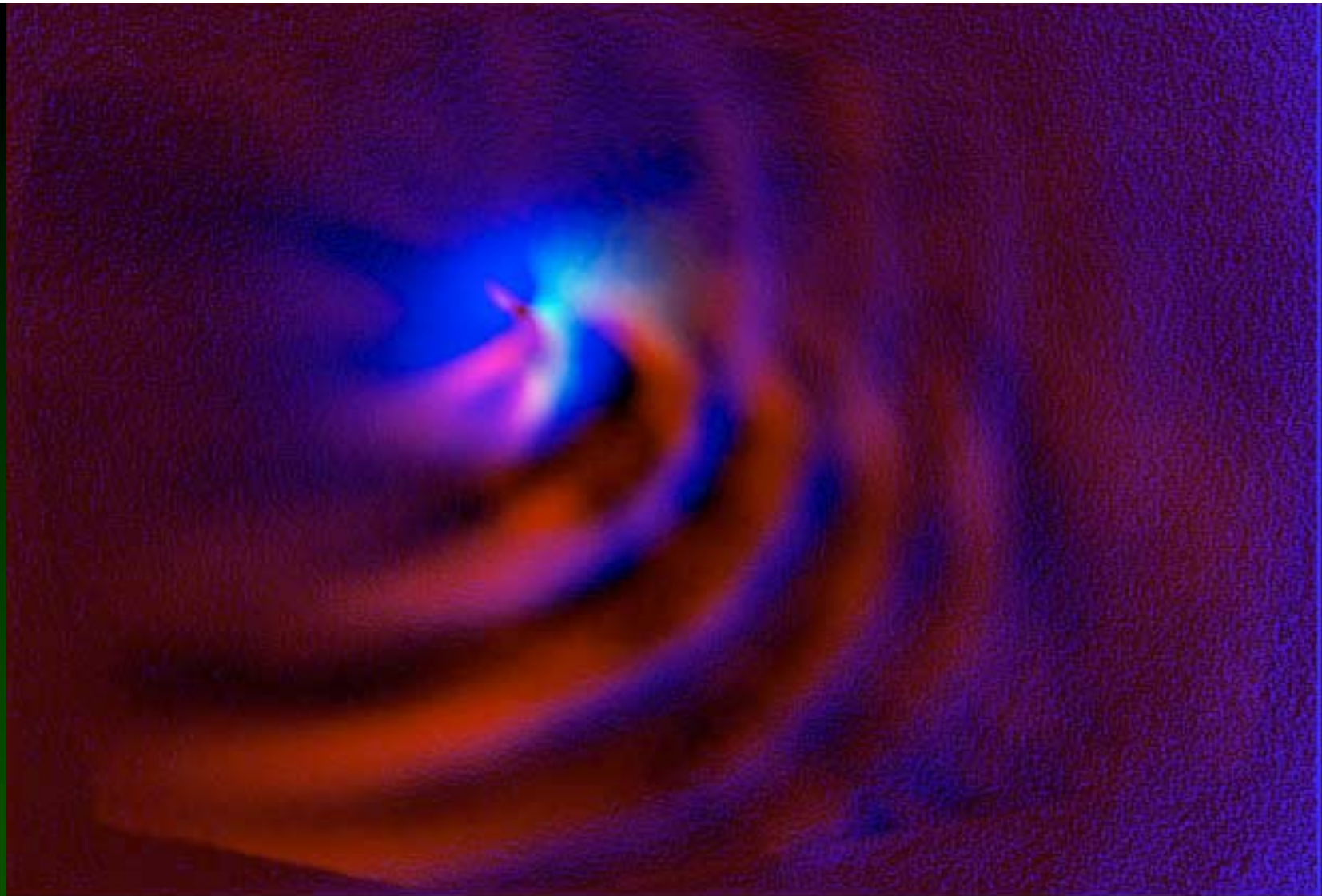
Anforderungen für Kometenkopfaufnahmen

- Teleskop mit langer Brennweite, angepasst an das Seeing (normalerweise 1 Bogensekunde pro Pixel)
- Kleinere Chipfläche ausreichend
- Kurze Auslesezeiten
- Kein Antiblooming

