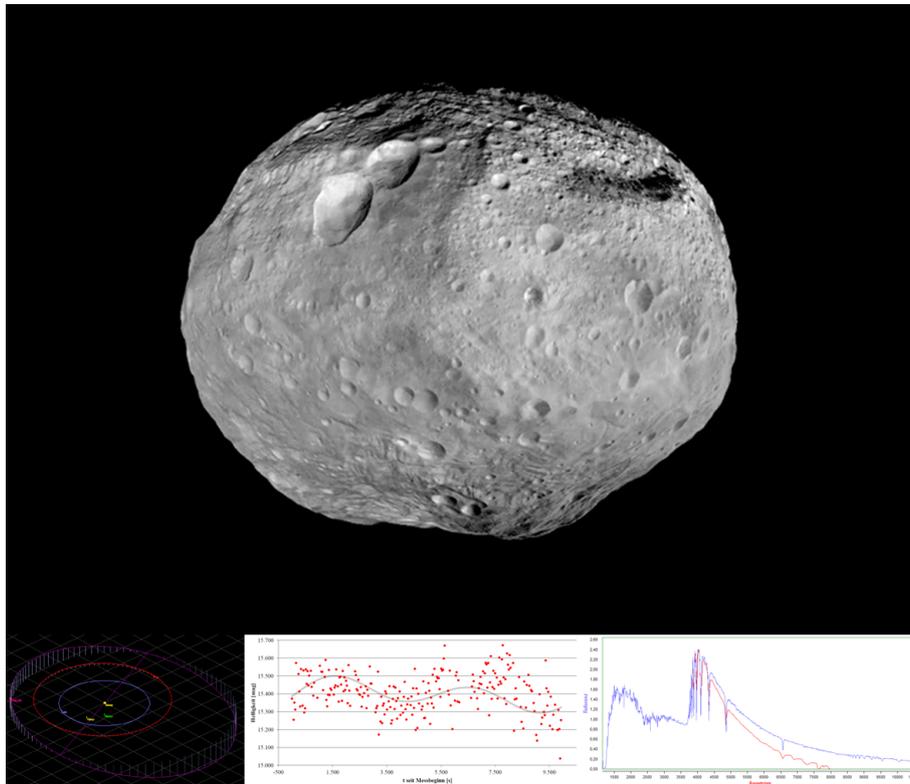


Charakterisierung von Asteroiden aufgrund eigener Messungen

Astrometrie, Photometrie, Spektroskopie

26.03.2018



Wettbewerbsarbeit „Schweizer Jugend forscht“
52. Nationaler Wettbewerb 2018

Fabian Mast, 1999
Technische Fachschule Bern, Gewerblich Industrielle Berufsschule Bern

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1. Vorwort/Danksagung | 3 |
| 2. Abstract | 4 |
| 3. Einleitung | 5 |
| 4. Über den Autor | 6 |
| 5. Die Werkzeuge | 7 |
| 5.1. Astrometrie | 7 |
| 5.2. Photometrie | 9 |
| 5.3. Spektroskopie | 11 |
| 6. Eigene Messungen | 14 |
| 6.1. Verwendete Ausrüstung | 14 |
| 6.2. Verwendete Software | 15 |
| 6.3. Beobachtungsstandorte | 16 |
| 6.4. Astrometrie | 17 |
| 6.4.1. (2068) Dangreen | 18 |
| 6.4.2. (3760) Poutanen | 19 |
| 6.4.3. (1967) Menzel | 20 |
| 6.4.4. Sonstige Asteroiden | 20 |
| 6.5. Photometrie | 21 |
| 6.5.1. (1967) Menzel | 21 |
| 6.5.2. (3760) Poutanen | 22 |
| 6.5.3. (5001) EMP | 23 |
| 6.6. Spektroskopie | 25 |
| 6.6.1. (3) Juno | 25 |
| 6.6.2. α Lyrae (Vega) | 25 |
| 6.6.3. μ Cephei | 26 |
| 6.6.4. Uranus | 27 |
| 6.6.5. Neptun | 27 |
| 7. Diskussion/Fazit | 28 |
| 7.1. (2068) Dangreen | 28 |
| 7.2. (1967) Menzel | 29 |
| 7.3. (3760) Poutanen | 31 |
| 7.4. (5001) EMP | 34 |
| 7.5. Sternkataloge | 36 |
| 7.5.1. Astrometrie | 37 |
| 7.5.2. Photometrie | 39 |
| 7.5.3. Fazit | 39 |
| 7.6. Spektroskopie | 40 |
| 7.7. Gesamtergebnis | 43 |
| 7.8. Abschliessende Ergebnisse | 44 |
| 8. Abkürzungsverzeichnis | 45 |
| 9. Glossar | 45 |
| 10. Quellen- und Literaturverzeichnis | 47 |
| 11. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis | 50 |

| | |
|---|-----------|
| 12. Anhänge | 53 |
| A. Beobachtungsdaten | 53 |
| B. Rohdaten Messergebnisse Astrometrie | 54 |
| B.1. (2068) Dangreen | 54 |
| B.2. (3760) Poutanen | 56 |
| B.3. (1967) Menzel | 63 |
| C. Rohdaten Messergebnisse Photometrie | 64 |
| C.1. 21./22. April 2017 | 64 |
| C.2. 25./26. Mai 2017 | 65 |
| C.3. 27./28. Mai 2017 | 66 |
| C.4. 17./18. Juni 2017 | 67 |
| C.5. 03./04. Juli 2017 | 72 |
| C.6. 04./05. Juli 2017 | 73 |
| C.7. 05./06. Juli 2017 | 74 |
| D. Rohdaten Messergebnisse Sternkatalogvergleiche | 75 |
| D.1. Astrometrie | 75 |
| D.2. Photometrie | 78 |
| E. Rohdaten Ephemeriden MPC Sternkatalogvergleiche | 81 |
| 13. Eidesstattliche Erklärung | 83 |

1. Vorwort/Danksagung

Diese Arbeit hat ihren Ursprung in meinem Hobby, welches gleichzeitig meine Leidenschaft ist: die Astronomie.

Als Amateurastronofotograf besitze ich die Ausrüstung und das Vorwissen, um in diese Richtung auch ein wenig Forschung zu betreiben.

Ich bin allgemein sehr angetan von der Wissenschaft und dem Forschen, schon seit ich klein war. Für mich ist es unglaublich faszinierend, wenn ich sagen kann: „Ich weiss, wie schnell sich dieser Gesteinsbrocken da oben dreht. Und das habe ich selbst herausgefunden!“, was einige vielleicht nicht ganz nachvollziehen können.

Ich besitze jedoch diese innere Faszination zu verstehen, wie die Dinge genau sind, oder wie diese funktionieren.

Da ich in meinem Beruf, Elektroniker, (noch) keinen Kontakt mit dem Weltraum habe, sehe ich den nationalen Wettbewerb von „Schweizer Jugend forscht“ als grosse Möglichkeit und Horizonterweiterung an.

Ohne einige Personen und Institutionen wäre diese Arbeit nicht das, was sie jetzt ist. Aus diesem Grund möchte ich ihnen ein grosses Dankeschön aussprechen!

Mein Dank geht an:

- *die TF Bern und die GIBB*, meinen Ausbildungsbetrieb und meine Berufsmaturitätsschule, für die finanzielle Unterstützung und das Zurverfügungstellen von Arbeitszeit an dieser Arbeit.
- *die Astronomische Jugendgruppe Bern (AJB)*, meinen Astronomieverein, für das Zurverfügungstellen der ASI174MM und des Star Analyser 100.
- *Markus Griesser*, meinen begleitenden SJf-Experten, für seine Verbesserungsvorschläge und seine Unterstützung bei deren Umsetzung, sein Begleiten dieser Arbeit und seine Bekanntschaft.
- *Bruce L. Gary*, einen amerikanischen (Amateur-)Astronomen, für seine Hilfestellung bezüglich Modellanpassungen bei Lichtkurven von Asteroiden.
- *Doris und Walter Mast*, meine Eltern, für ihre finanzielle Unterstützung und ihre kritische Durchsicht dieser Arbeit.
- *Peppi Pelkonen*, meine Freundin, für ihre durchgehende Unterstützung beim Erarbeiten und Verfassen der Arbeit sowie für deren kritischer Durchsicht.
- *Markus Imhof*, meinen Paten, für seine kritische Durchsicht dieser Arbeit.
- *Marjan Kicev*, meinen Mitschüler, für seine Unterstützung beim Erlernen von L^AT_EX.

2. Abstract

In dieser Arbeit sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- **Können Asteroiden von Amateurastronomen charakterisiert werden (das heisst, Eigenschaften, wie die Umlaufbahn um die Sonne oder die Rotationsperiode/Tageslänge, der Asteroiden zu ermitteln)?**
 - Wenn ja, wie weit ist dies möglich?
 - Können Amateurastronomen wissenschaftlich relevante Forschung betreiben?

Um diese Fragestellungen beantworten zu können, werden drei „Werkzeuge“ eingesetzt:

- *Astrometrie*, das Vermessen von Positionen von Himmelskörpern
- *Photometrie*, das Vermessen von Helligkeiten von Himmelskörpern
- *Spektroskopie*, das Bestimmen der chemischen Zusammensetzung einer Lichtquelle durch Auffächerung des Lichts nach Wellenlängen

Diese „Werkzeuge“, welche normalerweise einzeln eingesetzt werden, werden in dieser Arbeit kombiniert, um ein kompletteres Bild einzelner Asteroiden zu erhalten. Zusätzlich werden die Messungen mit (mehrheitlich der eigenen) Amateur-Ausrüstung durchgeführt.

Dies sind die beiden eigenen, innovativen Ansätze dieser Arbeit.

Das Bestimmen der Umlaufbahn gelang bei zwei Asteroiden.

Das Bestimmen der Rotationsperiode/Tageslänge konnte bei einem Asteroiden mit zuvor unbekannter Rotationsperiode erreicht werden, bei einem zweiten konnte die bereits bekannte Rotationsperiode bestätigt werden.

Das spektroskopische Erforschen und Charakterisieren von Asteroiden scheiterte an deren geringer Helligkeit und deren spektralen Eigenschaften.

Die zwei Hauptfragen konnten also, kurzgefasst, mit „Ja“ beantwortet werden.

Bezüglich der Frage, wie weit das Charakterisieren möglich ist, wurden Grenzen, aber auch nicht genutzte Methoden zur Ermittlung weiterer Eigenschaften aufgezeigt.

3. Einleitung

Man liest in geschichtlichen Rückblicken von Astronomiebüchern oft von früheren Astronomen, welche mit relativ einfachen Geräten Kometen oder sonstige Objekte oder Phänomene entdeckten. Mit dieser Arbeit wollte ich untersuchen, ob es auch heute noch möglich ist, als Amateurastronom wissenschaftlich relevante Forschung zu betreiben.

Um das Forschungsfeld einzugrenzen, habe ich mich auf Asteroiden beschränkt. Dies aus dem Grund, da ich in diesem Bereich das grösste Forschungspotential für Amateurastronomen vermute.

Mein Ziel: Asteroiden mittels Ansätzen aus verschiedenen Richtungen so umfassend wie möglich zu charakterisieren beziehungsweise die Möglichkeiten und Wege dazu aufzuzeigen. Diese Ansätze aus verschiedenen Richtungen bilden die drei „Werkzeuge“ Astrometrie, Photometrie und Spektroskopie.

Dazu müssen einzelne Asteroiden über einen längeren Zeitraum verfolgt und beobachtet werden, damit zuverlässige Ergebnisse erzielt werden können. Zudem muss die Auswertung und Interpretation astrometrischer, photometrischer und spektroskopischer Daten erlernt und beherrscht werden. Zusätzlich sollen jegliche Daten mithilfe der eigenen Amateurausrüstung erhoben und keine offiziellen Einrichtungen wie Sternwarten genutzt werden.

Meine Hypothesen:

- Die Bestimmung eines Asteroidenorbits ist mit Amateurausrüstung machbar.
- Die Bestimmung der Rotationsperiode von Asteroiden ist mit Amateurausrüstung machbar.
- Chemische Bestandteile von Asteroiden können durch Spektroskopie mit Amateurausrüstung nachgewiesen und somit die Asteroiden verschiedenen Kategorien zugeordnet werden.

Asteroiden sind in unserem Sonnensystem so zahlreich, dass unmöglich alle von grösseren offiziellen Forschungseinrichtungen beobachtet und untersucht werden können. Bei zahlreichen Objekten ist lediglich der Orbit bekannt. Somit liesse sich mit einem umfassend charakterisierten Asteroiden ein ganzes Paket neuer wissenschaftlicher Daten beisteuern.

Bekanntere Rotationsperioden können beispielsweise Vorbereitungen für Raumfahrtmissionen unterstützen.

Folglich sind im Bereich der Asteroiden sind Wissenschaftler noch auf die Mithilfe von kleineren Einrichtungen oder sogar Amateurastronomen angewiesen.

4. Über den Autor

Wer bin ich? Mein Name ist Fabian Mast. Ich wurde am 1. Januar 1999 geboren und wohne seither in der Region von Bern. Im Sommer 2017 habe ich erfolgreich meine Ausbildung zum Elektroniker an der Technischen Fachschule Bern absolviert. Momentan besuche ich die Berufsmaturitätsschule an der GIBB, welche ich im Sommer 2018 abschliessen werde. Auf dem Plan steht anschliessend ein Ingenieurstudium in Richtung Elektrotechnik.

Ich interessiere mich sehr für Technik und Naturwissenschaften, besonders für die Astronomie und die Raumfahrt. Das Hobby Astrofotografie liegt somit nahe.

Aktuell besetze ich in der Astronomischen Jugendgruppe Bern (AJB) den Posten des Präsidenten.

Sportlich betätige ich mich seit mehreren Jahren als Hornusser.



Abb. 1: Moderation des Raumfahrt-tages der AJB 2017; Foto von P. Pelkonen

Wie kam ich zur Astronomie? Alles begann mit einem Venustransit. 2004 zog die Venus direkt vor der Sonne vorbei und dieses seltene Ereignis konnte ich mit meinem Paten beobachten. 2009 habe ich mein erstes, kleines Teleskop zu Weihnachten erhalten. Aufgrund dessen wackeliger Bauweise verging mir nach ein paar Einsätzen ein wenig die Lust an der Himmelsbeobachtung.

So richtig brach das „Astronomiefeber“ dann erst im Jahre 2013 aus, als gleich mehrere helle Kometen zu sehen bzw. angekündigt waren. Dazu gehören C/2011 L4 (Panstarrs) und C/2012 S1 (ISON). Ersteren habe ich nie selbst beobachten können. Jedoch gelang mir ein zufälliger fotografischer Nachweis. Der Komet ISON wurde im Laufe des Jahres als

"Jahrhundertkomet" bezeichnet und angekündigt. Dazu sollte es aber nicht kommen, da der Kometenkern in Sonnennähe den riesigen Kräften nicht standhalten konnte und auseinanderbrach. Der Komet C/2013 R1 (Lovejoy) diente im selben Herbst/Winter jedoch als Trostpflaster. Diesen Schweifstern habe ich intensiv beobachtet und fotografiert.

Im Januar 2014 habe ich mir dann mein aktuelles Teleskop, das Skywatcher 200/1000 und im Sommer desselben Jahres sogleich die fotografische Ausrüstung angeschafft. Seither betreibe ich nun Astrofotografie. Zunehmend beinhaltet dies auch wissenschaftliche Projekte, wie zum Beispiel diese SJf-Wettbewerbsarbeit.

Seit Ende 2017 betreibe ich eine eigene Website, wo meine fotografischen Projekte zu sehen sind:

www.fabianmast.ch

Zur Mehrheit von Astrofotografien gesellen sich dort auch einzelne Tieraufnahmen.

5. Die Werkzeuge

5.1. Astrometrie

Astrometrie ist im weitesten Sinne das Messen von Positionen, Parallaxen (s. Glossar) und Eigenbewegungen astronomischer Objekte am Himmel. [1]

Sie ist in der Astronomie unverzichtbar; aus gemessenen Positionen und Eigenbewegungen von astronomischen Objekten lassen sich deren Umlaufbahnen um die Sonne (oder um Planeten) berechnen. Sobald ein Orbit bekannt ist, lassen sich Aussagen über vergangene Positionen oder Voraussagen über zukünftige Positionen am Himmel (beziehungsweise im Sonnensystem) machen. Die Astrometrie ist also relativ fundamental für funktionierende astronomische Forschung.

„Die Bewegung der Planeten um die Sonne beschäftigte schon im Altertum die Naturwissenschaftler. Erst Johannes Kepler hat hier einen wesentlichen Fortschritt gebracht, als er seine drei Keplerschen Gesetze der Planetenbewegung veröffentlichte.“ [2]

Die drei Keplerschen Gesetze:

1. *„Die Planeten bewegen sich auf Ellipsenbahnen, in deren Brennpunkt die Sonne steht.“* [2]
In der Zeit vor dieser Erkenntnis bestand die Annahme, Planetenbahnen müssten perfekte Kreise sein, was viele Probleme aufwarf. Mit elliptischen Bahnen konnten die Planetenbewegungen plötzlich ganz einfach beschrieben werden, da die Umlaufbahnen in der Realität Ellipsen und nicht perfekten Kreise entsprechen.
2. *„Der von der Sonne zum Planeten gezogene Leitstrahl überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.“* [2]
Dies bedeutet, dass Planeten (oder sonstige Objekte) mit zunehmender Entfernung zur Sonne immer längere Umlaufzeiten (s. Glossar) aufweisen. Dies, laut Kepler, in einem bestimmten Verhältnis.
3. *„ $U^2 = a^3$ “* [2]
Die Umlaufzeit (in Jahren) hoch zwei ist gleich der grossen Halbachse (in AE (s. Glossar)) hoch drei. (Im Folgenden werden Begriffe wie „grosse Halbachse“ noch erläutert).

Im Laufe der Zeit wurden diese Gesetze weiter verbessert und auf allgemeinere Formen gebracht. Zum Beispiel, „[...] indem die Massen der beiden Körper berücksichtigt wurden [...]“ [2]. Dies spielt in Systemen wie Doppelsternen eine grosse Rolle, da nicht eine der beiden Massen vernachlässigbar ist. Auch das Vorhandensein von weiteren Planeten im System wird von den Keplerschen Gesetzen nicht berücksichtigt. Nichtsdestotrotz wurde mit diesen drei Aussagen der Grundstein zum Bestimmen jeglicher Orbits gelegt.

Um einen Orbit (zum Beispiel den eines Asteroiden) exakt bestimmen zu können, muss der Himmelskörper über einen möglichst langen Zeitraum beobachtet und jeweils zu verschiedenen Zeitpunkten dessen exakte Position am Himmel bestimmt werden. Zum Beschreiben einer solchen Umlaufbahn verwendet man mehrere sogenannte Bahnparameter. Diese lassen sich in drei Gruppen unterteilen: Bahnlageparameter/Lageelemente (wie die Umlaufbahn im Sonnensystem ausgerichtet/orientiert ist), Bahnformparameter/Gestaltelemente (welche Form die Umlaufbahn aufweist), Bahnzeitparameter/Zeitbezug (wann sich das Objekt wo auf der Umlaufbahn befindet). Diese Parameter werden im Folgenden erläutert.

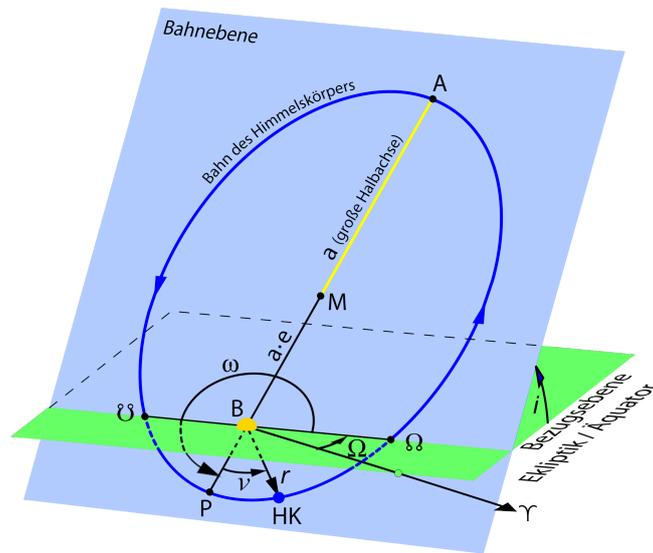


Abb. 2: Bahnelemente einer Ellipse [3]

Die folgenden Abkürzungen und Erläuterungen beziehen sich stets auf Abb. 2, sofern die betreffenden Parameter/Elemente dort vermerkt sind.

M Mittelpunkt der Ellipse

B Brennpunkt der Ellipse; es existieren jeweils zwei Brennpunkte in einer Ellipse, jedoch ist nur einer von Relevanz, weil sich dort in unserem Fall die Sonne befindet.

a *Grosse Halbachse*; die Hälfte des maximalen Durchmessers der Ellipse.

b *Kleine Halbachse*; die Hälfte der minimalen Durchmessers der Ellipse.

c Distanz zwischen M und B oder die halbe Distanz zwischen den beiden Brennpunkten. $c = a * e$

e *Ezzentrizität*; entspricht dem Verhältnis $e = \frac{c}{a}$. Kreis: $e = 0$; Ellipse: $0 < e < 1$; Parabel: $e = 1$; Hyperbel: $e > 1$ [2]

i *Inklination*; „Neigung der Bahnebene gegen die Ekliptik [s. Glossar, Anm. d. Verf.]“ [2]

n *Mittlere Bewegung*; durchschnittliche Winkelgeschwindigkeit des Objekts auf seiner Umlaufbahn.

q *Periapsisdistanz*; Distanz zwischen P und B. $q = a - c$

Q *Apoapsisdistanz*; Distanz zwischen A und B. $Q = a + c$

r Distanz zum Zentralobjekt, in diesem Fall die heliozentrische Distanz.

Ω „Der Winkel von der Referenzebenen-Bezugsrichtung zum aufsteigenden Knoten [Ω , d. Verf.]“ [4]

ω „Abstand [gemeint ist der Winkel, Anm. d. Verf.] des Perihels vom aufsteigenden Knoten bezogen auf die Bahn“ [2]

ν *mittlere Anomalie*; Winkel zwischen der Periapsis und der aktuellen Position auf der Umlaufbahn des Himmelskörpers (HK). Direkt abhängig von der Epoche (s. Glossar).

5.2. Photometrie

„Die Photometrie ist im weitesten Sinne die Messung von Licht, in der Astronomie im engeren Sinne die Messung von Helligkeiten [von astronomischen Objekten, Anm. d. Verf.]“ [2]

Da man von Himmelskörpern wie Asteroiden, Kleinplaneten oder Sternen meistens nur einen leuchtenden Punkt sieht, kann man nicht detaillierte Fotografien als Informationsgrundlage verwenden. Eine sehr zentrale Eigenschaft des empfangenen Lichtes bildet dessen Stärke. In der Astronomie behandelt die Photometrie genau diese Eigenschaft. Genauer gesagt mehrheitlich Veränderungen in der Stärke des empfangenen Lichtes. Die Erkenntnisse und Informationen, welche man daraus erhält, sind zahlreicher als man dies auf den ersten Blick vermuten würde.

Hier einige Beispiele:

- Bestimmen der Rotationsperiode von Asteroiden
- Entdecken von möglichen Trabanten bei Asteroiden
- Ermitteln der Form und Oberflächenbeschaffenheit von Asteroiden
- Beschreiben der Aktivität von Kometen
- Entdecken und zu einem gewissen Grad Charakterisieren von Exoplaneten
- Vermessen von veränderlichen Sternen
- Beschreiben von Doppelsternsystemen

Die Anfänge der Photometrie reichen weit zurück. „The history of estimating the brightness of stars goes back to days of antiquity.“ [5] Die Angabe von Helligkeiten in Magnituden reicht zurück bis zu den ersten Sternkatalogen. Der Katalog von Hipparchos wurde etwa 130 v.Chr. fertiggestellt. [6] Mit der Zeit entwickelte man eine feste Definition, um Helligkeiten von Himmelskörpern allgemein beschreiben zu können. Diese ist noch heute in Verwendung: die Magnituden-Skala. Je heller ein Objekt ist, desto kleiner sein Wert auf dieser Magnituden-Skala.

| Objekt | mag |
|-------------------------------------|---------------|
| Sonne | -26,8 |
| Vollmond | -12,5 |
| Venus | -4,4 |
| α Canis Majoris (Sirius) | -1,6 |
| α Lyrae (Vega) | -0,0 |
| α Ursae Minoris (Polarstern) | 2.1 |
| Sichtgrenze des blossen Auges | ≈ 6.0 |
| Weltrekord (fotografisch) | ≈ 30 |

Tab. 1: Beispiele aus der Magnitudenskala [2]

Eine kurze geschichtliche Erklärung und die Definition dieser Skala finden sich in Brian D. Warners „A practical guide to lightcurve photometry and analysis“ [5]:

„In the 1700s Edmund Halley recognized that first-magnitude stars are about 100 times brighter than sixth-magnitude stars. However, it was not until English astronomer Norman Pogson proposed his system that some order was brought to the magnitude scale. In the Pogson magnitude scale, a difference of exactly 5,0 magnitudes corresponds to a ratio in brightness of exactly 100,0. Like the response of the human eye, this scale is logarithmic and so the ratio of brightness from one magnitude to the next is 2,5118 or, more exactly, $10^{0.4}$.“ [5]

In der astronomischen Photometrie teilt man heutzutage die Helligkeitsmessungen in verschiedene Spektralbereiche des Lichts ein.

Die Ermittlung der spektralen Helligkeit (Farbhelligkeit) wird als Spektralphotometrie bezeichnet. „Hier gibt es zahlreiche, international gebräuchliche Systeme wie z.B. das UBV-System nach Johnson [Abb. 3, Anm. d. Verf.], das UBVRI-System nach Kron und Cousins oder das uvby-System nach Strömgren.“ [2]

Dazu verwendet man entsprechende Filter, welche vor dem Kamerasensor platziert werden. Ein exaktes Einhalten des jeweiligen Spektralbereiches ist extrem herausfordernd, da beispielsweise unterschiedliche Kamerasensoren in verschiedenen Spektralbereichen unterschiedlich empfindlich sind. Man müsste die Filter immer auf die gesamte Ausrüstung abstimmen, was selbst für professionelle Einrichtungen zu umständlich und zu kostspielig ist. [2]

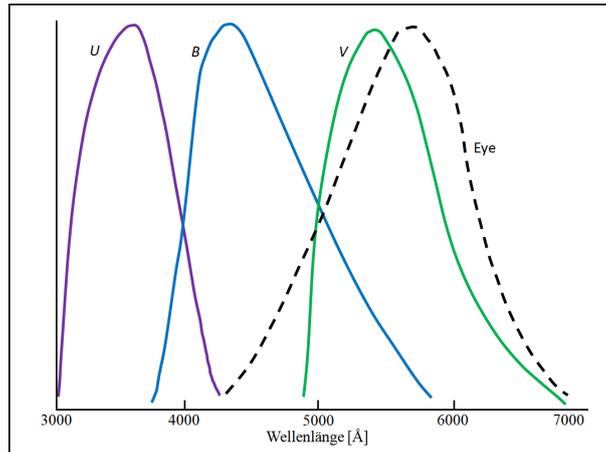


Abb. 3: „The Johnson UBV standard. The plot shows the response in the three colors of the UBV system and that of the human eye.“ [5] (nachgebildet und Kurven eingefärbt)

Mithilfe der Photometrie lassen sich zahlreiche Eigenschaften eines Asteroiden erforschen:

- **Absolute Helligkeit** (s. Glossar); somit lässt sich, unter Annahme einer plausiblen Albedo (s. Glossar), die Grösse des Körpers abschätzen.
- **Rotationsperiode**
- **Rotationsachse(n)**
- **Form**
- **Trabant**; erscheinen in der Lichtkurve periodische, nicht durch die Rotation oder andere Gründe zu erklärende Helligkeitsschwankungen, könnte dies ein Hinweis auf einen Trabanten des Asteroiden sein.

Um eine Lichtkurve zu erhalten, die es erlaubt, die oben genannten Eigenschaften zu ermitteln, wird die Helligkeit des Himmelskörpers über einen bestimmten Zeitraum (zum Beispiel eine Nacht) fortlaufend gemessen. Diese einzelnen Datenpunkte werden anschliessend in ein Diagramm mit der Helligkeit in Abhängigkeit der Zeit übertragen.

Das Rekonstruieren der Form der Asteroiden aus deren Lichtkurven war lange Zeit nur von wenig Erfolg gekrönt. Dies hat sich durch Arbeiten verschiedener Wissenschaftler geändert.

„Among those leading the way are Mikko Kaasalainen and Stephen Slivan, both of whom have published excellent papers on the topic.“ [5]

Um die Form des Körpers rekonstruieren zu können, müssen zahlreiche Lichtkurven des Asteroiden mit verschiedenen Blickwinkeln auf seine Rotationsachse aufgezeichnet und verarbeitet werden.

In der vorliegenden Arbeit bestand das Ziel lediglich darin die Rotationsperiode zu bestimmen. Mit mehr Aufwand wären die anderen Eigenschaften jedoch auch ermittelbar.

5.3. Spektroskopie

„Spektroskopie (auch Spektrometrie) ist eine Gruppe von physikalischen Methoden, in denen eine Strahlung nach einer bestimmten Eigenschaft wie Energie, Wellenlänge, Masse etc. zerlegt wird. Die beobachtete Intensitätsverteilung wird Spektrum genannt, aufzeichnende Geräte heißen Spektrometer.“ [7]

„It has been said that 85% of all astronomical discoveries have been made with the spectroscope.“ [8]

In der visuellen Astronomie behandelt die Spektroskopie das Zerlegen von Licht nach seiner Wellenlänge.

Spektren lassen auf die chemische Zusammensetzung der Lichtquelle schliessen. Dies kann unter anderem durch Absorptionslinien geschehen.

Im Grunde lassen sich Spektren in drei Klassen unterteilen (Abb. 4):

- **kontinuierliches Spektrum**; ein Spektrum des Lichts, welches direkt aus einer Lichtquelle stammt. Man erkennt in welcher Farbe diese Quelle leuchtet.
- **Absorptionsspektrum**; durchwandert das Licht einer Lichtquelle vor der Beobachtung eine Gaswolke (Beispiele: Atmosphäre eines Sterns, astronomischer Nebel), absorbieren die Atome dieser Wolke bestimmte Wellenlängen. „Each element absorbs (or emits) light at specific wavelengths characteristic of its electronic structure.“ [9]
- **Emissionsspektrum**; wird eine Gaswolke zum Leuchten angeregt (zum Beispiel im All durch nahe Sterne), sendet diese Strahlung (Licht) in den Wellenlängen aus, in welchen sie durchscheinendes Licht absorbieren würde.

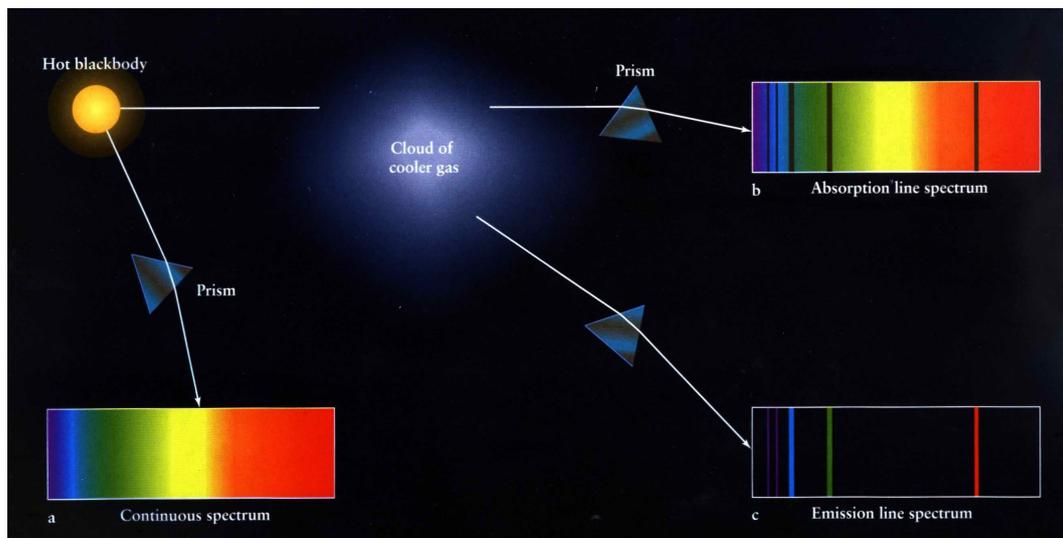


Abb. 4: Die drei Arten von Spektren [10]

Der erste Ansatz von angewandter Spektroskopie beziehungsweise vom Zerlegen des Lichts, findet sich im Jahre 1758. John Dollond, ein englischer Optiker, schätzte es, dass nicht alle Glasarten das Licht im gleichen Mass brechen. Im genannten Jahr fand er heraus, dass chromatische Aberration (s. Glossar) durch Kombination von Kronglas und Flintglas deutlich reduziert werden konnte.

Die erste direkte Nutzung von Spektroskopie vollführte Josef von Fraunhofer (1787-1826), indem er die Absorptionslinien der Sonne (die wichtigsten werden immer noch Fraunhofer Linien genannt) für optische Tests seiner Objektive nutzte. Er war auch der erste, der ein Prisma zusammen mit einem Teleskop verwendete und damit Sterne beobachtete. Fraunhofer wird daher als „Vater der Spektroskopie“ betitelt. [8]

Da zwischen den Beobachtungsobjekten und dem Teleskop noch die Erdatmosphäre liegt, hat diese ebenfalls Einfluss auf die gewonnenen Spektren. Absorptionslinien der Erdatmosphäre werden „tellurische Absorptionslinien“ genannt. Diese sind in Tabelle 2 aufgelistet.

| Tellurische Absorptionslinien | |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| H ₂ O | 594,45 nm / 5944,5 Å |
| H ₂ O | 595,86 nm / 5958,6 Å |
| H ₂ O | 596,83 nm / 5968,3 Å |
| O ₂ | 627,8 nm / 6278 Å |
| O ₂ | 686,9 - 694,4 nm / 6869 - 6944 Å |
| H ₂ O | 720 nm / 7200 Å |
| O ₂ | 760,6 nm / 7606 Å |

Tab. 2: Auflistung der wichtigsten Absorptionslinien der Erdatmosphäre [8][11]

Einige der wichtigsten Absorptionslinien (vor allem bei Sternen) sind die des Wasserstoffs. Dies ist die „Balmer-Serie“, dargestellt in Tabelle 3.

| Balmer-Serie | |
|---------------------|-------------------|
| H α | 656,3 nm / 6563 Å |
| H β | 486,1 nm / 4861 Å |
| H γ | 434,0 nm / 4340 Å |
| H δ | 410,2 nm / 4102 Å |
| H ϵ | 397,0 nm / 3970 Å |
| H ζ | 388,9 nm / 3889 Å |

Tab. 3: Auflistung der Absorptionslinien der Balmer-Serie [8]

Spektren von Asteroiden bilden eine Art Mischung aus kontinuierlichen Spektren und Absorptionsspektren. Diese werden deshalb in Folge nur noch Reflektionsspektren genannt.

Asteroiden lassen sich aufgrund ihrer Reflektionsspektren in verschiedene Gruppen einteilen. „The most widely used classification (Tholen,1984) is based on an eight-color (wavelength) asteroid survey.“ [9] (Abb. 5)

| Type | Number | Albedo | Meteorite analogue | Possible mineral identifications |
|------------|--------------|--------|---|---|
| A | 4 | high | olivine-rich achondrites, pallasites (stony-irons) | olivine, olivine-metal |
| B, C, F, G | 6, 88, 13, 5 | low | CI and CM carbonaceous chondrites | hydrated silicates, carbon, organic materials |
| D, P | 26, 23 | low | organic-rich CI and CM carbonaceous chondrites? | carbon- and organic-rich silicates? |
| E | 8 | high | aubrites (enstatite-rich achondrites) | enstatite or other iron-free silicates |
| M | 21 | middle | irons, perhaps also enstatite chondrites | iron-nickel, perhaps metal and enstatite |
| Q | 1 | high | ordinary (not carbonaceous) chondrites | olivine, pyroxene, and metal |
| R | 1 | high | pyroxene-olivine achondrites | pyroxene and olivine |
| S | 144 | middle | pallasites, olivine-rich stony-irons, ureilites (olivine-rich achondrites), CV and CO carbonaceous chondrites | combinations of metal, olivine, and pyroxene |
| T | 4 | low | | similar to types P and D? |
| V | 1 | high | basaltic achondrites | pyroxene and/or feldspar |

Source: M. J. Gaffey, J. F. Bell & D. P. Cruikshank 1989, in *Asteroids II*, ed. R. P. Binzel, T. Gehrels & M. S. Matthews (Tucson: Univ. of Arizona Press), p. 98.

