

# Sternbedeckungen durch Kleinplaneten im Jahr 2003

Mike Kretlow, Mainz-Kastel

## Einführung

Die Bedeutung der Kleinplaneten als Forschungs- und als Beobachtungsobjekte hat in den letzten Jahren stetig zugenommen. Dieses Thema ist zugleich auch facettenreicher geworden. Die Suche nach NEOs (Near Earth Objects) oder TNOs (Trans-Neptun Objects) beschäftigt zunehmend Profi- und auch Amateurastronomen. Die Anzahl der neu entdeckten Kleinplaneten ist in den letzten 10 Jahren exponentiell angestiegen. Den grössten Anteil daran tragen die sogenannten Surveys wie LINEAR, NEAT und Spacewatch, aber auch immer mehr Amateure leisten einen bedeutenden Beitrag zur Untersuchung der Kleinplaneten – in Form von astrometrischen Beobachtungen (z.B. sogenannten Follow-Up-Beobachtungen von neuentdeckten NEOs), Lichtkurven, Bahnrechnungen und schliesslich auch bei der Vorhersage, Beobachtung und Auswertung von Sternbedeckungen [1]. Insbesondere physikalische Grundparameter wie Form und Grösse und daraus ableitbare Werte sind nur für wenige Kleinplaneten bekannt – verglichen mit der Anzahl der inzwischen katalogisierten Objekte. Vor rund zwei Jahren wurde hier ausführlich über diese Thematik berichtet [2]. Seit dem hat sich nichts Grundlegendes verändert, daher soll in diesem Beitrag neben Vorhersagen für das laufende Jahr ein aktuelles Bild der Aktivitäten gegeben werden.

## Vorhersagen

Sogenannte Referenzvorhersagen werden von Edwin Goffin (Belgien) [3], ergänzt durch Arbeiten von Steve Preston (USA) [4], sowie von Mike Kretlow (Deutschland) [5] erstellt. Sie dienen gewissermassen als Terminkalender und Beobachtungsplan für das gesamte Jahr. Anhand der eigenen Vorhersagen soll die Berechnungsprozedur exemplarisch erläutert werden. Das Programmpaket besteht aus mehreren selbstgeschriebenen Fortran 77-Programmen und einigen Python-Skripten und läuft auf einem Linux-PC. In einem ersten Schritt werden Jahresephemeriden für eine Anzahl von Kleinplaneten berechnet. Die Bahnelemente werden einem ständig aktualisierten Datenbestand entnommen (hier die Datei `astorb.dat` vom Lowell Observatory) und es werden nur jene Kleinplaneten einbezogen, deren angenommener Durchmesser bei mindestens 30 km liegt. Würde man diese Grenze zu weit herabsetzen erhielte man einerseits extrem kurze Bedeckungsereignisse und andererseits würde selbst bei einer last-minute-prediction die Unsicherheit der Bedeckungszone ein Vielfaches ihrer selbst betragen. Die Ephemeriden werden unter Berücksichtigung aller Störungen mit Hilfe einer numerischen Integration der Bewegungsgleichungen berechnet. Die Positionen der grossen Planeten und deren Massen werden der JPL-Referenzephemeride DE403 entnommen. Alle Kleinplaneten, deren Ephemeriden nun vorliegen, werden nach möglichen Sternbedeckungen eines Sternkataloges (hier: Tycho-2 mit rund 1 Millionen Sternen bis ca. 11mag) untersucht. Findet das Programm eine irgendwo auf der Erde

stattfindende Bedeckung wird es entsprechend vorgegebener Ausschlusskriterien abgespeichert oder verworfen. Für die in Tabelle 1 angegebenen Bedeckungen war die Vorgabe:

1. Die Bedeckung muss mindestens 1 sec andauern (für einen Beobachter auf der Zentrallinie).
2. Der Helligkeitsabfall muss wenigstens 1 mag betragen (da zahlreiche Beobachter visuell arbeiten).
3. Die Elongation zur Sonne darf 30 Grad nicht unterschreiten.

