

# Über die Generierung synthetischer Lichtkurven aus Asteroiden-Modellen und deren Anwendung

VdS Kleinplanetentagung  
Berlin, 1-3 Juni 2012

Mike Kretlow (Hamburg)  
[mike@sky-lab.net](mailto:mike@sky-lab.net)

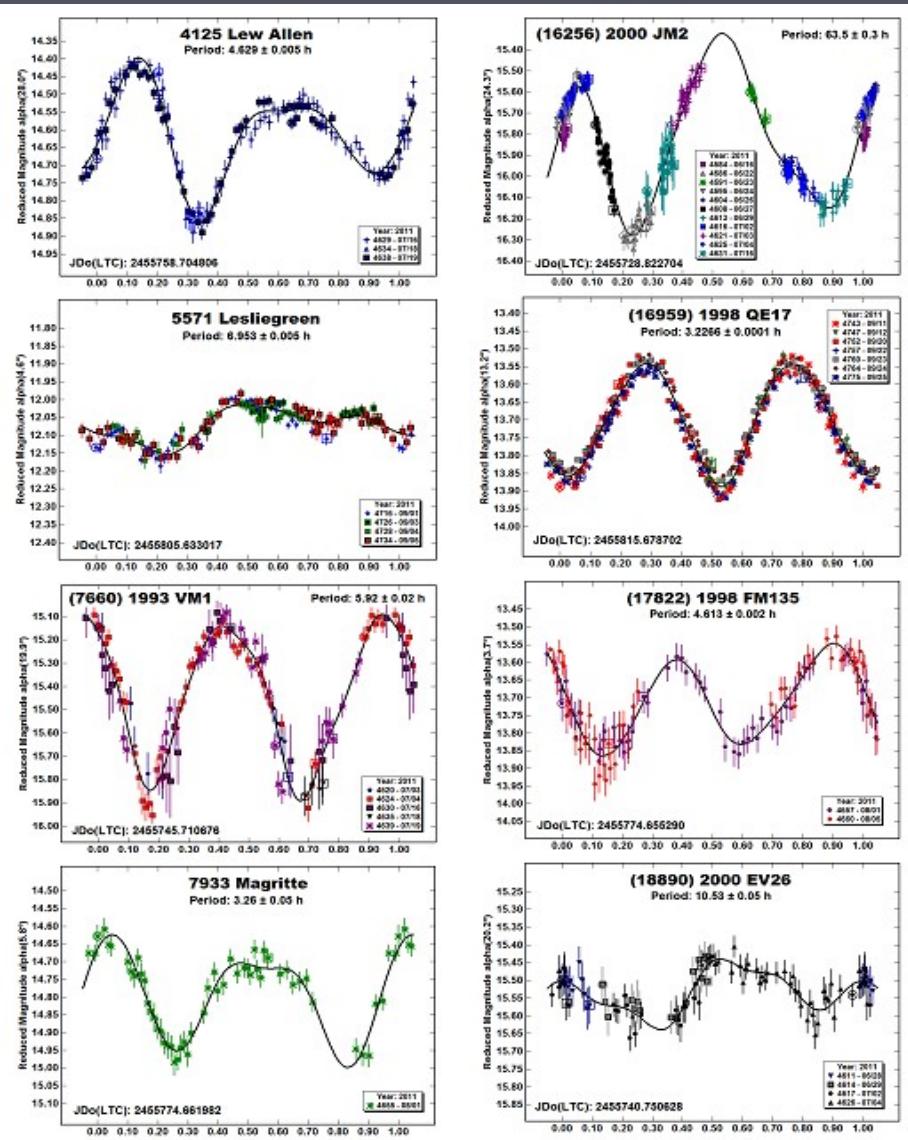
# Motivation

- Vor 20J: Rotationsparameter (Spin) und 3-Achsen-Ellipsoid-Modelle für ca. 20 Asteroiden bekannt
- Heute über 100 (3D)-Modelle (DAMIT)
- Lohnendes Betätigungsfeld für Amateure
  - Trotz inzwischen zahlreicher LCs auch noch sehr helle Asteroiden lohnend, u.a. weil für LC-Inversion mehrere, verteilte LCs notwendig sind
- Theoretische Beschäftigung (Auswertung, Modellierung usw.) sehr interessant, auch als „Science-Computing“.
- Noch nicht so „abgegrast“, vor allem bei kleinem Instrumentarium.

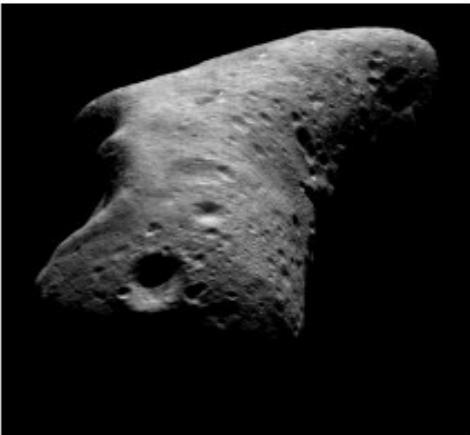
# Resourcen

- Minor Planet Bulletin (kostenlos als PDF)
- CALL Webseite (<http://www.minorplanet.info/call.html>)
  - Brian Warner et al.
- DAMIT (Database of Asteroid Models from Inversion Techniques)
  - <http://astro.troja.mff.cuni.cz/projects/asteroids3D/web.php>
  - J.Durech, M.Kaasaleinen et al.)

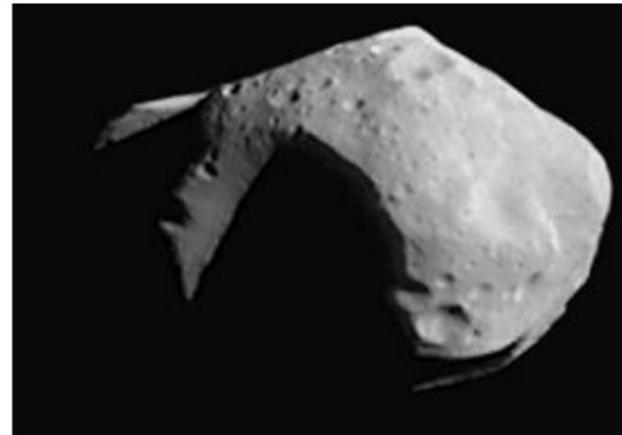
# Asteroiden-Lichtkurven



# Asteroiden in natura



(a)



(b)