Abb. 5: Die verschiedenen Tholen-Klassen für Asteroiden [12]

Man vergleicht Reflektionsspektren von Asteroiden mit solchen aus dem Labor von Meteoriten (welche mehrheitlich von Asteroiden stammen). Somit kann die chemische Zusammensetzung von Asteroiden direkt untersucht werden. „Spectral similarities can be used to estimate the composition of asteroids and infer correlations.“ [9] (Abb. 6)

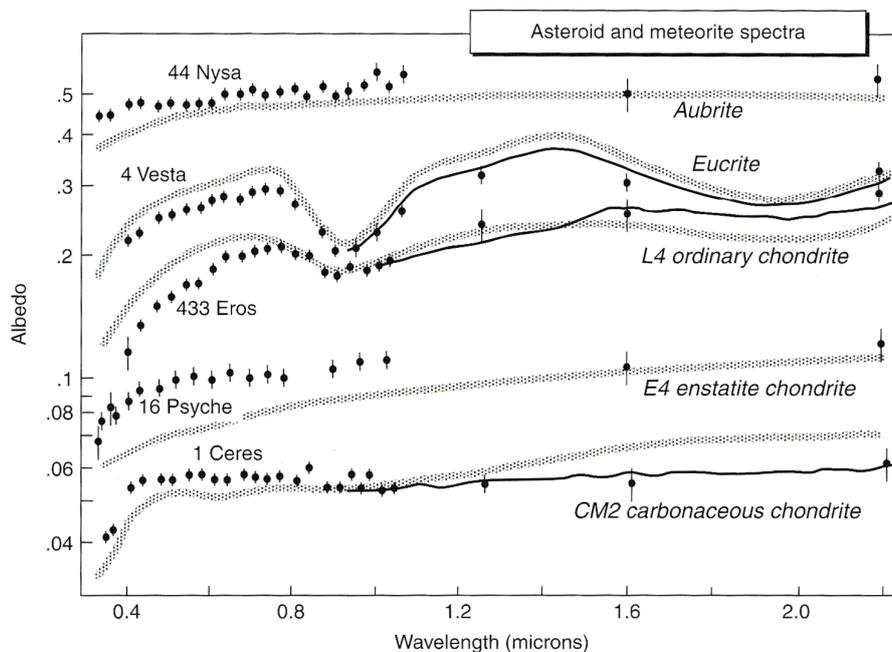


Abb. 6: Vergleiche zwischen Reflektionsspektren von Asteroiden (schwarze Punkte und Kurven) und Meteoriten (graue Kurven) [9]

6. Eigene Messungen

6.1. Verwendete Ausrüstung

Einer der wichtigsten Aspekte dieser Arbeit besteht darin, keine professionelle Ausrüstung einer offiziellen Sternwarte (zum Beispiel Uecht (BE) oder Zimmerwald (BE)) zu verwenden. Es soll ebenfalls nicht auf bereits gesammelte Daten von Forschungseinrichtungen zurückgegriffen werden. Aus diesem Grund habe ich für die Beobachtungen und Messungen fast ausschliesslich meine eigene Ausrüstung verwendet (ASI 174 MM und Star Analyser wurden von der AJB ausgeliehen). Diese wird im Folgenden beschrieben.

Teleskop: Skywatcher 200/1000 Der verwendete Reflektor (s. Glossar) der Marke „Skywatcher“ entspricht der Newton-Bauweise. Er weist einen Hauptspiegeldurchmesser (s. Glossar) von 200 mm und eine Brennweite (s. Glossar) von 1000 mm auf. Somit ergibt sich ein Öffnungsverhältnis (s. Glossar) von $f = 5$.



Abb. 7: Skywatcher 8" f5 Newton [13]

Montierung: NEQ6 Pro Die NEQ6 Pro ist im Vergleich zur NEQ5 die grössere und stabilere der beiden Montierungen, welche meistens zusammen mit 8" Spiegelteleskopen eingesetzt werden. Sie gleicht die Erddrehung aus und sorgt somit dafür, dass die Objekte während der ganzen Aufnahmenacht im Bildfeld bleiben.



Abb. 8: NEQ6 Pro Montierung [14]

Autoguider: Lacerta M-GEN Der Lacerta M-GEN ist einer der bekanntesten Stand Alone Autoguider (s. Glossar). Mit ihm konnte ich selbst bei langen Belichtungszeiten Aufnahmen mit runden Sternen erzielen. Er kam an einem Off-Axis Guider (s. Glossar) zum Einsatz und nicht an einem zusätzlichen Leitrohr.



Abb. 9: Lacerta MGEN Autoguider [15]

Kamera 1: Canon EOS 600Da Die Spiegelreflexkamera entspricht dem Modell 600D von Canon. Mein Exemplar wurde jedoch „astromodifiziert“. Das bedeutet, dass die vor dem Chip liegenden Filter entfernt wurden. Der Vorteil von modifizierten DSLRs (s. Glossar) ist eine erhöhte Empfindlichkeit im Wellenbereich der Wasserstofflinie „H α “ (s. Glossar). Da durch die Modifikation jedoch überhaupt kein Filter mehr vorhanden wäre, verwende ich einen UV/IR-Sperrfilter. Dies ist der Schärfe des Bildes zuträglich, da UV und IR unterschiedlich stark gebrochen werden und somit einen anderen Fokuspunkt besitzen als das sichtbare Licht, sobald eine Linse im System ist. Dies ist durch den verwendeten Koma-Korrektor (s. Glossar) der Fall.



Abb. 10: Canon 600D [16]

Kamera 2: ASI 174 MM Die ASI 174 MM ist eine schwarz/weiß-CMOS-Kamera von ZW Optical. Sie wird in dieser Arbeit vor allem für die Spektroskopie eingesetzt. Dies geschieht zusammen mit dem Star Analyser 100 (s. weiter unten). Sie eignet sich jedoch auch für den Einsatz in der Photometrie, da sie eine höhere Empfindlichkeit aufweist als die Canon 600Da. Somit können in der gleichen Zeitspanne mehr Datenpunkte für die Lichtkurve aufgezeichnet werden.



Abb. 11: ASI174MM CMOS-Kamera [17]

Spektroskopiegitter: Star Analyser 100 Um das Licht der Zielobjekte in ein Spektrum umzuwandeln, verwende ich den Star Analyser 100 von Field Tested Systems. Dies ist ein optisches Gitter, welches sich wie ein 1.25“-Filter in das Filtergewinde einer Kamera schrauben lässt.

Um Verwirrungen vorzubeugen: Die ASI 174 MM und der Star Analyser 100 wurden zwar von der AJB ausgeliehen, sind aber trotzdem Amateur-Geräte und keine Spezialausrüstung.



Abb. 12: Star Analyser 100 [18]

6.2. Verwendete Software

FireCapture Da die ASI174MM keine „Stand Alone Kamera“ ist, wie die Canon 600D, benötigt diese einen Computer mit entsprechender Aufnahme-Software, um zu funktionieren. Ich verwende dafür „FireCapture“ V2.5 [19].



Abb. 13: FireCapture [20]

Astrometrica Die wichtigste Software für Astrometrie und Photometrie ist „Astrometrica“ V4.10.0.431 [21] von Herbert Raab. Diese Software ermittelt sämtliche Sterne in einer Aufnahme und nutzt diese, um die Position und Helligkeit eines im selben Himmelsabschnitt liegenden Asteroiden zu bestimmen. Dazu wird auf den Sternkatalog PPMXL zurückgegriffen. Das zu messende Objekt muss nicht zwingend ein Asteroid sein, solange es punktförmig erscheint. Ebenfalls darf dieses nicht zu hell sein, da sonst die Pixel der Kamera gesättigt werden und somit keine genaue Helligkeitsbestimmung mehr möglich ist. Sobald man vom „Minor Planet Center“ (MPC) [22] als zuverlässiger Beobachter anerkannt worden ist, könnte man seine Messdaten auch dem MPC zur Verfügung stellen.



Abb. 14: Astrometrica [23]

Rspec Um die spektroskopischen Daten zu verarbeiten wird die Software „Rspec“ V1.8.0 [24] verwendet. Dieses Programm erlaubt es, aus Bildern, welche in Kombination mit dem Star Analyser aufgenommen wurden, das Spektrum zu extrahieren und in ein Diagramm zu verwandeln. Das Spektrum kann anschliessend kalibriert und interessante Wellenlängen können darin markiert werden.



Abb. 15: Rspec [25]

Find_Orb Um die mit Astrometrica ausgemessenen Positionen zu verarbeiten und daraus den Orbit des Himmelskörpers zu bestimmen, wird „Find_Orb“ V Jun 22 2017 [26] verwendet. Die Orbits könnten theoretisch selbst vom Verfasser berechnet werden. Dies würde jedoch den Rahmen des Aufwands sprengen und es wäre nur ein Anwenden bereits bekannter Methoden.

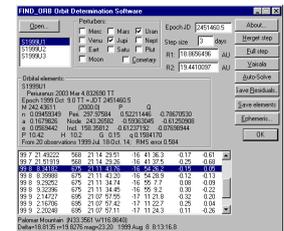


Abb. 16: Find_Orb [27]

EasySky Für das Umwandeln der berechneten Bahnelemente in eine 3D-Ansicht des Orbits verwende ich die Software „EasySky“ V4.0.08 [28]. Dieses Programm wurde von Matthias Busch erstellt.

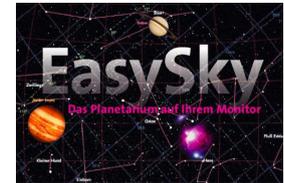


Abb. 17: EasySky [29]

6.3. Beobachtungsstandorte

Die meisten Beobachtungen wurden vom eigenen Garten aus, ein paar Kilometer südlich von Bern, gemacht. Einige Aufnahmenächte fanden aber auch im Garten einer Ferienwohnung in Südfrankreich nahe Manosque oder in der Nähe eines Lagerhauses nahe Sörenberg statt.



Abb. 18: Teleskop aufgebaut im eigenen Garten; Aufnahme des Autors

6.4. Astrometrie

Von den insgesamt elf beobachteten Asteroiden¹ konnten nur zwei über einen ausreichend grossen Zeitraum verfolgt werden, damit ein korrekter Orbit bestimmt werden konnte: (2068) Dangreen und (3760) Poutanen.

Ebenfalls wird der Versuch, den Orbit des Asteroiden (1967) Menzel zu bestimmen, gezeigt. Hierfür konnte nur eine einzige Nacht an Beobachtungsdaten verwendet werden, was in einer entsprechend grossen Abweichung zu den Literaturwerten resultiert.

Die rohen Messergebnisse („MPCReport“-Ausgabedatei von Astrometrica) sind in Anhang B zu finden. Es wurde aufgrund der Übersichtlichkeit des Textes darauf verzichtet, diese hier einzubinden. Die Messergebnisse werden in diesem Kapitel lediglich in Form von berechneten Bahnelementen und 3D-Modellen der Umlaufbahnen dargestellt.

¹Beobachtungsdaten aller Objekte sind in Anhang A zu finden

6.4.1. (2068) Dangreen

Der Asteroid (2068) Dangreen konnte insgesamt über einen Zeitraum von 53 Tagen beobachtet werden. Dies sollte bereits eine sehr exakte Bestimmung seines Orbits ermöglichen.

Bei der Bestimmung der Bahnparameter wurden Positionsdaten mit Residuen $>2,0$ Bogensekunden im Vergleich zur ersten Berechnung entfernt, um eventuelle Ausreisser herauszufiltern und die Genauigkeit der endgültigen Bahnberechnung zu erhöhen.

| Berechnete Bahnelemente (2068) Dangreen | | |
|---|--------------|-------------|
| Element | Wert F. Mast | Einheit |
| Epoche (JD) | 2458200,5 | - |
| e | 0.0984785 | - |
| a | 2.77287130 | AE |
| i | 12.90830 | Grad (°) |
| Ω | 96.00192 | Grad (°) |
| ω | 319.01382 | Grad (°) |
| ν | 183.75051 | Grad (°) |
| U | 4.62 | Jahre |
| n | 0.21345655 | Grad(°)/Tag |
| q | 2.49980297 | AE |
| Q | 3.04593963 | AE |

Tab. 4: Berechnete Bahnelemente aufgrund eigener Beobachtungen des Asteroiden (2068) Dangreen

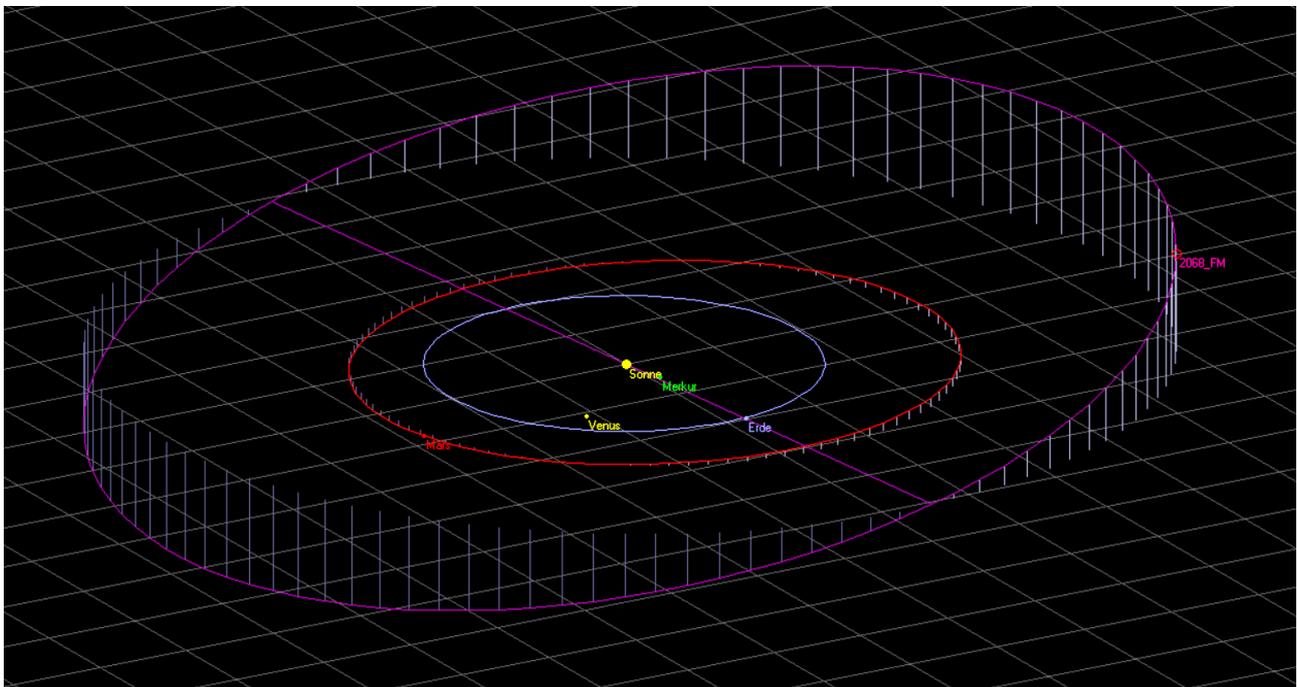


Abb. 19: Orbit (2068) Dangreen, F. Mast; Position des Asteroiden am Datum der Erstbeobachtung (27.12.2016, 21:00 UT)

6.4.2. (3760) Poutanen

Der Asteroid (3760) Poutanen konnte insgesamt über einen Zeitraum von 24 Tagen beobachtet werden. Dies sollte eine ausreichende Bestimmung des Orbits erlauben, um ihn zu einem deutlich späteren Zeitpunkt wieder aufzufinden.

Bei der Bestimmung der Bahnparameter wurden hier ebenfalls Positionsdaten mit Residuen $>2,0$ Bogensekunden im Vergleich zur ersten Berechnung entfernt, um eventuelle Ausreisser herauszufiltern und die Genauigkeit der endgültigen Bahnberechnung zu erhöhen.

| Bahnelemente (3760) Poutanen | | |
|------------------------------|--------------|-------------|
| Element | Wert F. Mast | Einheit |
| Epoche (JD) | 2458200,5 | - |
| e | 0.1894628 | - |
| a | 2.52806458 | AE |
| i | 10.45332 | Grad (°) |
| Ω | 113.89237 | Grad (°) |
| ω | 82.62597 | Grad (°) |
| ν | 101.32870 | Grad (°) |
| U | 4.02 | Jahre |
| n | 0.24520076 | Grad(°)/Tag |
| q | 2.04909021 | AE |
| Q | 3.00703895 | AE |

Tab. 5: Berechnete Bahnelemente aufgrund eigener Beobachtungen des Asteroiden (3760) Poutanen

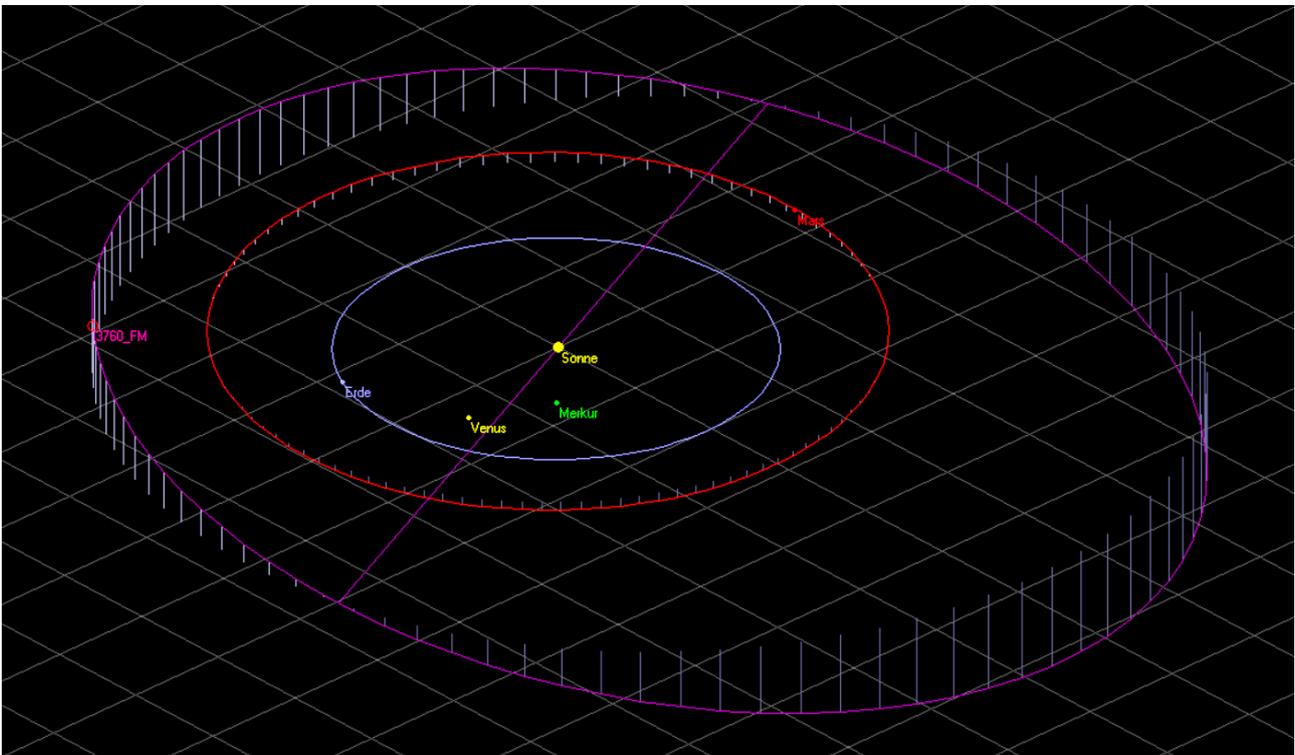


Abb. 20: Orbit (3760) Poutanen, F. Mast; Position des Asteroiden am Datum der Erstbeobachtung (25.05.2017, 21:00 UT)

6.4.3. (1967) Menzel

Der Asteroid (1967) Menzel konnte nur während einer einzigen Nacht beobachtet werden. Dies sollte eine ausreichende Bestimmung des Orbits erlauben, um ihn einige Tage nach dieser Beobachtung wieder auffinden zu können und Folgebeobachtungen vorzunehmen, um die Bahnelemente exakter zu bestimmen.

Bei der Bestimmung der Bahnparameter wurden hier ebenfalls Positionsdaten mit Residuen $>2,0$ Bogensekunden im Vergleich zur ersten Berechnung entfernt.

| Bahnelemente (1967) Menzel | | |
|----------------------------|--------------|-------------|
| Element | Wert F. Mast | Einheit |
| Epoche (JD) | 2458200,5 | - |
| e | 0.3674790 | - |
| a | 2.49761138 | AE |
| i | 3.03802 | Grad (°) |
| Ω | 84.63020 | Grad (°) |
| ω | 46.78118 | Grad (°) |
| ν | 112.65276 | Grad (°) |
| U | 3.95 | Jahre |
| n | 0.24969898 | Grad(°)/Tag |
| q | 1.57979158 | AE |
| Q | 3.41543119 | AE |

Tab. 6: Berechnete Bahnelemente aufgrund eigener Beobachtungen des Asteroiden (1967) Menzel

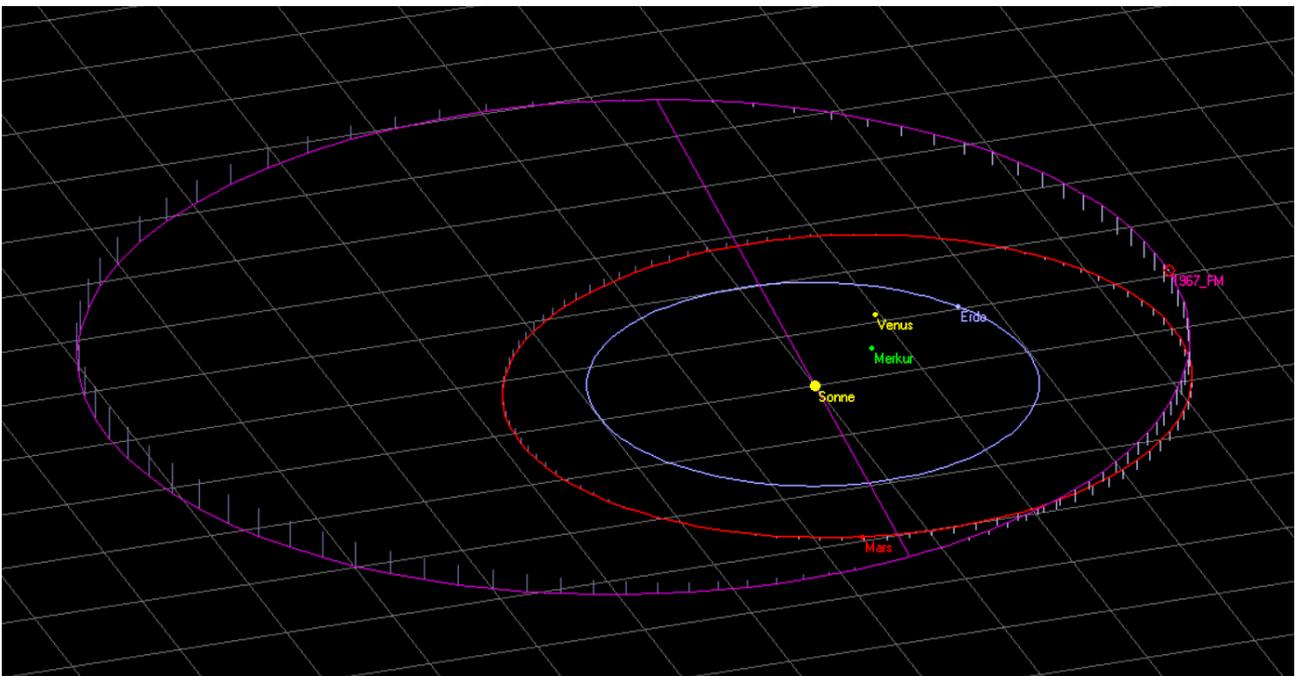


Abb. 21: Orbit (1967) Menzel, F. Mast; Position des Asteroiden am Datum der Erstbeobachtung (21.04.2017, 21:00 UT)

6.4.4. Sonstige Asteroiden

Die Beobachtungszeiträume der anderen Asteroiden, welche von mir beobachtet werden konnten, waren zu kurz, als dass sie eine Berechnung des Orbits zugelassen hätten.

6.5. Photometrie

Obwohl für eine photometrische Auswertung bereits eine einzelne Nacht aufschlussreich sein kann, konnten aufgrund der erhöhten Qualitätsanforderungen für die Photometrie gegenüber der Astrometrie wieder nur drei Asteroiden ausgewertet werden: (1967) Menzel, (3760) Poutanen und (5001) EMP.

Die Beobachtungen von 2016 sind nicht von ausreichender Qualität, um photometrische Messungen zuzulassen. Am 6./7. Januar 2017 und am 18./19. Februar 2017 wurde nur die Position der Asteroiden bestimmt. Es fand deshalb keine Aufnahme über einen photometrisch brauchbaren Zeitraum statt².

Die rohen Messergebnisse („PhotReport“-Ausgabedatei von Astrometrica) sind in Anhang C zu finden. Es wurde aufgrund der Übersichtlichkeit des Textes darauf verzichtet, diese hier einzubinden. Die Messergebnisse werden in diesem Kapitel lediglich in Form von Diagrammen dargestellt.

In Astrometrica wurde für die Helligkeitsmessungen das Farbband „Visual (V)“ angegeben. Da ich persönlich keinen Filter für Spektralphotometrie besitze, kann ich auch nicht die korrekte Helligkeit für einen dieser Spektralbereiche ermitteln. „Visual (V)“ ist meiner Meinung nach der Bereich, bei welchem die Messungen am nächsten an die realen Werte herankommen. Eine gewisse Differenz (<1 mag) besteht jedoch. Das Ermitteln der Rotationsperiode verlangt jedoch nur nach den Helligkeitsdifferenzen.

6.5.1. (1967) Menzel

Trotz der geringen Datenmenge (nur eine Nacht) ist bei diesem Asteroiden eine sehr deutliche Rotationskurve zu erkennen, welche schon die Rotationsperiode verrät, wie im Kapitel 6 „Diskussion“ ersichtlich wird.

In der Nacht vom 21. auf den 22. April 2017 wurde die Canon EOS 600Da für die Aufnahme verwendet (Abb. 22).

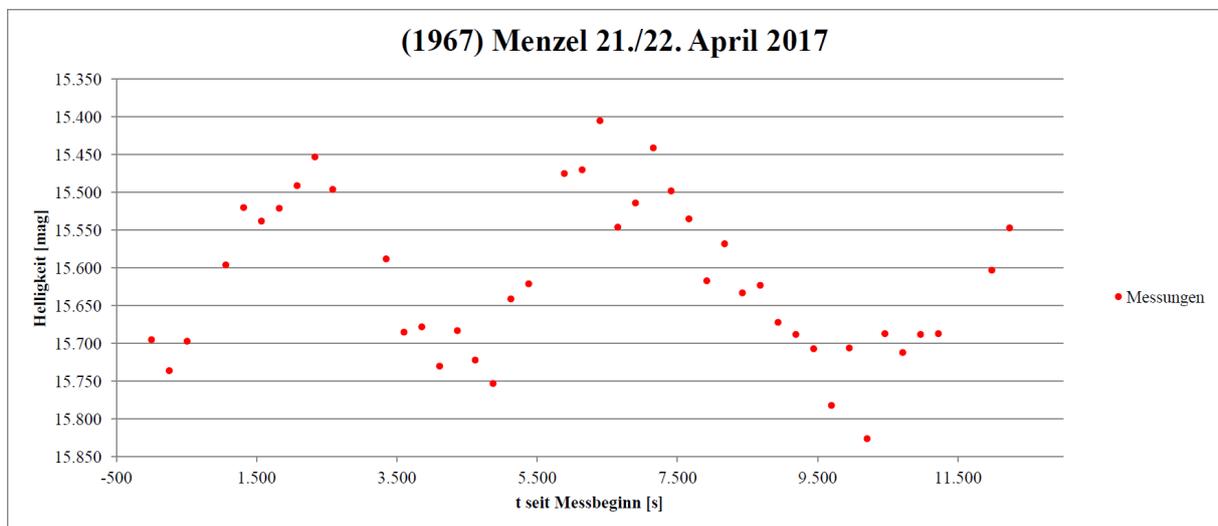


Abb. 22: Helligkeitsmessungen des Asteroiden (1967) Menzel vom 21./22. April 2017

²Beobachtungsdaten aller Objekte sind in Anhang A zu finden

6.5.2. (3760) Poutanen

Mit einer Datenmenge von drei ganzen Nächten, in Kombination mit einem Asteroiden, welcher ein deutliches Rotationsmuster in der Lichtkurve aufweist, lassen sich bereits relativ gute Rückschlüsse auf dessen Rotationsperiode ziehen. Wie in den nächsten drei Abbildungen zu sehen ist, ist dies bei (3760) Poutanen der Fall.

Für die Messungen vom 25./26. und 27./28. Mai 2017 wurde die Canon EOS 600Da eingesetzt (Abb. 23 & 24).

Die Messungen vom 17./18. Juni 2017 wurden mit der ASI 174 MM durchgeführt (Abb. 25). Dies mit dem Ziel, mehr Messpunkte in der selben Zeit zu erhalten als mit der Canon EOS 600Da. Die Auswirkungen dieser Entscheidung werden im Kapitel 6 „Diskussion“ beschrieben.

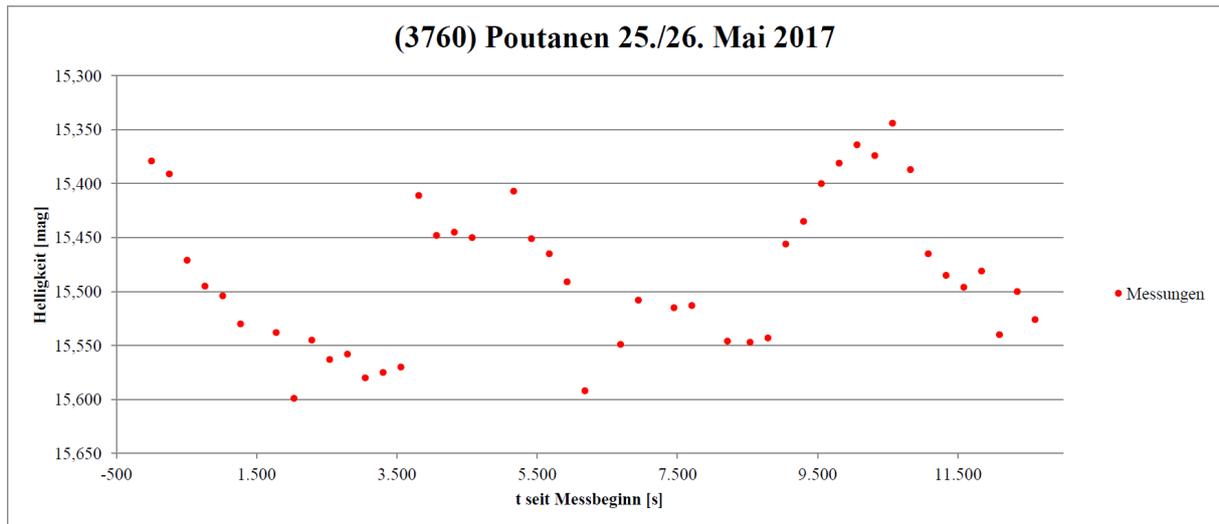


Abb. 23: Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 25./26. Mai 2017

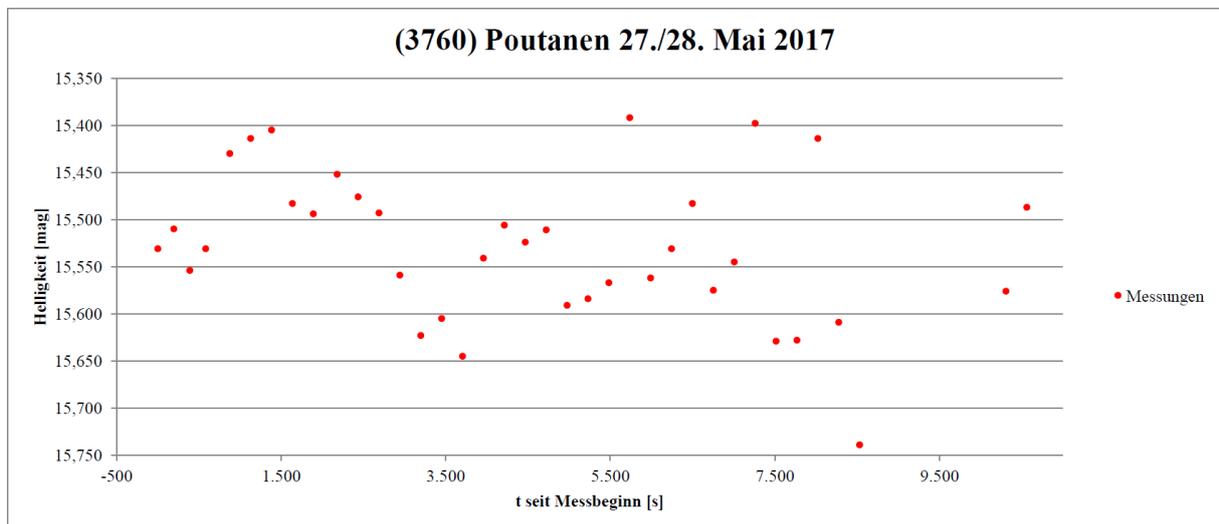


Abb. 24: Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 27./28. Mai 2017

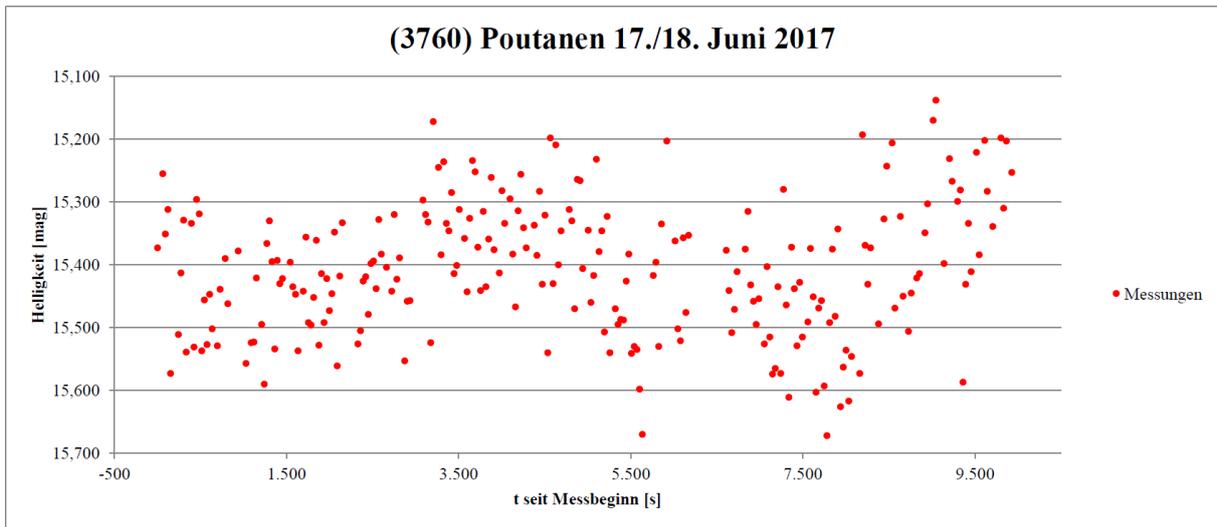


Abb. 25: Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 17./18. Juni 2017

6.5.3. (5001) EMP

Die Lichtkurven der Aufnahmen des Asteroiden (5001) EMP zeigen sehr unterschiedliche Ergebnisse, was (trotz drei ganzen Beobachtungsnächten) die Bestimmung der Rotationsperiode deutlich erschwert. Im Kapitel 6 „Diskussion“ wird weiter darauf eingegangen.

Für alle Messungen der Helligkeit des Asteroiden wurde die Canon 600Da eingesetzt (Abb. 26, 27 & 28).