Verschiedene Hilfsprogramme dienen der weiteren Aufbereitung der Daten und deren Visualisierung. Mit ihrer Hilfe wurden aus den so gefundenen Ereignissen durch visuelle Sichtung am Bildschirm jene ausgewählt, die in oder um Deutschland stattfinden und auch beobachtbar sein sollten (Höhe über dem Horizont etc.). Entsprechende Karten der Bedeckungszonen für die hier genannten, aber auch für alle anderen gefundenen Ereignisse (Europa und weltweit) können von der Webpage des Autors heruntergeladen werden [5].

## Updates

Die Genauigkeit der Referenzvorhersagen in Bezug auf die Bedeckungszone beträgt i.a. wenige 100km. Bei einem durchschnittlichen Asteroidendurchmesser von einigen 10 km bis einigen 100 km bedeutet dies, dass der alleinige Verlass auf eine Nominalvorhersage unsicher ist. Die Ungenauigkeit in der Vorhersage ergibt sich i.w. aus der Summe der Unsicherheit in der Sternposition und der Kleinplanetenephemeride. Während vor 15 Jahren und mehr der Unsicherheitsbeitrag des Sternes oftmals in der Größenordnung der Ephemeridenunsicherheit lag (und sich damit eine Gesamtunsicherheit von nicht selten 1" ergab) hat sich die Situation inzwischen mit dem Erscheinen neuer, hochgenauer Sternkataloge (Tycho-2 und bald UCAC) verändert. Die Bahn eines Kleinplaneten ist i.a. nicht so genau bekannt, so dass sich die erforderlichen, hochpräzisen Ephemeriden über längere Zeiträume nicht berechnen lassen. Zwar hat sich die Qualität der publizierten Bahnen verbessert, da die astrometrischen Daten, auf denen sie beruhen, ebenfalls in den letzten Jahren aufgrund der Verwendung dieser Sternkataloge genauer wurden, aber eine erwünschte Ephemeridengenauigkeit von einigen 0.01 $\beta$ um Zeitpunkt der Bedeckung kann nur durch gezielte Positionsbeobachtungen wenige Wochen und Tage vor dem Ereignis erreicht werden. Wesentliche Beiträge hierfür kommen von Fachastronomen wie Ronald Stone (USNO in Flagstaff und Arizona) und Bill Owen (Table Mountain Observatory) sowie Raoul Behrend und Paul Bartholdi (Schweiz). Liegen solche neuen Positionsmessungen vor, werden verbesserte Vorhersagen gerechnet (updates oder last-minute-predictions), die in der Regel zu einer mehr oder weniger starken Verschiebung der Bedeckungszone führen (eine leichte Anpassung des Zeitpunktes der Bedeckung spielt i.a. keine grosse Rolle, da der Beobachter ohnehin etwa  $\pm 10$  min um den erwarteten Zeitpunkt beobachtet). Dabei wird inzwischen eine Genauigkeit von etwa einer Bedeckungszonenbreite erreicht, d.h. also, Beobachter können gezielt in die Bedeckungszone hineinfahren und sich ggf. verteilen (den es soll ja auch das Profil des Asteroiden erfasst werden). Solche Updates werden hauptsächlich durch Jan Manek (Tschechien) und Martin Federspiel (Deutschland) für Europa sowie Steve Preston (Neuseeland) und David Dunham (USA) für die restlichen Teile der Welt durchgeführt. Diese Informationen werden über das Internet verbreitet: z.B. in Form von Webseiten [6,7] und Mailinglisten [8,9].

Jeder Beobachter sollte sich anhand dieser Quellen vor einem Ereignis, dass er zu beobachten beabsichtigt, über eventuell vorhandene Updates informieren. Über die Mailinglisten und auch auf der Webpage von Jan Manek und Ludek Vasta [6] werden darüberhinaus auch Beobachterberichte und Resultate verbreitet.