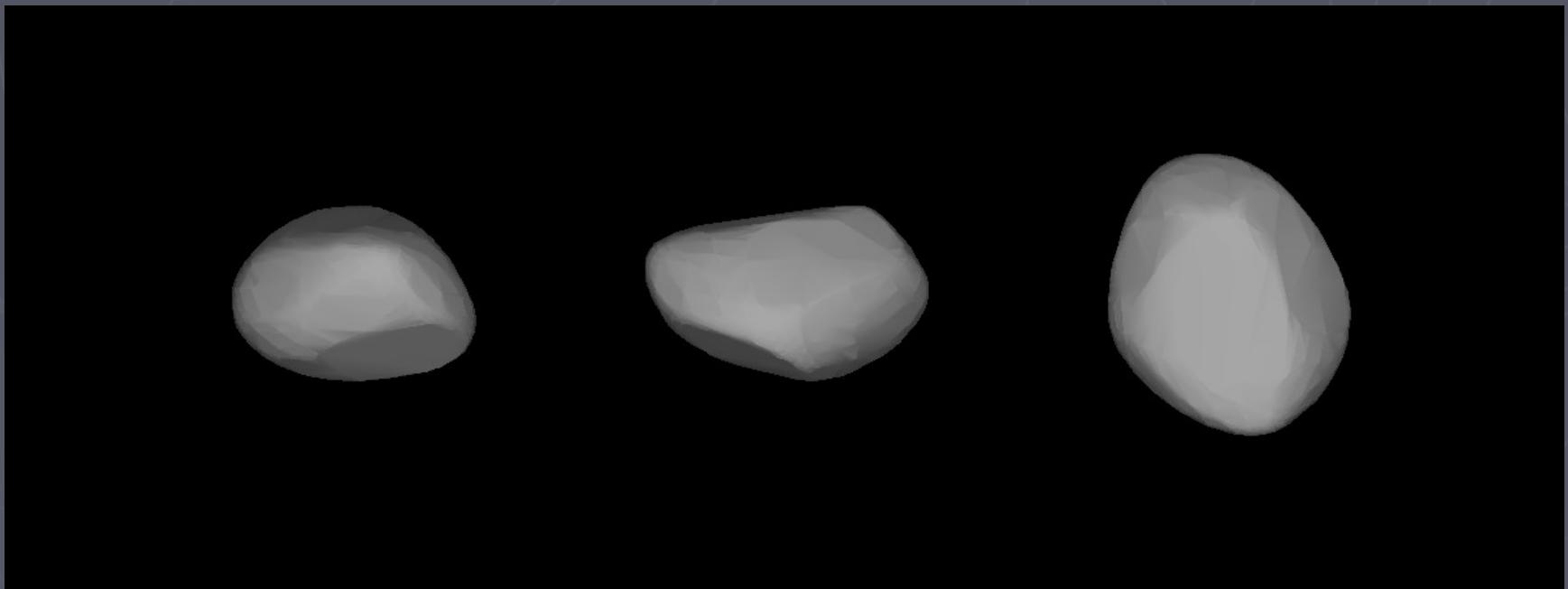


(c)

Figure 1: Images of asteroids a) 433 Eros ( $33 \text{ km} \times 13 \text{ km} \times 13 \text{ km}$ ) and b) 253 Mathilde ( $D = 52 \text{ km}$ ), taken by the NEAR spacecraft (NASA). c) Image of asteroid (25143) Itokawa ( $540 \text{ m} \times 270 \text{ m} \times 210 \text{ m}$ ), taken by the Hayabusa-spacecraft (JAXA).

# Asteroiden als Modell

## (9) Metis



# Photometrie zur Gewinnung physikalischer Parameter des Asteroiden

- Rotationsperiode (zB Frequenzanalyse)
- Polachsenorientierung (AMA,PA,FAM,LC-INV)
- 3D-Modell des Körpers (i.a. LC-Inversion)
- Doppelasteroid
- Albedovariationen