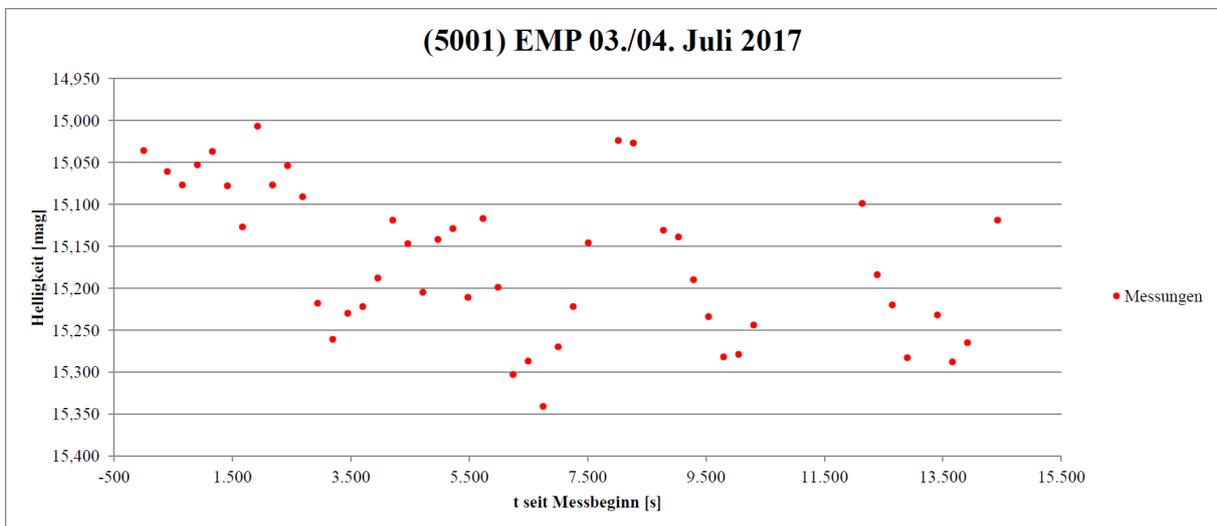


Abb. 26: Lichtkurve des Asteroiden (5001) EMP vom 03./04. Juli 2017

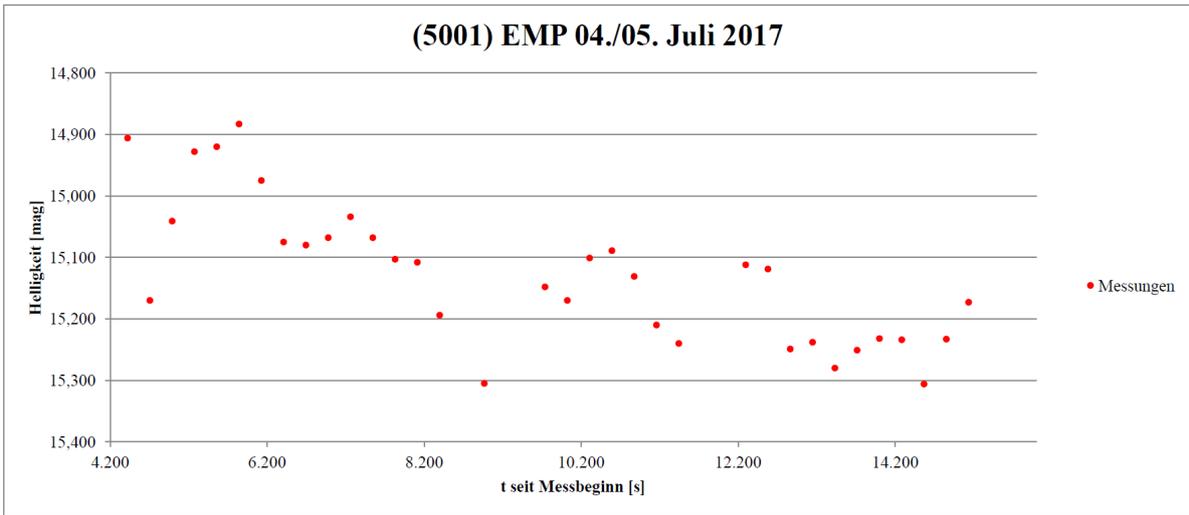


Abb. 27: Lichtkurve des Asteroiden (5001) EMP vom 04./05. Juli 2017

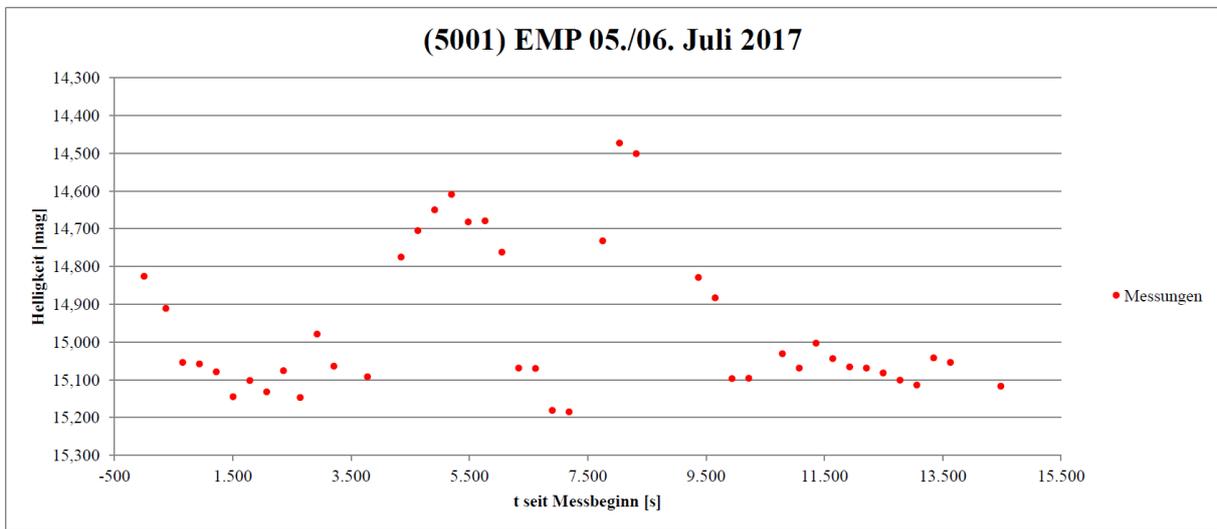


Abb. 28: Lichtkurve des Asteroiden (5001) EMP vom 05./06. Juli 2017

6.6. Spektroskopie

Aufgrund ungünstiger Bedingungen stand kein Asteroid beobachtbar am Himmel, welcher hell genug (heller als ~ 7 mag) gewesen wäre, als dass ich davon ein brauchbares Spektrum hätte messen können. Der hellste zum Zeitpunkt der Aufnahme war (3) Juno mit $\sim 9,6$ mag. Seine geringe Helligkeit bewirkt ein sehr tiefes SNR des Spektrums. Wie im Kapitel 6 „Diskussion“ zu sehen ist, stimmt deshalb das gemessene Spektrum auch nicht mit den Literaturwerten überein. Die Spektroskopie wird daher (auch in Kapitel 6 „Diskussion“) eher theoretisch und mit Beispielen an anderen Himmelskörpern abgehandelt.

Alle Spektren wurden mit der ASI 174 MM und dem Star Analyser 100 aufgezeichnet und bezüglich der Spektralempfindlichkeit der Kamera korrigiert, damit sie die wahren Spektren repräsentieren.

6.6.1. (3) Juno

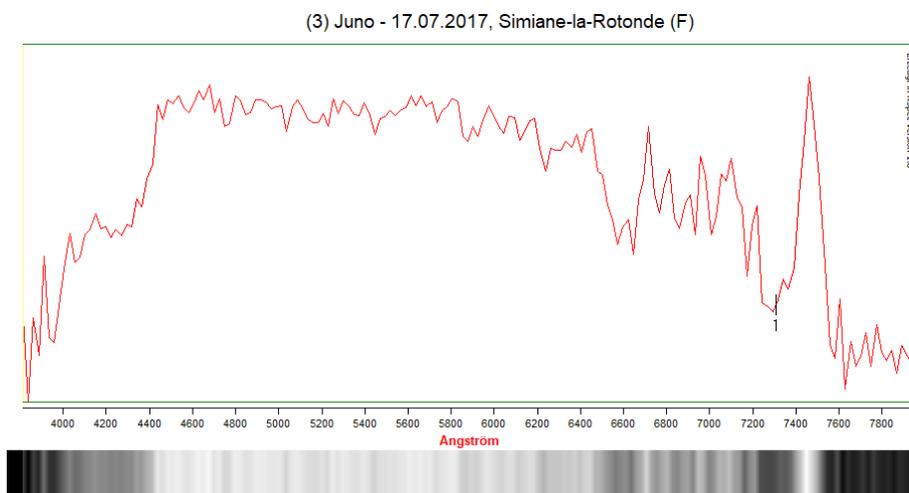


Abb. 29: Spektrum des Asteroiden (3)Juno

6.6.2. α Lyrae (Vega)

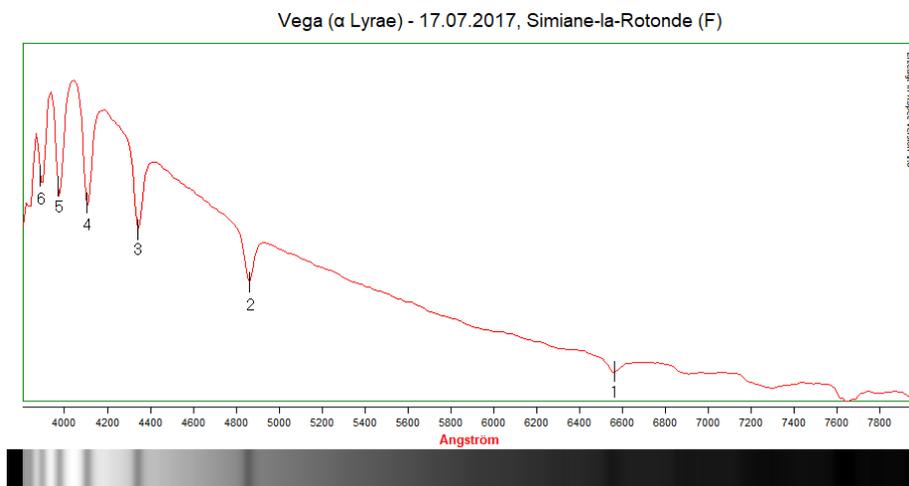


Abb. 30: Spektrum des Sterns α Lyrae (Vega)

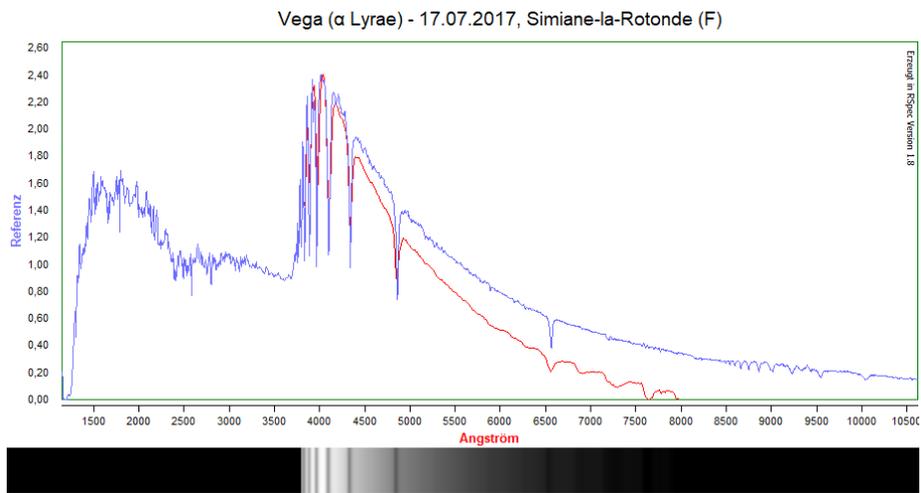


Abb. 31: Selbst gemessenes Spektrum (rot) des Sterns α Lyrae (Vega) im Vergleich zum offiziellen Spektrum (blau)

6.6.3. μ Cephei

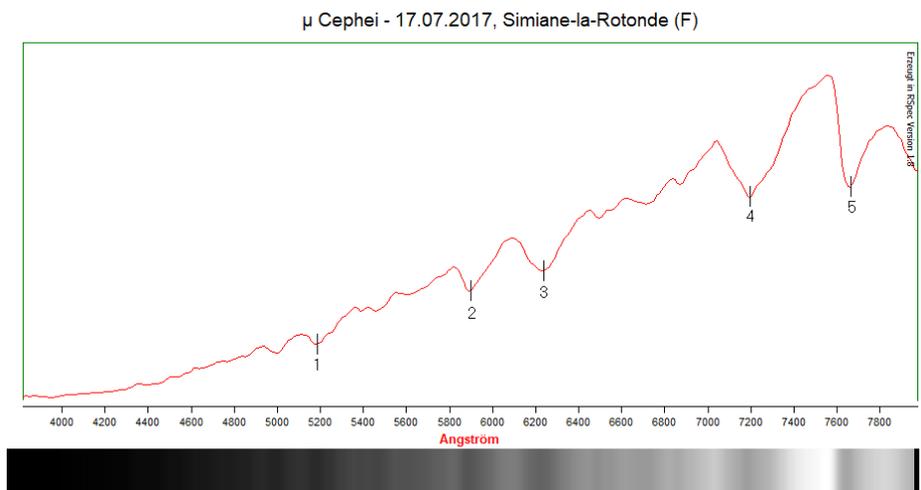


Abb. 32: Spektrum des Sterns μ Cephei

6.6.4. Uranus

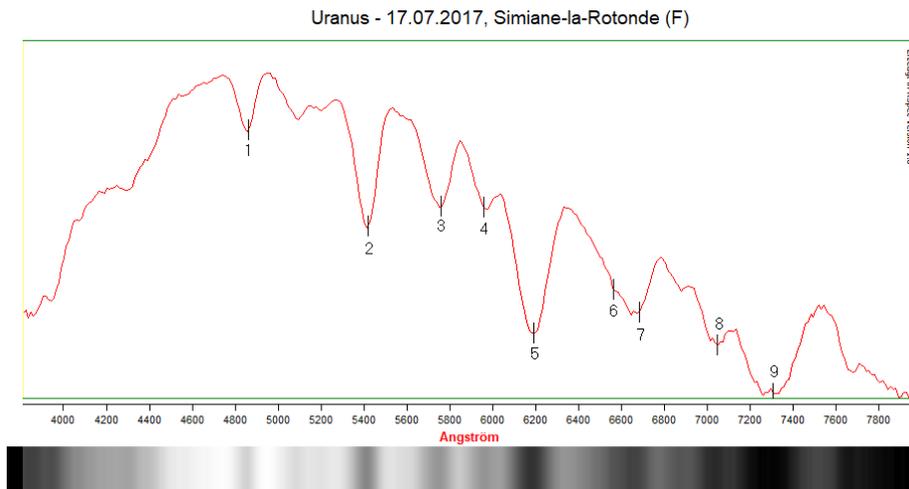


Abb. 33: Spektrum des Planeten Uranus

6.6.5. Neptun

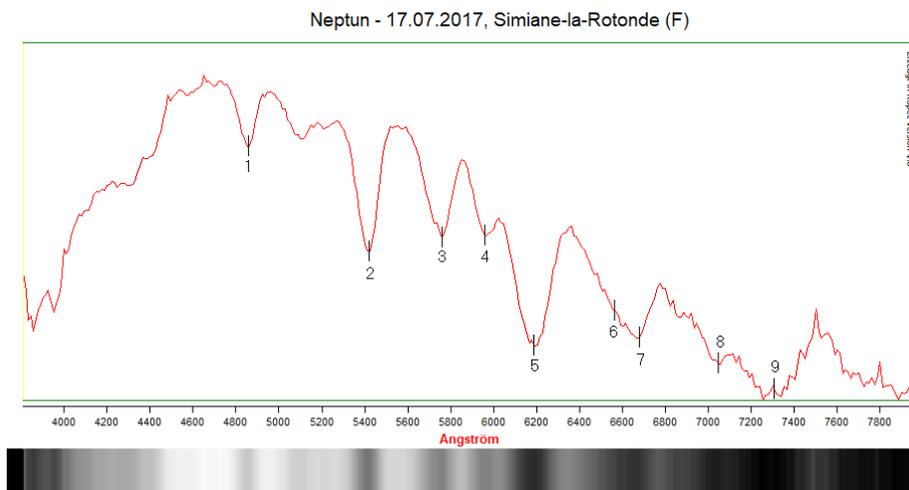


Abb. 34: Spektrum des Planeten Neptun

7. Diskussion/Fazit

7.1. (2068) Dangreen

In Tabelle 7 werden nun die berechneten Bahnelemente mit den Literaturwerten [30] verglichen.

| Bahnelemente (2068) Dangreen | | | | |
|------------------------------|--------------|---------------|------------|-------------|
| Element | Wert F. Mast | Wert MPC [30] | Differenz | Einheit |
| Epoche (JD) | 2458200,5 | 2458200,5 | - | - |
| e | 0.0984785 | 0.0978233 | 0.0006552 | - |
| a | 2.7728713 | 2.7727998 | 0.0000715 | AE |
| i | 12.90830 | 12.89271 | 0.01559 | Grad (°) |
| Ω | 96.00192 | 95.98401 | 0.01791 | Grad (°) |
| ω | 319.01382 | 319.60148 | 0.58766 | Grad (°) |
| ν | 183.75051 | 129.98819 | 53.76232 | Grad (°) |
| U | 4.62 | 4.617 | 0.003 | Jahre |
| n | 0.21345655 | 0.21346482 | 0.00000827 | Grad(°)/Tag |
| q | 2.49980297 | 2.5015554 | 0.00175243 | AE |
| Q | 3.04593963 | 3.04404423 | 0.0018954 | AE |

Tab. 7: Vergleich zwischen den Bahnelementen aufgrund eigener Beobachtungen und Literaturwerten (MPC) des Asteroiden (2068) Dangreen

Bedingt durch den relativ langen Zeitraum, in welchem (2068) Dangreen beobachtet werden konnte, war es möglich die Differenz zu den Literaturwerten [30] sehr klein zu halten (Tab. 7).

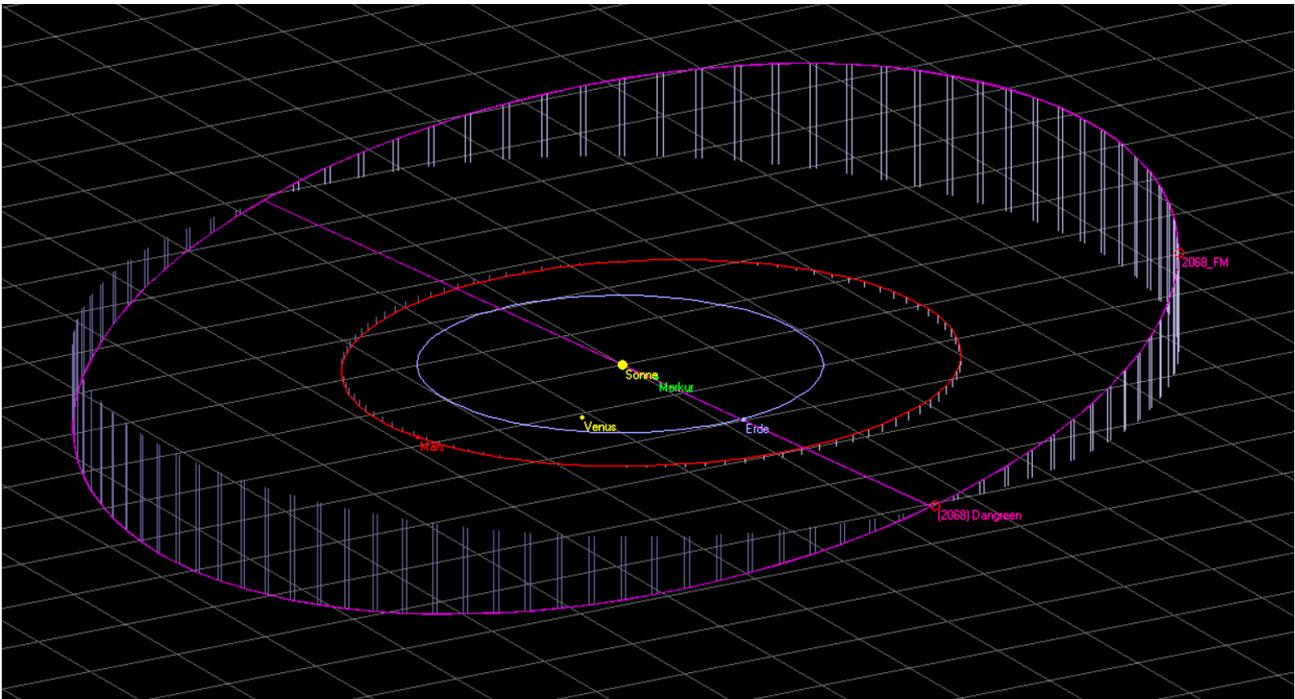


Abb. 35: Offizieller und selbst berechneter Orbit des Asteroiden (2068) Dangreen, Positionen bei Datum der Erstbeobachtung eingezeichnet (27.12.2016, 21:00 UT)

In einem 3D-Modell des Orbits sind die kleinen Differenzen nicht sichtbar (Abb. 35).

Die Bestimmung des Orbits des Asteroiden (2068) Dangreen ist also ziemlich genau geglückt. Aus einem unklaren Grund wurde die mittlere Anomalie von Find_Orb nicht korrekt berechnet, was zum

deutlichen Positionsunterschied auf der Bahn führt. Die Umlaufbahn an sich (Form und Lage der Ellipse) ist davon jedoch nicht betroffen. Die Bahnelemente könnten aber weiter verbessert werden, indem mehr Beobachtungsdaten gesammelt werden würden (größerer Beobachtungszeitraum). Dies am besten, wenn der Asteroid im Vergleich zu den bisherigen Messungen an einem möglichst weit entfernten Punkt auf seiner Umlaufbahn um die Sonne steht.

7.2. (1967) Menzel

In Tabelle 8 werden nun die berechneten Bahnelemente mit den Literaturwerten [30] verglichen.

| Bahnelemente (1967) Menzel | | | | |
|----------------------------|--------------|---------------|------------|-------------|
| Element | Wert F. Mast | Wert MPC [30] | Differenz | Einheit |
| Epoche (JD) | 2458200,5 | 2458200,5 | - | - |
| e | 0.3674790 | 0.1390813 | 0.2283977 | - |
| a | 2.49761138 | 2.2329362 | 0.26467518 | AE |
| i | 3.03802 | 3.90088 | 0.86286 | Grad (°) |
| Ω | 84.63020 | 57.80099 | 26.82921 | Grad (°) |
| ω | 46.78118 | 347.92811 | 301.14693 | Grad (°) |
| ν | 112.65276 | 242.62576 | 129.973 | Grad (°) |
| U | 3.95 | 3.337 | 0.613 | Jahre |
| n | 0.24969898 | 0.29538578 | 0.0456868 | Grad(°)/Tag |
| q | 1.57979158 | 1.9223765 | 0.34258492 | AE |
| Q | 3.41543119 | 2.54349587 | 0.87193532 | AE |

Tab. 8: Vergleich zwischen den Bahnelementen aufgrund eigener Beobachtungen und Literaturwerten (MPC) des Asteroiden (1967) Menzel

Die Differenzen zu den Literaturwerten [30] widerspiegeln deutlich den Fakt, dass eine einzige Nacht bei Weitem nicht ausreicht, um die Umlaufbahn zu bestimmen (Tab. 8). Höchstens ein Wiederauffinden in nachfolgenden Nächten wäre mit diesen Daten möglich. Dies ist hauptsächlich bei neu entdeckten Objekten der Fall, bei welchen man nicht auf offizielle Positionsangaben oder frühere Beobachtungen zurückgreifen kann.

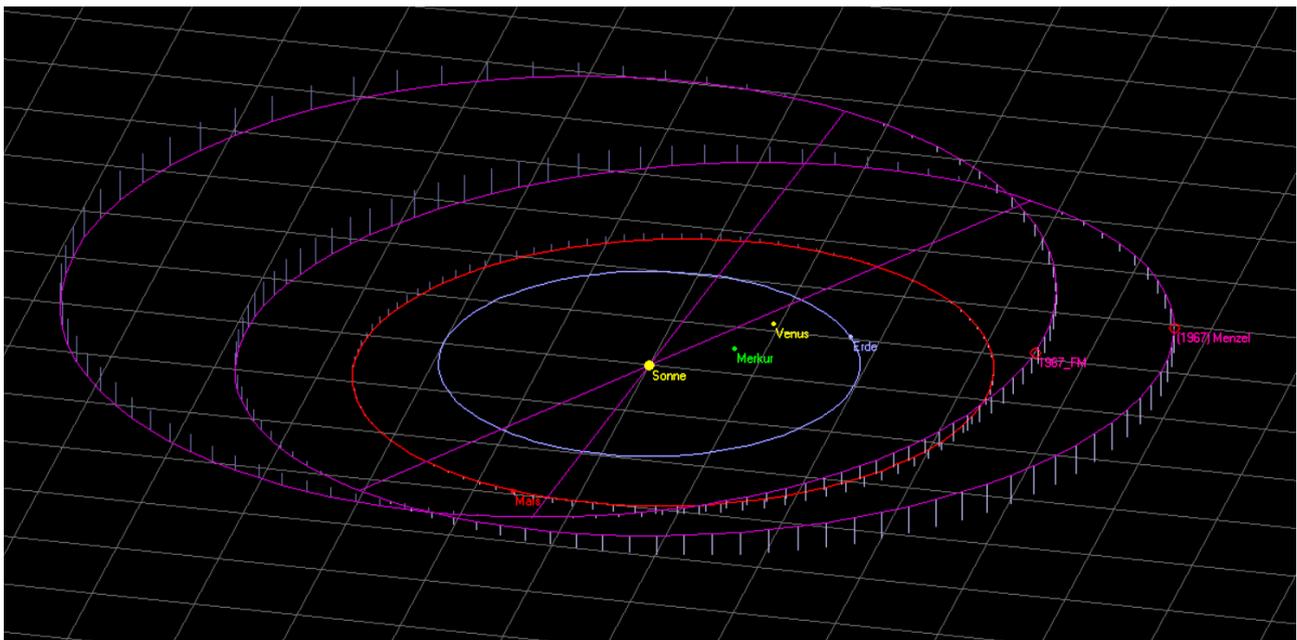


Abb. 36: Offizieller und selbst berechneter Orbit des Asteroiden (1967) Menzel, Positionen bei Datum der Erstbeobachtung eingezeichnet (21.04.2017, 21:00 UT)

Im 3D-Modell werden die grossen Differenzen sehr deutlich sichtbar. Die Orbits weisen kaum mehr Ähnlichkeiten zueinander auf (Abb. 36).

Die Bestimmung des Orbits ist somit deutlich gescheitert. Wie oben bereits erwähnt, könnten solche Daten nur dazu verwendet werden, neu entdeckte Objekte in Folgenächten wieder aufzuspüren.

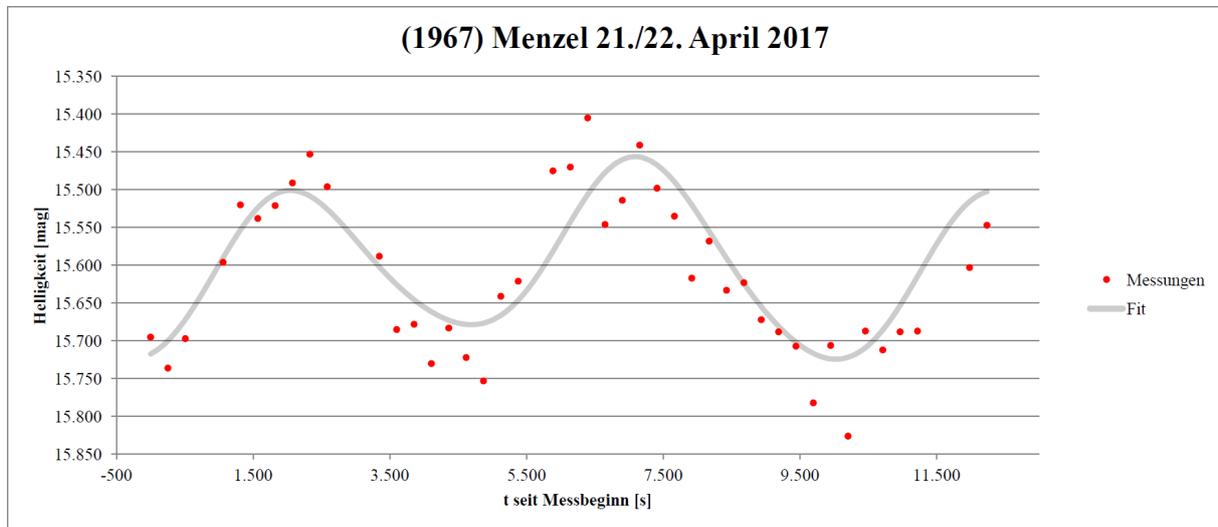


Abb. 37: Lichtkurve des Asteroiden (1967) Menzel vom 21./22. April 2017

Dieser Asteroid wurde zur Beobachtung ausgewählt, da dessen Rotationsperiode bereits bekannt ist. Er dient also als Testobjekt für nachfolgende Beobachtungen von Asteroiden mit unbekanntem Rotationsperioden (wie zum Beispiel (3760) Poutanen).

Um die Rotationsperiode aus einer Lichtkurve wie dieser zu ermitteln, wendet man eine Modellanpassung an. Das heisst, man legt im Diagramm über die Messpunkte (rot) eine künstliche Kurve (grau), welche die echte Rotationsperiode als Eigenschaft besitzt. Diese Kurve besteht aus zwei oder mehr addierten Sinuskurven. Die Zweite besitzt die doppelte Frequenz der Ersten, die Dritte die doppelte der zweiten und so weiter.

Die Eigenschaften dieser künstlichen Kurve werden nun so lange angepasst, bis die Kurve so gut mit den Punkten übereinstimmt wie möglich (entweder mit der „Methode der kleinsten Quadrate“ oder einer visuellen Überprüfung). Dies kann auch in den Lichtkurven des amerikanischen Astronomen Bruce L. Gary [31] gesehen werden [32], welcher mir hierzu Ratschläge gab.

Wie früher in dieser Arbeit schon einmal erwähnt, weist dieser Asteroid eine sehr deutliche Lichtkurve auf. Dies erlaubte mir bereits nach einer einzigen Beobachtungsnacht die Bestimmung der Rotationsperiode (Abb. 38). Der Vergleich mit den Literaturwerten zeigt, dass die Bestimmung der Rotationsperiode erfolgreich war. Das JPL beschreibt die Rotation mit einer Dauer von 2,835 h [33].



Abb. 38: Ermittelte Rotationsperiode mittels Kurvenanpassung der Lichtkurve des Asteroiden (1967) Menzel vom 21./22. April 2017

7.3. (3760) Poutanen

In Tabelle 9 werden nun die berechneten Bahnelemente mit den Literaturwerten [30] verglichen.

| Bahnelemente (3760) Poutanen | | | | |
|------------------------------|--------------|---------------|------------|-------------|
| Element | Wert F. Mast | Wert MPC [30] | Differenz | Einheit |
| Epoche (JD) | 2458200,5 | 2458200,5 | - | - |
| e | 0.1894628 | 0.1839300 | 0.0055328 | - |
| a | 2.52806458 | 2.5318341 | 0.00376952 | AE |
| i | 10.45332 | 10.49786 | 0.04454 | Grad (°) |
| Ω | 113.89237 | 113.57124 | 0.32113 | Grad (°) |
| ω | 82.62597 | 87.00141 | 4.37544 | Grad (°) |
| ν | 101.32870 | 98.55609 | 2.77261 | Grad (°) |
| U | 4.02 | 4.029 | 0.009 | Jahre |
| n | 0.24520076 | 0.24465337 | 0.00054739 | Grad(°)/Tag |
| q | 2.04909021 | 2.0661539 | 0.01706369 | AE |
| Q | 3.00703895 | 2.99751435 | 0.0095246 | AE |

Tab. 9: Vergleich zwischen den Bahnelementen aufgrund eigener Beobachtungen und Literaturwerten (MPC) des Asteroiden (3760) Poutanen

Im Vergleich zum Asteroiden (2068) Dangreen sind die Differenzen gegenüber den Literaturwerten [30] hier schon ein wenig grösser. Jedoch stimmen die Werte trotz etwa halber Länge des Zeitraumes im Vergleich zu (2068) Dangreen immer noch sehr gut überein (Tab. 9).

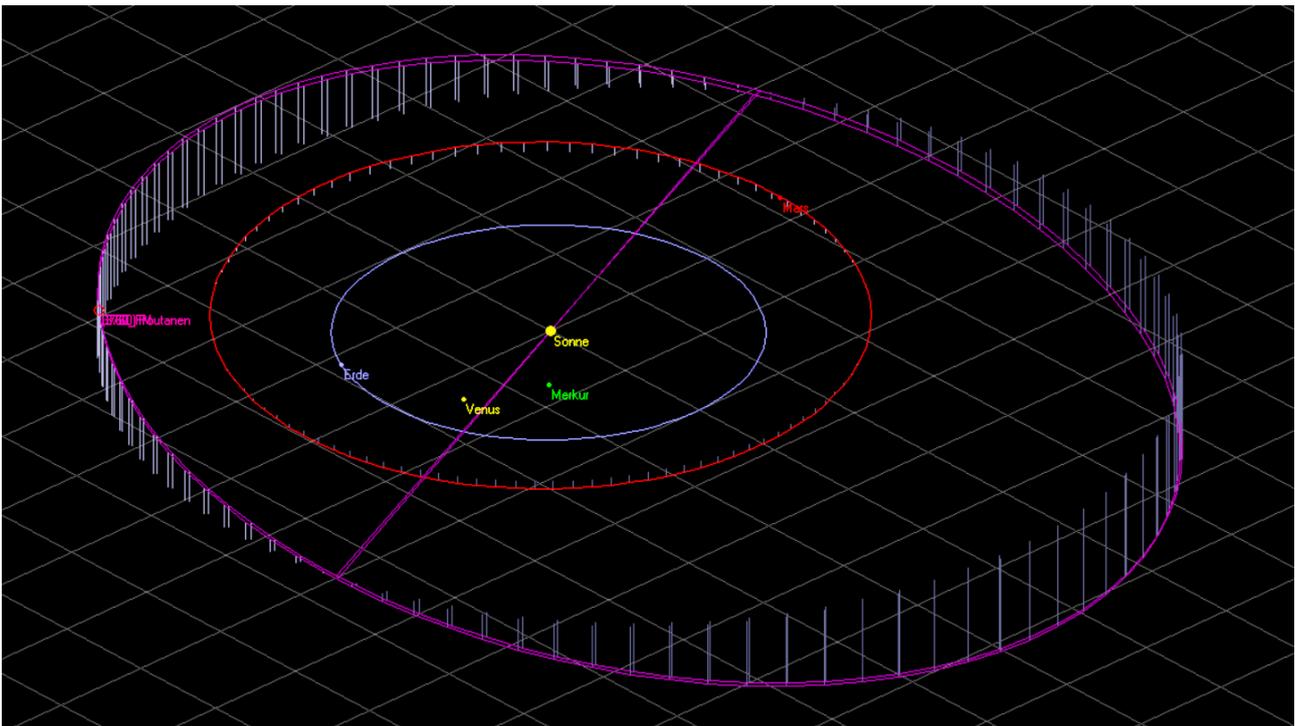


Abb. 39: Offizieller und selbst berechneter Orbit des Asteroiden (3760) Poutanen, Positionen bei Datum der Erstbeobachtung eingezeichnet (25.05.2017, 21:00 UT)

Die Differenzen sind klein genug, damit man im 3D-Modell (Abb. 36) nur sehr geringe Unterschiede zwischen dem selbst berechneten und dem offiziellen Orbit nachweisen kann. Trotz der grösseren Differenzen zu den Literaturwerten konnte auch hier, wie beim Asteroiden (2068) Dangreen, die Umlaufbahn sehr genau bestimmt werden. Ebenfalls könnten die Bahnelemente besser bestimmt werden, wären mehr Beobachtungsdaten (grösserer Beobachtungszeitraum) vorhanden.

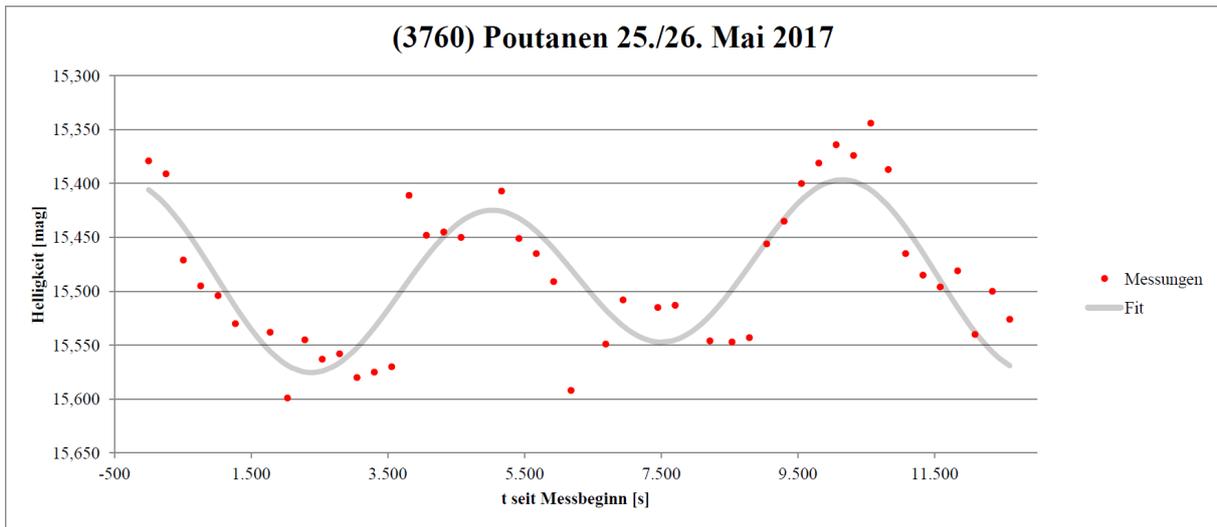


Abb. 40: Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 25./26. Mai 2017

Rotationsperiode = 176,00 min ➡ 2,93 h
Spin rate = 8,18 (1/d)

Abb. 41: Ermittelte Rotationsperiode mittels Kurvenanpassung der Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 25./26. Mai 2017

(3760) Poutanen weist ebenfalls ein sehr deutliches Rotationsmuster in seiner Lichtkurve auf (Abb. 40). Mittels Kurvenanpassung konnte eine Rotationsperiode von ~ 176 min beziehungsweise $\sim 2,93$ h bestimmt werden (Abb. 41).