## Beobachtung

Die technische Weiterentwicklung macht auch vor der Amateurastronomie nicht Halt. Bei der Beobachtung von Sternbedeckungen durch Asteroiden bieten sich zahlreiche Methoden an, die hier teilweise bereits beschrieben wurden [2]. Im einfachsten Fall genügt neben dem Teleskop ein Zeitzeichenempfänger (DCF77 in Europa) und eine Stoppuhr oder besser ein Tonbandgerät (Diktiergerät). Genauer in Hinblick auf die Auswertung ist die Aufzeichnung der Sternbedeckung mit Hilfe einer Kamera. Die eigens von W.Beisker (IOTA/ES) entwickelte Hochgeschwindigkeits-CCD-Kamera IOC wurde nur in einer Kleinserie gebaut und dürfte den wenigsten Beobachtern zur Verfügung stehen. Aber inzwischen sind zahlreiche, leistungsfähige Videokameras auf dem Markt (z.B. Mintron und Watec), die auch ohne das Vorschaltens eines Restlichtverstärkers vergleichbar "tief reichen". Der Einsatz einer Webcam ist ebenso möglich. Unabdingbar ist dabei jedoch, dass die genaue Zeit mitaufgezeichnet wird. Im Falle einer Videoaufzeichnung wurde dazu ein DCF77-Timeinserter von H.H.Cuno (IOTA/ES) konstruiert. Das Gerät blendet das Zeitzeichen des DCF77-Empfängers in Echtzeit in das Videobild ein. Derzeit arbeitet H.H.Cuno an einem GPS-Timeinserter [10].

## Zusammenfassung

Sternbedeckungen durch Kleinplaneten stellen ein spannendes Betätigungsfeld dar, dass es darüber hinaus dem Amateur auch noch ermöglicht, wissenschaftlich wertvolle Beiträge zu leisten. In allen Teilbereichen wie Vorhersage, Updates, Beobachtung und Auswertung ist genügend Spielraum für eigene Aktivitäten und Weiterentwicklungen vorhanden und erwünscht. Als Anlaufstellen seien die IOTA, IOTA/ES (Europäische Sektion) [11] und die FG Sternbedeckungen der VdS [12] genannt. Die vergangenen Jahre haben eindrucksvoll bewiesen, dass die internationale Zusammenarbeit aus den genannten Bereichen zu einer stattlichen Anzahl positiv beobachteter Sternbedeckungen pro Jahr geführt hat. Eines der herausragenden Beispiele im letzten Jahr war die Bedeckung des Sterns TYC 1259-00984-1 = FK6 1115 durch (345) Tercecina am 17.09.2002. Aufgrund von Updates und einer teilweise über das Internet koordinierten Beobachternkampagne erhielt man über 70 positive Beobachtungen (Abb. 1), die praktisch über das gesamte Asteroidenprofil (Abb. 2) verteilt sind [13].

## Literatur

- [1] Für den deutschsprachigen Raum siehe z.B. die Homepage der FG Kleinplaneten:  
<http://www.kleinplanetenseite.de>
- [2] Federspiel, M., VdS-Journal 1/2001, S. 76-81
- [3] EAON-Vorhersagen von Edwin Goffin:  
<ftp://ftp.ster.kuleuven.ac.be/dist/vvs/asteroids/>
- [4] IOTA-Vorhersagen und Ergänzungen von Steve Preston:  
<http://www.lunar-occultations.com/iota/asteroids/astrndx.htm>
- [5] IOTA/ES-Vorhersagen von Mike Kretlow:  
<http://astro1.physik.uni-siegen.de/uastro/occult/index.html>
- [6] Sternbedeckungs-Webseite von Jan Manek und Ludek Vasta:  
<http://sorry.vse.cz/~ludek/mp/>
- [7] Update-Webseite von Steve Preston: <http://www.asteroidoccultation.com/>

- [8] Mailingliste PLANOCULT: um sie zu abonnieren sendet man eine email an <mailto:listserv@aula.com> mit dem Nachrichtentext: subscribe planoccult [IhrName], [IhrLand]
- [9] Mailingliste IOTAoccultations: um sie zu abonnieren senden man eine email an <mailto:IOTAoccultations-subscribe@egroups.com> (Betreff und Text egal)
- [10] <http://home.t-online.de/home/hhcuno/>
- [11] <http://www.iota-es.de>
- [12] Hans-Joachim Bode, Bartold-Knaust-Str. 8, 30459 Hannover, Email: [mailto:president@iota-es.de](mailto:mailto:president@iota-es.de) bzw. [mailto:secretary@iota-es.de](mailto:mailto:secretary@iota-es.de) (E.Bredner)
- [13] <http://sorry.vse.cz/~ludek/mp/results/>
- [14] J.Lecacheux: [http://www.sideral.com/terci/index\\_e.html](http://www.sideral.com/terci/index_e.html)