AMA: Amplitude/Magnitude-Aspect method

PA : Photometry Astrometry („Epoch“) method

FAM: Free Albedo Map method

# Inversionsmethode macht keine Annahmen über die Form

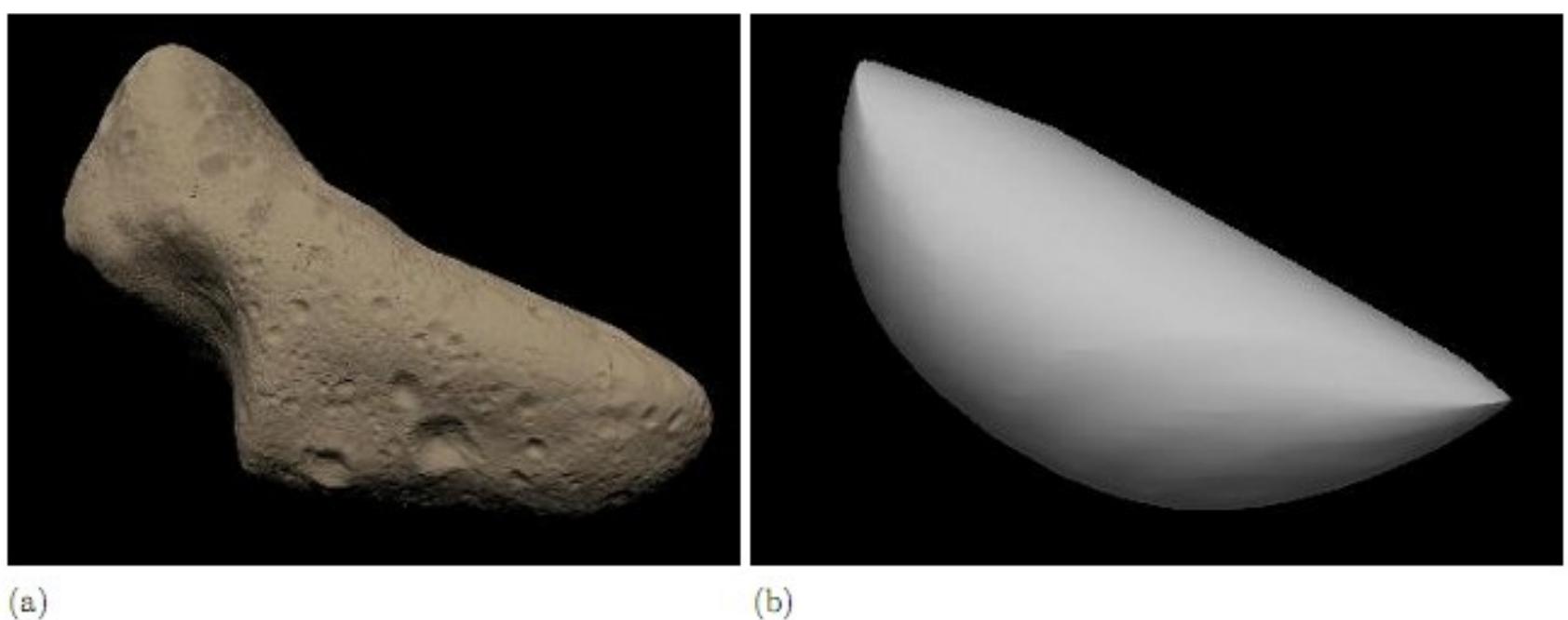
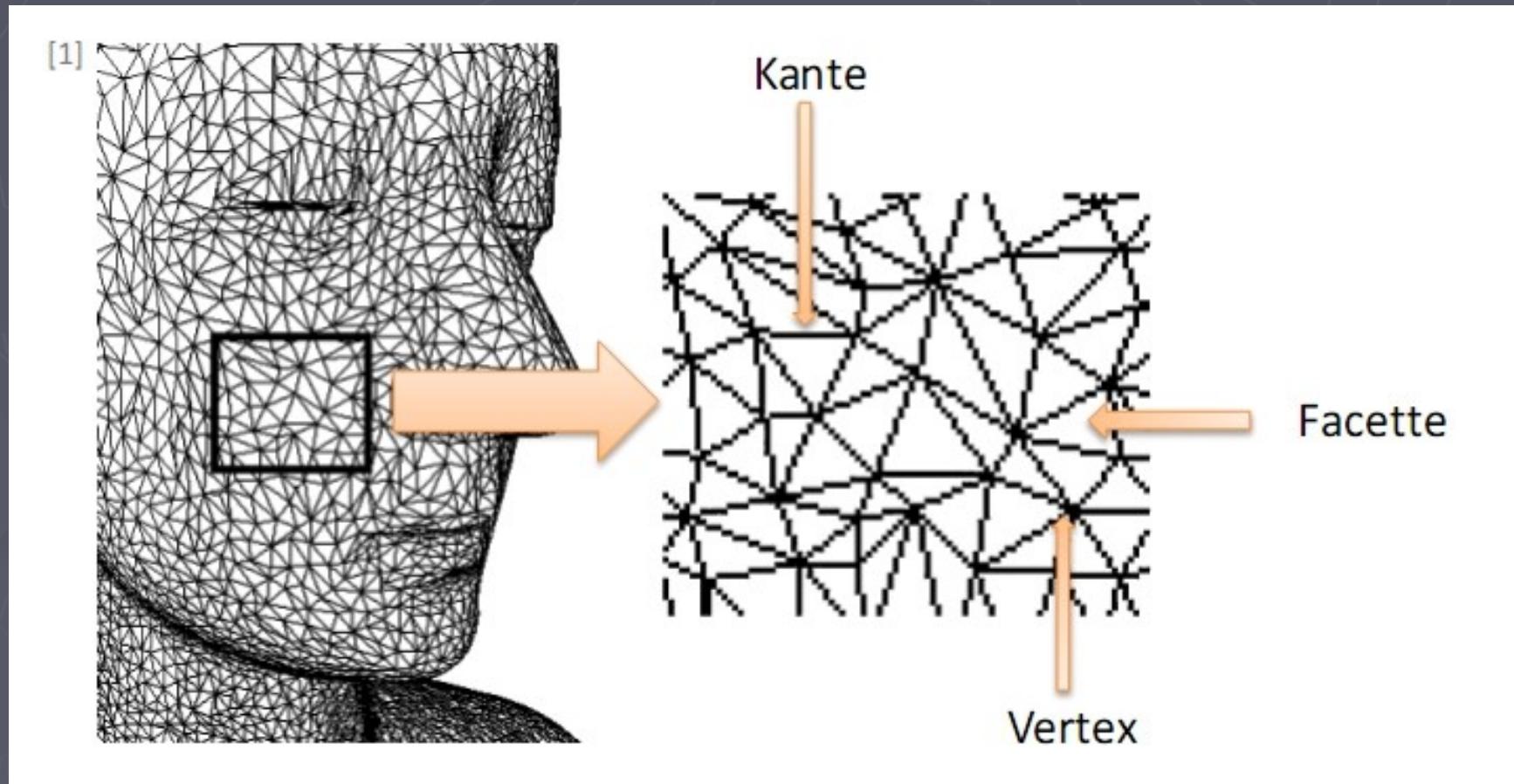
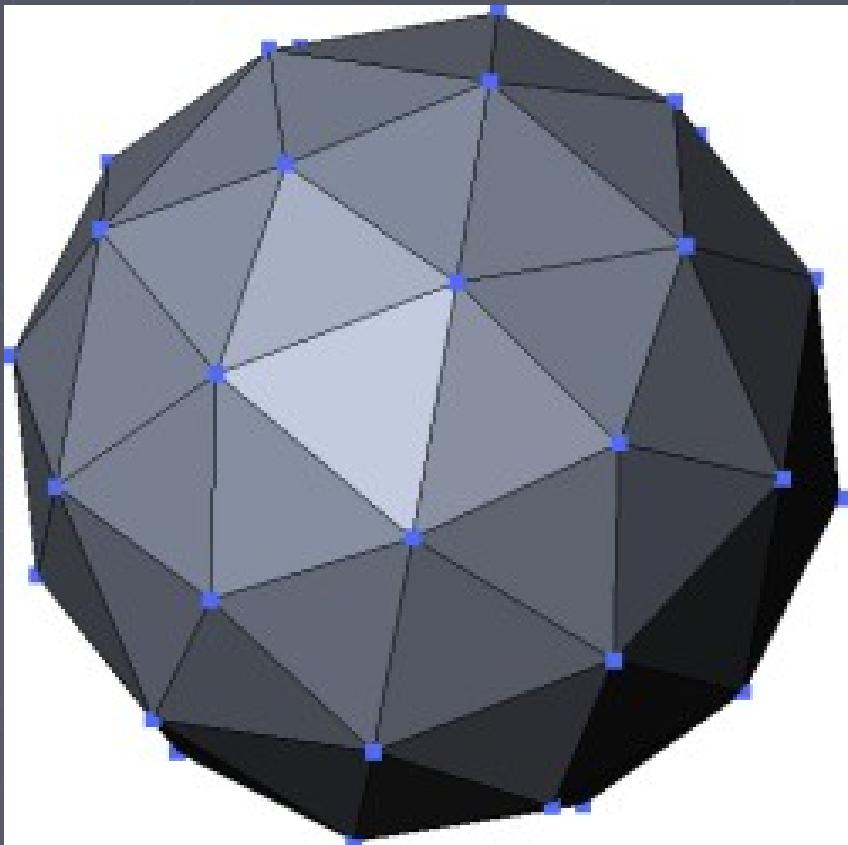


Figure 5: a) Model of asteroid (433) Eros, reconstructed from the NEAR-spacecraft observations (NASA). b) A convex inversion model of asteroid (433) Eros from the same viewing direction as in fig. a.

# (Computer) 3D-Modell: Polygonnetze (Mesh)



# Dreiecks-Mesh: Datenstruktur



Aufbau einer Shape-Datei von DAMIT:

- 1022 2040 <= Anzahl vertices und facets
- 0.251772 0.191026 0.472820
- 0.251772 0.101504 0.481637
- 0.271593 0.137258 0.476164
- 0.264517 0.190626 0.471604
- 0.254247 0.200896 0.471604
- 0.218410 0.046123 0.483806
- ....
- 1 2 3
- 1 3 4
- 1 4 5
- 6 7 8
- 6 8 2
- ....