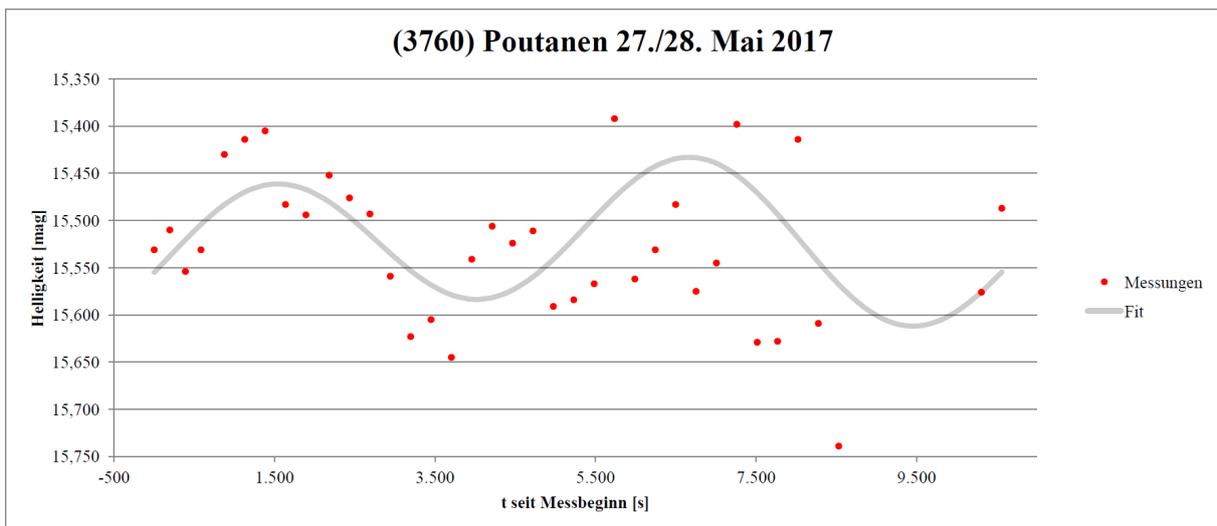


Abb. 42: Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 27./28. Mai 2017

Rotationsperiode = 176,00 min → 2,93 h

Spin rate = 8,18 (1/d)

Abb. 43: Ermittelte Rotationsperiode mittels Kurvenanpassung der Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 27./28. Mai 2017

Die Lichtkurve vom 27./28. Mai zeigt kein so deutliches Rotationsmuster wie die in Abb. 40. Sie konnte auch erst als letzte der insgesamt drei Lichtkurven von (3760) Poutanen zu der aktuellen Rotationsperiode zugeordnet werden. Trotzdem bestätigt sie die ermittelte Periode (beziehungsweise widerlegt sie nicht).

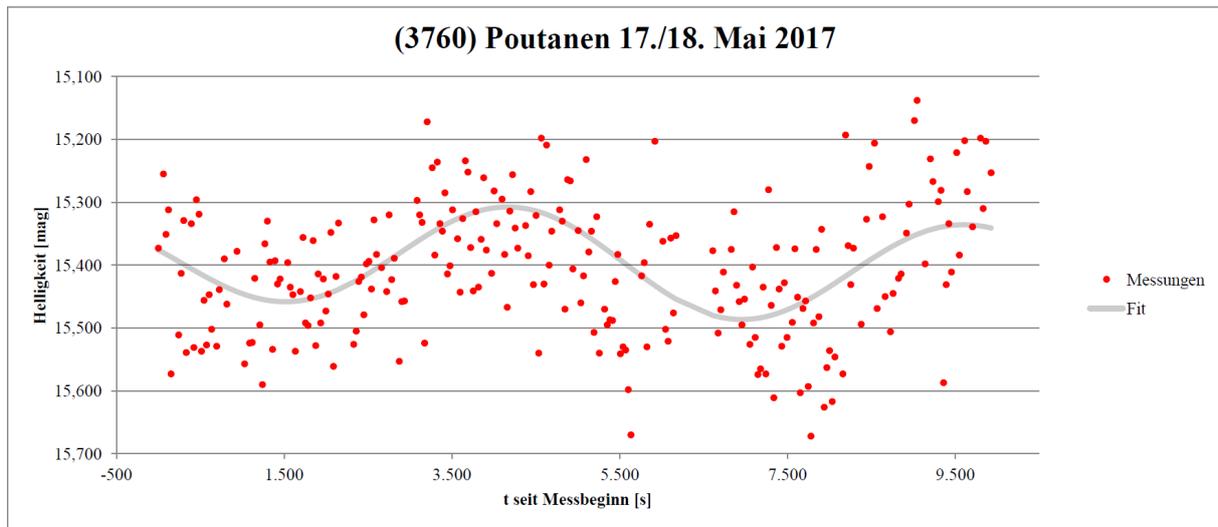


Abb. 44: Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 17./18. Juni 2017

Rotationsperiode = 176,00 min → 2,93 h

Spin rate = 8,18 (1/d)

Abb. 45: Ermittelte Rotationsperiode mittels Kurvenanpassung der Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 17./18. Juni 2017

Bei der Aufnahme der Lichtkurve in Abb. 44 wurde, wie bereits erwähnt, ausnahmsweise die ASI 174 MM eingesetzt, um mehr Messpunkte in der gleichen Zeit zu erhalten. Jedoch wurde vermutlich eine zu kurze Belichtungszeit und somit eine zu hohe Gain-Einstellung (s. Glossar) gewählt. Das Resultat ist erhöhtes Bildrauschen und somit ein schlechteres SNR als bei den Aufnahmen mit der Canon EOS 600Da. Dies zeigt sich in der „Dicke“ der Lichtkurve. Dies ist meine Vermutung. Ich hatte danach keine Möglichkeit mehr, die ASI 174 MM erneut für die Photometrie einzusetzen. Somit könnte es auch sein, dass die Kamera allgemein weniger gut geeignet für die Photometrie ist als die Canon EOS 600Da. Die erste Vermutung bezüglich nicht optimalen Aufnahmeeinstellungen ist meiner Meinung nach jedoch zu bevorzugen.

Trotz alledem bestätigt sie die ermittelte Rotationsperiode der Lichtkurve aus Abb. 40. Zudem bewirkte sie, dass die zweite Lichtkurve (Abb. 42) richtig interpretiert werden konnte.

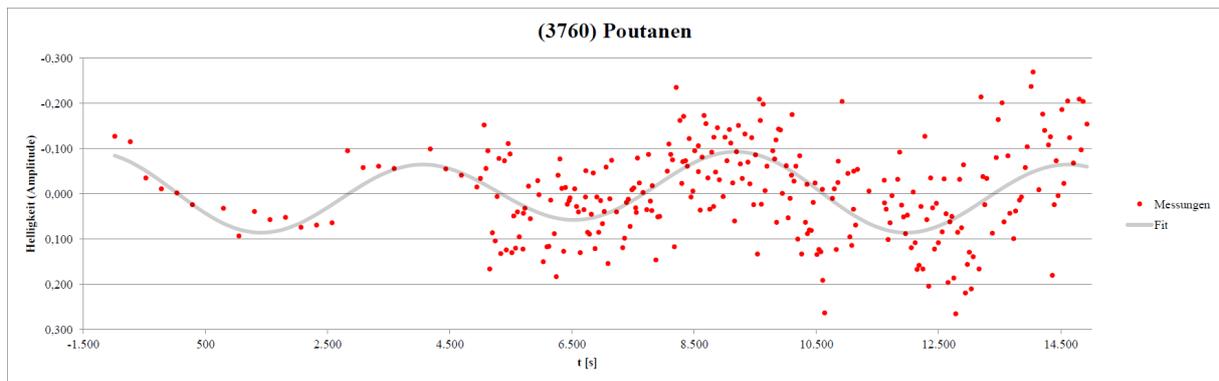


Abb. 46: Kombinierte Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen (25./26. Mai und 17./18. Juni 2017)



Abb. 47: Ermittelte Rotationsperiode mittels Kurvenanpassung der kombinierten Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen

Um die Kompatibilität der zwei besten Lichtkurven (Abb. 40 & 44) zu überprüfen, wurden diese (mit entsprechender Phasenverschiebung zueinander) in Abbildung 46 kombiniert. Die zuvor ermittelte „wahre“ Kurve der Rotationsperiode (grau) wurde hinzugefügt.

Die beiden Datensätze sind zueinander sehr gut kompatibel. Somit sehe ich diese Rotationsperiode (Abb. 47), mit der Möglichkeit, dass die wahre Periode um einige wenige Minuten abweichen könnte, als bestätigt an.

7.4. (5001) EMP

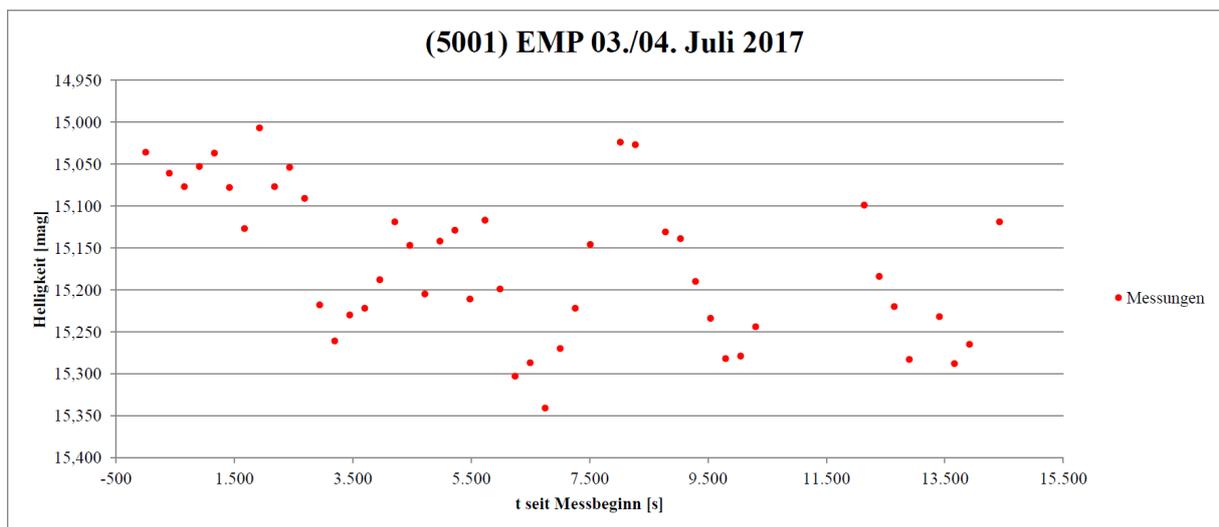


Abb. 48: Lichtkurve des Asteroiden (5001) EMP vom 03./04. Juli 2017

Die Messungen des Asteroiden (5001) EMP weisen eine weniger deutliche Kurve auf als die vorherigen Asteroiden. Einen Messfehler als Grund zu nennen ist möglich, jedoch eher weniger wahrscheinlich, da alle drei Kurven (Abb. 48, 49 & 50) so undeutlich sind. Es besteht die Möglichkeit, dass dieser Himmelskörper relativ langsam rotiert. Es kann jedoch auch das Gegenteil der Fall sein, in Kombination mit einer aussergewöhnlichen Form.

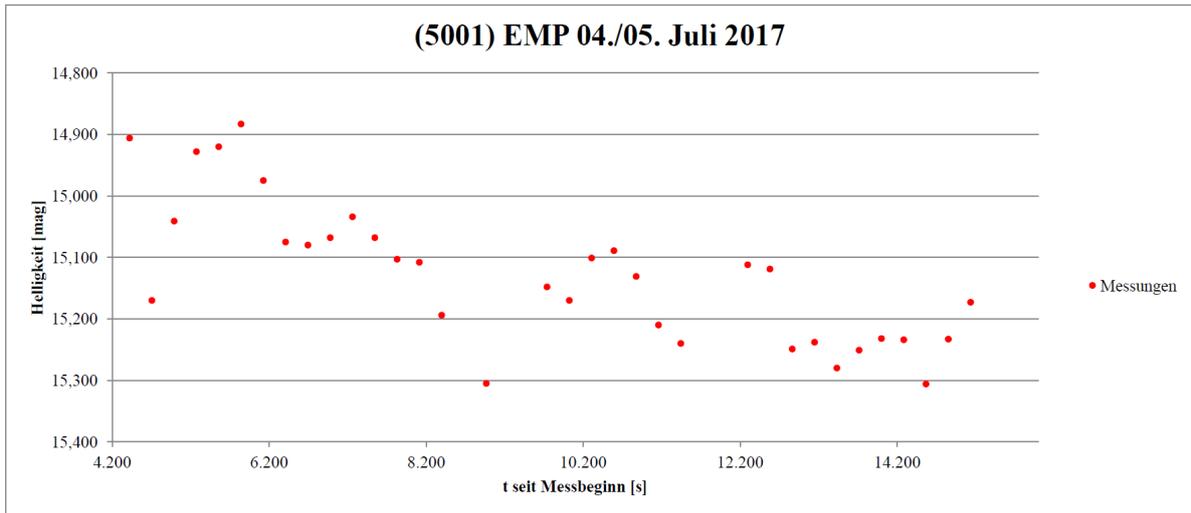


Abb. 49: Lichtkurve des Asteroiden (5001) EMP vom 04./05. Juli 2017

In Abbildung 49 ist, wie bereits erwähnt, ebenfalls keine eindeutige Periode zu ermitteln. Hier wurden die ersten drei Datenpunkte aus dem Inhaltsbereich des Diagramms ausgeschlossen, da diese eindeutig als Ausreisser identifiziert werden konnten. Die Messpunkte sind jedoch weiterhin in Anhang C zu finden.

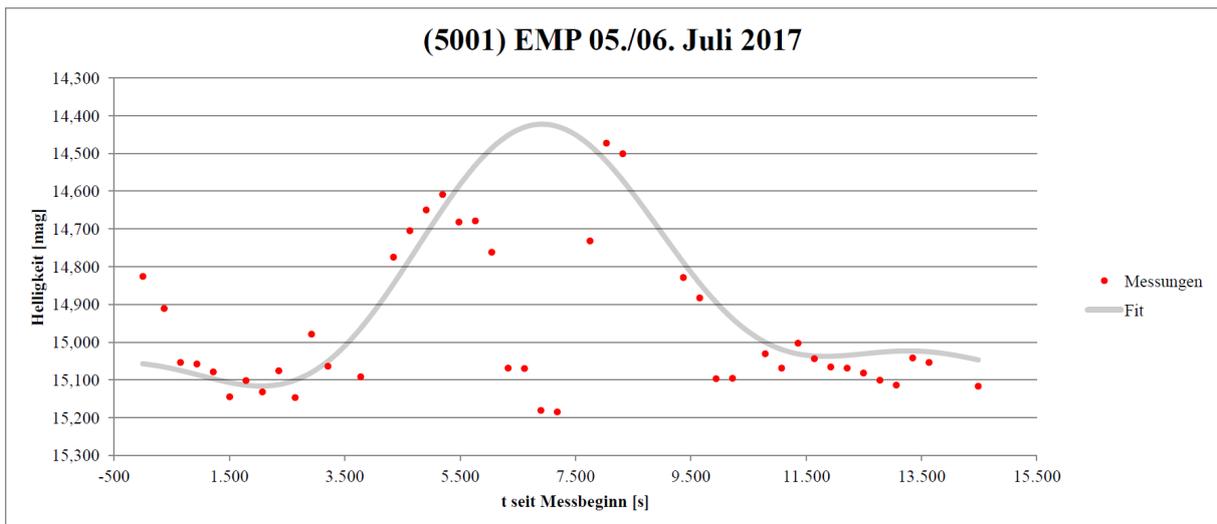


Abb. 50: Lichtkurve des Asteroiden (5001) EMP vom 05./06. Juli 2017

Rotationsperiode = 450,00 min ➡ 7,50 h
Spin rate = 3,20 (1/d)

Abb. 51: Ermittelte Rotationsperiode mittels Kurvenanpassung der Lichtkurve des Asteroiden (5001) EMP vom 05./06. Juli 2017

Zu der Lichtkurve des 17./18. Juli 2017 konnte erstmals für diesen Asteroiden eine vermutete „wahre“ Lichtkurve ermittelt werden. Da diese jedoch auch nicht vollständig kompatibel mit den Daten ist (Einbruch der Helligkeit bei ca. $t = +7'000$ s), ist sie nur eine vage Vermutung und nicht annähernd als bestätigt anzusehen.

Somit konnte für diesen Asteroiden keine Rotationsperiode ermittelt werden.

Die Gründe dafür sind nicht eindeutig bestimmbar. Einen negativen Einfluss könnte der Fakt haben, dass der Asteroid während des gesamten Beobachtungszeitraums vor einem relativ dichten Sternfeld seine Bahn zog. Somit könnten (scheinbar) nahe Sterne die Messungen beeinflusst haben.

Eine Möglichkeit, welche nicht zu vergessen ist, besteht darin, dass der Asteroid einen Trabanten besitzt, welcher das Signal natürlich beeinflusst. Dies könnte eventuell den Helligkeitseinbruch in Abbildung 50 erklären (sofern denn die angenommene Periode stimmt und der Einbruch nicht von dieser verschuldet ist).

Die Frage, wann eine Lichtkurve als „falsch“ beziehungsweise die Daten als schlecht definiert werden können, beantwortet Brian D. Warner in seinem Buch „A Practical Guide to Lightcurve Photometry and Analysis“ [5] ganz ausführlich. Laut ihm gebe es keine definitive Antwort. Es könne sein, dass der Asteroid einen Mond oder eine ungewöhnlich lange Rotationsdauer (Beispiel (288) Glauke: 60 Tage) besitzt. Es bestehe immer die Möglichkeit, dass aussergewöhnliche Faktoren oder Konstellationen etc. im Spiel sind.

Deshalb: „The only way data is bad is if you can prove that it really is bad“ [5].

7.5. Sternkataloge

Die Software Astrometrica erlaubt es aus verschiedenen offiziellen Sternkatalogen auszuwählen, welche zum Abgleichen verwendet werden sollen, um in den eigenen Aufnahmen Position und Helligkeit eines Asteroiden zu bestimmen. Diese Sternkataloge werden aufgrund neuer Vermessungstechniken immer genauer. Somit könnte es einen Unterschied machen, ob nun ein altes oder ein aktuelles Exemplar verwendet wird. Um dies zu überprüfen werden im Folgenden die Resultate von Datenreduktionen der gleichen Datensätze, aber mit drei verschiedenen Sternkatalogen, verglichen. Dies sind die drei Sternkataloge:

- **USNOB-1.0**; „USNO-B is an all-sky catalog that presents positions, proper motions, magnitudes in various optical passbands, and star/galaxy estimators for 1,042,618,261 objects derived from 3,643,201,733 separate observations. The data were obtained from scans of 7,435 Schmidt plates taken for the various sky surveys during the last 50 years. USNO-B1.0 is believed to provide all-sky coverage, completeness down to $V = 21$, 0.2 arcsecond astrometric accuracy at J2000, 0.3 magnitude photometric accuracy in up to five colors, and 85% accuracy for distinguishing stars from non-stellar objects.“ [34]

Auf der Website von Astrometrica steht dazu geschrieben:

„The USNO-A2.0 and USNO-SA2.0 (a subset of the USNO-A 2.0) have effectively been replaced by the USNO-B1.0 catalog. Since then, the USNO-B1.0 has been replaced by the NOMAD and PPMXL catalogs. Use of the USNO-(S)A2.0 and USNO-B1.0 catalogs is no longer recommended[...]“ [35]

- **PPMXL**; „PPMXL is a combination of the data from the USNO-B1.0 and the infrared 2MASS catalog. It aims to be complete from the brightest stars down to about magnitude $V=20$ full-sky. PPMXL contains about 910,468,710 objects, and therefore is the largest collection of ICRS positions and proper motions at present.
The catalog includes astrometric positions with an accuracy (at epoch J2000.0) 0.08“ to 0.12“ where 2MASS astrometry was available (that is, for 410 million objects), and 0.15“ to 0.30“ where no data from 2MASS could be used. Proper motions are absolute in the ICRS reference frame (not relative, as in the USNO-B1.0). Magnitudes in the PPMXL were taken from USNO-B1.0, so there is no improvement in the photometric calibration compared to the USNO catalog.“ [35]
- **UCAC-4**; „Observations for the USNO CCD Astrograph Catalog, or UCAC, started in early 1998 and were completed in 2004. With these observations, the UCAC is the first modern high-density, full-sky star catalog that is not based on photographic images of the sky, but on

recent CCD observations. After two intermediate releases, which did not cover the whole sky, the first complete catalog (UCAC 3) was released in 2009, followed by the final release of UCAC 4 in 2012.

The UCAC 4 includes positions, proper motions and magnitudes for 113,780,093 objects. Reference star positions in UCAC 4 are accurate to about 0.02" for brighter stars (10mag to 14mag), and a precision better than 0.1" is expected at the limiting magnitude of 16mag. Native magnitudes have been measured in one single, non-standard color, but the catalog includes five-band photometry (B,V,g,r,i) from the APASS (AAVSO Photometric All-Sky Survey) for over 50 million stars." [35]

Wie oben in den Katalog-Beschreibungen ersichtlich ist, ist der USNOB-1.0 das älteste Exemplar und sollte nicht mehr verwendet werden. Der PPMXL ist eine Weiterentwicklung davon und der UCAC-4 ist einer der momentan aktuellsten Sternkataloge.

Für meinen Vergleich habe ich meine Aufnahmen des Asteroiden (3760) Poutanen aus der Nacht vom 25. auf den 26. Mai 2017 mit jedem der oben genannten Sternkatalogen einzeln ausgewertet.

7.5.1. Astrometrie

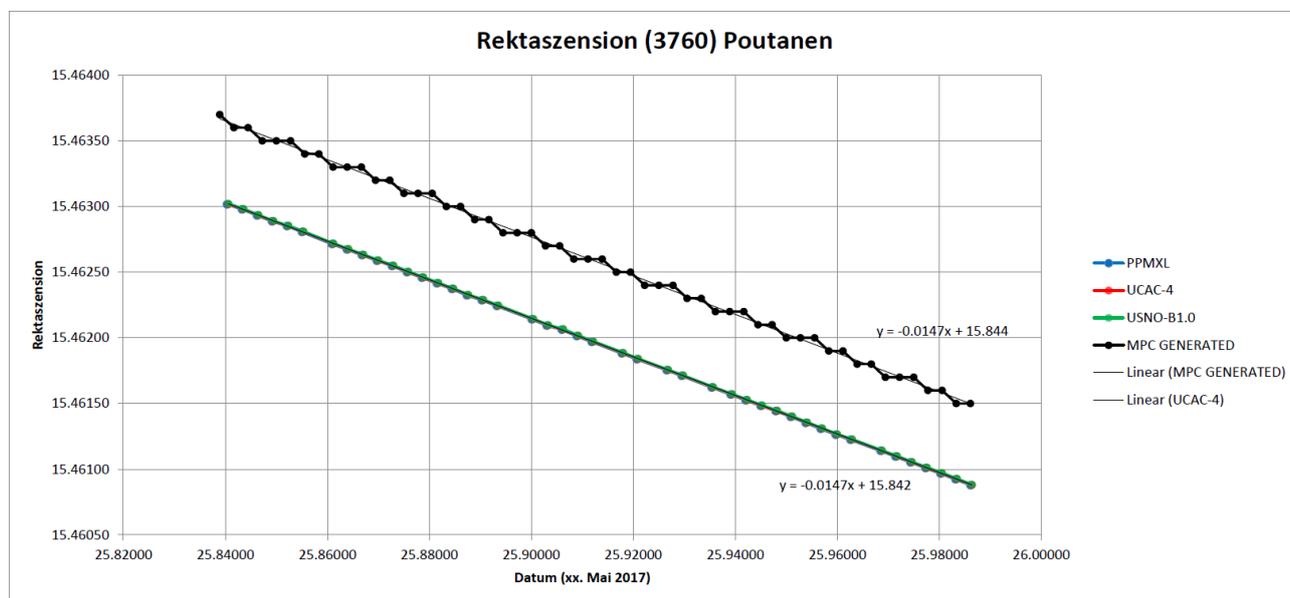


Abb. 52: Aufgrund der drei Sternkatalogen ermittelte Rektaszension des Asteroiden (3760) Poutanen in der Nacht vom 25. auf den 26. Mai 2017 im Vergleich mit den offiziellen Ephemeriden des MPC[36]

Es ist zu sehen, dass die Wahl des Sternkatalogs kaum eine Rolle bei der Bestimmung der Rektaszension spielt. Alle drei Linien liegen praktisch komplett aufeinander. Die Differenz zwischen der gemessenen und der vom MPC errechneten Position rührt wahrscheinlich hauptsächlich von Fehlern in der Zeitangabe meiner Aufnahmen her (ungenauere Kamerazeit/Zeit am Anfang, in der Mitte oder am Ende der Aufnahme verwendet/etc.). Zusätzlich dazu kommen voraussichtlich auch noch kleinere Fehler beim Ausmessen des Bildes und Umwelteinflüsse bei der Aufnahme selbst hinzu. Mit 1,6 Bogenminuten ist die Differenz doch sehr deutlich. Berechnet wurde diese mit den beiden linearen Trendlinien im Diagramm:

$$15,844 \text{ Stunden} - 15,842 \text{ Stunden} = 0,002 \text{ Stunden} = 7,2 \text{ Sekunden} \rightarrow 108 \text{ Bogensekunden bzw. } 1,6 \text{ Bogenminuten}$$

Dies entspricht rund 121 Pixeln auf dem Sensor der Canon 600Da in Kombination mit 1000 mm Brennweite (Theoretische Auflösung 0.89 Bogensekunden pro Pixel).

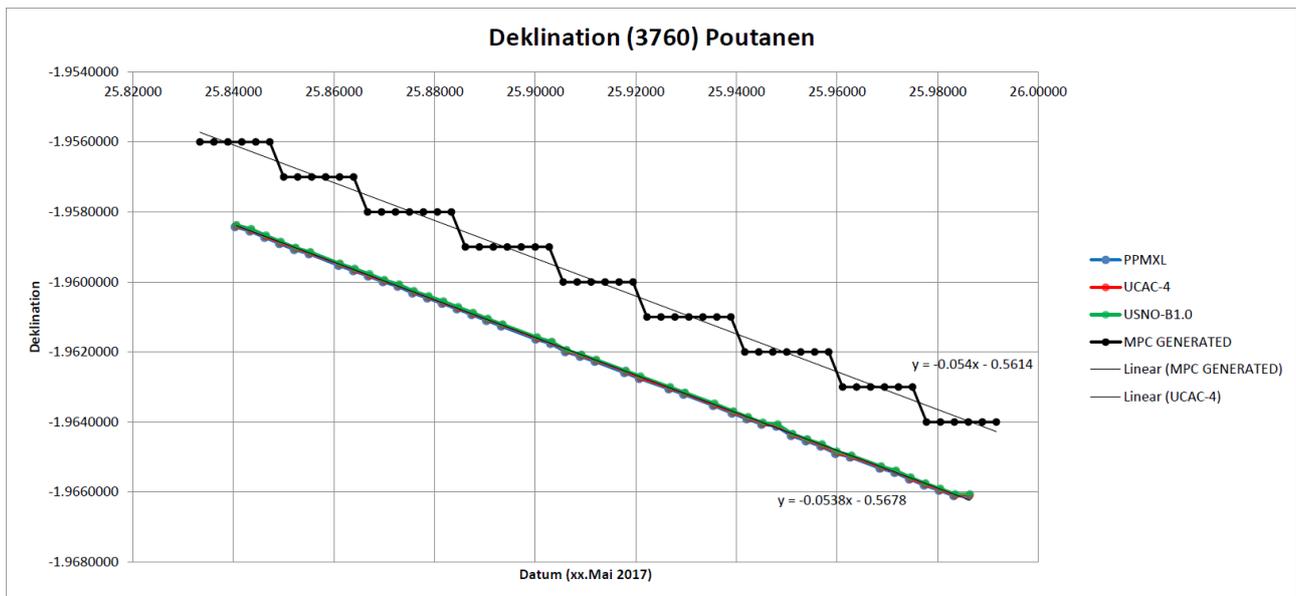


Abb. 53: Aufgrund der drei Sternkatalogen ermittelte Deklination des Asteroiden (3760) Poutanen in der Nacht vom 25. auf den 26. Mai 2017 im Vergleich mit den offiziellen Ephemeriden des MPC[36]

Die Differenzen zwischen Positionsbestimmungen mit verschiedenen Sternkatalogen sind bei der Deklination leicht grösser als bei der Rektaszension, jedoch immer noch extrem gering. Für die Differenz zur vom MPC berechneten Position sind die gleichen Gründe wie beim Rektaszensions-Diagramm aufzuzählen. Sie ist jedoch deutlich kleiner:

$$0,5678 \text{ Grad} - 0,5617 \text{ Grad} = 0.0064 \text{ Grad bzw. } 23,04 \text{ Bogensekunden}$$

Dies entspricht rund 26 Pixeln auf dem Sensor der Canon 600Da in Kombination mit 1000 mm Brennweite (Theoretische Auflösung 0.89 Bogensekunden pro Pixel).

Dass die Differenz zwischen eigenen Messungen und vom MPC berechneten Positionen in der Rektaszension grösser ist als in der Deklination, konnte erwartet werden. Da der Bewegungsteilvektor des Asteroiden parallel zur Rektaszension grösser ist als der parallel zur Deklination, übt der Fehler einer ungenauen beziehungsweise falschen Zeitangabe dort auch eine grössere Wirkung aus.

7.5.2. Photometrie

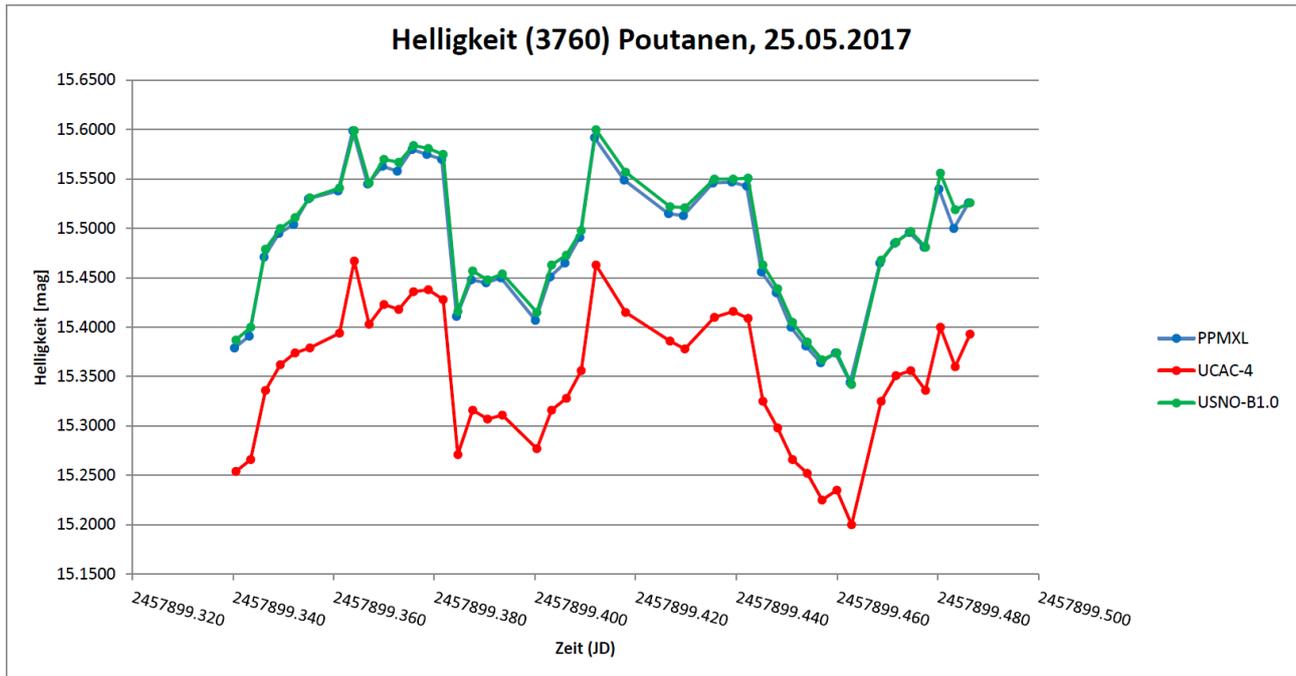


Abb. 54: Aufgrund der drei Sternkatalogen ermittelte Helligkeit des Asteroiden (3760) Poutanen in der Nacht vom 25. auf den 26. Mai 2017.

Bei den Helligkeitsmessungen zeigen sich deutliche Abweichungen zwischen den verschiedenen Auswertungen. Ob dies nun relevant ist, hängt davon ab, wie die gemessene Helligkeit weiterverwendet werden soll. Um einen exakten scheinbaren Helligkeitswert zu bestimmen, sollte auf jeden Fall der richtige (d.h. wahrscheinlich der aktuellste) Sternkatalog verwendet werden. Wenn nur, wie in meinem Fall, die Form der Kurve von Interesse ist, spielt es kaum eine Rolle, welcher Sternkatalog eingesetzt wird, denn alle Auswertungen ergaben fast exakt das selbe Kurvenbild.

7.5.3. Fazit

Der Einsatz unterschiedlicher Sternkataloge hat also einen weitaus geringeren Einfluss, als ich erwartet hätte. Um wirklich exakte Messungen durchzuführen empfiehlt sich nichtsdestotrotz der Einsatz einer der aktuellsten und präzisesten Kataloge.

7.6. Spektroskopie

Da durch ungünstige Konstellationen zu den Zeitpunkten der Aufnahmen kein brauchbares Spektrum eines Asteroiden gewonnen werden konnte, werden in diesem Abschnitt, nebst dem gescheiterten Versuch an (3) Juno, die Spektren von je zwei Sternen und Planeten behandelt. Darüber hinaus werden Vermutungen über Spektroskopie von Asteroiden angestellt.

| (3) Juno | | |
|-----------------|---------------|------------------|
| Nummer | Wellenlänge | Element/Molekül |
| 1 | 7186 - 7396 Å | H ₂ O |

Tab. 10: Beschriftung der Absorptionslinien im Spektrum von (3) Juno (Abb. 29) [11]

Das Einzige, was beim gemessenen Spektrum des Asteroiden (3) Juno (Abb. 29) detektiert werden konnte, war tellurisches Wasser (Nr. 1 in Tab. 10). Der Rest des Spektrums besitzt keinen wissenschaftlichen Wert.

| Vega (α Lyrae) | | |
|---|-------------|-----------------|
| Nummer | Wellenlänge | Element/Molekül |
| 1 | 6563 Å | H α |
| 2 | 4861 Å | H β |
| 3 | 4340 Å | H γ |
| 4 | 4102 Å | H δ |
| 5 | 3970 Å | H ϵ |
| 6 | 3889 Å | H ζ |

Tab. 11: Beschriftung der gemessenen Absorptionslinien im Spektrum von α Lyrae (Vega) (Abb. 30) [8]

Der Stern Vega (α Lyrae) dient in der Spektroskopie als gutes Referenz- und Testobjekt, da die Absorptionslinien der Balmer-Serie (s. Tab. 3) sehr deutlich sichtbar sind und dieser Typ-A-Stern an sich sehr hell ist. Die Balmer-Linien sind, nebst dem kontinuierlichen Spektrum des Sterns, die einzigen nennenswerten Merkmale in diesem Spektrum.

Die Abbildung 31 zeigt, dass die selbst gemessenen Spektren mit den offiziellen Spektren übereinstimmen und somit von wissenschaftlicher Relevanz sind.

μ Cephei

| Nummer | Wellenlänge | Element/Molekül |
|--------|-------------|------------------|
| 1 | 5184 Å | Mg |
| 2 | 5896 Å | Na |
| 3 | 6240 Å | ?? |
| 4 | 7200 Å | H ₂ O |
| 5 | 7666 Å | TiO |

Tab. 12: Beschriftung der gemessenen Absorptionslinien im Spektrum von μ Cephei (Abb. 32) [37][11][38]

Der Stern μ Cephei bildet, vom Spektraltyp her, das andere Ende der Liste. Dieser Stern ist ein Stern des Spektraltyps M. Dieses Himmelsobjekt ist bekannt für seine rote Farbe, daher auch der Übername „Granatstern“.

In Tabelle 12 ist ersichtlich, dass komplett andere chemische Bestandteile gemessen werden konnten, als bei Vega. Bis auf die Nummer drei konnten alle Absorptionslinien zugeordnet werden. Sterne des Spektraltyps M sind bekannt für die Titan-Oxid-Absorptionslinie (Nr. 5). Nummer 4 kann wieder tellurischem Wasser zugeschrieben werden.