Beispiel1: Komet Hale Bopp mit HISIS22-Kamera
(CCD: KAF-400) am 1m-RC der Purgathofer
Sternwarte



1m RC-Telescope of the Purgathofer Observatory
and the Hale-Bopp team (from left to right):
A. Kreuzer, R. Preßberger (owner), R. Schäfer, H. Jasicek



— 5 arcsec

Hale-Bopp

© Purgathofer Observatory, R. Preißberger,
A. Kreuzer, R. Schäfer



Anforderungen für Kometenschweifaufnahmen

- Großes Bildfeld durch große Chipfläche oder kürzere Brennweite (Teleobjektiv)
- Hohe Blauempfindlichkeit für Gasschweif
- Eventuell Verwendung spezieller Interferenzfilter

Beispiel2: Komet Hale-Bopp mit OES-Kamera
(CCD: KAF-400) und 300mm Teleobjektiv



Hale-Bopp at 02 April 97 with 300mm Tele-Lens, 30 CCD-images overlapped, false colour composit of 2 unsharp mask filters, (C) Kreutzer / Schäfer, Harpoint Observatory, Austria

10 arcmin





Beispiel3: Komet Ikeya-Zhang mit großflächigem CCD am
50cm-RC der Sternwarte Harpoint
(6x10 Sekunden Belichtungszeit)





Ikeya-Zhang
at 30th March 2002

← 30 arcsec

© A. u. C. Kreutzer, R. Schäfer

Aufnahmetechnik



- Serie kurzbelichteter Einzelaufnahmen erlaubt es dynamische Vorgänge im Aufnahmezeitraum zu untersuchen
- Hunderte Einzelbilder sind die Grundlage der Bildverarbeitung
- Dunkelbilder, Biasbilder, Flatfields, (Fringesbilder) nicht vergessen
- Richtige Drehung der Kamera (CCD-Kanten in RA,DE-Richtung)

Aufnahmetechnik Kometenkopf



- Kurze Belichtungszeiten (bis wenige Sekunden)
- Sternförmiges Zentrum des Kometen nicht überbelichtet
- Eigenbewegung wird zwischen den Einzelaufnahmen grob manuell korrigiert

Aufnahmetechnik Kometenschweif



- längere Belichtungszeiten (1 Minute)
- Sternförmiges Zentrum des Kometen kann überbelichtet sein
- Nachführung oder Nachführkorrektur mittels Guider auf Eigenbewegung des Kometen (falls möglich)
- Mosaiktechnik durch Schweifdynamik erschwert (alternierende Positionierung)

Beispiel4: Mosaik von Ikeya-Zhang (50cm-RC) Belichtungszeit links 30x12 Sekunden, rechts 20x30 Sekunden



Bildbearbeitung

- Bildvorverarbeitung
- Filtermethoden

Ergebnis: Einzelbilder oder Videosequenzen

Zielvorstellung:

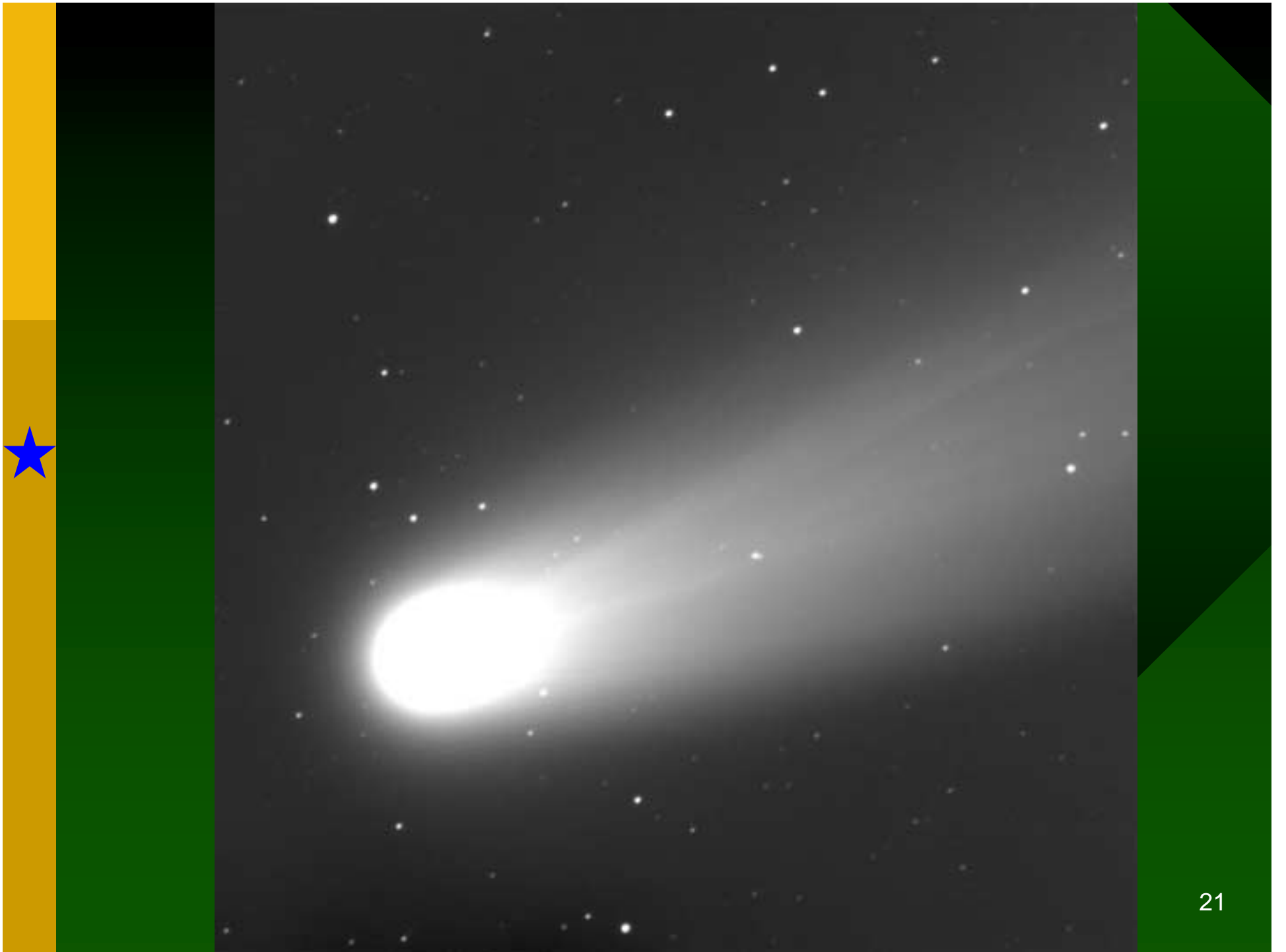
Abbildung von Jetstrukturen beim Kometenkopf und dynamischer Vorgänge (Kernrotation, Eruptionen, Schweifstrahlen)

Bildvorverarbeitung

- Einzelbildweise Dunkelbildabzug, Flatfielddivision etc.
- Bestimmung des Zentriervektors zu jedem Bild (ohne gleich Bilder zu addieren)
- Zweck: Herstellung rauscharmer Summenbilder als Ausgangspunkt für Filtermethoden oder Teilsummenbilder für Videosequenzen

Beispiel: Ikeya-Zhang v. 30.03.02, 12s belichtet





Bestimmung des Zentriervektors

- Pixelposition des Helligkeitsschwerpunkt eines Hintergrundsterns
- ★ • Rechnerisch korrigiert mit der Eigenbewegung (siehe Guide) des Kometen

Grund: Wegen Dynamik der Jetstrukturen oder Überbelichtung der Kernregion ist Bildzentrierung auf Helligkeitsschwerpunkt des Kometen zu ungenau

Filtermethoden

Funktionsweise:

- Strukturloser Anteil der Koma mit starkem Helligkeitsgradient (Staubwolke) wird mathematisch modelliert und vom Bild subtrahiert
- Feinstruktur von Koma und Schweif wird sichtbar
- Filtermethoden unterscheiden sich in ihrer Wirkung auf radiale oder tangentielle Jetstrukturen