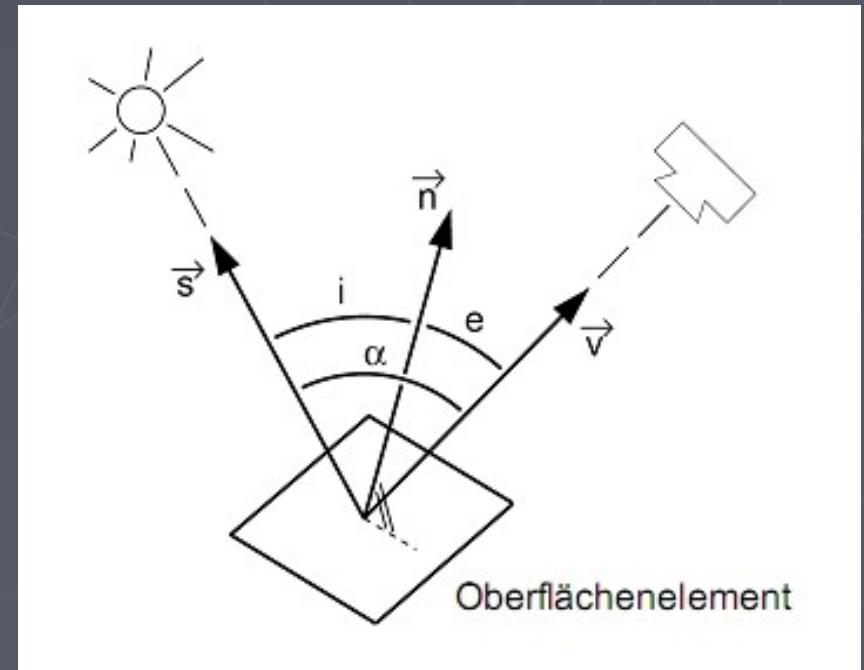
# Reflektions-/Streugesetze

- Das Lambert-Gesetz beschreibt eine Oberfläche, bei der die einfallende Bestrahlungsstärke  $E_0$  von der Oberfläche diffus reflektiert wird.

$$S_L = A_L * \cos(i)$$

- Das Lommel-Seeliger-Gesetz beschreibt die Reflexion an einer Oberfläche, die von isotropen, voneinander isolierten Streuzentren ausgeht.

$$S_{LS} = A_{LS} * \cos(i) / (\cos(i) + \cos(e))$$



# Algorithmus

Oberflächenelement  $ds$  (facet) ist beleuchtet und sichtbar (bekannt, da Ort Sonne, Erde und Rotationsparameter gegeben), dann ist die Helligkeit dieses Elements gegeben durch:

$$dL = S(\mu, \mu_0) A ds$$

$S$ : Streugesetz,  $A$ : Albedo

$$\mu = e_e \cdot n \text{ und } \mu_0 = e_s \cdot n$$

$e_e$  : Einheitsvektor zur Erde

$e_s$  : Einheitsvektor zur Sonne

$n$  : Normale auf dem Oberflächenelement  $ds$  (facet)

# Algorithmus

- Lambert-Gesetz :  $S_L = \mu * \mu_0$
- Lommel-Seeliger :  $S_{LS} = S_L / (\mu + \mu_0)$   
(Andere Gesetze möglich (Hapke zB) )
- Zusätzlich Berücksichtigung des Phasenwinkels
- Aufsummierung der Beiträge dL aller facets zur Gesamthelligkeit.
- Normierung der Lichtkurve auf die durchschnittliche Helligkeit.  
DAMIT: meist LSL (Lambert + Lommel-Seeliger) und  $S_L=0.1$  per default.