Uranus

| Nummer | Wellenlänge | Element/Molekül |
|--------|---------------|------------------------------------|
| 1 | 4861 Å | H β |
| 2 | 5430 Å | NH ₃ |
| 3 | 5760 Å | NH ₃ /CH ₄ ? |
| 4 | 5960 Å | CH ₄ |
| 5 | 6190 Å | CH ₄ |
| 6 | 6563 Å | H α |
| 7 | 6680 Å | CH ₄ |
| 8 | 7027 - 7088 Å | H ₂ O |
| 9 | 7186 - 7396 Å | H ₂ O |

Tab. 13: Beschriftung der gemessenen Absorptionslinien im Spektrum von Uranus (Abb. 33) [8][39][11]

Uranus ist spektroskopisch ein sehr interessantes Objekt (viele Absorptionslinien). Am stärksten vertreten ist Methan (Nr. (3?), 4, 5 & 7), gefolgt von Ammoniak (Nr. 2 & 3) und Wasserstoff (Nr. 1 & 6) (s. Tab. 13). Somit konnten bereits die wichtigsten Bestandteile der Uranus-Atmosphäre bestimmt werden. Den relativen Anteil der Stoffe zueinander in der Atmosphäre ist dadurch aber nicht gegeben. Die Dominanz einzelner Absorptionslinien im Verhältnis zu anderen, sagt nichts über die Anteile der Zusammensetzung der Lichtquelle aus. [9]

Die Bereiche um die Nummern 8 und 9 sind wieder tellurischem Wasser zuzuordnen.

Die Nummer drei konnte ich nicht definitiv einem Stoff zuordnen. Ich vermute, dass da beide (NH₃ und CH₄) zusammenwirkend diese Absorptionslinie verursachen.

Neptun

| Nummer | Wellenlänge | Element/Molekül |
|--------|---------------|----------------------------------|
| 1 | 4861 Å | H β |
| 2 | 5430 Å | NH ₃ |
| 3 | 5760 Å | NH ₃ /CH ₄ |
| 4 | 5960 Å | CH ₄ |
| 5 | 6190 Å | CH ₄ |
| 6 | 6563 Å | H α |
| 7 | 6680 Å | CH ₄ |
| 8 | 7027 - 7088 Å | H ₂ O |
| 9 | 7186 - 7396 Å | H ₂ O |

Tab. 14: Beschriftung der gemessenen Absorptionslinien im Spektrum von Neptun (Abb. 34) [8][39][11]

Neptun besitzt fast exakt das selbe Spektrum wie Uranus, deshalb ist die Tabelle 14 identisch mit der Tabelle 13.

7.7. Gesamtergebnis

Der Asteroid (3760) Poutanen konnte insgesamt am besten charakterisiert werden: Sein Orbit wurde bestimmt und seine Rotationsperiode ermittelt. Ich bin somit der erste, der seine Rotationsperiode bestimmt hat. Photometrische Daten sind zwar auf der ALCDEF-Website [40] bereits vorhanden (wenn auch spärlich), offiziell ist jedoch keine Periode bekannt [41].

Vor allem der Asteroid (5001) EMP bedarf im Gegenzug dazu weiterer Beobachtungen.

Die drei von mir bestimmten (beziehungsweise im Falle von (5001) EMP „vage vermuteten“) Rotationsperioden können in ein Diagramm mit der Rotationsfrequenz in Abhängigkeit zum Durchmesser der Asteroiden eingezeichnet werden. In diesem Diagramm wird eine physikalische Grenze sichtbar. Würden Asteroiden schneller als eine bestimmte Frequenz (spin barrier) rotieren, würden sie aufgrund der Fliehkraft auseinandergerissen. Asteroiden, welche sich trotzdem schneller als diese Grenze drehen, müssen zwangsläufig aus massivem Gestein bestehen und können deshalb keine „rubble piles“ sein. [1]

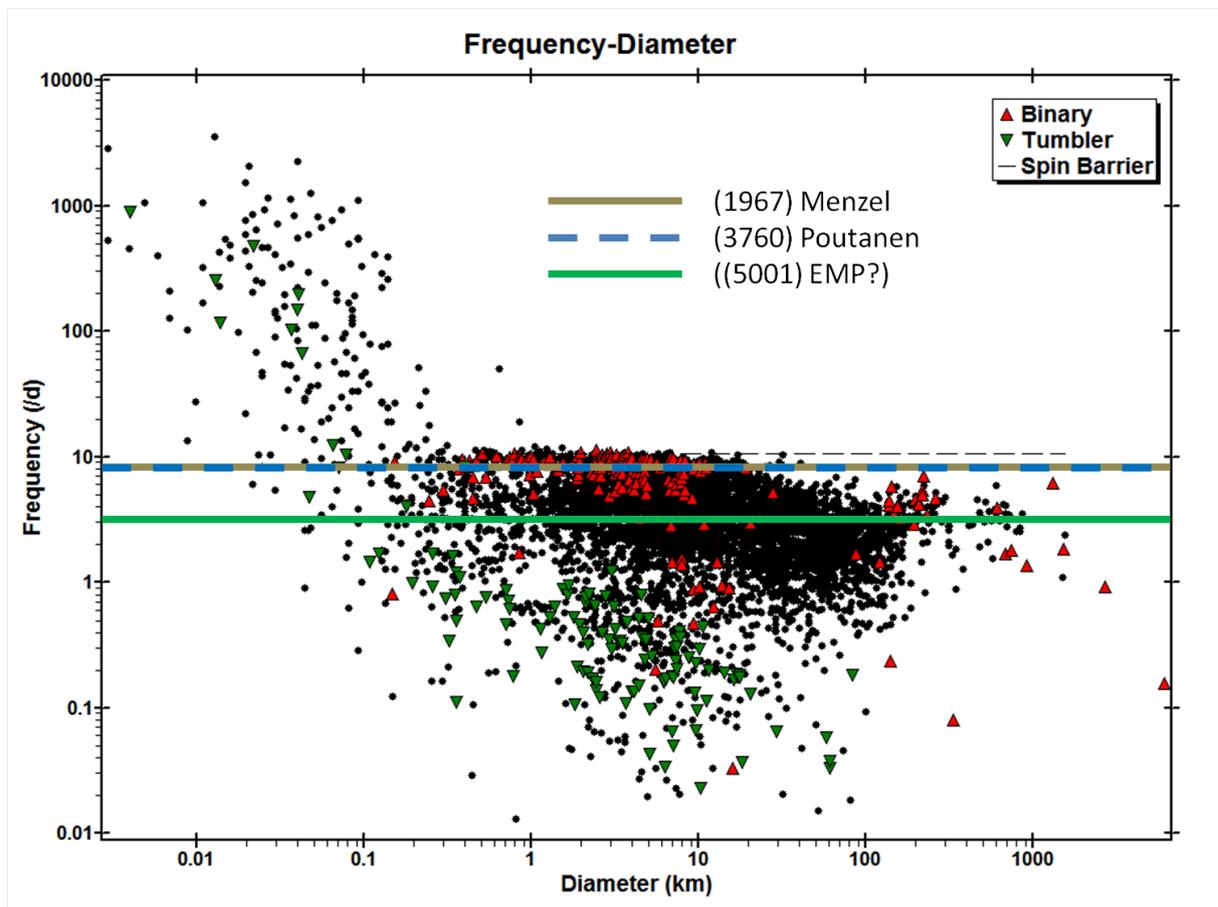


Abb. 55: Beziehung zwischen der Rotationsfrequenz und dem Durchmesser von Asteroiden; eingezeichnet wurden die selbst bestimmten Rotationsfrequenzen [40]

In Abbildung 55 wurden die selbst bestimmten Rotationsfrequenzen eingezeichnet. Damit lässt sich die Größe der jeweiligen Asteroiden sehr grob eingrenzen:

(1967) Menzel und (3760) Poutanen: 1,5 - 20 km

(5001) EMP: 1,5 - 200 km

Diese Bereiche geben lediglich an, wie groß die Asteroiden mit *grosser Wahrscheinlichkeit* sind! Sehr genau sind diese Angaben nicht. Genauere Einschränkungen könnte man erzielen, indem man die absolute Helligkeit berechnet. Diese Angabe in Kombination mit der durchschnittlichen Albedo von Asteroiden könnte den Durchmesser bereits genauer eingrenzen. Dies ist mir jedoch nicht möglich, da ich keine Filter für Spektralphotometrie besitze.

Den Durchmesser kann man auf zwei Wege ganz exakt bestimmen:

- Radaraufnahmen während eines nahen Erdvorbeiflugs des Asteroiden
- Exaktes Vermessen einer Sternbedeckung durch den Asteroiden (Das ergibt aber nur den während der Sternbedeckung sichtbaren Durchmesser. Das bedeutet, dass ein sehr lang gezogener Asteroid in dem Moment nur seine schmalste bzw. längste Ausdehnung zeigen könnte, was keinen Rückschluss auf den mittleren Durchmesser zulässt.)

7.8. Abschliessende Ergebnisse

Abschliessend können die am Anfang der Arbeit formulierten Fragestellungen gut beantwortet werden:

Ja, auch als Amateurastronom kann man Wissenschaft betreiben (nebst den „schönen“ Bildern, wenn man dies bereits als Wissenschaft bezeichnet). Hier wurde auch nur ein kleiner Teil der Möglichkeiten wirklich detailliert behandelt. Die Charakterisierung von Asteroiden ist ebenfalls sehr gut möglich. Dies beschränkt sich jedoch hauptsächlich auf Eigenschaften, welche astrometrisch oder photometrisch bestimmt werden können.

Für Spektroskopie sind die meisten Asteroiden schlichtweg zu lichtschwach. Hinzu kommt, dass Spektren dieser Himmelskörper eher weniger durch Absorptionslinien, sondern vielmehr durch die Gesamtform des Spektrums (s. Abb. 6) klassifiziert werden. Und da befindet sich der Grossteil des Spektrums ausserhalb des Spektralbereichs der von mir benutzten Kamera (man vergleiche die Bereiche: Abb. 6 & 30). Man benötigte dafür eine Kamera, welche im langwelligeren Bereich des Infraroten immer noch empfindlich wäre.

Es wäre jedoch in Zukunft einen Versuch wert zu versuchen, den spektralen Unterschied zwischen dem Kleinplaneten (1) Ceres und dem hellen Asteroiden (4) Vesta nachweisen zu können.

Die astrometrischen und photometrischen Ergebnisse können verbessert werden, indem mehr Daten gesammelt werden. Durch einen längeren Beobachtungszeitraum kann ein Orbit genauer bestimmt werden, und durch mehr Lichtkurven kann eher eine passende Rotationsperiode gefunden oder eine vermutete bestätigt werden.

Ob die Methoden von Mikko Kaasalainen von Amateurastronomen ausführbar sind, ist mir nicht bekannt. Wenn ja, würde dies sogar das Bestimmen der Form des Asteroiden erlauben.

Die ASI 174 MM könnte vermehrt zur Photometrie eingesetzt werden. Dies natürlich mit optimierten Aufnahmeeinstellungen. Der Grundgedanke, mehr Datenpunkte in der gleichen Zeit zu sammeln, ist sicherlich ein Schlüssel zu einer Qualitätssteigerung.

Ausserdem können jegliche astrometrischen und photometrischen Daten von Asteroiden dem „Minor Planet Center (MPC)“ [42] zur Verfügung gestellt werden. Dazu muss man vom MPC anerkannt sein, korrekte und zuverlässige Daten zu erheben. Ich bin dies zum aktuellen Zeitpunkt nicht.

Somit wäre auch die Frage beantwortet, ob Amateurastronomen noch etwas Relevantes zur Wissenschaft beitragen können. Die astrometrischen und photometrischen Messungen werden von Wissenschaftlern verwendet, um diese Kleinkörper zu charakterisieren. Diese Daten können hilfreich sein für künftige Raumfahrtmissionen, welche diese Asteroiden erforschen sollen. Das Bestimmen des Orbits von neu entdeckten Objekten kann relevant werden, sofern ein naher Erdvorbeiflug oder sogar eine Kollision zu befürchten ist.

Die Anzahl von Asteroiden ist auch viel zu gross, als dass man sie alle mit professionellen Geräten beobachten und überwachen könnte.

Mit einer gewissen Beharrlichkeit könnten Amateurastronomen sogar einen Asteroiden (oder Kometen) neu entdecken.

Es gibt in diesem Bereich auf jeden Fall auch heute noch eine Zusammenarbeit/Verbindung zwischen professioneller und Amateurastronomie.

8. Abkürzungsverzeichnis

| <u>Abkürzung</u> | <u>Erläuterung</u> |
|------------------|----------------------------|
| AE | Astronomische Einheit |
| DSLR | digital single-lens reflex |
| JD | Julianisches Datum |
| JPL | Jet Propulsion Laboratory |
| SNR | Signal-to-noise ratio |
| MPC | Minor Planet Center |

9. Glossar

Absolute Helligkeit Helligkeit eines Objektes in einer definierten Entfernung zum Beobachter. So kann die Helligkeit oder Leuchtkraft mehrerer Objekte verglichen werden, ohne Einfluss der Entfernungen. Beispiel: Die Sonne erscheint bei Weitem heller als die restlichen Sterne am Himmel, obwohl viele davon absolut betrachtet leuchtstärker sind.

Albedo Aussage wie viel des einfallenden Lichtes von einer Oberfläche (zum Beispiel der eines Asteroiden) wieder zurückgeworfen wird. Beispiel: Eine Albedo von 0,15 bedeutet, dass 15% des auftreffenden Lichtes zurückgestrahlt werden.

Astronomische Einheit Die durchschnittliche Distanz zwischen Erde und Sonne. Wird in der Astronomie oft als Mass für Distanzen innerhalb von Sonnensystemen (in unserem eigenen und auch in Planetensystemen um andere Sterne) verwendet, da diese Einheit bei solchen Grössenordnungen handlicher ist als Kilometer.

1 AE = 149'597'870 km [43] (\approx 150 Mio. km)

Autoguider → s. Stand Alone Autoguider

Brennweite Die Distanz zwischen dem ersten optischen Element (Hauptspiegel bei einem Reflektor, Objektiv bei einem Refraktor) im Strahlengang eines Teleskops und dem Fokuspunkt.

Chromatische Aberration „[...] ein Abbildungsfehler optischer Linsen, der dadurch entsteht, dass Licht unterschiedlicher Wellenlänge oder Farbe verschieden stark gebrochen wird.“ [44] Äussert sich beispielsweise in Farbrändern an Konturen in Bildern.

digital single-lens reflex Englische Bezeichnung für eine Spiegelreflexkamera mit digitalem Bildsensor. [45]

Ekliptik Ebene, in welcher sich die Erde um die Sonne dreht. Von der Erde aus am Himmel sichtbar als eine Linie, auf welcher die Sonne innerhalb eines Jahres entlangwandert.

Epoche Bestimmter Zeitpunkt, für den die Bahnelemente gelten. Aufgrund von gegenseitigen Bahnstörungen zwischen Planeten, Asteroiden etc. können diese ständig ändern. [2] Die wahre Anomalie ist zwangsläufig direkt mit der Epoche verknüpft.

Gain Gain ist vergleichbar mit dem Begriff ISO. Durch verändern dieser Werte kann die Empfindlichkeit der Kamera eingestellt werden. Ein grösserer Wert ermöglicht also eine kürzere Belichtungszeit.

H α Emissionslinie von angeregtem Wasserstoff mit einer Wellenlänge von 656,3 nm [8].

Hauptspiegel Grösster Spiegel eines Spiegelteleskops, welcher das einfallende Licht als erstes beeinflusst.

Jet Propulsion Laboratory Eine zum California Institute of Technology (Caltech) gehörende Forschungseinrichtung mit diversen Aufgaben im Bereich der Astronomie und Raumfahrt (zum Beispiel Bauen und Steuern von Raumsonden). [46]

Julianisches Datum „Eine in den Naturwissenschaften gebräuchliche Tageszählung. Es gibt die Zeit in Tagen an, die seit dem 1. Januar -4712 (4713 v. Chr.) 12:00 Uhr vergangen ist.“ [47]

Koma-Korrektor Linse, die Abbildungsfehler (Koma) eines Newton-Teleskops korrigiert.

Off-Axis Guider Der Off-Axis Guider besteht grob gesagt aus einem kleinen Prisma, welches zwischen Aufnahmekamera und Teleskop verbaut wird. Dieses ermöglicht das Abzweigen eines kleinen, ungenutzten Teils des Lichts, welches mit der Aufnahmeoptik eingesammelt wird. Daran kann ein Autoguider befestigt werden, welcher dann die Hauptoptik für das Guiding verwenden kann und kein Leitrohr (zusätzliches, parallel zur Hauptoptik montierte Optik) benötigt, was einige Vorteile mit sich bringt.

Öffnungsverhältnis Das Verhältnis $\frac{\text{Brennweite}}{\text{Öffnung}}$ bei Teleskopen. Vergleichbar mit der Blende eines Kameraobjektives. Je tiefer die Zahl, desto lichtstärker die Optik. Je lichtstärker ein Teleskop, desto heller ist das fotografierte Objekt bei gleicher Belichtungszeit.

Parallaxe „Winkel, der entsteht, wenn ein Objekt von zwei verschiedenen Standorten aus betrachtet wird, und der als scheinbare Verschiebung des Objekts vor dem Hintergrund zu beobachten ist“ [48]

Reflektor Spiegelteleskop

Refraktor Linsenteleskop (Fernrohr)

Residuen (Einzahl: Residuum) Differenzen zwischen den einzelnen realen Messwerten und der Regressionsfunktion. Sie kommen durch Messungenauigkeiten und -fehler zustande.

Signal-to-noise ratio „Signal-Rausch-Verhältnis“; besagt, wie sehr (kleine Zahl)/wenig (grosse Zahl) das eigentliche Signal, welches gemessen wird, im Rauschen untergeht. In der Photometrie eines Asteroiden sollte dieses Verhältnis >10 betragen. Dies ist eine grobe Faustregel, um noch brauchbare Ergebnisse zu erzielen.

Stand Alone Autoguider Der Autoguider ist ein Gerät, welches mittels einer Kamera die Nachführungsqualität der Montierung überprüft. Hierbei wird ein Stern im Bildfeld beobachtet und seine Bewegung gemessen. Wenn eine grössere Bewegung registriert wird, werden Korrekturbefehle an die Montierung gesendet. Dies ermöglicht runde Sterne bei langer Belichtungszeit. „Stand Alone“ bedeutet in diesem Kontext, dass der Autoguider autonom ohne PC operieren kann.

Umlaufzeit Zeit, die ein Objekt benötigt, um die Sonne einmal zu umrunden. Im Falle von Monden ist „die Sonne“ mit „den Planeten“ zu ersetzen.

10. Quellen- und Literaturverzeichnis

Literatur

- [1] R. Dymock, *Asteroids and Dwarf Planets, and How to Observe Them*. New York: Springer Science+Business Media, 2010, ISBN: 978-1-4419-6438-0.
- [2] E. Wischnewski, *Astronomie in Theorie und Praxis*, 6. Aufl. Kaltenkirchen: Wischnewski, 2013, ISBN: 978-3-00-040524-2.
- [3] "Modalanalytiker". (). File:BahnelementeEllipse.svg, Adresse: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=33729773> (besucht am 10. 10. 2017).
- [4] (). Bahnelement, Adresse: <https://de.wikipedia.org/wiki/Bahnelement> (besucht am 07. 10. 2017).
- [5] B. D. Warner, *A practical guide to lightcurve photometry and analysis*. New York: Springer Science+Business Media, 2006, ISBN: 978-0-387-29365-3.
- [6] E. Budding und O. Demircan, *Introduction to astronomical photometry*, 2. Aufl. Cambridge: Cambridge University Press, 2007, ISBN: 978-0-521-84711-7.
- [7] (). Spektroskopie, Adresse: <https://de.wikipedia.org/wiki/Spektroskopie> (besucht am 12. 10. 2017).
- [8] K. M. Harrison, *Astronomical Spectroscopy for Amateurs*. New York: Springer Science+Business Media, 2011, ISBN: 978-1-4419-7238-5.
- [9] H. Y. M. Jr. und G. R. Huss, *Cosmochemistry*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010, ISBN: 978-0-521-87862-3.
- [10] Astronomisches Institut der National Tsing Hua Universität. (). Ch 05-03 Kirchhoff's law and Spectral lines, Adresse: <http://crab0.astr.nthu.edu.tw/~hchang/ga1/ch05-03.htm> (besucht am 12. 10. 2017).
- [11] S. Noël. (). Water Vapour Retrieval using AMC-DOAS, Adresse: <http://www.iup.uni-bremen.de/amcdoas/> (besucht am 13. 10. 2017).
- [12] (), Adresse: <http://hildaandtrojanasteroids.net/Asteroidtypes.jpg> (besucht am 13. 10. 2017).
- [13] (), Adresse: <http://www.rothervalleyoptics.co.uk/user/products/large/10220.jpg> (besucht am 06. 10. 2017).
- [14] (), Adresse: <https://foto-zumstein.ch/de/sky-watcher-eq6-pro-synscan-montierung.html> (besucht am 17. 03. 2018).
- [15] (), Adresse: <https://www.teleskop-express.de/shop/Bilder/shop/Lacerta/autoguider/m-gen-autoguider-1000.jpg> (besucht am 17. 03. 2018).
- [16] (), Adresse: <https://www.astro-shop.com/komp/Canon-EOS-600D-Body-modifiziert-fuer-Infrarotfotografie.jpg> (besucht am 06. 10. 2017).
- [17] (), Adresse: http://nimax-img.de/Produktbilder/zoom/46787_1/ZW0-Kamera-ASI-174-MM-Mono.jpg (besucht am 06. 10. 2017).
- [18] (). The Star Analyser SA-100, SA-200, Adresse: <http://www.rspect-astro.com/star-analyser/> (besucht am 06. 10. 2017).
- [19] T. Edelmann. (). FireCapture, Adresse: <http://www.firecapture.de/> (besucht am 07. 10. 2017).
- [20] (), Adresse: http://www.firecapture.de/images/background_firecapture.jpg (besucht am 07. 10. 2017).

- [21] H. Raab. (). Astrometrica, Adresse: <http://www.astrometrica.at/> (besucht am 07.10.2017).
- [22] (). Minor Planet Center, Adresse: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/mpc.html> (besucht am 07.10.2017).
- [23] (), Adresse: <http://www.astrometrica.at/Logo.jpg> (besucht am 06.10.2017).
- [24] F. T. Systems. (). Rspec, Adresse: <https://www.rspec-astro.com/> (besucht am 07.10.2017).
- [25] (), Adresse: https://www.rspec-astro.com/wp-content/themes/rspecastro/images/RSpec_logo_wide2.jpg (besucht am 07.10.2017).
- [26] (). Project pluto, Adresse: <https://www.projectpluto.com/> (besucht am 07.10.2017).
- [27] G. Benegiamo. (). FindOrb, Adresse: <http://www.castfvg.it/zzzz/software/FindOrb.htm> (besucht am 08.10.2017).
- [28] M. Busch. (). EasySky - Das Planetarium auf Ihrem PC, Adresse: <http://www.easysky.de/> (besucht am 25.03.2018).
- [29] (), Adresse: <http://www.easysky.de/pics/splash.jpg> (besucht am 25.03.2018).
- [30] (). MINOR PLANET CENTER ORBIT DATABASE (MPCORB), Adresse: <https://www.minorplanetcenter.net/iau/MPCORB/MPCORB.DAT> (besucht am 18.03.2018).
- [31] B. L. Gary. (). BRUCE L. GARY, Adresse: <http://brucegary.net/resume.html> (besucht am 02.10.2017).
- [32] —, (). Near Earth Asteroid (436724) 2011 UW158 Light Curve and Other Optical Observations, Adresse: <http://www.brucegary.net/UW158/> (besucht am 02.10.2017).
- [33] (). 1967 Menzel (A905 VC), Adresse: <https://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=1967> (besucht am 08.10.2017).
- [34] D. Monet, S. Levine, B. Canzian, H. Ables, A. Bird, C. Dahn, H. Guetter, H. Harris, A. Henden, S. Leggett, H. Levison, C. Luginbuhl, J. Martini, A. Monet, J. Munn, J. Pier, A. Rhodes, B. Riepe, S. Sell, R. Stone, F. Vrba, R. Walker, G. Westerhout, R. Brucato, N. Reid, W. Schoening, M. Hartley, M. Read und S. Tritton. (). The USNO-B1.0 Catalog, Adresse: <http://tdc-www.harvard.edu/catalogs/ub1.html> (besucht am 23.03.2018).
- [35] H. Raab. (). Star Catalogs for Astrometrica, Adresse: <http://www.astrometrica.at/default.html?catalogs.html> (besucht am 23.03.2018).
- [36] (). Minor Planet and Comet Ephemeris Service, Adresse: <https://www.minorplanetcenter.net/iau/MPEph/MPEph.html> (besucht am 24.03.2018).
- [37] SDSS. (). Spectral cross-correlation templates, Adresse: <http://classic.sdss.org/dr5/algorithms/spectemplates/> (besucht am 13.10.2017).
- [38] N. Reid. (). M dwarfs, L dwarfs and T dwarfs, Adresse: <http://www.stsci.edu/~inr/ldwarf.html> (besucht am 13.10.2017).
- [39] J. Ferreira. (). Low Resolution Stellar Spectroscopy with Slit and Slitless Spectrographs, Adresse: <http://www.lafterhall.com/spectroscopy.html> (besucht am 13.10.2017).
- [40] B. D. Warner. (). ALCDEF Asteroid Lightcurve Photometry Database, Adresse: <http://alcdef.org/> (besucht am 14.10.2017).
- [41] (). 3760 Poutanen (1984 AQ), Adresse: <https://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=3760> (besucht am 06.10.2017).
- [42] (). Minor Planet Center, Adresse: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/mpc.html> (besucht am 13.10.2017).
- [43] (). Astronomische Einheit, Adresse: <http://www.spektrum.de/lexikon/physik/astronomische-einheit/825> (besucht am 06.10.2017).

- [44] (). Chromatische Aberration, Adresse:
https://de.wikipedia.org/wiki/Chromatische_Aberration (besucht am 13.10.2017).
- [45] (). Spiegelreflexkamera, Adresse: <https://de.wikipedia.org/wiki/Spiegelreflexkamera>
(besucht am 06.10.2017).
- [46] (). Jet Propulsion Laboratory, Adresse:
https://de.wikipedia.org/wiki/Jet_Propulsion_Laboratory (besucht am 06.10.2017).
- [47] (). Julianisches Datum, Adresse: https://de.wikipedia.org/wiki/Julianisches_Datum
(besucht am 06.10.2017).
- [48] (). Parallaxe, Adresse: <http://www.duden.de/rechtschreibung/Parallaxe> (besucht am
14.10.2017).
- [49] (). Asteroid, Adresse:
<https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/dictionary/Asteroid.html> (besucht
am 06.10.2017).

11. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Moderation des Raumfahrttages der AJB 2017; Foto von P. Pelkonen | 6 |
| 2. | Bahnelemente einer Ellipse [3] | 8 |
| 3. | „The Johnson UBV standard. The plot shows the response in the three colors of the UBV system and that of the human eye.“ [5] (nachgebildet und Kurven eingefärbt) | 10 |
| 4. | Die drei Arten von Spektren [10] | 11 |
| 5. | Die verschiedenen Tholen-Klassen für Asteroiden [12] | 13 |
| 6. | Vergleiche zwischen Reflektionsspektren von Asteroiden (schwarze Punkte und Kurven) und Meteoriten (graue Kurven) [9] | 13 |
| 7. | Skywatcher 8" f5 Newton [13] | 14 |
| 8. | NEQ6 Pro Montierung [14] | 14 |
| 9. | Lacerta MGEN Autoguiden [15] | 14 |
| 10. | Canon 600D [16] | 14 |
| 11. | ASI174MM CMOS-Kamera [17] | 15 |
| 12. | Star Analyser 100 [18] | 15 |
| 13. | FireCapture [20] | 15 |
| 14. | Astrometrica [23] | 15 |
| 15. | Rspec [25] | 15 |
| 16. | Find_Orb [27] | 16 |
| 17. | EasySky [29] | 16 |
| 18. | Teleskop aufgebaut im eigenen Garten; Aufnahme des Autors | 16 |
| 19. | Orbit (2068) Dangreen, F. Mast; Position des Asteroiden am Datum der Erstbeobachtung (27.12.2016, 21:00 UT) | 18 |
| 20. | Orbit (3760) Poutanen, F. Mast; Position des Asteroiden am Datum der Erstbeobachtung (25.05.2017, 21:00 UT) | 19 |
| 21. | Orbit (1967) Menzel, F. Mast; Position des Asteroiden am Datum der Erstbeobachtung (21.04.2017, 21:00 UT) | 20 |
| 22. | Helligkeitsmessungen des Asteroiden (1967) Menzel vom 21./22. April 2017 | 21 |
| 23. | Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 25./26. Mai 2017 | 22 |
| 24. | Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 27./28. Mai 2017 | 22 |
| 25. | Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 17./18. Juni 2017 | 23 |
| 26. | Lichtkurve des Asteroiden (5001) EMP vom 03./04. Juli 2017 | 23 |
| 27. | Lichtkurve des Asteroiden (5001) EMP vom 04./05. Juli 2017 | 24 |
| 28. | Lichtkurve des Asteroiden (5001) EMP vom 05./06. Juli 2017 | 24 |
| 29. | Spektrum des Asteroiden (3)Juno | 25 |
| 30. | Spektrum des Sterns α Lyrae (Vega) | 25 |
| 31. | Selbst gemessenes Spektrum (rot) des Sterns α Lyrae (Vega) im Vergleich zum offiziellen Spektrum (blau) | 26 |
| 32. | Spektrum des Sterns μ Cephei | 26 |
| 33. | Spektrum des Planeten Uranus | 27 |
| 34. | Spektrum des Planeten Neptun | 27 |
| 35. | Offizieller und selbst berechneter Orbit des Asteroiden (2068) Dangreen, Positionen bei Datum der Erstbeobachtung eingezeichnet (27.12.2016, 21:00 UT) | 28 |
| 36. | Offizieller und selbst berechneter Orbit des Asteroiden (1967) Menzel, Positionen bei Datum der Erstbeobachtung eingezeichnet (21.04.2017, 21:00 UT) | 29 |
| 37. | Lichtkurve des Asteroiden (1967) Menzel vom 21./22. April 2017 | 30 |
| 38. | Ermittelte Rotationsperiode mittels Kurvenanpassung der Lichtkurve des Asteroiden (1967) Menzel vom 21./22. April 2017 | 30 |

| | | |
|-----|---|----|
| 39. | Offizieller und selbst berechneter Orbit des Asteroiden (3760) Poutanen, Positionen bei Datum der Erstbeobachtung eingezeichnet (25.05.2017, 21:00 UT) | 31 |
| 40. | Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 25./26. Mai 2017 | 32 |
| 41. | Ermittelte Rotationsperiode mittels Kurvenanpassung der Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 25./26. Mai 2017 | 32 |
| 42. | Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 27./28. Mai 2017 | 32 |
| 43. | Ermittelte Rotationsperiode mittels Kurvenanpassung der Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 27./28. Mai 2017 | 33 |
| 44. | Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 17./18. Juni 2017 | 33 |
| 45. | Ermittelte Rotationsperiode mittels Kurvenanpassung der Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen vom 17./18. Juni 2017 | 33 |
| 46. | Kombinierte Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen (25./26. Mai und 17./18. Juni 2017) | 34 |
| 47. | Ermittelte Rotationsperiode mittels Kurvenanpassung der kombinierten Lichtkurve des Asteroiden (3760) Poutanen | 34 |
| 48. | Lichtkurve des Asteroiden (5001) EMP vom 03./04. Juli 2017 | 34 |
| 49. | Lichtkurve des Asteroiden (5001) EMP vom 04./05. Juli 2017 | 35 |
| 50. | Lichtkurve des Asteroiden (5001) EMP vom 05./06. Juli 2017 | 35 |
| 51. | Ermittelte Rotationsperiode mittels Kurvenanpassung der Lichtkurve des Asteroiden (5001) EMP vom 05./06. Juli 2017 | 35 |
| 52. | Aufgrund der drei Sternkatalogen ermittelte Rektaszension des Asteroiden (3760) Poutanen in der Nacht vom 25. auf den 26. Mai 2017 im Vergleich mit den offiziellen Ephemeriden des MPC[36] | 37 |
| 53. | Aufgrund der drei Sternkatalogen ermittelte Deklination des Asteroiden (3760) Poutanen in der Nacht vom 25. auf den 26. Mai 2017 im Vergleich mit den offiziellen Ephemeriden des MPC[36] | 38 |
| 54. | Aufgrund der drei Sternkatalogen ermittelte Helligkeit des Asteroiden (3760) Poutanen in der Nacht vom 25. auf den 26. Mai 2017. | 39 |
| 55. | Beziehung zwischen der Rotationsfrequenz und dem Durchmesser von Asteroiden; eingezeichnet wurden die selbst bestimmten Rotationsfrequenzen [40] | 43 |

Titelbild: Asteroid (4) Vesta, aufgenommen von der Raumsonde DAWN [49], zusammen mit einem 3D-Modell eines Orbits, einem Helligkeitsdiagramm eines Asteroiden und einem Spektrum, welche alle im Rahmen dieser Arbeit vom Autor erstellt wurden.