Filtermethoden

- Unsharp mask
- Angular unsharp mask
- Rotationsgradient
- Freeman-Filter
- Ellipsenmodell der Koma
- Wavelet-Filter
- Differenzbilder
- Äquidensiten

Wirkungsweise:

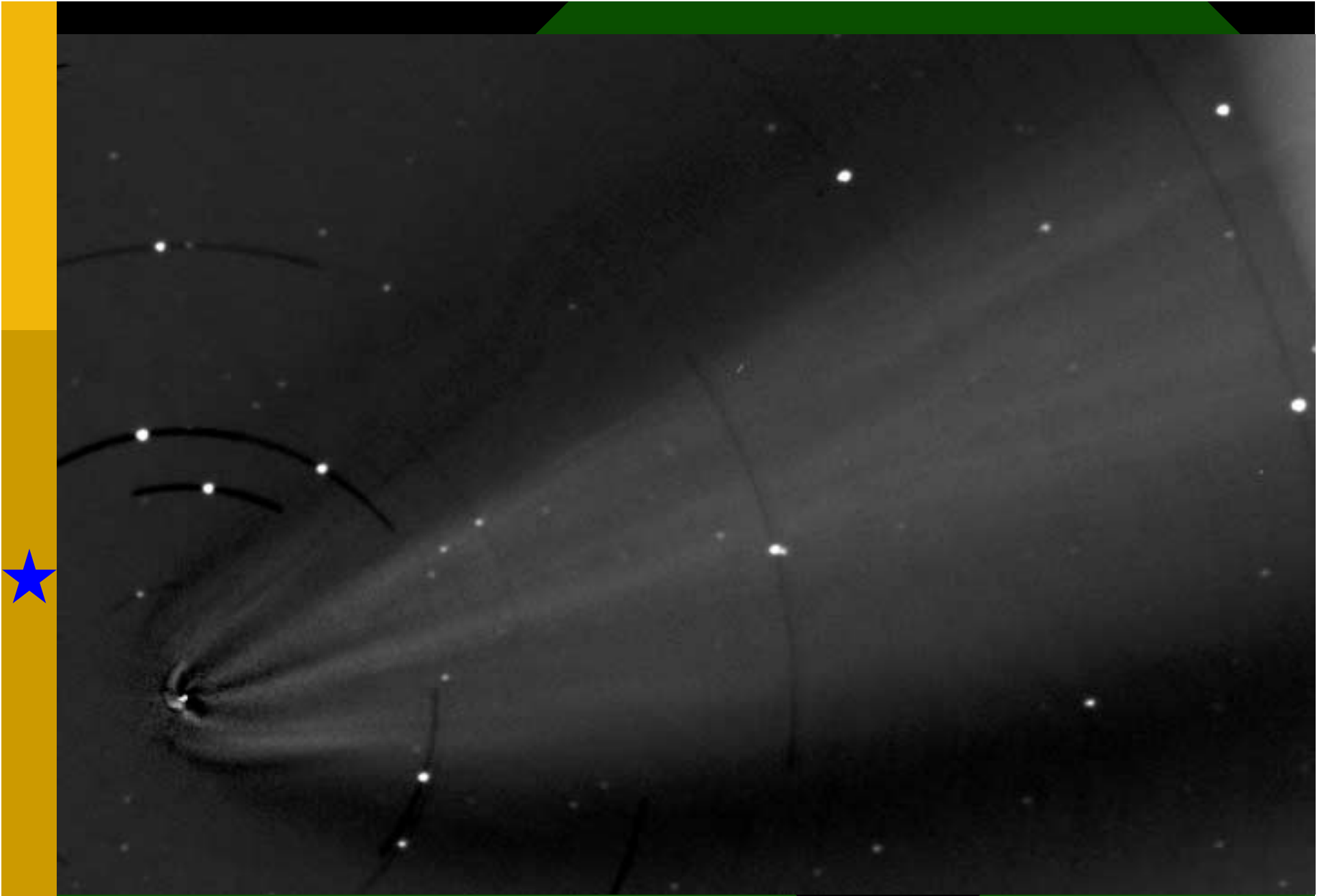
- richtungsunabhängig
- radiale Strukturen
- radiale Strukturen
- zirkulare Strukturen
- richtungsunabhängig
- bestimmte Frequenzen
- zeitliche Änderungen
- Zonen gleicher Helligkeit