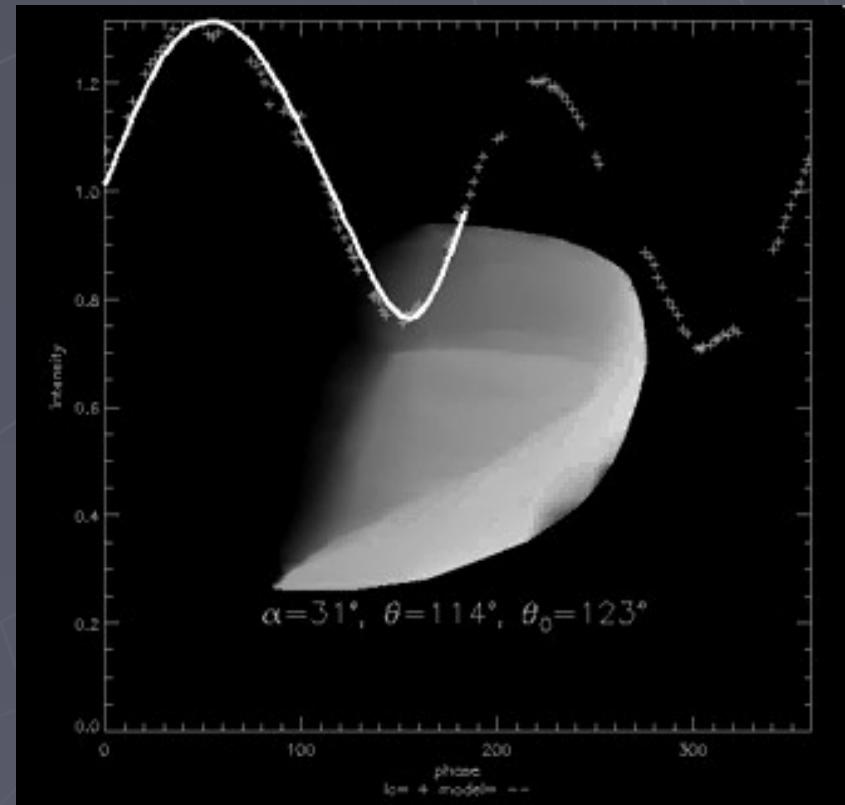
# Bisherige Arbeit

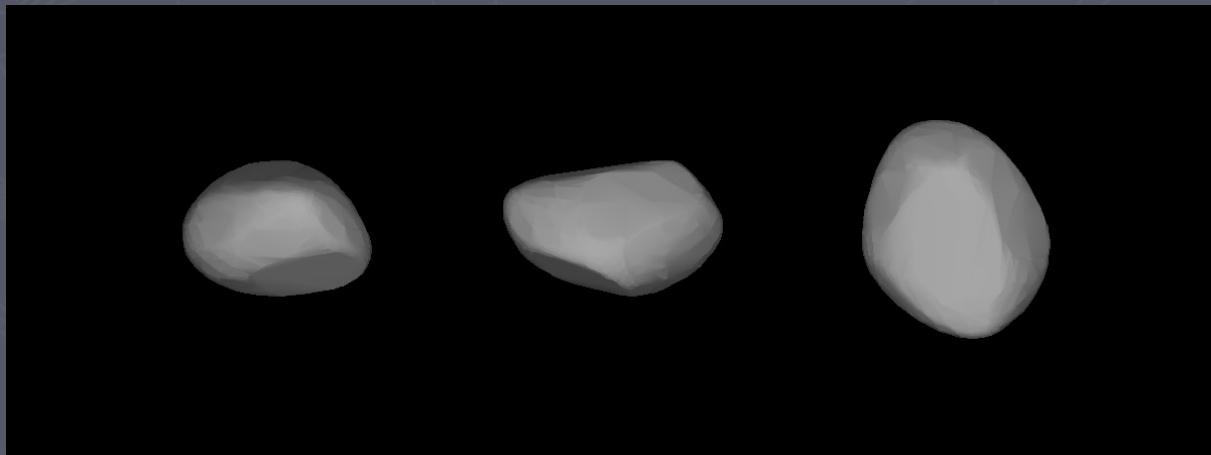
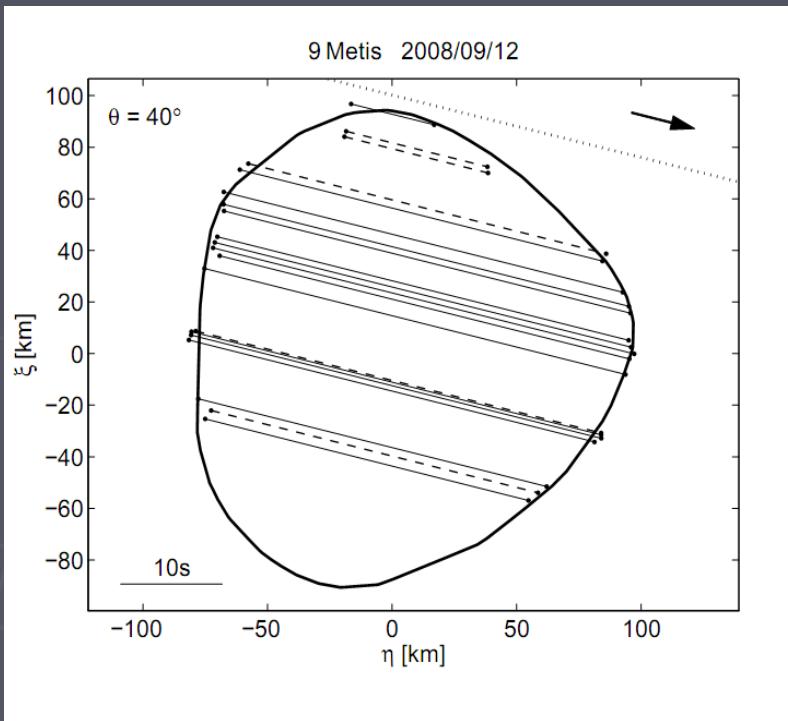
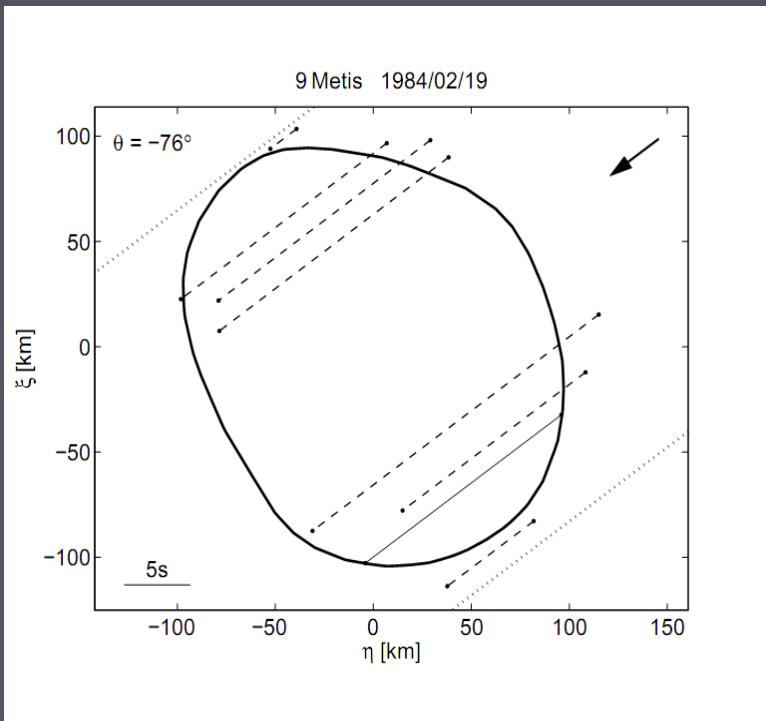
- ✓ Parser der die Dateien von DAMIT konvertiert und in eine SQLite-DB schreibt
- ✓ Programm zur Generierung von Lichtkurven aus DAMIT Shape-Modellen
- Programm zur Lichtkurveninversion
- Integrierte Arbeitsumgebung (GUI) zur Verwaltung, Analyse, Generierung und Visualisierung von Lichtkurven und 3D-Modellen (teilweise fertig)
- Ggf. Einbindung weiterer Datenquellen (CALL, OCCREP)

Implementierung in Python.

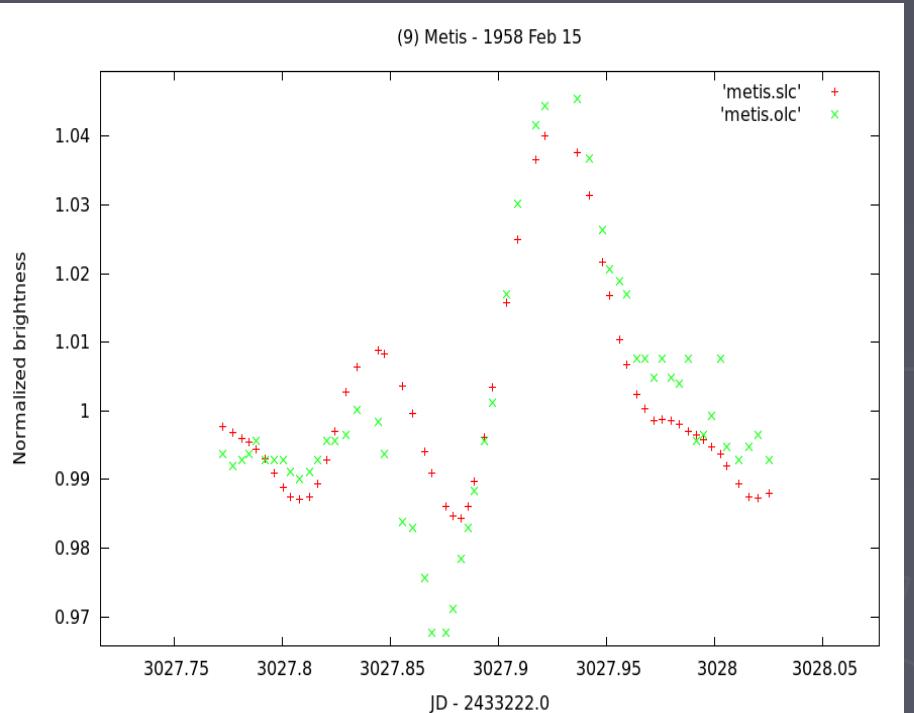
# Anwendungen

- Science
- Vorbereitung von photom.  
Beobachtungen (was habe ich zu erwarten, starke / schwache Amplitude?)
- Sternbedeckungen:  
mit Kenntnis der zu erwartenden Silhouette (Profil) kann die reale Breite des Bedeckungspfades besser abgeschätzt werden.
  - Umgekehrt: Kombination von beobachteten Sternbedeckungen (Profiles) bei der LC-Analyse