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Beispiele aus der Magnitudenskala [2] | 9 |
| 2. | Auflistung der wichtigsten Absorptionslinien der Erdatmosphäre [8][11] | 12 |
| 3. | Auflistung der Absorptionslinien der Balmer-Serie [8] | 12 |
| 4. | Berechnete Bahnelemente aufgrund eigener Beobachtungen des Asteroiden (2068) Dangreen | 18 |
| 5. | Berechnete Bahnelemente aufgrund eigener Beobachtungen des Asteroiden (3760) Poutanen | 19 |
| 6. | Berechnete Bahnelemente aufgrund eigener Beobachtungen des Asteroiden (1967) Menzel | 20 |
| 7. | Vergleich zwischen den Bahnelementen aufgrund eigener Beobachtungen und Literaturwerten (MPC) des Asteroiden (2068) Dangreen | 28 |
| 8. | Vergleich zwischen den Bahnelementen aufgrund eigener Beobachtungen und Literaturwerten (MPC) des Asteroiden (1967) Menzel | 29 |
| 9. | Vergleich zwischen den Bahnelementen aufgrund eigener Beobachtungen und Literaturwerten (MPC) des Asteroiden (3760) Poutanen | 31 |
| 10. | Beschriftung der Absorptionslinien im Spektrum von (3) Juno (Abb. 29) [11] | 40 |
| 11. | Beschriftung der gemessenen Absorptionslinien im Spektrum von α Lyrae (Vega) (Abb. 30) [8] | 40 |
| 12. | Beschriftung der gemessenen Absorptionslinien im Spektrum von μ Cephei (Abb. 32) [37][11][38] | 41 |
| 13. | Beschriftung der gemessenen Absorptionslinien im Spektrum von Uranus (Abb. 33) [8][39][11] | 41 |
| 14. | Beschriftung der gemessenen Absorptionslinien im Spektrum von Neptun (Abb. 34) [8][39][11] | 42 |
| 15. | Auflistung aller Beobachtungsdaten für diese Arbeit | 53 |

12. Anhänge

A. Beobachtungsdaten

| Datum | Beobachtungsziel | Werkzeug |
|-------------|---|----------|
| <i>2016</i> | | |
| 27./28. Dez | (2068) Dangreen, (1976) Kaverin | A |
| 28./29. Dez | (2068) Dangreen, (1976) Kaverin | A, P |
| 29./30. Dez | (2068) Dangreen, (1976) Kaverin, (12561) Howard | A |
| <i>2017</i> | | |
| 06./07. Jan | (2068) Dangreen, (1976) Kaverin, (1627) Ivar, (13) Egeria | A |
| 18./19. Feb | (2068) Dangreen | A |
| 21./22. Apr | (1967) Menzel | A, P |
| 25./26. Mai | (3760) Poutanen, (5461) Autumn, (9855) 1991 CU | A, P |
| 27./28. Mai | (3760) Poutanen | A, P |
| 10./11. Jun | M57, C/2015 V2, Jupiter, Saturn, α Cygni, β Cygni, α Bootis, α Lyrae | S |
| 17./18. Jun | (3760) Poutanen | A, P |
| 19./20. Jun | Saturn + Titan, α Cygni, β Cygni, α Aquilae, α Bootis, α Lyrae, μ Cep | S |
| 03./04. Jul | (5001) EMP | A, P |
| 04./05. Jul | (5001) EMP | A, P |
| 05./06. Jul | (5001) EMP | A, P |
| 17./18. Jul | (3) Juno, Uranus, Neptun, α Cygni, α Lyrae, μ Cep | S |

Mit den zwei Daten sind jeweils die Nächte zwischen den jeweiligen Tagen gemeint.
A = Astrometrie, P = Photometrie, S = Spektroskopie

Tab. 15: Auflistung aller Beobachtungsdaten für diese Arbeit

B. Rohdaten Messergebnisse Astrometrie

B.1. (2068) Dangreen

| Asteroid-Nr. | Datum | Rektaszension | Deklination |
|--------------|------------------|---------------|--------------|
| 02068 | 2016 12 28.16397 | 06 27 51.810 | +23 27 45.36 |
| 02068 | 2016 12 28.16759 | 06 27 51.618 | +23 27 46.63 |
| 02068 | 2016 12 28.17120 | 06 27 51.392 | +23 27 47.59 |
| 02068 | 2016 12 28.17481 | 06 27 51.138 | +23 27 48.65 |
| 02068 | 2016 12 28.17843 | 06 27 50.915 | +23 27 49.46 |
| 02068 | 2016 12 28.18204 | 06 27 50.732 | +23 27 50.92 |
| 02068 | 2016 12 28.81350 | 06 27 12.098 | +23 31 43.93 |
| 02068 | 2016 12 28.81736 | 06 27 11.857 | +23 31 45.50 |
| 02068 | 2016 12 28.82292 | 06 27 11.537 | +23 31 47.14 |
| 02068 | 2016 12 28.82846 | 06 27 11.172 | +23 31 49.81 |
| 02068 | 2016 12 28.83402 | 06 27 10.859 | +23 31 51.71 |
| 02068 | 2016 12 28.83958 | 06 27 10.430 | +23 31 53.68 |
| 02068 | 2016 12 28.84515 | 06 27 10.134 | +23 31 55.75 |
| 02068 | 2016 12 28.84814 | 06 27 09.938 | +23 31 56.62 |
| 02068 | 2016 12 28.85369 | 06 27 09.598 | +23 31 58.42 |
| 02068 | 2016 12 28.85924 | 06 27 09.247 | +23 32 00.78 |
| 02068 | 2016 12 28.86479 | 06 27 08.873 | +23 32 03.18 |
| 02068 | 2016 12 28.87036 | 06 27 08.548 | +23 32 04.91 |
| 02068 | 2016 12 28.87591 | 06 27 08.183 | +23 32 07.04 |
| 02068 | 2016 12 28.88147 | 06 27 07.828 | +23 32 09.10 |
| 02068 | 2016 12 28.88703 | 06 27 07.465 | +23 32 11.00 |
| 02068 | 2016 12 28.89258 | 06 27 07.137 | +23 32 13.27 |
| 02068 | 2016 12 28.89814 | 06 27 06.773 | +23 32 15.55 |
| 02068 | 2016 12 28.90369 | 06 27 06.407 | +23 32 17.21 |
| 02068 | 2016 12 28.90924 | 06 27 06.053 | +23 32 19.69 |
| 02068 | 2016 12 28.91480 | 06 27 05.732 | +23 32 21.50 |
| 02068 | 2016 12 28.92036 | 06 27 05.363 | +23 32 24.03 |
| 02068 | 2016 12 28.92590 | 06 27 05.007 | +23 32 25.56 |
| 02068 | 2016 12 28.93147 | 06 27 04.652 | +23 32 27.64 |
| 02068 | 2016 12 28.93703 | 06 27 04.304 | +23 32 29.67 |
| 02068 | 2016 12 28.94257 | 06 27 03.948 | +23 32 31.68 |
| 02068 | 2016 12 28.94813 | 06 27 03.594 | +23 32 33.82 |
| 02068 | 2016 12 28.95369 | 06 27 03.230 | +23 32 35.70 |
| 02068 | 2016 12 28.95925 | 06 27 02.878 | +23 32 38.13 |
| 02068 | 2016 12 28.96480 | 06 27 02.542 | +23 32 39.52 |
| 02068 | 2016 12 28.97035 | 06 27 02.185 | +23 32 42.01 |
| 02068 | 2016 12 28.97591 | 06 27 01.826 | +23 32 44.36 |
| 02068 | 2016 12 28.98147 | 06 27 01.499 | +23 32 45.69 |
| 02068 | 2016 12 28.98703 | 06 27 01.141 | +23 32 48.26 |
| 02068 | 2016 12 28.99325 | 06 27 00.739 | +23 32 50.10 |
| 02068 | 2016 12 28.99881 | 06 27 00.355 | +23 32 52.36 |
| 02068 | 2016 12 29.00436 | 06 27 00.008 | +23 32 54.40 |
| 02068 | 2016 12 29.00992 | 06 26 59.654 | +23 32 56.39 |
| 02068 | 2016 12 29.01547 | 06 26 59.302 | +23 32 58.44 |
| 02068 | 2016 12 29.02103 | 06 26 58.939 | +23 33 00.27 |
| 02068 | 2016 12 29.02659 | 06 26 58.609 | +23 33 02.34 |
| 02068 | 2016 12 29.03214 | 06 26 58.251 | +23 33 04.48 |

| Asteroid-Nr. | Datum | Rektaszension | Deklination |
|--------------|------------------|---------------|--------------|
| 02068 | 2016 12 29.03770 | 06 26 57.892 | +23 33 06.48 |
| 02068 | 2016 12 29.04325 | 06 26 57.536 | +23 33 08.50 |
| 02068 | 2016 12 29.85655 | 06 26 07.484 | +23 38 04.99 |
| 02068 | 2016 12 29.86211 | 06 26 07.118 | +23 38 07.05 |
| 02068 | 2016 12 29.86766 | 06 26 06.790 | +23 38 09.10 |
| 02068 | 2016 12 29.87322 | 06 26 06.428 | +23 38 11.10 |
| 02068 | 2016 12 29.87877 | 06 26 06.095 | +23 38 13.38 |
| 02068 | 2016 12 29.88433 | 06 26 05.721 | +23 38 15.30 |
| 02068 | 2016 12 29.88988 | 06 26 05.402 | +23 38 17.25 |
| 02068 | 2016 12 29.89544 | 06 26 05.018 | +23 38 19.35 |
| 02068 | 2016 12 29.90100 | 06 26 04.671 | +23 38 22.21 |
| 02068 | 2016 12 29.90655 | 06 26 04.329 | +23 38 23.56 |
| 02068 | 2016 12 29.91211 | 06 26 03.951 | +23 38 24.79 |
| 02068 | 2016 12 29.91766 | 06 26 03.605 | +23 38 27.54 |
| 02068 | 2016 12 29.92322 | 06 26 03.256 | +23 38 29.46 |
| 02068 | 2016 12 29.92877 | 06 26 02.903 | +23 38 31.57 |
| 02068 | 2017 01 06.83865 | 06 18 04.555 | +24 24 55.99 |
| 02068 | 2017 01 06.84216 | 06 18 04.342 | +24 24 57.24 |
| 02068 | 2017 01 06.84568 | 06 18 04.144 | +24 24 58.35 |
| 02068 | 2017 01 06.84909 | 06 18 03.936 | +24 24 59.48 |
| 02068 | 2017 01 06.85259 | 06 18 03.723 | +24 25 00.71 |
| 02068 | 2017 01 06.85611 | 06 18 03.520 | +24 25 01.94 |
| 02068 | 2017 01 06.83865 | 06 18 04.555 | +24 24 55.99 |
| 02068 | 2017 01 06.84216 | 06 18 04.342 | +24 24 57.24 |
| 02068 | 2017 01 06.84568 | 06 18 04.144 | +24 24 58.35 |
| 02068 | 2017 01 06.84909 | 06 18 03.936 | +24 24 59.48 |
| 02068 | 2017 01 06.85259 | 06 18 03.723 | +24 25 00.71 |
| 02068 | 2017 01 06.85611 | 06 18 03.520 | +24 25 01.94 |
| 02068 | 2017 02 18.90237 | 05 59 00.356 | +27 23 00.12 |
| 02068 | 2017 02 18.90728 | 05 59 00.412 | +27 23 00.98 |
| 02068 | 2017 02 18.91219 | 05 59 00.464 | +27 23 01.84 |
| 02068 | 2017 02 18.91708 | 05 59 00.517 | +27 23 02.54 |

B.2. (3760) Poutanen

| Asteroid-Nr. | Datum | Rektaszension | Deklination |
|--------------|------------------|---------------|--------------|
| 03760 | 2017 05 25.84031 | 15 27 46.858 | -01 57 30.34 |
| 03760 | 2017 05 25.84325 | 15 27 46.720 | -01 57 30.79 |
| 03760 | 2017 05 25.84619 | 15 27 46.553 | -01 57 31.44 |
| 03760 | 2017 05 25.84913 | 15 27 46.393 | -01 57 32.08 |
| 03760 | 2017 05 25.85207 | 15 27 46.263 | -01 57 32.69 |
| 03760 | 2017 05 25.85501 | 15 27 46.102 | -01 57 33.13 |
| 03760 | 2017 05 25.86089 | 15 27 45.771 | -01 57 34.32 |
| 03760 | 2017 05 25.86383 | 15 27 45.621 | -01 57 34.87 |
| 03760 | 2017 05 25.86677 | 15 27 45.467 | -01 57 35.42 |
| 03760 | 2017 05 25.86971 | 15 27 45.312 | -01 57 36.00 |
| 03760 | 2017 05 25.87265 | 15 27 45.169 | -01 57 36.47 |
| 03760 | 2017 05 25.87559 | 15 27 45.000 | -01 57 37.16 |
| 03760 | 2017 05 25.87853 | 15 27 44.848 | -01 57 37.68 |
| 03760 | 2017 05 25.88147 | 15 27 44.694 | -01 57 38.23 |
| 03760 | 2017 05 25.88441 | 15 27 44.540 | -01 57 38.79 |
| 03760 | 2017 05 25.88735 | 15 27 44.364 | -01 57 39.38 |
| 03760 | 2017 05 25.89029 | 15 27 44.230 | -01 57 39.99 |
| 03760 | 2017 05 25.89323 | 15 27 44.074 | -01 57 40.56 |
| 03760 | 2017 05 25.90008 | 15 27 43.707 | -01 57 41.90 |
| 03760 | 2017 05 25.90302 | 15 27 43.535 | -01 57 42.35 |
| 03760 | 2017 05 25.90596 | 15 27 43.424 | -01 57 43.20 |
| 03760 | 2017 05 25.90890 | 15 27 43.248 | -01 57 43.68 |
| 03760 | 2017 05 25.91184 | 15 27 43.088 | -01 57 44.19 |
| 03760 | 2017 05 25.91772 | 15 27 42.775 | -01 57 45.35 |
| 03760 | 2017 05 25.92066 | 15 27 42.612 | -01 57 45.95 |
| 03760 | 2017 05 25.92654 | 15 27 42.312 | -01 57 47.02 |
| 03760 | 2017 05 25.92948 | 15 27 42.158 | -01 57 47.58 |
| 03760 | 2017 05 25.93536 | 15 27 41.839 | -01 57 48.73 |
| 03760 | 2017 05 25.93910 | 15 27 41.645 | -01 57 49.52 |
| 03760 | 2017 05 25.94204 | 15 27 41.486 | -01 57 50.10 |
| 03760 | 2017 05 25.94498 | 15 27 41.335 | -01 57 50.66 |
| 03760 | 2017 05 25.94792 | 15 27 41.193 | -01 57 50.86 |
| 03760 | 2017 05 25.95086 | 15 27 41.034 | -01 57 51.82 |
| 03760 | 2017 05 25.95380 | 15 27 40.868 | -01 57 52.37 |
| 03760 | 2017 05 25.95674 | 15 27 40.706 | -01 57 52.91 |
| 03760 | 2017 05 25.95968 | 15 27 40.544 | -01 57 53.67 |
| 03760 | 2017 05 25.96260 | 15 27 40.405 | -01 57 54.04 |
| 03760 | 2017 05 25.96556 | 15 27 40.288 | -01 57 54.78 |
| 03760 | 2017 05 25.96850 | 15 27 40.103 | -01 57 55.18 |
| 03760 | 2017 05 25.97144 | 15 27 39.944 | -01 57 55.61 |
| 03760 | 2017 05 25.97436 | 15 27 39.787 | -01 57 56.30 |
| 03760 | 2017 05 25.97730 | 15 27 39.631 | -01 57 56.91 |
| 03760 | 2017 05 25.98025 | 15 27 39.480 | -01 57 57.45 |
| 03760 | 2017 05 25.98319 | 15 27 39.323 | -01 57 58.00 |
| 03760 | 2017 05 25.98613 | 15 27 39.160 | -01 57 58.04 |
| 03760 | 2017 05 27.90935 | 15 26 03.645 | -02 04 40.05 |
| 03760 | 2017 05 27.91160 | 15 26 03.527 | -02 04 40.63 |
| 03760 | 2017 05 27.91385 | 15 26 03.407 | -02 04 41.10 |
| 03760 | 2017 05 27.91609 | 15 26 03.304 | -02 04 41.43 |

| Asteroid-Nr. | Datum | Rektaszension | Deklination |
|--------------|------------------|---------------|--------------|
| 03760 | 2017 05 27.91947 | 15 26 03.105 | -02 04 42.41 |
| 03760 | 2017 05 27.92241 | 15 26 02.958 | -02 04 43.01 |
| 03760 | 2017 05 27.92535 | 15 26 02.813 | -02 04 43.67 |
| 03760 | 2017 05 27.92829 | 15 26 02.653 | -02 04 44.39 |
| 03760 | 2017 05 27.93123 | 15 26 02.505 | -02 04 45.14 |
| 03760 | 2017 05 27.93458 | 15 26 02.326 | -02 04 45.86 |
| 03760 | 2017 05 27.93752 | 15 26 02.189 | -02 04 46.42 |
| 03760 | 2017 05 27.94046 | 15 26 02.030 | -02 04 47.13 |
| 03760 | 2017 05 27.94340 | 15 26 01.890 | -02 04 47.74 |
| 03760 | 2017 05 27.94634 | 15 26 01.740 | -02 04 48.50 |
| 03760 | 2017 05 27.94928 | 15 26 01.587 | -02 04 49.11 |
| 03760 | 2017 05 27.95222 | 15 26 01.431 | -02 04 49.74 |
| 03760 | 2017 05 27.95516 | 15 26 01.291 | -02 04 50.39 |
| 03760 | 2017 05 27.95810 | 15 26 01.134 | -02 04 50.91 |
| 03760 | 2017 05 27.96104 | 15 26 00.998 | -02 04 51.67 |
| 03760 | 2017 05 27.96398 | 15 26 00.831 | -02 04 52.41 |
| 03760 | 2017 05 27.96692 | 15 26 00.675 | -02 04 52.93 |
| 03760 | 2017 05 27.96986 | 15 26 00.529 | -02 04 53.71 |
| 03760 | 2017 05 27.97280 | 15 26 00.390 | -02 04 54.32 |
| 03760 | 2017 05 27.97574 | 15 26 00.239 | -02 04 55.02 |
| 03760 | 2017 05 27.97868 | 15 26 00.094 | -02 04 55.49 |
| 03760 | 2017 05 27.98162 | 15 25 59.946 | -02 04 56.37 |
| 03760 | 2017 05 27.98456 | 15 25 59.806 | -02 04 56.77 |
| 03760 | 2017 05 27.98750 | 15 25 59.642 | -02 04 57.36 |
| 03760 | 2017 05 27.99044 | 15 25 59.498 | -02 04 58.25 |
| 03760 | 2017 05 27.99338 | 15 25 59.342 | -02 04 58.96 |
| 03760 | 2017 05 27.99632 | 15 25 59.200 | -02 04 59.45 |
| 03760 | 2017 05 27.99926 | 15 25 59.051 | -02 05 00.37 |
| 03760 | 2017 05 28.00220 | 15 25 58.908 | -02 05 01.38 |
| 03760 | 2017 05 28.00514 | 15 25 58.762 | -02 05 01.00 |
| 03760 | 2017 05 28.00808 | 15 25 58.599 | -02 05 02.18 |
| 03760 | 2017 05 28.02866 | 15 25 57.557 | -02 05 06.42 |
| 03760 | 2017 05 28.03160 | 15 25 57.420 | -02 05 07.16 |
| 03760 | 2017 06 17.92120 | 15 13 54.731 | -04 06 46.99 |
| 03760 | 2017 06 17.92190 | 15 13 54.712 | -04 06 47.25 |
| 03760 | 2017 06 17.92225 | 15 13 54.712 | -04 06 47.40 |
| 03760 | 2017 06 17.92260 | 15 13 54.701 | -04 06 47.59 |
| 03760 | 2017 06 17.92295 | 15 13 54.688 | -04 06 47.74 |
| 03760 | 2017 06 17.92400 | 15 13 54.678 | -04 06 48.15 |
| 03760 | 2017 06 17.92435 | 15 13 54.671 | -04 06 48.38 |
| 03760 | 2017 06 17.92470 | 15 13 54.671 | -04 06 48.56 |
| 03760 | 2017 06 17.92505 | 15 13 54.666 | -04 06 48.80 |
| 03760 | 2017 06 17.92575 | 15 13 54.634 | -04 06 49.16 |
| 03760 | 2017 06 17.92610 | 15 13 54.630 | -04 06 49.21 |
| 03760 | 2017 06 17.92645 | 15 13 54.617 | -04 06 49.45 |
| 03760 | 2017 06 17.92681 | 15 13 54.616 | -04 06 49.57 |
| 03760 | 2017 06 17.92715 | 15 13 54.616 | -04 06 49.71 |
| 03760 | 2017 06 17.92750 | 15 13 54.594 | -04 06 49.80 |
| 03760 | 2017 06 17.92785 | 15 13 54.599 | -04 06 50.10 |
| 03760 | 2017 06 17.92821 | 15 13 54.589 | -04 06 50.27 |
| 03760 | 2017 06 17.92855 | 15 13 54.584 | -04 06 50.45 |

| Asteroid-Nr. | Datum | Rektaszension | Deklination |
|--------------|------------------|---------------|--------------|
| 03760 | 2017 06 17.92925 | 15 13 54.569 | -04 06 50.69 |
| 03760 | 2017 06 17.92961 | 15 13 54.564 | -04 06 50.88 |
| 03760 | 2017 06 17.93030 | 15 13 54.554 | -04 06 51.35 |
| 03760 | 2017 06 17.93065 | 15 13 54.559 | -04 06 51.47 |
| 03760 | 2017 06 17.93205 | 15 13 54.511 | -04 06 51.99 |
| 03760 | 2017 06 17.93310 | 15 13 54.490 | -04 06 52.34 |
| 03760 | 2017 06 17.93380 | 15 13 54.484 | -04 06 52.79 |
| 03760 | 2017 06 17.93416 | 15 13 54.470 | -04 06 52.90 |
| 03760 | 2017 06 17.93450 | 15 13 54.481 | -04 06 52.94 |
| 03760 | 2017 06 17.93520 | 15 13 54.454 | -04 06 53.49 |
| 03760 | 2017 06 17.93556 | 15 13 54.440 | -04 06 53.52 |
| 03760 | 2017 06 17.93590 | 15 13 54.433 | -04 06 53.79 |
| 03760 | 2017 06 17.93625 | 15 13 54.430 | -04 06 53.94 |
| 03760 | 2017 06 17.93660 | 15 13 54.421 | -04 06 54.08 |
| 03760 | 2017 06 17.93696 | 15 13 54.417 | -04 06 54.14 |
| 03760 | 2017 06 17.93730 | 15 13 54.412 | -04 06 54.30 |
| 03760 | 2017 06 17.93765 | 15 13 54.398 | -04 06 54.58 |
| 03760 | 2017 06 17.93800 | 15 13 54.400 | -04 06 54.84 |
| 03760 | 2017 06 17.93905 | 15 13 54.373 | -04 06 55.23 |
| 03760 | 2017 06 17.93940 | 15 13 54.369 | -04 06 55.36 |
| 03760 | 2017 06 17.93976 | 15 13 54.356 | -04 06 55.41 |
| 03760 | 2017 06 17.94010 | 15 13 54.351 | -04 06 55.69 |
| 03760 | 2017 06 17.94080 | 15 13 54.337 | -04 06 55.90 |
| 03760 | 2017 06 17.94116 | 15 13 54.333 | -04 06 56.21 |
| 03760 | 2017 06 17.94150 | 15 13 54.319 | -04 06 56.37 |
| 03760 | 2017 06 17.94185 | 15 13 54.315 | -04 06 56.57 |
| 03760 | 2017 06 17.94220 | 15 13 54.312 | -04 06 56.61 |
| 03760 | 2017 06 17.94256 | 15 13 54.304 | -04 06 56.72 |
| 03760 | 2017 06 17.94291 | 15 13 54.295 | -04 06 57.00 |
| 03760 | 2017 06 17.94325 | 15 13 54.288 | -04 06 57.13 |
| 03760 | 2017 06 17.94360 | 15 13 54.282 | -04 06 57.39 |
| 03760 | 2017 06 17.94396 | 15 13 54.273 | -04 06 57.34 |
| 03760 | 2017 06 17.94431 | 15 13 54.276 | -04 06 57.60 |
| 03760 | 2017 06 17.94465 | 15 13 54.262 | -04 06 57.79 |
| 03760 | 2017 06 17.94500 | 15 13 54.252 | -04 06 57.89 |
| 03760 | 2017 06 17.94536 | 15 13 54.249 | -04 06 58.10 |
| 03760 | 2017 06 17.94571 | 15 13 54.246 | -04 06 58.18 |
| 03760 | 2017 06 17.94605 | 15 13 54.241 | -04 06 58.46 |
| 03760 | 2017 06 17.94815 | 15 13 54.197 | -04 06 59.39 |
| 03760 | 2017 06 17.94850 | 15 13 54.186 | -04 06 59.48 |
| 03760 | 2017 06 17.94885 | 15 13 54.181 | -04 06 59.64 |
| 03760 | 2017 06 17.94920 | 15 13 54.177 | -04 06 59.74 |
| 03760 | 2017 06 17.94955 | 15 13 54.168 | -04 06 59.85 |
| 03760 | 2017 06 17.94990 | 15 13 54.159 | -04 07 00.13 |
| 03760 | 2017 06 17.95025 | 15 13 54.151 | -04 07 00.26 |
| 03760 | 2017 06 17.95060 | 15 13 54.149 | -04 07 00.46 |
| 03760 | 2017 06 17.95095 | 15 13 54.143 | -04 07 00.57 |
| 03760 | 2017 06 17.95130 | 15 13 54.131 | -04 07 00.76 |
| 03760 | 2017 06 17.95200 | 15 13 54.123 | -04 07 01.05 |
| 03760 | 2017 06 17.95270 | 15 13 54.110 | -04 07 01.47 |
| 03760 | 2017 06 17.95304 | 15 13 54.098 | -04 07 01.53 |

| Asteroid-Nr. | Datum | Rektaszension | Deklination |
|--------------|------------------|---------------|--------------|
| 03760 | 2017 06 17.95339 | 15 13 54.091 | -04 07 01.76 |
| 03760 | 2017 06 17.95375 | 15 13 54.082 | -04 07 01.98 |
| 03760 | 2017 06 17.95444 | 15 13 54.071 | -04 07 02.33 |
| 03760 | 2017 06 17.95479 | 15 13 54.065 | -04 07 02.31 |
| 03760 | 2017 06 17.95515 | 15 13 54.049 | -04 07 02.56 |
| 03760 | 2017 06 17.95690 | 15 13 54.020 | -04 07 03.40 |
| 03760 | 2017 06 17.95725 | 15 13 54.007 | -04 07 03.56 |
| 03760 | 2017 06 17.95759 | 15 13 54.003 | -04 07 03.61 |
| 03760 | 2017 06 17.95794 | 15 13 53.997 | -04 07 03.94 |
| 03760 | 2017 06 17.95829 | 15 13 53.994 | -04 07 03.94 |
| 03760 | 2017 06 17.95899 | 15 13 53.980 | -04 07 04.35 |
| 03760 | 2017 06 17.95934 | 15 13 53.972 | -04 07 04.47 |
| 03760 | 2017 06 17.95969 | 15 13 53.965 | -04 07 04.66 |
| 03760 | 2017 06 17.96005 | 15 13 53.953 | -04 07 04.63 |
| 03760 | 2017 06 17.96039 | 15 13 53.957 | -04 07 04.90 |
| 03760 | 2017 06 17.96074 | 15 13 53.947 | -04 07 05.13 |
| 03760 | 2017 06 17.96109 | 15 13 53.939 | -04 07 05.36 |
| 03760 | 2017 06 17.96144 | 15 13 53.929 | -04 07 05.43 |
| 03760 | 2017 06 17.96179 | 15 13 53.925 | -04 07 05.47 |
| 03760 | 2017 06 17.96249 | 15 13 53.909 | -04 07 05.69 |
| 03760 | 2017 06 17.96284 | 15 13 53.903 | -04 07 06.02 |
| 03760 | 2017 06 17.96319 | 15 13 53.900 | -04 07 06.21 |
| 03760 | 2017 06 17.96356 | 15 13 53.887 | -04 07 06.46 |
| 03760 | 2017 06 17.96392 | 15 13 53.885 | -04 07 06.56 |
| 03760 | 2017 06 17.96429 | 15 13 53.877 | -04 07 06.70 |
| 03760 | 2017 06 17.96465 | 15 13 53.863 | -04 07 06.99 |
| 03760 | 2017 06 17.96501 | 15 13 53.865 | -04 07 07.10 |
| 03760 | 2017 06 17.96537 | 15 13 53.858 | -04 07 07.13 |
| 03760 | 2017 06 17.96574 | 15 13 53.855 | -04 07 07.34 |
| 03760 | 2017 06 17.96609 | 15 13 53.835 | -04 07 07.50 |
| 03760 | 2017 06 17.96646 | 15 13 53.832 | -04 07 07.64 |
| 03760 | 2017 06 17.96718 | 15 13 53.818 | -04 07 07.96 |
| 03760 | 2017 06 17.96753 | 15 13 53.815 | -04 07 08.17 |
| 03760 | 2017 06 17.96789 | 15 13 53.804 | -04 07 08.48 |
| 03760 | 2017 06 17.96862 | 15 13 53.782 | -04 07 08.79 |
| 03760 | 2017 06 17.96898 | 15 13 53.785 | -04 07 08.96 |
| 03760 | 2017 06 17.96934 | 15 13 53.771 | -04 07 08.97 |
| 03760 | 2017 06 17.96970 | 15 13 53.769 | -04 07 09.17 |
| 03760 | 2017 06 17.97007 | 15 13 53.760 | -04 07 09.40 |
| 03760 | 2017 06 17.97043 | 15 13 53.756 | -04 07 09.53 |
| 03760 | 2017 06 17.97079 | 15 13 53.746 | -04 07 09.71 |
| 03760 | 2017 06 17.97187 | 15 13 53.725 | -04 07 10.14 |
| 03760 | 2017 06 17.97223 | 15 13 53.718 | -04 07 10.30 |
| 03760 | 2017 06 17.97258 | 15 13 53.714 | -04 07 10.45 |
| 03760 | 2017 06 17.97295 | 15 13 53.706 | -04 07 10.65 |
| 03760 | 2017 06 17.97331 | 15 13 53.702 | -04 07 10.84 |
| 03760 | 2017 06 17.97368 | 15 13 53.688 | -04 07 11.00 |
| 03760 | 2017 06 17.97404 | 15 13 53.690 | -04 07 11.20 |
| 03760 | 2017 06 17.97440 | 15 13 53.677 | -04 07 11.34 |
| 03760 | 2017 06 17.97476 | 15 13 53.671 | -04 07 11.69 |
| 03760 | 2017 06 17.97512 | 15 13 53.659 | -04 07 11.60 |

| Asteroid-Nr. | Datum | Rektaszension | Deklination |
|--------------|------------------|---------------|--------------|
| 03760 | 2017 06 17.97547 | 15 13 53.653 | -04 07 11.80 |
| 03760 | 2017 06 17.97657 | 15 13 53.637 | -04 07 12.42 |
| 03760 | 2017 06 17.97693 | 15 13 53.622 | -04 07 12.48 |
| 03760 | 2017 06 17.97730 | 15 13 53.624 | -04 07 12.62 |
| 03760 | 2017 06 17.97766 | 15 13 53.605 | -04 07 12.81 |
| 03760 | 2017 06 17.97803 | 15 13 53.609 | -04 07 13.00 |
| 03760 | 2017 06 17.97839 | 15 13 53.601 | -04 07 13.12 |
| 03760 | 2017 06 17.97913 | 15 13 53.586 | -04 07 13.53 |
| 03760 | 2017 06 17.97949 | 15 13 53.580 | -04 07 13.66 |
| 03760 | 2017 06 17.97986 | 15 13 53.575 | -04 07 13.70 |
| 03760 | 2017 06 17.98023 | 15 13 53.566 | -04 07 13.87 |
| 03760 | 2017 06 17.98059 | 15 13 53.559 | -04 07 14.13 |
| 03760 | 2017 06 17.98095 | 15 13 53.543 | -04 07 14.37 |
| 03760 | 2017 06 17.98131 | 15 13 53.547 | -04 07 14.49 |
| 03760 | 2017 06 17.98168 | 15 13 53.545 | -04 07 14.77 |
| 03760 | 2017 06 17.98204 | 15 13 53.525 | -04 07 14.72 |
| 03760 | 2017 06 17.98277 | 15 13 53.510 | -04 07 15.17 |
| 03760 | 2017 06 17.98314 | 15 13 53.504 | -04 07 15.43 |
| 03760 | 2017 06 17.98351 | 15 13 53.496 | -04 07 15.45 |
| 03760 | 2017 06 17.98387 | 15 13 53.500 | -04 07 15.61 |
| 03760 | 2017 06 17.98424 | 15 13 53.481 | -04 07 15.80 |
| 03760 | 2017 06 17.98459 | 15 13 53.474 | -04 07 15.89 |
| 03760 | 2017 06 17.98495 | 15 13 53.472 | -04 07 16.16 |
| 03760 | 2017 06 17.98532 | 15 13 53.456 | -04 07 16.46 |
| 03760 | 2017 06 17.98568 | 15 13 53.463 | -04 07 16.33 |
| 03760 | 2017 06 17.98604 | 15 13 53.455 | -04 07 16.63 |
| 03760 | 2017 06 17.98641 | 15 13 53.452 | -04 07 16.78 |
| 03760 | 2017 06 17.98788 | 15 13 53.413 | -04 07 17.46 |
| 03760 | 2017 06 17.98824 | 15 13 53.405 | -04 07 17.56 |
| 03760 | 2017 06 17.98861 | 15 13 53.404 | -04 07 17.75 |
| 03760 | 2017 06 17.98898 | 15 13 53.401 | -04 07 18.00 |
| 03760 | 2017 06 17.98971 | 15 13 53.380 | -04 07 18.27 |
| 03760 | 2017 06 17.99081 | 15 13 53.352 | -04 07 18.93 |
| 03760 | 2017 06 17.99118 | 15 13 53.353 | -04 07 19.07 |
| 03760 | 2017 06 17.99154 | 15 13 53.348 | -04 07 19.22 |
| 03760 | 2017 06 17.99191 | 15 13 53.342 | -04 07 19.30 |
| 03760 | 2017 06 17.99227 | 15 13 53.326 | -04 07 19.43 |
| 03760 | 2017 06 17.99263 | 15 13 53.328 | -04 07 19.77 |
| 03760 | 2017 06 17.99770 | 15 13 53.222 | -04 07 22.02 |
| 03760 | 2017 06 17.99806 | 15 13 53.218 | -04 07 22.24 |
| 03760 | 2017 06 17.99843 | 15 13 53.206 | -04 07 22.33 |
| 03760 | 2017 06 17.99880 | 15 13 53.200 | -04 07 22.47 |
| 03760 | 2017 06 17.99916 | 15 13 53.197 | -04 07 22.65 |
| 03760 | 2017 06 18.00025 | 15 13 53.171 | -04 07 23.17 |
| 03760 | 2017 06 18.00062 | 15 13 53.172 | -04 07 23.28 |
| 03760 | 2017 06 18.00098 | 15 13 53.146 | -04 07 23.51 |
| 03760 | 2017 06 18.00135 | 15 13 53.146 | -04 07 23.60 |
| 03760 | 2017 06 18.00172 | 15 13 53.147 | -04 07 23.74 |
| 03760 | 2017 06 18.00208 | 15 13 53.144 | -04 07 23.88 |
| 03760 | 2017 06 18.00282 | 15 13 53.129 | -04 07 24.30 |
| 03760 | 2017 06 18.00318 | 15 13 53.114 | -04 07 24.46 |

| Asteroid-Nr. | Datum | Rektaszension | Deklination |
|--------------|------------------|---------------|--------------|
| 03760 | 2017 06 18.00355 | 15 13 53.108 | -04 07 24.86 |
| 03760 | 2017 06 18.00392 | 15 13 53.110 | -04 07 24.82 |
| 03760 | 2017 06 18.00429 | 15 13 53.092 | -04 07 24.87 |
| 03760 | 2017 06 18.00465 | 15 13 53.092 | -04 07 25.13 |
| 03760 | 2017 06 18.00502 | 15 13 53.081 | -04 07 25.22 |
| 03760 | 2017 06 18.00539 | 15 13 53.074 | -04 07 25.50 |
| 03760 | 2017 06 18.00576 | 15 13 53.061 | -04 07 25.55 |
| 03760 | 2017 06 18.00612 | 15 13 53.063 | -04 07 25.93 |
| 03760 | 2017 06 18.00648 | 15 13 53.049 | -04 07 26.26 |
| 03760 | 2017 06 18.00685 | 15 13 53.050 | -04 07 26.10 |
| 03760 | 2017 06 18.00721 | 15 13 53.034 | -04 07 26.20 |
| 03760 | 2017 06 18.00757 | 15 13 53.031 | -04 07 26.38 |
| 03760 | 2017 06 18.00794 | 15 13 53.029 | -04 07 26.59 |
| 03760 | 2017 06 18.00867 | 15 13 53.011 | -04 07 26.93 |
| 03760 | 2017 06 18.00903 | 15 13 53.005 | -04 07 27.22 |
| 03760 | 2017 06 18.00940 | 15 13 53.001 | -04 07 27.34 |
| 03760 | 2017 06 18.00977 | 15 13 52.990 | -04 07 27.41 |
| 03760 | 2017 06 18.01013 | 15 13 52.986 | -04 07 27.79 |
| 03760 | 2017 06 18.01050 | 15 13 52.975 | -04 07 27.77 |
| 03760 | 2017 06 18.01087 | 15 13 52.975 | -04 07 28.03 |
| 03760 | 2017 06 18.01124 | 15 13 52.967 | -04 07 28.12 |
| 03760 | 2017 06 18.01160 | 15 13 52.966 | -04 07 28.32 |
| 03760 | 2017 06 18.01197 | 15 13 52.954 | -04 07 28.55 |
| 03760 | 2017 06 18.01234 | 15 13 52.936 | -04 07 28.70 |
| 03760 | 2017 06 18.01271 | 15 13 52.935 | -04 07 28.71 |
| 03760 | 2017 06 18.01307 | 15 13 52.923 | -04 07 29.06 |
| 03760 | 2017 06 18.01344 | 15 13 52.915 | -04 07 29.28 |
| 03760 | 2017 06 18.01381 | 15 13 52.912 | -04 07 29.33 |
| 03760 | 2017 06 18.01418 | 15 13 52.907 | -04 07 29.44 |
| 03760 | 2017 06 18.01455 | 15 13 52.902 | -04 07 29.62 |
| 03760 | 2017 06 18.01565 | 15 13 52.876 | -04 07 30.02 |
| 03760 | 2017 06 18.01602 | 15 13 52.876 | -04 07 30.38 |
| 03760 | 2017 06 18.01638 | 15 13 52.862 | -04 07 30.46 |
| 03760 | 2017 06 18.01674 | 15 13 52.869 | -04 07 30.39 |
| 03760 | 2017 06 18.01711 | 15 13 52.850 | -04 07 30.90 |
| 03760 | 2017 06 18.01818 | 15 13 52.816 | -04 07 31.22 |
| 03760 | 2017 06 18.01891 | 15 13 52.814 | -04 07 31.60 |
| 03760 | 2017 06 18.01928 | 15 13 52.804 | -04 07 31.86 |
| 03760 | 2017 06 18.02001 | 15 13 52.798 | -04 07 32.06 |
| 03760 | 2017 06 18.02038 | 15 13 52.783 | -04 07 32.36 |
| 03760 | 2017 06 18.02112 | 15 13 52.765 | -04 07 32.50 |
| 03760 | 2017 06 18.02148 | 15 13 52.766 | -04 07 32.91 |
| 03760 | 2017 06 18.02221 | 15 13 52.747 | -04 07 33.09 |
| 03760 | 2017 06 18.02258 | 15 13 52.747 | -04 07 33.27 |
| 03760 | 2017 06 18.02332 | 15 13 52.747 | -04 07 33.44 |
| 03760 | 2017 06 18.02368 | 15 13 52.726 | -04 07 33.92 |
| 03760 | 2017 06 18.02442 | 15 13 52.711 | -04 07 33.97 |
| 03760 | 2017 06 18.02478 | 15 13 52.713 | -04 07 34.28 |
| 03760 | 2017 06 18.02552 | 15 13 52.700 | -04 07 34.48 |
| 03760 | 2017 06 18.02589 | 15 13 52.681 | -04 07 34.99 |
| 03760 | 2017 06 18.02699 | 15 13 52.662 | -04 07 35.57 |

| Asteroid-Nr. | Datum | Rektaszension | Deklination |
|--------------|------------------|---------------|--------------|
| 03760 | 2017 06 18.02772 | 15 13 52.657 | -04 07 35.54 |
| 03760 | 2017 06 18.02808 | 15 13 52.643 | -04 07 36.05 |
| 03760 | 2017 06 18.02881 | 15 13 52.631 | -04 07 36.12 |
| 03760 | 2017 06 18.02918 | 15 13 52.629 | -04 07 36.44 |
| 03760 | 2017 06 18.02954 | 15 13 52.611 | -04 07 36.87 |
| 03760 | 2017 06 18.02990 | 15 13 52.618 | -04 07 36.67 |
| 03760 | 2017 06 18.03027 | 15 13 52.611 | -04 07 36.85 |
| 03760 | 2017 06 18.03063 | 15 13 52.592 | -04 07 36.77 |
| 03760 | 2017 06 18.03135 | 15 13 52.571 | -04 07 37.42 |
| 03760 | 2017 06 18.03172 | 15 13 52.570 | -04 07 37.59 |
| 03760 | 2017 06 18.03245 | 15 13 52.551 | -04 07 37.66 |
| 03760 | 2017 06 18.03281 | 15 13 52.538 | -04 07 37.95 |
| 03760 | 2017 06 18.03354 | 15 13 52.532 | -04 07 38.36 |
| 03760 | 2017 06 18.03464 | 15 13 52.527 | -04 07 39.00 |
| 03760 | 2017 06 18.03500 | 15 13 52.524 | -04 07 39.28 |
| 03760 | 2017 06 18.03537 | 15 13 52.502 | -04 07 39.11 |
| 03760 | 2017 06 18.03573 | 15 13 52.491 | -04 07 39.29 |
| 03760 | 2017 06 18.03610 | 15 13 52.482 | -04 07 39.55 |