Angular Unsharp Mask

- Unschärfe der Maske nur in tangentialer Richtung
- verstärkt radiale Strukturen
- wenig Artefakte

Beispiel: Ikeya-Zhang v. 30.03.02, 8x1,5s
belichtet



Rotationsgradient (Sekanina-Filter)

- eine Kopie des Bildes wird um das Kometenzentrum verdreht und subtrahiert
- verstärkt radiale Strukturen mit hohem Kontrast
- starke Artefakte



Beispiel: Ikeya-Zhang v. 30.03.02, 8x1,5s belichtet



Freeman Filter

- Filtermatrix verstärkt rotationssymmetrische Strukturen
- Helligkeitsgradient darf nicht zu stark sein
- wenig Artefakte, erzeugt Rauschen



Beispiel: Ikeya-Zhang v. 30.03.02, 30x1,5s
belichtet

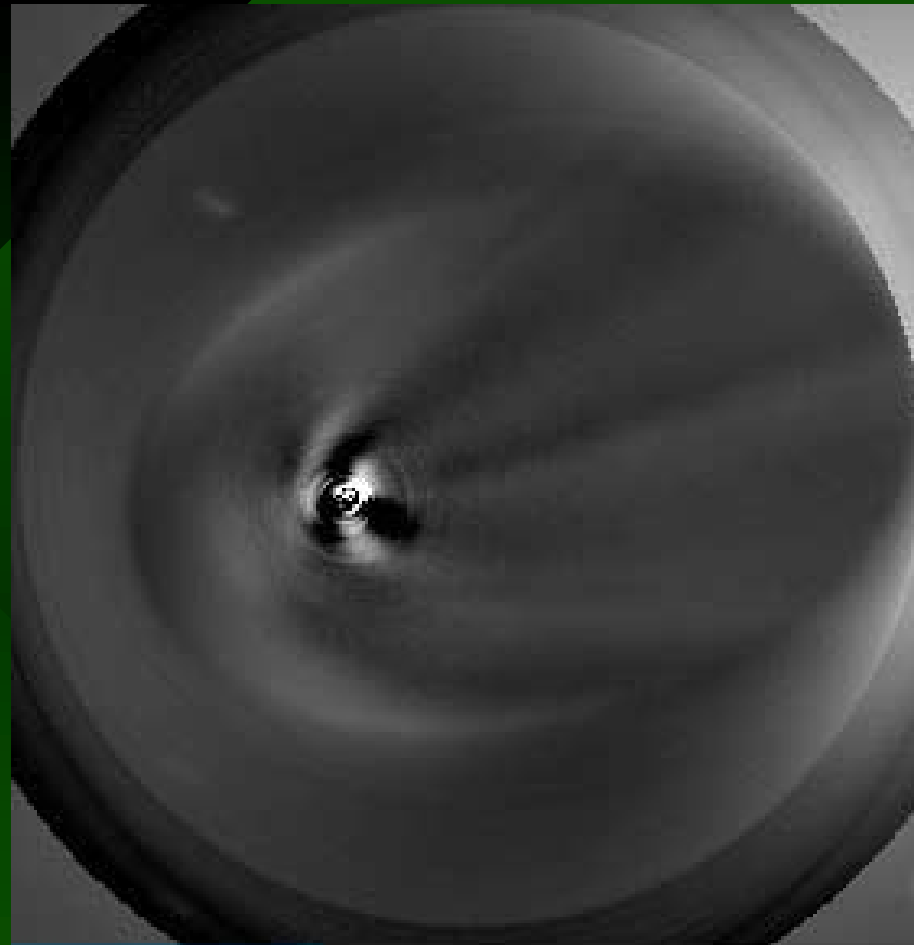


Ellipsenmodell der Koma

- Helligkeitsellipsoid mittels Polynomfitting
- elliptische Modell wird subtrahiert
- wirkt nur im Kometenzentrum (Jetursprung)