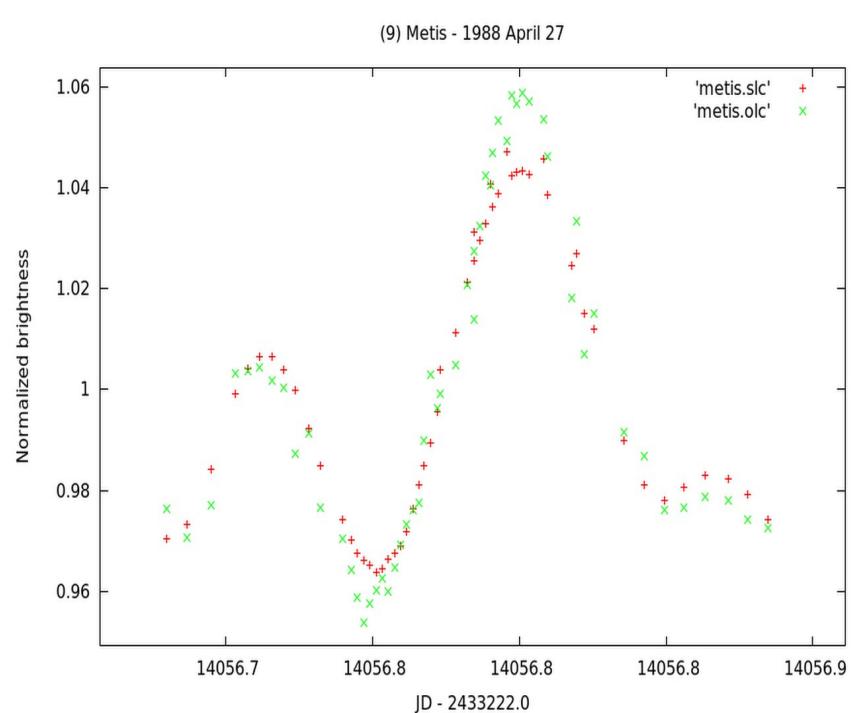




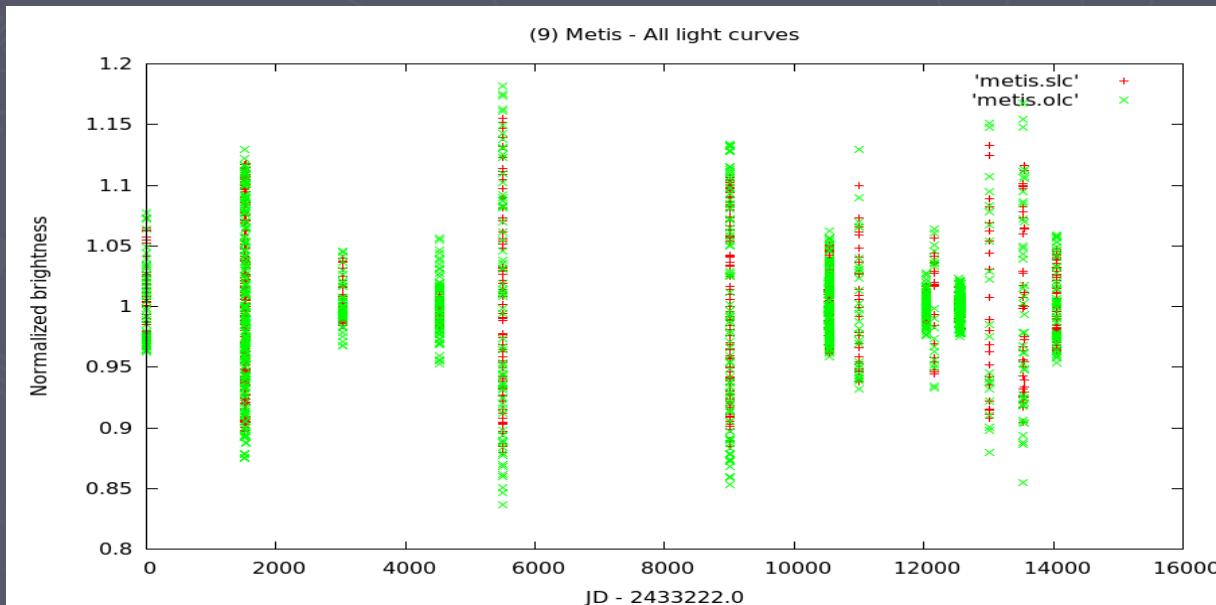
(9) Metis - 1958 Feb 15

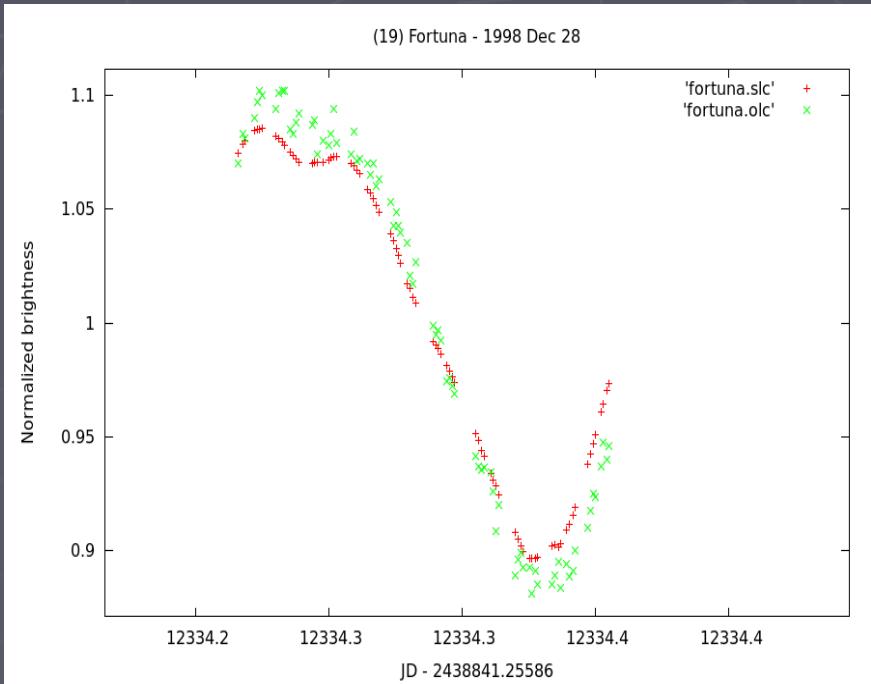