B.3. (1967) Menzel

| Asteroid-Nr. | Datum | Rektaszension | Deklination |
|--------------|------------------|---------------|--------------|
| 01967 | 2017 04 21.90096 | 12 37 52.244 | +00 20 46.54 |
| 01967 | 2017 04 21.90389 | 12 37 52.093 | +00 20 46.93 |
| 01967 | 2017 04 21.90684 | 12 37 51.947 | +00 20 47.71 |
| 01967 | 2017 04 21.91323 | 12 37 51.618 | +00 20 48.87 |
| 01967 | 2017 04 21.91617 | 12 37 51.461 | +00 20 49.41 |
| 01967 | 2017 04 21.91911 | 12 37 51.307 | +00 20 49.99 |
| 01967 | 2017 04 21.92205 | 12 37 51.156 | +00 20 50.62 |
| 01967 | 2017 04 21.92499 | 12 37 50.985 | +00 20 51.11 |
| 01967 | 2017 04 21.92793 | 12 37 50.862 | +00 20 51.72 |
| 01967 | 2017 04 21.93087 | 12 37 50.722 | +00 20 52.08 |
| 01967 | 2017 04 21.93969 | 12 37 50.262 | +00 20 53.86 |
| 01967 | 2017 04 21.94263 | 12 37 50.123 | +00 20 54.39 |
| 01967 | 2017 04 21.94557 | 12 37 49.965 | +00 20 55.00 |
| 01967 | 2017 04 21.94851 | 12 37 49.813 | +00 20 55.52 |
| 01967 | 2017 04 21.95145 | 12 37 49.664 | +00 20 56.11 |
| 01967 | 2017 04 21.95439 | 12 37 49.517 | +00 20 56.64 |
| 01967 | 2017 04 21.95733 | 12 37 49.363 | +00 20 57.18 |
| 01967 | 2017 04 21.96027 | 12 37 49.205 | +00 20 57.65 |
| 01967 | 2017 04 21.96321 | 12 37 48.913 | +00 20 58.76 |
| 01967 | 2017 04 21.96909 | 12 37 48.931 | +00 20 52.70 |
| 01967 | 2017 04 21.97203 | 12 37 48.600 | +00 21 08.32 |
| 01967 | 2017 04 21.97497 | 12 37 48.259 | +00 20 52.32 |
| 01967 | 2017 04 21.97791 | 12 37 48.325 | +00 21 00.90 |
| 01967 | 2017 04 21.98084 | 12 37 48.181 | +00 21 01.62 |
| 01967 | 2017 04 21.98378 | 12 37 48.009 | +00 21 02.13 |
| 01967 | 2017 04 21.98672 | 12 37 47.872 | +00 21 02.76 |
| 01967 | 2017 04 21.98966 | 12 37 47.718 | +00 21 03.09 |
| 01967 | 2017 04 21.99260 | 12 37 47.559 | +00 21 03.79 |
| 01967 | 2017 04 21.99554 | 12 37 47.429 | +00 21 04.24 |
| 01967 | 2017 04 21.99848 | 12 37 47.275 | +00 21 04.93 |
| 01967 | 2017 04 22.00142 | 12 37 47.125 | +00 21 05.33 |
| 01967 | 2017 04 22.00436 | 12 37 46.991 | +00 21 05.79 |
| 01967 | 2017 04 22.00730 | 12 37 46.830 | +00 21 06.32 |
| 01967 | 2017 04 22.01024 | 12 37 46.670 | +00 21 07.03 |
| 01967 | 2017 04 22.01318 | 12 37 46.527 | +00 21 07.60 |
| 01967 | 2017 04 22.01612 | 12 37 46.388 | +00 21 08.13 |
| 01967 | 2017 04 22.01906 | 12 37 46.230 | +00 21 08.53 |
| 01967 | 2017 04 22.02200 | 12 37 46.086 | +00 21 09.31 |
| 01967 | 2017 04 22.02494 | 12 37 45.940 | +00 21 09.79 |
| 01967 | 2017 04 22.02788 | 12 37 45.789 | +00 21 10.37 |
| 01967 | 2017 04 22.03082 | 12 37 45.641 | +00 21 10.82 |
| 01967 | 2017 04 22.03964 | 12 37 45.194 | +00 21 12.52 |
| 01967 | 2017 04 22.04258 | 12 37 45.058 | +00 21 13.03 |

C. Rohdaten Messergebnisse Photometrie

C.1. 21./22. April 2017

| Asteroiden-Nr. | Julianisches Datum | Helligkeit [mag] | SNR |
|----------------|--------------------|------------------|--------|
| 01967 | 2457865.40096 | 15.695 | 104.72 |
| 01967 | 2457865.40389 | 15.736 | 100.03 |
| 01967 | 2457865.40684 | 15.697 | 112.42 |
| 01967 | 2457865.41323 | 15.596 | 104.36 |
| 01967 | 2457865.41617 | 15.520 | 124.52 |
| 01967 | 2457865.41911 | 15.538 | 120.60 |
| 01967 | 2457865.42205 | 15.521 | 108.90 |
| 01967 | 2457865.42499 | 15.491 | 135.91 |
| 01967 | 2457865.42793 | 15.453 | 126.13 |
| 01967 | 2457865.43087 | 15.496 | 134.18 |
| 01967 | 2457865.43969 | 15.588 | 128.06 |
| 01967 | 2457865.44263 | 15.685 | 108.08 |
| 01967 | 2457865.44557 | 15.678 | 98.82 |
| 01967 | 2457865.44851 | 15.730 | 94.78 |
| 01967 | 2457865.45145 | 15.683 | 101.75 |
| 01967 | 2457865.45439 | 15.722 | 99.40 |
| 01967 | 2457865.45733 | 15.753 | 99.00 |
| 01967 | 2457865.46027 | 15.641 | 105.57 |
| 01967 | 2457865.46321 | 15.621 | 111.45 |
| 01967 | 2457865.46909 | 15.475 | 115.42 |
| 01967 | 2457865.47203 | 15.470 | 123.58 |
| 01967 | 2457865.47497 | 15.405 | 109.52 |
| 01967 | 2457865.47791 | 15.546 | 112.26 |
| 01967 | 2457865.48084 | 15.514 | 114.72 |
| 01967 | 2457865.48378 | 15.441 | 122.10 |
| 01967 | 2457865.48672 | 15.498 | 100.39 |
| 01967 | 2457865.48966 | 15.535 | 112.80 |
| 01967 | 2457865.49260 | 15.617 | 104.24 |
| 01967 | 2457865.49554 | 15.568 | 92.36 |
| 01967 | 2457865.49848 | 15.633 | 98.99 |
| 01967 | 2457865.50142 | 15.623 | 87.18 |
| 01967 | 2457865.50436 | 15.672 | 87.27 |
| 01967 | 2457865.50730 | 15.688 | 75.51 |
| 01967 | 2457865.51024 | 15.707 | 77.66 |
| 01967 | 2457865.51318 | 15.782 | 86.58 |
| 01967 | 2457865.51612 | 15.706 | 83.37 |
| 01967 | 2457865.51906 | 15.826 | 80.23 |
| 01967 | 2457865.52200 | 15.687 | 72.09 |
| 01967 | 2457865.52494 | 15.712 | 73.24 |
| 01967 | 2457865.52788 | 15.688 | 66.20 |
| 01967 | 2457865.53082 | 15.687 | 65.46 |
| 01967 | 2457865.53964 | 15.603 | 73.06 |
| 01967 | 2457865.54258 | 15.547 | 78.80 |

C.2. 25./26. Mai 2017

| Asteroiden-Nr. | Julianisches Datum | Helligkeit [mag] | SNR |
|----------------|--------------------|------------------|--------|
| 03760 | 2457899.34031 | 15.379 | 187.59 |
| 03760 | 2457899.34325 | 15.391 | 178.87 |
| 03760 | 2457899.34619 | 15.471 | 153.56 |
| 03760 | 2457899.34913 | 15.495 | 182.03 |
| 03760 | 2457899.35207 | 15.504 | 177.55 |
| 03760 | 2457899.35501 | 15.530 | 165.17 |
| 03760 | 2457899.36089 | 15.538 | 171.32 |
| 03760 | 2457899.36383 | 15.599 | 158.08 |
| 03760 | 2457899.36677 | 15.545 | 175.58 |
| 03760 | 2457899.36971 | 15.563 | 183.21 |
| 03760 | 2457899.37265 | 15.558 | 163.74 |
| 03760 | 2457899.37559 | 15.580 | 164.77 |
| 03760 | 2457899.37853 | 15.575 | 169.93 |
| 03760 | 2457899.38147 | 15.570 | 183.94 |
| 03760 | 2457899.38441 | 15.411 | 206.53 |
| 03760 | 2457899.38735 | 15.448 | 177.29 |
| 03760 | 2457899.39029 | 15.445 | 190.65 |
| 03760 | 2457899.39323 | 15.450 | 192.37 |
| 03760 | 2457899.40008 | 15.407 | 222.04 |
| 03760 | 2457899.40302 | 15.451 | 185.10 |
| 03760 | 2457899.40596 | 15.465 | 176.84 |
| 03760 | 2457899.40890 | 15.491 | 174.80 |
| 03760 | 2457899.41184 | 15.592 | 153.62 |
| 03760 | 2457899.41772 | 15.549 | 176.94 |
| 03760 | 2457899.42066 | 15.508 | 175.96 |
| 03760 | 2457899.42654 | 15.515 | 180.19 |
| 03760 | 2457899.42948 | 15.513 | 181.87 |
| 03760 | 2457899.43536 | 15.546 | 171.23 |
| 03760 | 2457899.43910 | 15.547 | 180.39 |
| 03760 | 2457899.44204 | 15.543 | 186.51 |
| 03760 | 2457899.44498 | 15.456 | 179.54 |
| 03760 | 2457899.44792 | 15.435 | 182.35 |
| 03760 | 2457899.45086 | 15.400 | 203.87 |
| 03760 | 2457899.45380 | 15.381 | 203.23 |
| 03760 | 2457899.45674 | 15.364 | 186.06 |
| 03760 | 2457899.45968 | 15.374 | 204.00 |
| 03760 | 2457899.46260 | 15.344 | 206.57 |
| 03760 | 2457899.46556 | 15.387 | 192.61 |
| 03760 | 2457899.46850 | 15.465 | 169.88 |
| 03760 | 2457899.47144 | 15.485 | 163.63 |
| 03760 | 2457899.47436 | 15.496 | 188.96 |
| 03760 | 2457899.47730 | 15.481 | 171.18 |
| 03760 | 2457899.48025 | 15.540 | 176.16 |
| 03760 | 2457899.48319 | 15.500 | 158.81 |
| 03760 | 2457899.48613 | 15.526 | 169.06 |

C.3. 27./28. Mai 2017

| Asteroiden-Nr. | Julianisches Datum | Helligkeit [mag] | SNR |
|----------------|--------------------|------------------|--------|
| 03760 | 2457901.40935 | 15.531 | 120.24 |
| 03760 | 2457901.41160 | 15.510 | 121.56 |
| 03760 | 2457901.41385 | 15.554 | 115.33 |
| 03760 | 2457901.41609 | 15.531 | 92.95 |
| 03760 | 2457901.41947 | 15.430 | 138.19 |
| 03760 | 2457901.42241 | 15.414 | 151.34 |
| 03760 | 2457901.42535 | 15.405 | 148.20 |
| 03760 | 2457901.42829 | 15.483 | 122.64 |
| 03760 | 2457901.43123 | 15.494 | 125.53 |
| 03760 | 2457901.43458 | 15.452 | 157.79 |
| 03760 | 2457901.43752 | 15.476 | 168.52 |
| 03760 | 2457901.44046 | 15.493 | 145.48 |
| 03760 | 2457901.44340 | 15.559 | 135.15 |
| 03760 | 2457901.44634 | 15.623 | 93.09 |
| 03760 | 2457901.44928 | 15.605 | 87.17 |
| 03760 | 2457901.45222 | 15.645 | 64.58 |
| 03760 | 2457901.45516 | 15.541 | 63.26 |
| 03760 | 2457901.45810 | 15.506 | 90.63 |
| 03760 | 2457901.46104 | 15.524 | 83.10 |
| 03760 | 2457901.46398 | 15.511 | 58.20 |
| 03760 | 2457901.46692 | 15.591 | 64.14 |
| 03760 | 2457901.46986 | 15.584 | 67.35 |
| 03760 | 2457901.47280 | 15.567 | 62.13 |
| 03760 | 2457901.47574 | 15.392 | 80.40 |
| 03760 | 2457901.47868 | 15.562 | 75.96 |
| 03760 | 2457901.48162 | 15.531 | 77.71 |
| 03760 | 2457901.48456 | 15.483 | 73.38 |
| 03760 | 2457901.48750 | 15.575 | 57.68 |
| 03760 | 2457901.49044 | 15.545 | 60.17 |
| 03760 | 2457901.49338 | 15.398 | 55.63 |
| 03760 | 2457901.49632 | 15.629 | 33.05 |
| 03760 | 2457901.49926 | 15.628 | 42.71 |
| 03760 | 2457901.50220 | 15.414 | 29.89 |
| 03760 | 2457901.50514 | 15.609 | 38.36 |
| 03760 | 2457901.50808 | 15.739 | 40.43 |
| 03760 | 2457901.52866 | 15.576 | 39.85 |
| 03760 | 2457901.53160 | 15.487 | 56.75 |

C.4. 17./18. Juni 2017

| Asteroiden-Nr. | Julianisches Datum | Helligkeit [mag] | SNR |
|----------------|--------------------|------------------|-------|
| 03760 | 2457922.42120 | 15.373 | 30.50 |
| 03760 | 2457922.42190 | 15.255 | 33.68 |
| 03760 | 2457922.42225 | 15.351 | 32.75 |
| 03760 | 2457922.42260 | 15.312 | 32.48 |
| 03760 | 2457922.42295 | 15.573 | 25.34 |
| 03760 | 2457922.42400 | 15.511 | 29.14 |
| 03760 | 2457922.42435 | 15.413 | 32.34 |
| 03760 | 2457922.42470 | 15.329 | 32.99 |
| 03760 | 2457922.42505 | 15.539 | 31.52 |
| 03760 | 2457922.42575 | 15.334 | 33.51 |
| 03760 | 2457922.42610 | 15.531 | 28.26 |
| 03760 | 2457922.42645 | 15.296 | 35.14 |
| 03760 | 2457922.42681 | 15.319 | 33.85 |
| 03760 | 2457922.42715 | 15.537 | 29.62 |
| 03760 | 2457922.42750 | 15.456 | 32.14 |
| 03760 | 2457922.42785 | 15.527 | 26.90 |
| 03760 | 2457922.42821 | 15.447 | 29.43 |
| 03760 | 2457922.42855 | 15.502 | 29.28 |
| 03760 | 2457922.42925 | 15.529 | 28.79 |
| 03760 | 2457922.42961 | 15.439 | 31.49 |
| 03760 | 2457922.43030 | 15.390 | 31.56 |
| 03760 | 2457922.43065 | 15.462 | 31.33 |
| 03760 | 2457922.43205 | 15.378 | 34.14 |
| 03760 | 2457922.43310 | 15.557 | 29.38 |
| 03760 | 2457922.43380 | 15.524 | 27.90 |
| 03760 | 2457922.43416 | 15.523 | 27.27 |
| 03760 | 2457922.43450 | 15.421 | 31.83 |
| 03760 | 2457922.43520 | 15.495 | 28.30 |
| 03760 | 2457922.43556 | 15.590 | 29.97 |
| 03760 | 2457922.43590 | 15.366 | 30.48 |
| 03760 | 2457922.43625 | 15.330 | 35.04 |
| 03760 | 2457922.43660 | 15.395 | 32.63 |
| 03760 | 2457922.43696 | 15.534 | 26.20 |
| 03760 | 2457922.43730 | 15.393 | 33.66 |
| 03760 | 2457922.43765 | 15.430 | 32.59 |
| 03760 | 2457922.43800 | 15.422 | 34.28 |
| 03760 | 2457922.43905 | 15.396 | 34.41 |
| 03760 | 2457922.43940 | 15.435 | 32.75 |
| 03760 | 2457922.43976 | 15.447 | 30.45 |
| 03760 | 2457922.44010 | 15.537 | 28.61 |
| 03760 | 2457922.44080 | 15.442 | 31.17 |
| 03760 | 2457922.44116 | 15.356 | 34.61 |
| 03760 | 2457922.44150 | 15.492 | 28.41 |
| 03760 | 2457922.44185 | 15.496 | 30.17 |
| 03760 | 2457922.44220 | 15.452 | 29.29 |
| 03760 | 2457922.44256 | 15.361 | 33.30 |
| 03760 | 2457922.44291 | 15.528 | 30.19 |
| 03760 | 2457922.44325 | 15.414 | 34.76 |
| 03760 | 2457922.44360 | 15.492 | 28.82 |

| Asteroiden-Nr. | Julianisches Datum | Helligkeit [mag] | SNR |
|----------------|--------------------|------------------|-------|
| 03760 | 2457922.44396 | 15.422 | 31.37 |
| 03760 | 2457922.44431 | 15.473 | 29.46 |
| 03760 | 2457922.44465 | 15.446 | 30.90 |
| 03760 | 2457922.44500 | 15.348 | 32.42 |
| 03760 | 2457922.44536 | 15.561 | 26.33 |
| 03760 | 2457922.44571 | 15.418 | 34.35 |
| 03760 | 2457922.44605 | 15.333 | 32.25 |
| 03760 | 2457922.44815 | 15.526 | 31.73 |
| 03760 | 2457922.44850 | 15.505 | 26.17 |
| 03760 | 2457922.44885 | 15.426 | 30.57 |
| 03760 | 2457922.44920 | 15.419 | 33.25 |
| 03760 | 2457922.44955 | 15.479 | 29.52 |
| 03760 | 2457922.44990 | 15.398 | 33.14 |
| 03760 | 2457922.45025 | 15.394 | 31.24 |
| 03760 | 2457922.45060 | 15.438 | 29.90 |
| 03760 | 2457922.45095 | 15.328 | 32.91 |
| 03760 | 2457922.45130 | 15.383 | 33.48 |
| 03760 | 2457922.45200 | 15.404 | 31.35 |
| 03760 | 2457922.45270 | 15.442 | 31.65 |
| 03760 | 2457922.45304 | 15.320 | 36.58 |
| 03760 | 2457922.45339 | 15.423 | 28.73 |
| 03760 | 2457922.45375 | 15.389 | 31.67 |
| 03760 | 2457922.45444 | 15.553 | 29.67 |
| 03760 | 2457922.45479 | 15.458 | 33.74 |
| 03760 | 2457922.45515 | 15.457 | 30.16 |
| 03760 | 2457922.45690 | 15.297 | 34.84 |
| 03760 | 2457922.45725 | 15.320 | 34.99 |
| 03760 | 2457922.45759 | 15.332 | 35.63 |
| 03760 | 2457922.45794 | 15.524 | 26.72 |
| 03760 | 2457922.45829 | 15.172 | 37.04 |
| 03760 | 2457922.45899 | 15.245 | 34.31 |
| 03760 | 2457922.45934 | 15.384 | 31.66 |
| 03760 | 2457922.45969 | 15.236 | 37.88 |
| 03760 | 2457922.46005 | 15.334 | 35.16 |
| 03760 | 2457922.46039 | 15.346 | 32.55 |
| 03760 | 2457922.46074 | 15.285 | 37.77 |
| 03760 | 2457922.46109 | 15.414 | 31.26 |
| 03760 | 2457922.46144 | 15.401 | 36.39 |
| 03760 | 2457922.46179 | 15.312 | 35.45 |
| 03760 | 2457922.46249 | 15.358 | 33.33 |
| 03760 | 2457922.46284 | 15.443 | 32.45 |
| 03760 | 2457922.46319 | 15.326 | 33.88 |
| 03760 | 2457922.46356 | 15.234 | 36.30 |
| 03760 | 2457922.46392 | 15.252 | 33.64 |
| 03760 | 2457922.46429 | 15.372 | 31.95 |
| 03760 | 2457922.46465 | 15.441 | 33.00 |
| 03760 | 2457922.46501 | 15.315 | 34.97 |
| 03760 | 2457922.46537 | 15.435 | 33.00 |
| 03760 | 2457922.46574 | 15.359 | 31.08 |
| 03760 | 2457922.46609 | 15.261 | 34.66 |
| 03760 | 2457922.46646 | 15.376 | 32.48 |

| Asteroiden-Nr. | Julianisches Datum | Helligkeit [mag] | SNR |
|----------------|--------------------|------------------|-------|
| 03760 | 2457922.46718 | 15.413 | 32.16 |
| 03760 | 2457922.46753 | 15.282 | 36.29 |
| 03760 | 2457922.46789 | 15.334 | 32.19 |
| 03760 | 2457922.46862 | 15.295 | 35.29 |
| 03760 | 2457922.46898 | 15.383 | 34.46 |
| 03760 | 2457922.46934 | 15.467 | 30.29 |
| 03760 | 2457922.46970 | 15.314 | 36.54 |
| 03760 | 2457922.47007 | 15.256 | 33.35 |
| 03760 | 2457922.47043 | 15.341 | 31.41 |
| 03760 | 2457922.47079 | 15.373 | 32.29 |
| 03760 | 2457922.47187 | 15.337 | 30.77 |
| 03760 | 2457922.47223 | 15.385 | 32.31 |
| 03760 | 2457922.47258 | 15.283 | 34.49 |
| 03760 | 2457922.47295 | 15.431 | 33.98 |
| 03760 | 2457922.47331 | 15.321 | 32.17 |
| 03760 | 2457922.47368 | 15.540 | 32.35 |
| 03760 | 2457922.47404 | 15.198 | 36.11 |
| 03760 | 2457922.47440 | 15.430 | 30.32 |
| 03760 | 2457922.47476 | 15.209 | 35.44 |
| 03760 | 2457922.47512 | 15.400 | 30.62 |
| 03760 | 2457922.47547 | 15.346 | 33.86 |
| 03760 | 2457922.47657 | 15.312 | 34.53 |
| 03760 | 2457922.47693 | 15.330 | 35.51 |
| 03760 | 2457922.47730 | 15.470 | 30.97 |
| 03760 | 2457922.47766 | 15.264 | 33.44 |
| 03760 | 2457922.47803 | 15.266 | 35.95 |
| 03760 | 2457922.47839 | 15.406 | 35.53 |
| 03760 | 2457922.47913 | 15.345 | 31.32 |
| 03760 | 2457922.47949 | 15.460 | 30.33 |
| 03760 | 2457922.47986 | 15.417 | 32.65 |
| 03760 | 2457922.48023 | 15.232 | 35.59 |
| 03760 | 2457922.48059 | 15.379 | 30.04 |
| 03760 | 2457922.48095 | 15.346 | 34.17 |
| 03760 | 2457922.48131 | 15.507 | 28.81 |
| 03760 | 2457922.48168 | 15.323 | 29.99 |
| 03760 | 2457922.48204 | 15.540 | 25.57 |
| 03760 | 2457922.48277 | 15.470 | 29.60 |
| 03760 | 2457922.48314 | 15.495 | 29.51 |
| 03760 | 2457922.48351 | 15.487 | 28.86 |
| 03760 | 2457922.48387 | 15.488 | 25.28 |
| 03760 | 2457922.48424 | 15.426 | 30.45 |
| 03760 | 2457922.48459 | 15.383 | 29.49 |
| 03760 | 2457922.48495 | 15.541 | 28.56 |
| 03760 | 2457922.48532 | 15.530 | 27.73 |
| 03760 | 2457922.48568 | 15.535 | 28.74 |
| 03760 | 2457922.48604 | 15.598 | 26.86 |
| 03760 | 2457922.48641 | 15.670 | 23.68 |
| 03760 | 2457922.48788 | 15.417 | 30.63 |
| 03760 | 2457922.48824 | 15.396 | 34.02 |
| 03760 | 2457922.48861 | 15.530 | 28.39 |
| 03760 | 2457922.48898 | 15.335 | 29.72 |

| Asteroiden-Nr. | Julianisches Datum | Helligkeit [mag] | SNR |
|----------------|--------------------|------------------|-------|
| 03760 | 2457922.48971 | 15.203 | 35.84 |
| 03760 | 2457922.49081 | 15.362 | 30.44 |
| 03760 | 2457922.49118 | 15.502 | 28.16 |
| 03760 | 2457922.49154 | 15.521 | 28.13 |
| 03760 | 2457922.49191 | 15.357 | 31.52 |
| 03760 | 2457922.49227 | 15.476 | 29.03 |
| 03760 | 2457922.49263 | 15.353 | 31.16 |
| 03760 | 2457922.49770 | 15.377 | 27.60 |
| 03760 | 2457922.49806 | 15.441 | 28.53 |
| 03760 | 2457922.49843 | 15.508 | 26.50 |
| 03760 | 2457922.49880 | 15.471 | 27.77 |
| 03760 | 2457922.49916 | 15.411 | 28.64 |
| 03760 | 2457922.50025 | 15.375 | 31.50 |
| 03760 | 2457922.50062 | 15.315 | 31.41 |
| 03760 | 2457922.50098 | 15.432 | 28.61 |
| 03760 | 2457922.50135 | 15.458 | 27.78 |
| 03760 | 2457922.50172 | 15.495 | 29.66 |
| 03760 | 2457922.50208 | 15.454 | 25.86 |
| 03760 | 2457922.50282 | 15.526 | 26.39 |
| 03760 | 2457922.50318 | 15.403 | 30.22 |
| 03760 | 2457922.50355 | 15.515 | 27.87 |
| 03760 | 2457922.50392 | 15.574 | 26.10 |
| 03760 | 2457922.50429 | 15.565 | 25.49 |
| 03760 | 2457922.50465 | 15.435 | 31.50 |
| 03760 | 2457922.50502 | 15.573 | 23.33 |
| 03760 | 2457922.50539 | 15.280 | 31.99 |
| 03760 | 2457922.50576 | 15.464 | 25.79 |
| 03760 | 2457922.50612 | 15.611 | 25.15 |
| 03760 | 2457922.50648 | 15.372 | 30.03 |
| 03760 | 2457922.50685 | 15.438 | 27.35 |
| 03760 | 2457922.50721 | 15.529 | 26.67 |
| 03760 | 2457922.50757 | 15.428 | 28.89 |
| 03760 | 2457922.50794 | 15.515 | 27.16 |
| 03760 | 2457922.50867 | 15.491 | 27.27 |
| 03760 | 2457922.50903 | 15.374 | 27.27 |
| 03760 | 2457922.50940 | 15.451 | 28.49 |
| 03760 | 2457922.50977 | 15.603 | 24.88 |
| 03760 | 2457922.51013 | 15.469 | 27.41 |
| 03760 | 2457922.51050 | 15.457 | 27.25 |
| 03760 | 2457922.51087 | 15.593 | 24.44 |
| 03760 | 2457922.51124 | 15.672 | 22.26 |
| 03760 | 2457922.51160 | 15.492 | 26.05 |
| 03760 | 2457922.51197 | 15.375 | 27.54 |
| 03760 | 2457922.51234 | 15.482 | 25.75 |
| 03760 | 2457922.51271 | 15.343 | 29.02 |
| 03760 | 2457922.51307 | 15.626 | 25.08 |
| 03760 | 2457922.51344 | 15.563 | 24.66 |
| 03760 | 2457922.51381 | 15.536 | 24.42 |
| 03760 | 2457922.51418 | 15.617 | 23.61 |
| 03760 | 2457922.51455 | 15.546 | 21.84 |
| 03760 | 2457922.51565 | 15.573 | 22.85 |

| Asteroiden-Nr. | Julianisches Datum | Helligkeit [mag] | SNR |
|----------------|--------------------|------------------|-------|
| 03760 | 2457922.51602 | 15.193 | 31.20 |
| 03760 | 2457922.51638 | 15.369 | 26.66 |
| 03760 | 2457922.51674 | 15.431 | 29.16 |
| 03760 | 2457922.51711 | 15.373 | 24.86 |
| 03760 | 2457922.51818 | 15.494 | 24.86 |
| 03760 | 2457922.51891 | 15.327 | 29.19 |
| 03760 | 2457922.51928 | 15.243 | 31.73 |
| 03760 | 2457922.52001 | 15.206 | 31.49 |
| 03760 | 2457922.52038 | 15.469 | 22.77 |
| 03760 | 2457922.52112 | 15.323 | 28.25 |
| 03760 | 2457922.52148 | 15.450 | 24.18 |
| 03760 | 2457922.52221 | 15.506 | 25.27 |
| 03760 | 2457922.52258 | 15.445 | 24.46 |
| 03760 | 2457922.52332 | 15.421 | 24.12 |
| 03760 | 2457922.52368 | 15.414 | 24.83 |
| 03760 | 2457922.52442 | 15.349 | 27.31 |
| 03760 | 2457922.52478 | 15.303 | 31.31 |
| 03760 | 2457922.52552 | 15.170 | 31.40 |
| 03760 | 2457922.52589 | 15.138 | 33.94 |
| 03760 | 2457922.52699 | 15.398 | 25.17 |
| 03760 | 2457922.52772 | 15.231 | 27.11 |
| 03760 | 2457922.52808 | 15.267 | 26.96 |
| 03760 | 2457922.52881 | 15.299 | 27.67 |
| 03760 | 2457922.52918 | 15.281 | 28.02 |
| 03760 | 2457922.52954 | 15.587 | 19.39 |
| 03760 | 2457922.52990 | 15.431 | 27.22 |
| 03760 | 2457922.53027 | 15.334 | 26.54 |
| 03760 | 2457922.53063 | 15.411 | 27.37 |
| 03760 | 2457922.53135 | 15.221 | 25.54 |
| 03760 | 2457922.53172 | 15.384 | 20.34 |
| 03760 | 2457922.53245 | 15.202 | 26.89 |
| 03760 | 2457922.53281 | 15.283 | 25.08 |
| 03760 | 2457922.53354 | 15.339 | 27.27 |
| 03760 | 2457922.53464 | 15.198 | 29.21 |
| 03760 | 2457922.53500 | 15.310 | 23.94 |
| 03760 | 2457922.53537 | 15.203 | 25.35 |
| 03760 | 2457922.53573 | 15.038 | 31.24 |
| 03760 | 2457922.53610 | 15.253 | 27.73 |

C.5. 03./04. Juli 2017

| Asteroiden-Nr. | Julianisches Datum | Helligkeit [mag] | SNR |
|----------------|--------------------|------------------|--------|
| 05001 | 2457938.39176 | 15.036 | 113.40 |
| 05001 | 2457938.39638 | 15.061 | 117.63 |
| 05001 | 2457938.39932 | 15.077 | 110.64 |
| 05001 | 2457938.40226 | 15.053 | 117.55 |
| 05001 | 2457938.40520 | 15.037 | 123.66 |
| 05001 | 2457938.40814 | 15.078 | 118.20 |
| 05001 | 2457938.41108 | 15.127 | 102.70 |
| 05001 | 2457938.41402 | 15.007 | 118.93 |
| 05001 | 2457938.41696 | 15.077 | 120.42 |
| 05001 | 2457938.41990 | 15.054 | 141.31 |
| 05001 | 2457938.42284 | 15.091 | 120.64 |
| 05001 | 2457938.42578 | 15.218 | 113.68 |
| 05001 | 2457938.42872 | 15.261 | 95.67 |
| 05001 | 2457938.43166 | 15.230 | 101.78 |
| 05001 | 2457938.43459 | 15.222 | 108.85 |
| 05001 | 2457938.43753 | 15.188 | 122.74 |
| 05001 | 2457938.44047 | 15.119 | 118.98 |
| 05001 | 2457938.44341 | 15.147 | 122.34 |
| 05001 | 2457938.44635 | 15.205 | 93.70 |
| 05001 | 2457938.44929 | 15.142 | 104.61 |
| 05001 | 2457938.45223 | 15.129 | 129.95 |
| 05001 | 2457938.45517 | 15.211 | 110.89 |
| 05001 | 2457938.45811 | 15.117 | 105.54 |
| 05001 | 2457938.46105 | 15.199 | 104.33 |
| 05001 | 2457938.46399 | 15.303 | 103.72 |
| 05001 | 2457938.46693 | 15.287 | 84.87 |
| 05001 | 2457938.46987 | 15.341 | 73.94 |
| 05001 | 2457938.47281 | 15.270 | 90.60 |
| 05001 | 2457938.47575 | 15.222 | 87.00 |
| 05001 | 2457938.47869 | 15.146 | 103.86 |
| 05001 | 2457938.48457 | 15.024 | 103.12 |
| 05001 | 2457938.48751 | 15.027 | 100.25 |
| 05001 | 2457938.49339 | 15.131 | 109.43 |
| 05001 | 2457938.49633 | 15.139 | 128.14 |
| 05001 | 2457938.49927 | 15.190 | 110.99 |
| 05001 | 2457938.50221 | 15.234 | 117.24 |
| 05001 | 2457938.50515 | 15.282 | 126.98 |
| 05001 | 2457938.50809 | 15.279 | 123.48 |
| 05001 | 2457938.51103 | 15.244 | 149.96 |
| 05001 | 2457938.53226 | 15.099 | 183.95 |
| 05001 | 2457938.53520 | 15.184 | 152.66 |
| 05001 | 2457938.53814 | 15.220 | 150.51 |
| 05001 | 2457938.54108 | 15.283 | 130.05 |
| 05001 | 2457938.54696 | 15.232 | 110.95 |
| 05001 | 2457938.54990 | 15.288 | 103.41 |
| 05001 | 2457938.55284 | 15.265 | 93.87 |
| 05001 | 2457938.55872 | 15.119 | 92.37 |

C.6. 04./05. Juli 2017

| Asteroiden-Nr. | Julianisches Datum | Helligkeit [mag] | SNR |
|----------------|--------------------|------------------|--------|
| 05001 | 2457939.42885 | 13.441 | 320.87 |
| 05001 | 2457939.47345 | 13.907 | 174.09 |
| 05001 | 2457939.47674 | 14.478 | 133.55 |
| 05001 | 2457939.48002 | 14.906 | 103.42 |
| 05001 | 2457939.48331 | 15.170 | 65.61 |
| 05001 | 2457939.48660 | 15.041 | 91.32 |
| 05001 | 2457939.48988 | 14.928 | 112.78 |
| 05001 | 2457939.49317 | 14.920 | 132.29 |
| 05001 | 2457939.49646 | 14.883 | 149.18 |
| 05001 | 2457939.49975 | 14.975 | 130.87 |
| 05001 | 2457939.50303 | 15.075 | 102.58 |
| 05001 | 2457939.50632 | 15.080 | 87.76 |
| 05001 | 2457939.50961 | 15.068 | 98.96 |
| 05001 | 2457939.51289 | 15.034 | 112.83 |
| 05001 | 2457939.51618 | 15.068 | 93.56 |
| 05001 | 2457939.51947 | 15.103 | 80.78 |
| 05001 | 2457939.52275 | 15.108 | 94.83 |
| 05001 | 2457939.52604 | 15.194 | 92.82 |
| 05001 | 2457939.53262 | 15.305 | 77.98 |
| 05001 | 2457939.54157 | 15.148 | 120.17 |
| 05001 | 2457939.54486 | 15.170 | 130.11 |
| 05001 | 2457939.54815 | 15.101 | 143.55 |
| 05001 | 2457939.55144 | 15.089 | 157.22 |
| 05001 | 2457939.55472 | 15.131 | 136.17 |
| 05001 | 2457939.55801 | 15.210 | 118.37 |
| 05001 | 2457939.56130 | 15.240 | 138.27 |
| 05001 | 2457939.57116 | 15.112 | 148.53 |
| 05001 | 2457939.57444 | 15.119 | 149.66 |
| 05001 | 2457939.57773 | 15.249 | 139.25 |
| 05001 | 2457939.58102 | 15.238 | 146.26 |
| 05001 | 2457939.58431 | 15.280 | 150.57 |
| 05001 | 2457939.58759 | 15.251 | 143.48 |
| 05001 | 2457939.59088 | 15.232 | 146.96 |
| 05001 | 2457939.59417 | 15.234 | 151.42 |
| 05001 | 2457939.59745 | 15.306 | 128.51 |
| 05001 | 2457939.60074 | 15.233 | 107.40 |
| 05001 | 2457939.60403 | 15.173 | 103.82 |