Beispiel: Ikeya-Zhang v. 30.03.02, 30x1,5s
belichtet



— 20arcsec

Ikeya-Zhang

(C) R. Schäfer, A. u. C. Kreuzer

Wavelet Filter

- Bandpassfilter bestimmter Bildfrequenzen
- wirkt richtungsunabhängig
- Artefakte ähnlich wie Unsharp Mask

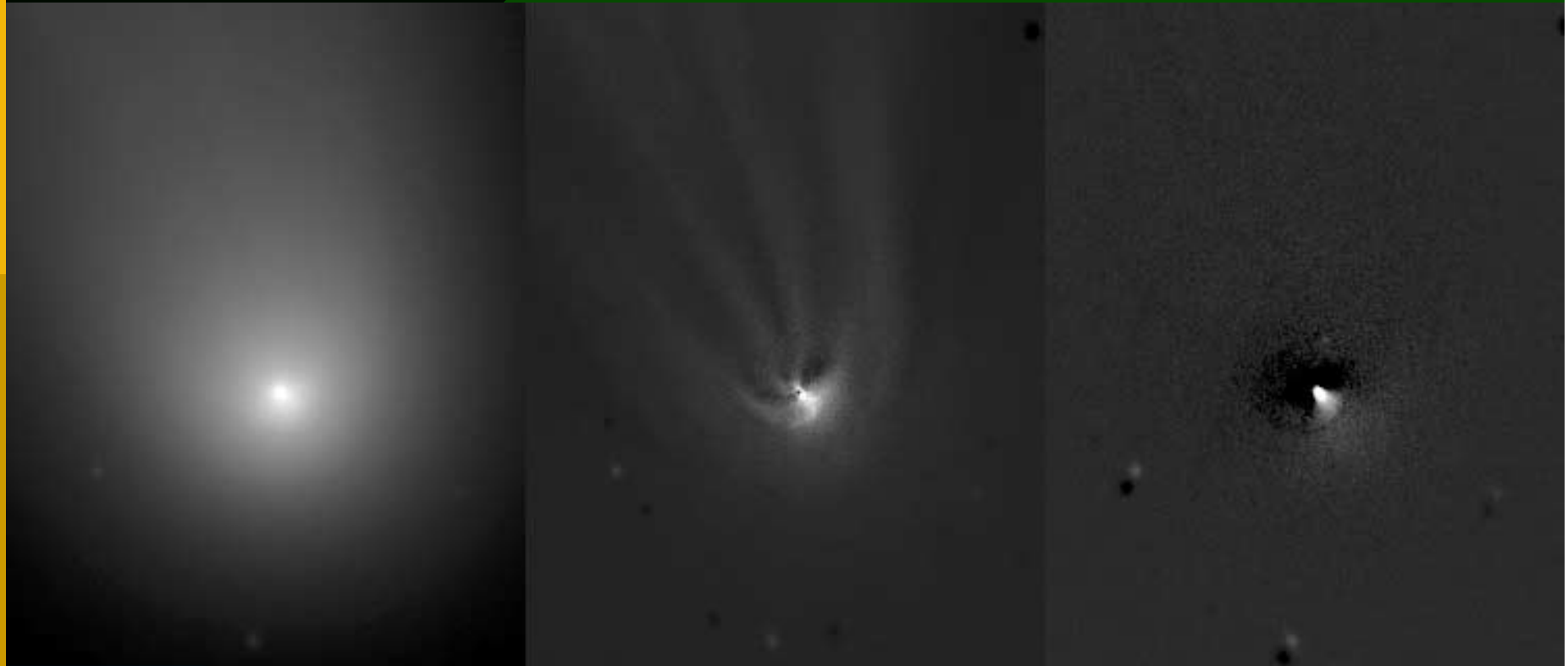


Differenzbilder

- Subtraktion zeitlich versetzter Teilsummenbilder
- zeigt die zeitliche Veränderung im Kernbereich (Helligkeitsausbruch)
- keine Artefakte, verstärkt Rauschen

Beispiel: Ikeya-Zhang v. 30.03.02, 8x1,5s belichtet





The Core Region of Ikeya-Zhang at Mar. 30th 2002, 19:04 UT

20 arcsec

Left image: single image, 12sec. exposed

Middle image: the left image contrast enhanced with rotational gradient filter, clearly showing the jet structure.