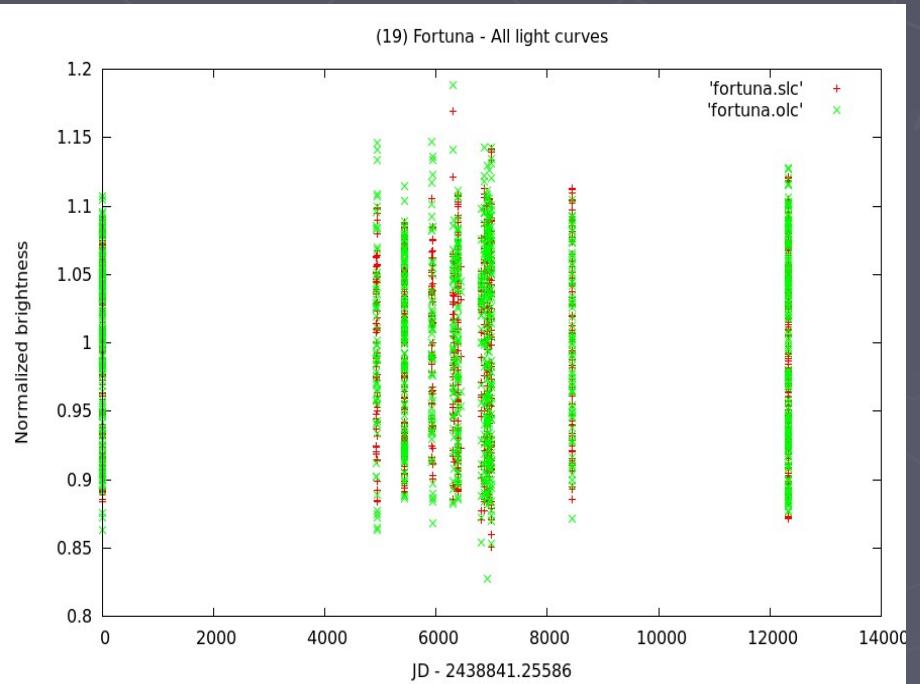
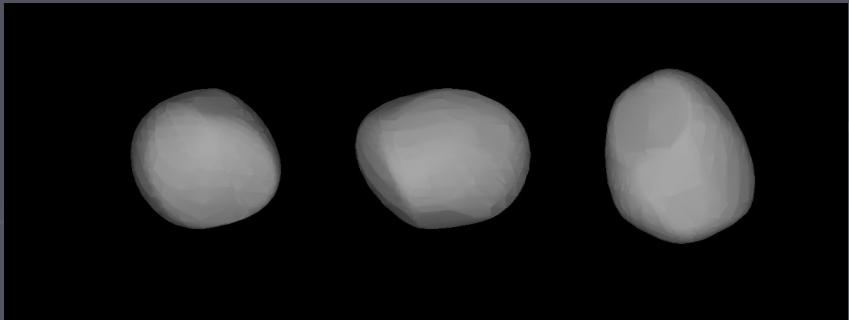
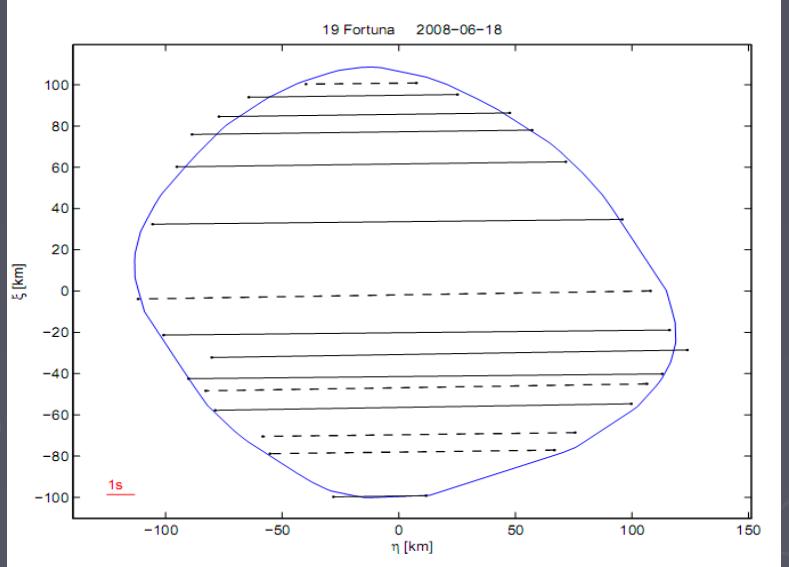