C.7. 05./06. Juli 2017

| Asteroiden-Nr. | Julianisches Datum | Helligkeit [mag] | SNR |
|----------------|--------------------|------------------|--------|
| 05001 | 2457940.42315 | 14.826 | 104.35 |
| 05001 | 2457940.42741 | 14.911 | 92.42 |
| 05001 | 2457940.43069 | 15.054 | 93.80 |
| 05001 | 2457940.43398 | 15.058 | 89.35 |
| 05001 | 2457940.43727 | 15.079 | 96.49 |
| 05001 | 2457940.44056 | 15.145 | 95.79 |
| 05001 | 2457940.44384 | 15.102 | 101.58 |
| 05001 | 2457940.44713 | 15.132 | 97.70 |
| 05001 | 2457940.45042 | 15.076 | 115.06 |
| 05001 | 2457940.45370 | 15.147 | 95.28 |
| 05001 | 2457940.45699 | 14.979 | 122.13 |
| 05001 | 2457940.46028 | 15.064 | 124.68 |
| 05001 | 2457940.46685 | 15.092 | 101.30 |
| 05001 | 2457940.47343 | 14.775 | 136.79 |
| 05001 | 2457940.47671 | 14.705 | 161.94 |
| 05001 | 2457940.48000 | 14.650 | 149.57 |
| 05001 | 2457940.48329 | 14.609 | 167.03 |
| 05001 | 2457940.48657 | 14.682 | 150.09 |
| 05001 | 2457940.48986 | 14.679 | 146.62 |
| 05001 | 2457940.49315 | 14.762 | 140.35 |
| 05001 | 2457940.49644 | 15.069 | 103.78 |
| 05001 | 2457940.49972 | 15.070 | 95.16 |
| 05001 | 2457940.50301 | 15.181 | 88.80 |
| 05001 | 2457940.50630 | 15.185 | 85.94 |
| 05001 | 2457940.51287 | 14.732 | 128.22 |
| 05001 | 2457940.51616 | 14.473 | 178.45 |
| 05001 | 2457940.51944 | 14.501 | 167.58 |
| 05001 | 2457940.53160 | 14.829 | 58.91 |
| 05001 | 2457940.53488 | 14.883 | 106.97 |
| 05001 | 2457940.53817 | 15.097 | 84.58 |
| 05001 | 2457940.54146 | 15.096 | 94.68 |
| 05001 | 2457940.54803 | 15.031 | 112.48 |
| 05001 | 2457940.55132 | 15.069 | 114.98 |
| 05001 | 2457940.55461 | 15.003 | 124.76 |
| 05001 | 2457940.55789 | 15.044 | 138.60 |
| 05001 | 2457940.56118 | 15.066 | 122.11 |
| 05001 | 2457940.56447 | 15.069 | 132.20 |
| 05001 | 2457940.56775 | 15.082 | 119.09 |
| 05001 | 2457940.57104 | 15.101 | 128.76 |
| 05001 | 2457940.57433 | 15.114 | 120.07 |
| 05001 | 2457940.57762 | 15.042 | 131.72 |
| 05001 | 2457940.58090 | 15.054 | 149.41 |
| 05001 | 2457940.59076 | 15.117 | 133.02 |

D. Rohdaten Messergebnisse Sternkatalogvergleiche

D.1. Astrometrie

| Asteroid-Nr. | Datum | Sternkatalog | Rektaszension | Deklination |
|--------------|-------------------|--------------|---------------|--------------|
| 03760 | C2017 05 25.84060 | USNOB-1.0 | 15 27 46.878 | -01 57 30.12 |
| 03760 | C2017 05 25.84354 | USNOB-1.0 | 15 27 46.738 | -01 57 30.52 |
| 03760 | C2017 05 25.84648 | USNOB-1.0 | 15 27 46.573 | -01 57 31.18 |
| 03760 | C2017 05 25.84942 | USNOB-1.0 | 15 27 46.410 | -01 57 31.83 |
| 03760 | C2017 05 25.85236 | USNOB-1.0 | 15 27 46.279 | -01 57 32.45 |
| 03760 | C2017 05 25.85530 | USNOB-1.0 | 15 27 46.121 | -01 57 32.90 |
| 03760 | C2017 05 25.86118 | USNOB-1.0 | 15 27 45.793 | -01 57 34.08 |
| 03760 | C2017 05 25.86412 | USNOB-1.0 | 15 27 45.640 | -01 57 34.61 |
| 03760 | C2017 05 25.86706 | USNOB-1.0 | 15 27 45.486 | -01 57 35.16 |
| 03760 | C2017 05 25.87000 | USNOB-1.0 | 15 27 45.331 | -01 57 35.76 |
| 03760 | C2017 05 25.87294 | USNOB-1.0 | 15 27 45.188 | -01 57 36.22 |
| 03760 | C2017 05 25.87588 | USNOB-1.0 | 15 27 45.020 | -01 57 36.90 |
| 03760 | C2017 05 25.87882 | USNOB-1.0 | 15 27 44.867 | -01 57 37.43 |
| 03760 | C2017 05 25.88176 | USNOB-1.0 | 15 27 44.712 | -01 57 37.96 |
| 03760 | C2017 05 25.88470 | USNOB-1.0 | 15 27 44.559 | -01 57 38.55 |
| 03760 | C2017 05 25.88764 | USNOB-1.0 | 15 27 44.383 | -01 57 39.14 |
| 03760 | C2017 05 25.89058 | USNOB-1.0 | 15 27 44.247 | -01 57 39.75 |
| 03760 | C2017 05 25.89352 | USNOB-1.0 | 15 27 44.093 | -01 57 40.33 |
| 03760 | C2017 05 25.90037 | USNOB-1.0 | 15 27 43.725 | -01 57 41.65 |
| 03760 | C2017 05 25.90331 | USNOB-1.0 | 15 27 43.553 | -01 57 42.12 |
| 03760 | C2017 05 25.90625 | USNOB-1.0 | 15 27 43.445 | -01 57 42.97 |
| 03760 | C2017 05 25.90919 | USNOB-1.0 | 15 27 43.266 | -01 57 43.44 |
| 03760 | C2017 05 25.91213 | USNOB-1.0 | 15 27 43.108 | -01 57 43.97 |
| 03760 | C2017 05 25.91801 | USNOB-1.0 | 15 27 42.794 | -01 57 45.09 |
| 03760 | C2017 05 25.92095 | USNOB-1.0 | 15 27 42.633 | -01 57 45.68 |
| 03760 | C2017 05 25.92389 | USNOB-1.0 | 15 27 42.485 | -01 57 46.15 |
| 03760 | C2017 05 25.92683 | USNOB-1.0 | 15 27 42.331 | -01 57 46.78 |
| 03760 | C2017 05 25.92977 | USNOB-1.0 | 15 27 42.176 | -01 57 47.35 |
| 03760 | C2017 05 25.93565 | USNOB-1.0 | 15 27 41.858 | -01 57 48.47 |
| 03760 | C2017 05 25.93939 | USNOB-1.0 | 15 27 41.662 | -01 57 49.27 |
| 03760 | C2017 05 25.94233 | USNOB-1.0 | 15 27 41.507 | -01 57 49.86 |
| 03760 | C2017 05 25.94527 | USNOB-1.0 | 15 27 41.354 | -01 57 50.43 |
| 03760 | C2017 05 25.94821 | USNOB-1.0 | 15 27 41.210 | -01 57 50.61 |
| 03760 | C2017 05 25.95115 | USNOB-1.0 | 15 27 41.053 | -01 57 51.59 |
| 03760 | C2017 05 25.95409 | USNOB-1.0 | 15 27 40.887 | -01 57 52.14 |
| 03760 | C2017 05 25.95703 | USNOB-1.0 | 15 27 40.726 | -01 57 52.65 |
| 03760 | C2017 05 25.95997 | USNOB-1.0 | 15 27 40.564 | -01 57 53.41 |
| 03760 | C2017 05 25.96289 | USNOB-1.0 | 15 27 40.425 | -01 57 53.81 |
| 03760 | C2017 05 25.96878 | USNOB-1.0 | 15 27 40.119 | -01 57 54.92 |
| 03760 | C2017 05 25.97172 | USNOB-1.0 | 15 27 39.964 | -01 57 55.36 |
| 03760 | C2017 05 25.97465 | USNOB-1.0 | 15 27 39.804 | -01 57 56.06 |
| 03760 | C2017 05 25.97759 | USNOB-1.0 | 15 27 39.649 | -01 57 56.67 |
| 03760 | C2017 05 25.98054 | USNOB-1.0 | 15 27 39.502 | -01 57 57.22 |
| 03760 | C2017 05 25.98348 | USNOB-1.0 | 15 27 39.344 | -01 57 57.79 |
| 03760 | C2017 05 25.98642 | USNOB-1.0 | 15 27 39.178 | -01 57 57.80 |

| Asteroid-Nr. | Datum | Sternkatalog | Rektaszension | Deklination |
|--------------|-------------------|--------------|---------------|--------------|
| 03760 | C2017 05 25.84031 | PPMXL | 15 27 46.858 | -01 57 30.34 |
| 03760 | C2017 05 25.84325 | PPMXL | 15 27 46.720 | -01 57 30.79 |
| 03760 | C2017 05 25.84619 | PPMXL | 15 27 46.553 | -01 57 31.44 |
| 03760 | C2017 05 25.84913 | PPMXL | 15 27 46.393 | -01 57 32.08 |
| 03760 | C2017 05 25.85207 | PPMXL | 15 27 46.263 | -01 57 32.69 |
| 03760 | C2017 05 25.85501 | PPMXL | 15 27 46.102 | -01 57 33.13 |
| 03760 | C2017 05 25.86089 | PPMXL | 15 27 45.771 | -01 57 34.32 |
| 03760 | C2017 05 25.86383 | PPMXL | 15 27 45.621 | -01 57 34.87 |
| 03760 | C2017 05 25.86677 | PPMXL | 15 27 45.467 | -01 57 35.42 |
| 03760 | C2017 05 25.86971 | PPMXL | 15 27 45.312 | -01 57 36.00 |
| 03760 | C2017 05 25.87265 | PPMXL | 15 27 45.169 | -01 57 36.47 |
| 03760 | C2017 05 25.87559 | PPMXL | 15 27 45.000 | -01 57 37.16 |
| 03760 | C2017 05 25.87853 | PPMXL | 15 27 44.848 | -01 57 37.68 |
| 03760 | C2017 05 25.88147 | PPMXL | 15 27 44.694 | -01 57 38.23 |
| 03760 | C2017 05 25.88441 | PPMXL | 15 27 44.540 | -01 57 38.79 |
| 03760 | C2017 05 25.88735 | PPMXL | 15 27 44.364 | -01 57 39.38 |
| 03760 | C2017 05 25.89029 | PPMXL | 15 27 44.230 | -01 57 39.99 |
| 03760 | C2017 05 25.89323 | PPMXL | 15 27 44.074 | -01 57 40.56 |
| 03760 | C2017 05 25.90008 | PPMXL | 15 27 43.707 | -01 57 41.90 |
| 03760 | C2017 05 25.90302 | PPMXL | 15 27 43.535 | -01 57 42.35 |
| 03760 | C2017 05 25.90596 | PPMXL | 15 27 43.424 | -01 57 43.20 |
| 03760 | C2017 05 25.90890 | PPMXL | 15 27 43.248 | -01 57 43.68 |
| 03760 | C2017 05 25.91184 | PPMXL | 15 27 43.088 | -01 57 44.19 |
| 03760 | C2017 05 25.91772 | PPMXL | 15 27 42.775 | -01 57 45.35 |
| 03760 | C2017 05 25.92066 | PPMXL | 15 27 42.612 | -01 57 45.95 |
| 03760 | C2017 05 25.92654 | PPMXL | 15 27 42.312 | -01 57 47.02 |
| 03760 | C2017 05 25.92948 | PPMXL | 15 27 42.158 | -01 57 47.58 |
| 03760 | C2017 05 25.93536 | PPMXL | 15 27 41.839 | -01 57 48.73 |
| 03760 | C2017 05 25.93910 | PPMXL | 15 27 41.645 | -01 57 49.52 |
| 03760 | C2017 05 25.94204 | PPMXL | 15 27 41.486 | -01 57 50.10 |
| 03760 | C2017 05 25.94498 | PPMXL | 15 27 41.335 | -01 57 50.66 |
| 03760 | C2017 05 25.94792 | PPMXL | 15 27 41.193 | -01 57 50.86 |
| 03760 | C2017 05 25.95086 | PPMXL | 15 27 41.034 | -01 57 51.82 |
| 03760 | C2017 05 25.95380 | PPMXL | 15 27 40.868 | -01 57 52.37 |
| 03760 | C2017 05 25.95674 | PPMXL | 15 27 40.706 | -01 57 52.91 |
| 03760 | C2017 05 25.95968 | PPMXL | 15 27 40.544 | -01 57 53.67 |
| 03760 | C2017 05 25.96260 | PPMXL | 15 27 40.405 | -01 57 54.04 |
| 03760 | C2017 05 25.96556 | PPMXL | 15 27 40.288 | -01 57 54.78 |
| 03760 | C2017 05 25.96850 | PPMXL | 15 27 40.103 | -01 57 55.18 |
| 03760 | C2017 05 25.97144 | PPMXL | 15 27 39.944 | -01 57 55.61 |
| 03760 | C2017 05 25.97436 | PPMXL | 15 27 39.787 | -01 57 56.30 |
| 03760 | C2017 05 25.97730 | PPMXL | 15 27 39.631 | -01 57 56.91 |
| 03760 | C2017 05 25.98025 | PPMXL | 15 27 39.480 | -01 57 57.45 |
| 03760 | C2017 05 25.98319 | PPMXL | 15 27 39.323 | -01 57 58.00 |
| 03760 | C2017 05 25.98613 | PPMXL | 15 27 39.160 | -01 57 58.04 |

| Asteroid-Nr. | Datum | Sternkatalog | Rektaszension | Deklination |
|--------------|-------------------|--------------|---------------|--------------|
| 03760 | C2017 05 25.84060 | UCAC-4 | 15 27 46.866 | -01 57 30.24 |
| 03760 | C2017 05 25.84354 | UCAC-4 | 15 27 46.726 | -01 57 30.67 |
| 03760 | C2017 05 25.84648 | UCAC-4 | 15 27 46.561 | -01 57 31.33 |
| 03760 | C2017 05 25.84942 | UCAC-4 | 15 27 46.399 | -01 57 31.97 |
| 03760 | C2017 05 25.85236 | UCAC-4 | 15 27 46.269 | -01 57 32.54 |
| 03760 | C2017 05 25.85530 | UCAC-4 | 15 27 46.111 | -01 57 33.03 |
| 03760 | C2017 05 25.86118 | UCAC-4 | 15 27 45.779 | -01 57 34.18 |
| 03760 | C2017 05 25.86412 | UCAC-4 | 15 27 45.629 | -01 57 34.75 |
| 03760 | C2017 05 25.86706 | UCAC-4 | 15 27 45.474 | -01 57 35.33 |
| 03760 | C2017 05 25.87000 | UCAC-4 | 15 27 45.319 | -01 57 35.88 |
| 03760 | C2017 05 25.87294 | UCAC-4 | 15 27 45.176 | -01 57 36.34 |
| 03760 | C2017 05 25.87588 | UCAC-4 | 15 27 45.006 | -01 57 37.02 |
| 03760 | C2017 05 25.87882 | UCAC-4 | 15 27 44.854 | -01 57 37.56 |
| 03760 | C2017 05 25.88176 | UCAC-4 | 15 27 44.700 | -01 57 38.11 |
| 03760 | C2017 05 25.88470 | UCAC-4 | 15 27 44.546 | -01 57 38.69 |
| 03760 | C2017 05 25.88764 | UCAC-4 | 15 27 44.372 | -01 57 39.27 |
| 03760 | C2017 05 25.89058 | UCAC-4 | 15 27 44.237 | -01 57 39.85 |
| 03760 | C2017 05 25.89352 | UCAC-4 | 15 27 44.081 | -01 57 40.42 |
| 03760 | C2017 05 25.89646 | UCAC-4 | 15 27 43.922 | -01 57 40.99 |
| 03760 | C2017 05 25.90037 | UCAC-4 | 15 27 43.714 | -01 57 41.79 |
| 03760 | C2017 05 25.90331 | UCAC-4 | 15 27 43.541 | -01 57 42.22 |
| 03760 | C2017 05 25.90625 | UCAC-4 | 15 27 43.430 | -01 57 43.08 |
| 03760 | C2017 05 25.90919 | UCAC-4 | 15 27 43.256 | -01 57 43.55 |
| 03760 | C2017 05 25.91213 | UCAC-4 | 15 27 43.096 | -01 57 44.07 |
| 03760 | C2017 05 25.91507 | UCAC-4 | 15 27 42.934 | -01 57 44.63 |
| 03760 | C2017 05 25.91801 | UCAC-4 | 15 27 42.780 | -01 57 45.20 |
| 03760 | C2017 05 25.92095 | UCAC-4 | 15 27 42.619 | -01 57 45.86 |
| 03760 | C2017 05 25.92683 | UCAC-4 | 15 27 42.319 | -01 57 46.92 |
| 03760 | C2017 05 25.92977 | UCAC-4 | 15 27 42.166 | -01 57 47.45 |
| 03760 | C2017 05 25.93565 | UCAC-4 | 15 27 41.846 | -01 57 48.64 |
| 03760 | C2017 05 25.93939 | UCAC-4 | 15 27 41.651 | -01 57 49.40 |
| 03760 | C2017 05 25.94233 | UCAC-4 | 15 27 41.493 | -01 57 49.98 |
| 03760 | C2017 05 25.94527 | UCAC-4 | 15 27 41.339 | -01 57 50.56 |
| 03760 | C2017 05 25.94821 | UCAC-4 | 15 27 41.197 | -01 57 50.75 |
| 03760 | C2017 05 25.95115 | UCAC-4 | 15 27 41.041 | -01 57 51.72 |
| 03760 | C2017 05 25.95409 | UCAC-4 | 15 27 40.876 | -01 57 52.23 |
| 03760 | C2017 05 25.95703 | UCAC-4 | 15 27 40.714 | -01 57 52.81 |
| 03760 | C2017 05 25.95997 | UCAC-4 | 15 27 40.552 | -01 57 53.55 |
| 03760 | C2017 05 25.96289 | UCAC-4 | 15 27 40.414 | -01 57 53.95 |
| 03760 | C2017 05 25.96878 | UCAC-4 | 15 27 40.108 | -01 57 55.05 |
| 03760 | C2017 05 25.97172 | UCAC-4 | 15 27 39.953 | -01 57 55.48 |
| 03760 | C2017 05 25.97465 | UCAC-4 | 15 27 39.793 | -01 57 56.21 |
| 03760 | C2017 05 25.97759 | UCAC-4 | 15 27 39.637 | -01 57 56.81 |
| 03760 | C2017 05 25.98054 | UCAC-4 | 15 27 39.488 | -01 57 57.36 |
| 03760 | C2017 05 25.98348 | UCAC-4 | 15 27 39.331 | -01 57 57.93 |
| 03760 | C2017 05 25.98642 | UCAC-4 | 15 27 39.168 | -01 57 57.92 |

D.2. Photometrie

| Asteroiden-Nr. | Julianisches Datum | Sternkatalog | Helligkeit [mag] | SNR |
|----------------|--------------------|--------------|------------------|--------|
| 03760 | 2457899.34060 | USNOB-1.0 | 15.387 | 187.59 |
| 03760 | 2457899.34354 | USNOB-1.0 | 15.400 | 178.87 |
| 03760 | 2457899.34648 | USNOB-1.0 | 15.479 | 153.56 |
| 03760 | 2457899.34942 | USNOB-1.0 | 15.500 | 182.03 |
| 03760 | 2457899.35236 | USNOB-1.0 | 15.511 | 177.55 |
| 03760 | 2457899.35530 | USNOB-1.0 | 15.531 | 165.17 |
| 03760 | 2457899.36118 | USNOB-1.0 | 15.541 | 171.32 |
| 03760 | 2457899.36412 | USNOB-1.0 | 15.599 | 158.08 |
| 03760 | 2457899.36706 | USNOB-1.0 | 15.546 | 175.58 |
| 03760 | 2457899.37000 | USNOB-1.0 | 15.570 | 183.21 |
| 03760 | 2457899.37294 | USNOB-1.0 | 15.567 | 163.74 |
| 03760 | 2457899.37588 | USNOB-1.0 | 15.584 | 164.77 |
| 03760 | 2457899.37882 | USNOB-1.0 | 15.581 | 169.93 |
| 03760 | 2457899.38176 | USNOB-1.0 | 15.575 | 183.94 |
| 03760 | 2457899.38470 | USNOB-1.0 | 15.416 | 206.53 |
| 03760 | 2457899.38764 | USNOB-1.0 | 15.457 | 177.29 |
| 03760 | 2457899.39058 | USNOB-1.0 | 15.448 | 190.65 |
| 03760 | 2457899.39352 | USNOB-1.0 | 15.454 | 192.37 |
| 03760 | 2457899.40037 | USNOB-1.0 | 15.415 | 222.04 |
| 03760 | 2457899.40331 | USNOB-1.0 | 15.463 | 185.10 |
| 03760 | 2457899.40625 | USNOB-1.0 | 15.473 | 176.84 |
| 03760 | 2457899.40919 | USNOB-1.0 | 15.498 | 174.80 |
| 03760 | 2457899.41213 | USNOB-1.0 | 15.600 | 153.62 |
| 03760 | 2457899.41801 | USNOB-1.0 | 15.557 | 176.94 |
| 03760 | 2457899.42095 | USNOB-1.0 | 15.514 | 175.96 |
| 03760 | 2457899.42389 | USNOB-1.0 | 15.508 | 185.51 |
| 03760 | 2457899.42683 | USNOB-1.0 | 15.522 | 180.19 |
| 03760 | 2457899.42977 | USNOB-1.0 | 15.521 | 181.87 |
| 03760 | 2457899.43565 | USNOB-1.0 | 15.550 | 171.23 |
| 03760 | 2457899.43939 | USNOB-1.0 | 15.550 | 180.39 |
| 03760 | 2457899.44233 | USNOB-1.0 | 15.551 | 186.51 |
| 03760 | 2457899.44527 | USNOB-1.0 | 15.463 | 179.54 |
| 03760 | 2457899.44821 | USNOB-1.0 | 15.439 | 182.35 |
| 03760 | 2457899.45115 | USNOB-1.0 | 15.405 | 203.87 |
| 03760 | 2457899.45409 | USNOB-1.0 | 15.385 | 203.23 |
| 03760 | 2457899.45703 | USNOB-1.0 | 15.367 | 186.06 |
| 03760 | 2457899.45997 | USNOB-1.0 | 15.374 | 204.00 |
| 03760 | 2457899.46289 | USNOB-1.0 | 15.342 | 206.57 |
| 03760 | 2457899.46878 | USNOB-1.0 | 15.468 | 169.88 |
| 03760 | 2457899.47172 | USNOB-1.0 | 15.486 | 163.63 |
| 03760 | 2457899.47465 | USNOB-1.0 | 15.497 | 188.96 |
| 03760 | 2457899.47759 | USNOB-1.0 | 15.481 | 171.18 |
| 03760 | 2457899.48054 | USNOB-1.0 | 15.556 | 176.16 |
| 03760 | 2457899.48348 | USNOB-1.0 | 15.519 | 158.81 |
| 03760 | 2457899.48642 | USNOB-1.0 | 15.526 | 169.06 |

| Asteroiden-Nr. | Julianisches Datum | Sternkatalog | Helligkeit [mag] | SNR |
|----------------|--------------------|--------------|------------------|--------|
| 03760 | 2457899.34031 | PPMXL | 15.379 | 187.59 |
| 03760 | 2457899.34325 | PPMXL | 15.391 | 178.87 |
| 03760 | 2457899.34619 | PPMXL | 15.471 | 153.56 |
| 03760 | 2457899.34913 | PPMXL | 15.495 | 182.03 |
| 03760 | 2457899.35207 | PPMXL | 15.504 | 177.55 |
| 03760 | 2457899.35501 | PPMXL | 15.530 | 165.17 |
| 03760 | 2457899.36089 | PPMXL | 15.538 | 171.32 |
| 03760 | 2457899.36383 | PPMXL | 15.599 | 158.08 |
| 03760 | 2457899.36677 | PPMXL | 15.545 | 175.58 |
| 03760 | 2457899.36971 | PPMXL | 15.563 | 183.21 |
| 03760 | 2457899.37265 | PPMXL | 15.558 | 163.74 |
| 03760 | 2457899.37559 | PPMXL | 15.580 | 164.77 |
| 03760 | 2457899.37853 | PPMXL | 15.575 | 169.93 |
| 03760 | 2457899.38147 | PPMXL | 15.570 | 183.94 |
| 03760 | 2457899.38441 | PPMXL | 15.411 | 206.53 |
| 03760 | 2457899.38735 | PPMXL | 15.448 | 177.29 |
| 03760 | 2457899.39029 | PPMXL | 15.445 | 190.65 |
| 03760 | 2457899.39323 | PPMXL | 15.450 | 192.37 |
| 03760 | 2457899.40008 | PPMXL | 15.407 | 222.04 |
| 03760 | 2457899.40302 | PPMXL | 15.451 | 185.10 |
| 03760 | 2457899.40596 | PPMXL | 15.465 | 176.84 |
| 03760 | 2457899.40890 | PPMXL | 15.491 | 174.80 |
| 03760 | 2457899.41184 | PPMXL | 15.592 | 153.62 |
| 03760 | 2457899.41772 | PPMXL | 15.549 | 176.94 |
| 03760 | 2457899.42066 | PPMXL | 15.508 | 175.96 |
| 03760 | 2457899.42654 | PPMXL | 15.515 | 180.19 |
| 03760 | 2457899.42948 | PPMXL | 15.513 | 181.87 |
| 03760 | 2457899.43536 | PPMXL | 15.546 | 171.23 |
| 03760 | 2457899.43910 | PPMXL | 15.547 | 180.39 |
| 03760 | 2457899.44204 | PPMXL | 15.543 | 186.51 |
| 03760 | 2457899.44498 | PPMXL | 15.456 | 179.54 |
| 03760 | 2457899.44792 | PPMXL | 15.435 | 182.35 |
| 03760 | 2457899.45086 | PPMXL | 15.400 | 203.87 |
| 03760 | 2457899.45380 | PPMXL | 15.381 | 203.23 |
| 03760 | 2457899.45674 | PPMXL | 15.364 | 186.06 |
| 03760 | 2457899.45968 | PPMXL | 15.374 | 204.00 |
| 03760 | 2457899.46260 | PPMXL | 15.344 | 206.57 |
| 03760 | 2457899.46556 | PPMXL | 15.387 | 192.61 |
| 03760 | 2457899.46850 | PPMXL | 15.465 | 169.88 |
| 03760 | 2457899.47144 | PPMXL | 15.485 | 163.63 |
| 03760 | 2457899.47436 | PPMXL | 15.496 | 188.96 |
| 03760 | 2457899.47730 | PPMXL | 15.481 | 171.18 |
| 03760 | 2457899.48025 | PPMXL | 15.540 | 176.16 |
| 03760 | 2457899.48319 | PPMXL | 15.500 | 158.81 |
| 03760 | 2457899.48613 | PPMXL | 15.526 | 169.06 |

| Asteroiden-Nr. | Julianisches Datum | Sternkatalog | Helligkeit [mag] | SNR |
|----------------|--------------------|--------------|------------------|--------|
| 03760 | 2457899.34060 | UCAC4 | 15.254 | 187.59 |
| 03760 | 2457899.34354 | UCAC4 | 15.266 | 178.87 |
| 03760 | 2457899.34648 | UCAC4 | 15.336 | 153.56 |
| 03760 | 2457899.34942 | UCAC4 | 15.362 | 182.03 |
| 03760 | 2457899.35236 | UCAC4 | 15.374 | 177.55 |
| 03760 | 2457899.35530 | UCAC4 | 15.379 | 165.17 |
| 03760 | 2457899.36118 | UCAC4 | 15.394 | 171.32 |
| 03760 | 2457899.36412 | UCAC4 | 15.467 | 158.08 |
| 03760 | 2457899.36706 | UCAC4 | 15.403 | 175.58 |
| 03760 | 2457899.37000 | UCAC4 | 15.423 | 183.21 |
| 03760 | 2457899.37294 | UCAC4 | 15.418 | 163.74 |
| 03760 | 2457899.37588 | UCAC4 | 15.436 | 164.77 |
| 03760 | 2457899.37882 | UCAC4 | 15.438 | 169.93 |
| 03760 | 2457899.38176 | UCAC4 | 15.428 | 183.94 |
| 03760 | 2457899.38470 | UCAC4 | 15.271 | 206.53 |
| 03760 | 2457899.38764 | UCAC4 | 15.316 | 177.29 |
| 03760 | 2457899.39058 | UCAC4 | 15.307 | 190.65 |
| 03760 | 2457899.39352 | UCAC4 | 15.311 | 192.37 |
| 03760 | 2457899.39646 | UCAC4 | 15.315 | 189.59 |
| 03760 | 2457899.40037 | UCAC4 | 15.277 | 222.04 |
| 03760 | 2457899.40331 | UCAC4 | 15.316 | 185.10 |
| 03760 | 2457899.40625 | UCAC4 | 15.328 | 176.84 |
| 03760 | 2457899.40919 | UCAC4 | 15.356 | 174.80 |
| 03760 | 2457899.41213 | UCAC4 | 15.463 | 153.62 |
| 03760 | 2457899.41507 | UCAC4 | 15.393 | 176.51 |
| 03760 | 2457899.41801 | UCAC4 | 15.415 | 176.94 |
| 03760 | 2457899.42095 | UCAC4 | 15.381 | 175.96 |
| 03760 | 2457899.42683 | UCAC4 | 15.386 | 180.19 |
| 03760 | 2457899.42977 | UCAC4 | 15.378 | 181.87 |
| 03760 | 2457899.43565 | UCAC4 | 15.410 | 171.23 |
| 03760 | 2457899.43939 | UCAC4 | 15.416 | 180.39 |
| 03760 | 2457899.44233 | UCAC4 | 15.409 | 186.51 |
| 03760 | 2457899.44527 | UCAC4 | 15.325 | 179.54 |
| 03760 | 2457899.44821 | UCAC4 | 15.298 | 182.35 |
| 03760 | 2457899.45115 | UCAC4 | 15.266 | 203.87 |
| 03760 | 2457899.45409 | UCAC4 | 15.252 | 203.23 |
| 03760 | 2457899.45703 | UCAC4 | 15.225 | 186.06 |
| 03760 | 2457899.45997 | UCAC4 | 15.235 | 204.00 |
| 03760 | 2457899.46289 | UCAC4 | 15.200 | 206.57 |
| 03760 | 2457899.46878 | UCAC4 | 15.325 | 169.88 |
| 03760 | 2457899.47172 | UCAC4 | 15.351 | 163.63 |
| 03760 | 2457899.47465 | UCAC4 | 15.356 | 188.96 |
| 03760 | 2457899.47759 | UCAC4 | 15.336 | 171.18 |
| 03760 | 2457899.48054 | UCAC4 | 15.400 | 176.16 |
| 03760 | 2457899.48348 | UCAC4 | 15.360 | 158.81 |
| 03760 | 2457899.48642 | UCAC4 | 15.393 | 169.06 |

E. Rohdaten Ephemeriden MPC Sternkatalogvergleiche

| Datum | Uhrzeit (UT) | Rektaszension | Deklination |
|------------|--------------|---------------|-------------|
| 2017 05 25 | 20:00 | 15.4637 | -01.956 |
| 2017 05 25 | 20:04 | 15.4637 | -01.956 |
| 2017 05 25 | 20:08 | 15.4637 | -01.956 |
| 2017 05 25 | 20:12 | 15.4636 | -01.956 |
| 2017 05 25 | 20:16 | 15.4636 | -01.956 |
| 2017 05 25 | 20:20 | 15.4635 | -01.956 |
| 2017 05 25 | 20:24 | 15.4635 | -01.957 |
| 2017 05 25 | 20:28 | 15.4635 | -01.957 |
| 2017 05 25 | 20:32 | 15.4634 | -01.957 |
| 2017 05 25 | 20:36 | 15.4634 | -01.957 |
| 2017 05 25 | 20:40 | 15.4633 | -01.957 |
| 2017 05 25 | 20:44 | 15.4633 | -01.957 |
| 2017 05 25 | 20:48 | 15.4633 | -01.958 |
| 2017 05 25 | 20:52 | 15.4632 | -01.958 |
| 2017 05 25 | 20:56 | 15.4632 | -01.958 |
| 2017 05 25 | 21:00 | 15.4631 | -01.958 |
| 2017 05 25 | 21:04 | 15.4631 | -01.958 |
| 2017 05 25 | 21:08 | 15.4631 | -01.958 |
| 2017 05 25 | 21:12 | 15.4630 | -01.958 |
| 2017 05 25 | 21:16 | 15.4630 | -01.959 |
| 2017 05 25 | 21:20 | 15.4629 | -01.959 |
| 2017 05 25 | 21:24 | 15.4629 | -01.959 |
| 2017 05 25 | 21:28 | 15.4628 | -01.959 |
| 2017 05 25 | 21:32 | 15.4628 | -01.959 |
| 2017 05 25 | 21:36 | 15.4628 | -01.959 |
| 2017 05 25 | 21:40 | 15.4627 | -01.959 |
| 2017 05 25 | 21:44 | 15.4627 | -01.960 |
| 2017 05 25 | 21:48 | 15.4626 | -01.960 |
| 2017 05 25 | 21:52 | 15.4626 | -01.960 |
| 2017 05 25 | 21:56 | 15.4626 | -01.960 |
| 2017 05 25 | 22:00 | 15.4625 | -01.960 |
| 2017 05 25 | 22:04 | 15.4625 | -01.960 |
| 2017 05 25 | 22:08 | 15.4624 | -01.961 |
| 2017 05 25 | 22:12 | 15.4624 | -01.961 |
| 2017 05 25 | 22:16 | 15.4624 | -01.961 |
| 2017 05 25 | 22:20 | 15.4623 | -01.961 |
| 2017 05 25 | 22:24 | 15.4623 | -01.961 |
| 2017 05 25 | 22:28 | 15.4622 | -01.961 |
| 2017 05 25 | 22:32 | 15.4622 | -01.961 |
| 2017 05 25 | 22:36 | 15.4622 | -01.962 |
| 2017 05 25 | 22:40 | 15.4621 | -01.962 |
| 2017 05 25 | 22:44 | 15.4621 | -01.962 |
| 2017 05 25 | 22:48 | 15.4620 | -01.962 |
| 2017 05 25 | 22:52 | 15.4620 | -01.962 |
| 2017 05 25 | 22:56 | 15.4620 | -01.962 |
| 2017 05 25 | 23:00 | 15.4619 | -01.962 |
| 2017 05 25 | 23:04 | 15.4619 | -01.963 |
| 2017 05 25 | 23:08 | 15.4618 | -01.963 |
| 2017 05 25 | 23:12 | 15.4618 | -01.963 |

| Datum | Uhrzeit (UT) | Rektaszension | Deklination |
|------------|--------------|---------------|-------------|
| 2017 05 25 | 23:16 | 15.4617 | -01.963 |
| 2017 05 25 | 23:20 | 15.4617 | -01.963 |
| 2017 05 25 | 23:24 | 15.4617 | -01.963 |
| 2017 05 25 | 23:28 | 15.4616 | -01.964 |
| 2017 05 25 | 23:32 | 15.4616 | -01.964 |
| 2017 05 25 | 23:36 | 15.4615 | -01.964 |
| 2017 05 25 | 23:40 | 15.4615 | -01.964 |
| 2017 05 25 | 23:44 | 15.4615 | -01.964 |
| 2017 05 25 | 23:48 | 15.4614 | -01.964 |
| 2017 05 25 | 23:52 | 15.4614 | -01.964 |
| 2017 05 25 | 23:56 | 15.4613 | -01.965 |

13. Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Wettbewerbsarbeit selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe erstellt habe und dass alle Quellen, Hilfsmittel und Internetseiten wahrheitsgetreu verwendet wurden und belegt sind.

Fabian Mast

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'F. Mast', written in a cursive style.

Unterschrift