Right image: difference of two images shot with an interval of 158sec. The brightest jet weakened 12% in this time! North is up.

© A. and C. Kreutzer, R. Schäfer

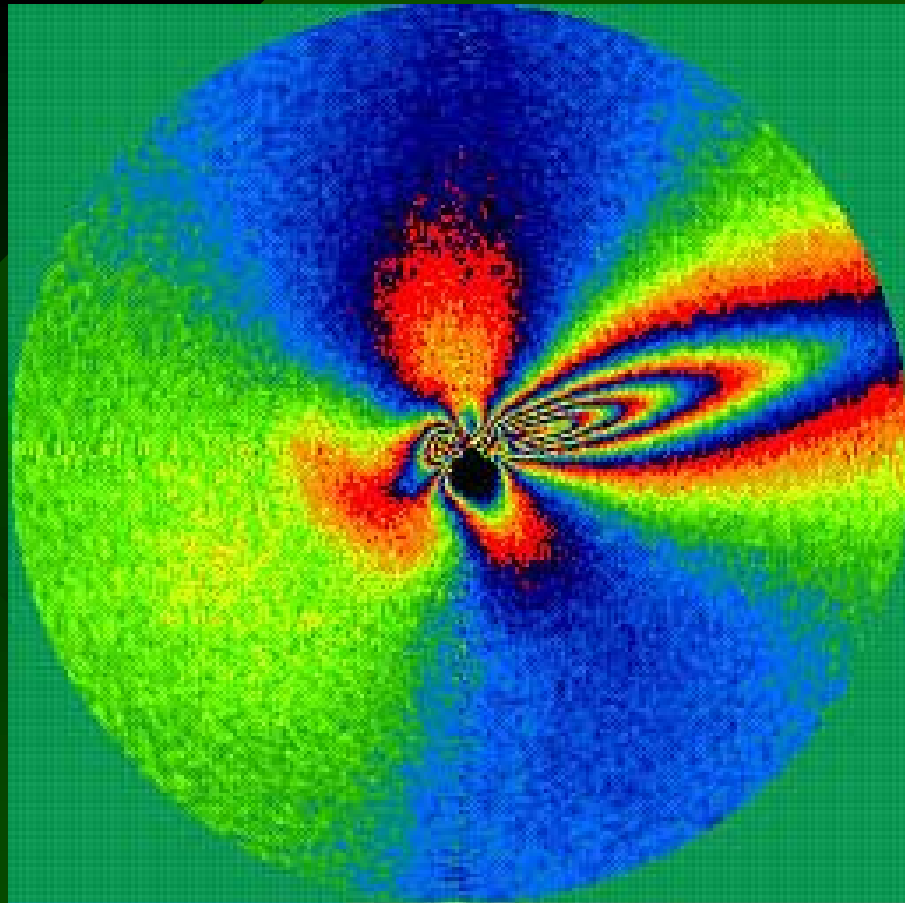


Äquidensitendarstellung

- sägezahnförmige Gradationskurve
- zeigt Zonen gleicher Helligkeit (Komausdehnung)
- geringer Kontrast für Jetstrukturen