(9) Metis - 1988 April 27

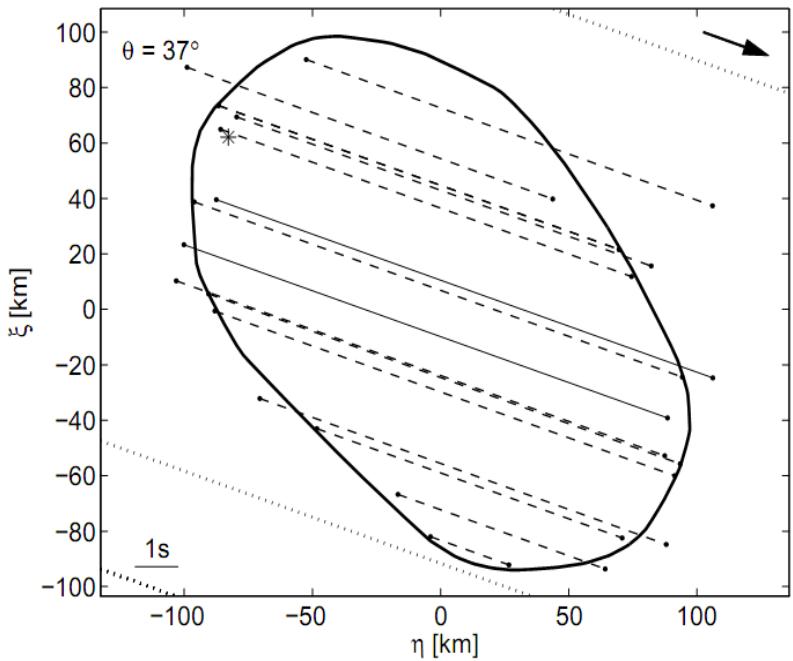


(9) Metis - All light curves

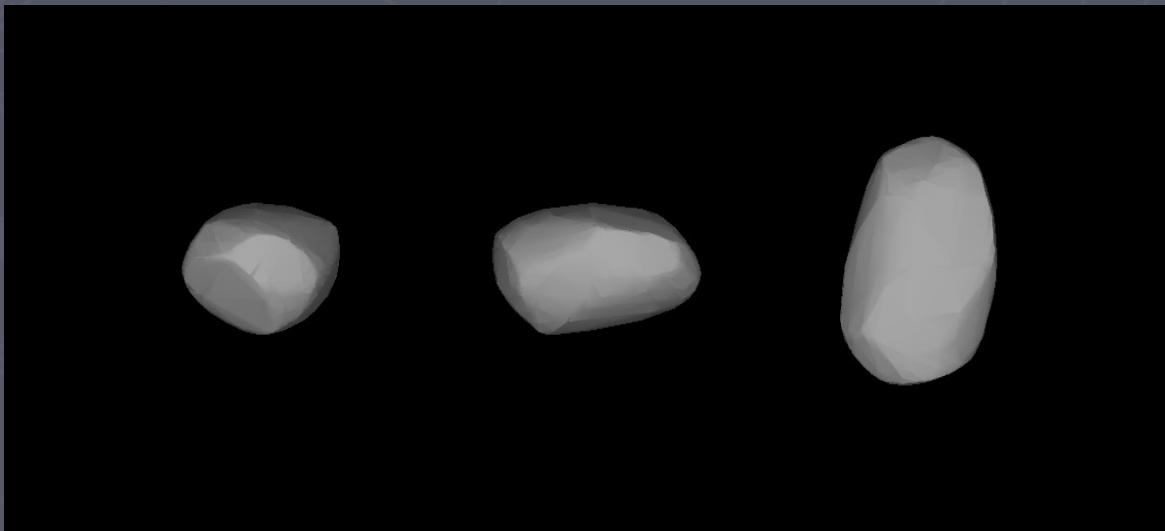
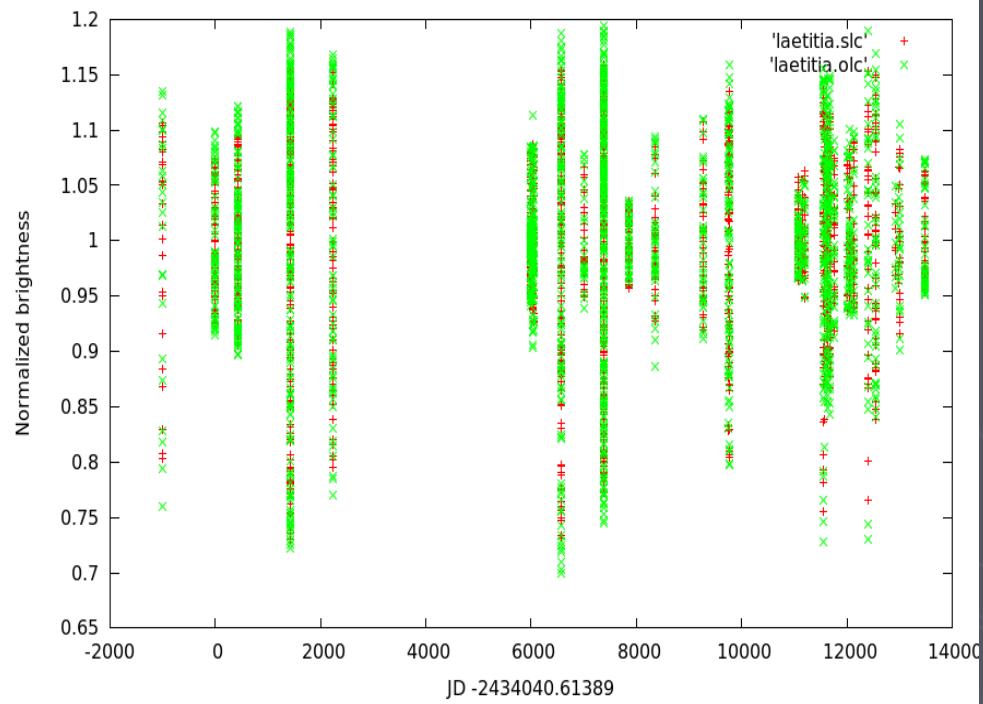




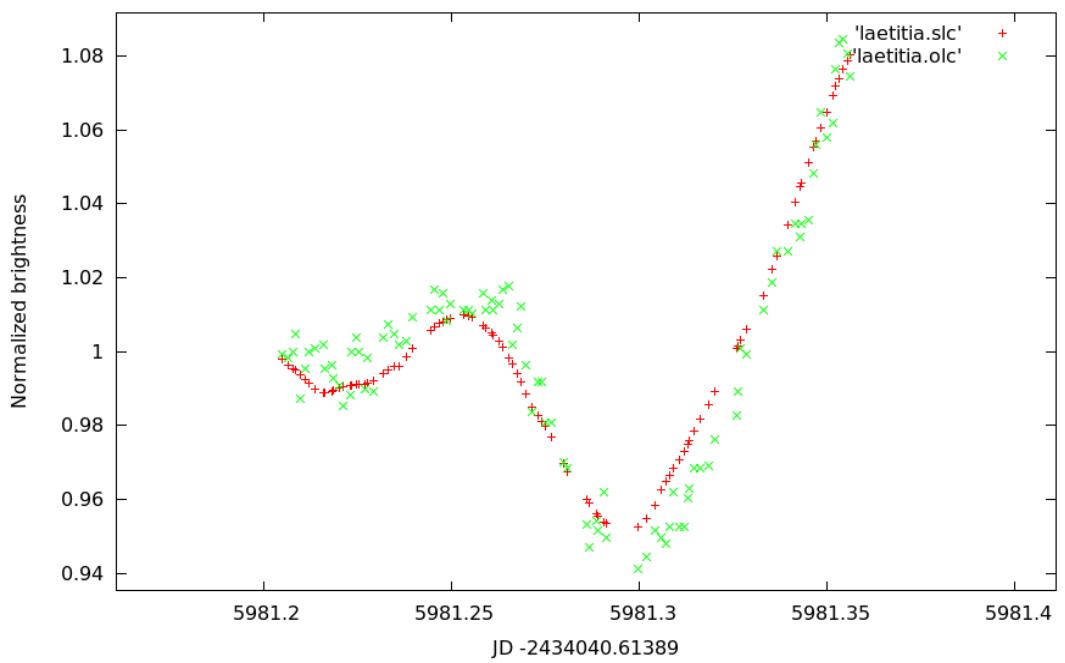
39 Laetitia 1998/03/21



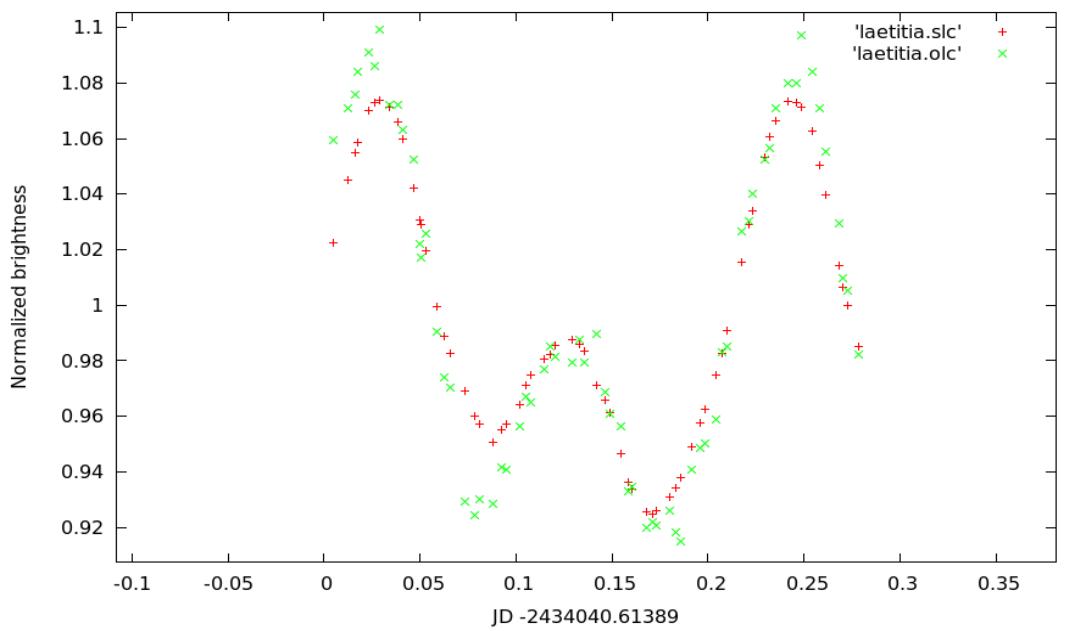
(39) Latitia - All light curves



(39) Latitia - 1968 Jun 14



(39) Latitia - 1952 Jan 29



# Danke für die Aufmerksamkeit (!?)