Beispiel: Hyakutake v. 24.03.96, 300s belichtet





Hyakutake

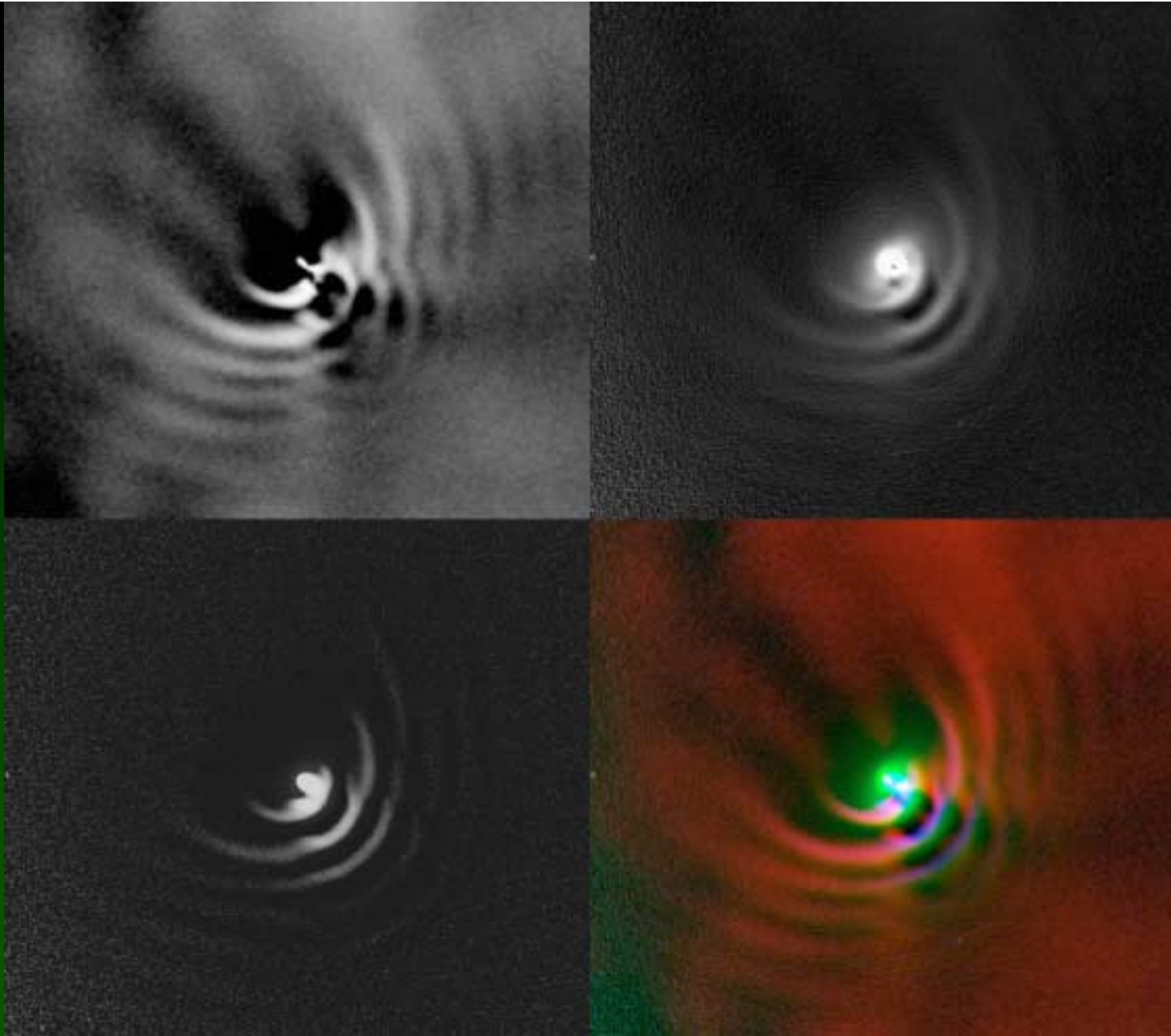
© A. u. C. Kreutzer,
R. Schäfer

Kombination von Filtermethoden

- unterschiedliche Filtermethoden werden in einem Bild kombiniert
- Darstellung in Falschfarbenbild

Beispiel: Hale-Bopp v. 8.04.97, 1m RC,
Purgathofer-Sternwarte





Zusammenfassung

- Dynamische Strukturen im Kometenkern werden sichtbar, z.B.: Helligkeitsausbruch, Kernrotation, Schweifablösung.
- Schweifausbildung wird dokumentiert
- Räumliche Dimensionen können abgeschätzt, Geschwindigkeiten können errechnet werden



Vortragsende

- Autoren:
 - Hans Robert Schäfer
email: robert.schaefer@harpoint-observatory.com
 - Andreas Kreutzer
email: andreas.kreutzer@harpoint-observatory.com
- Homepage:
www.harpoint-observatory.com