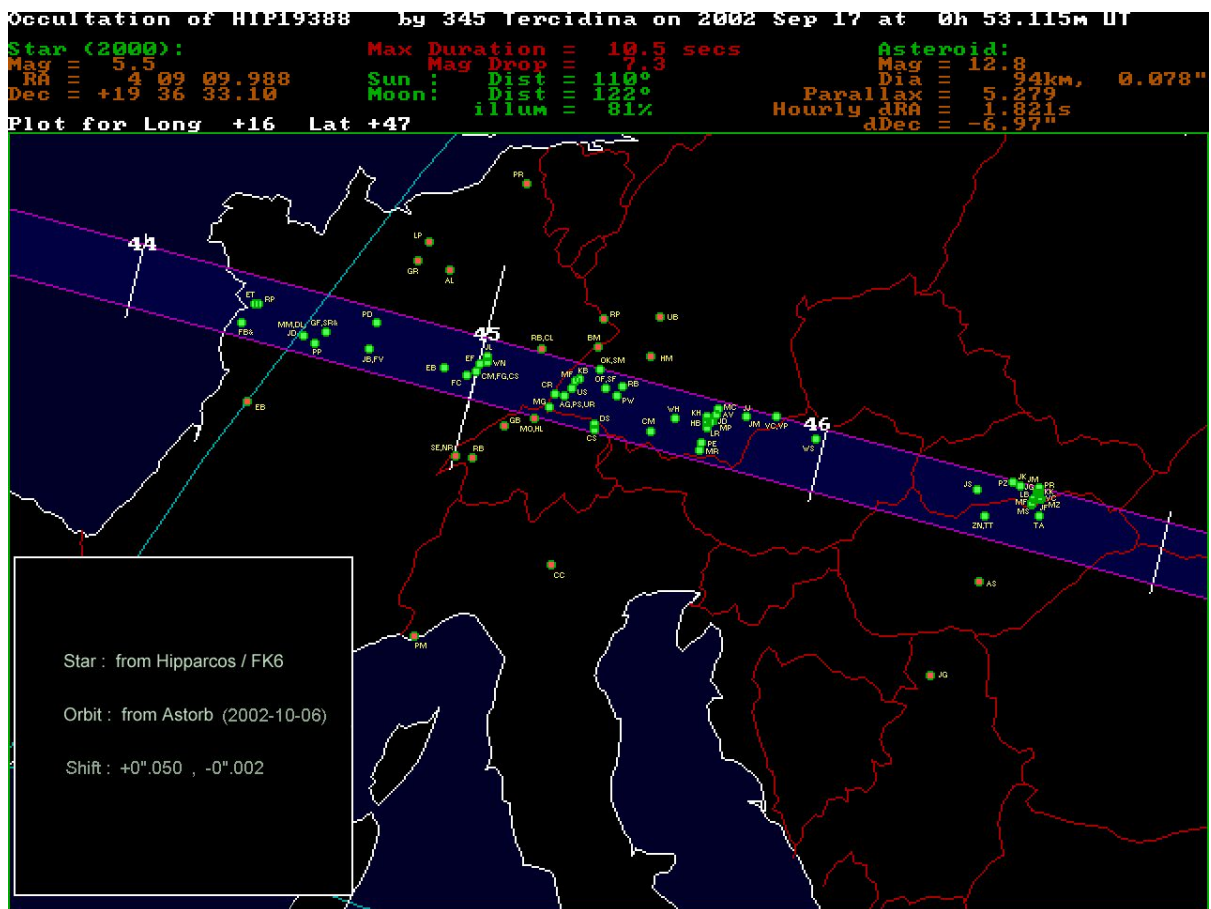
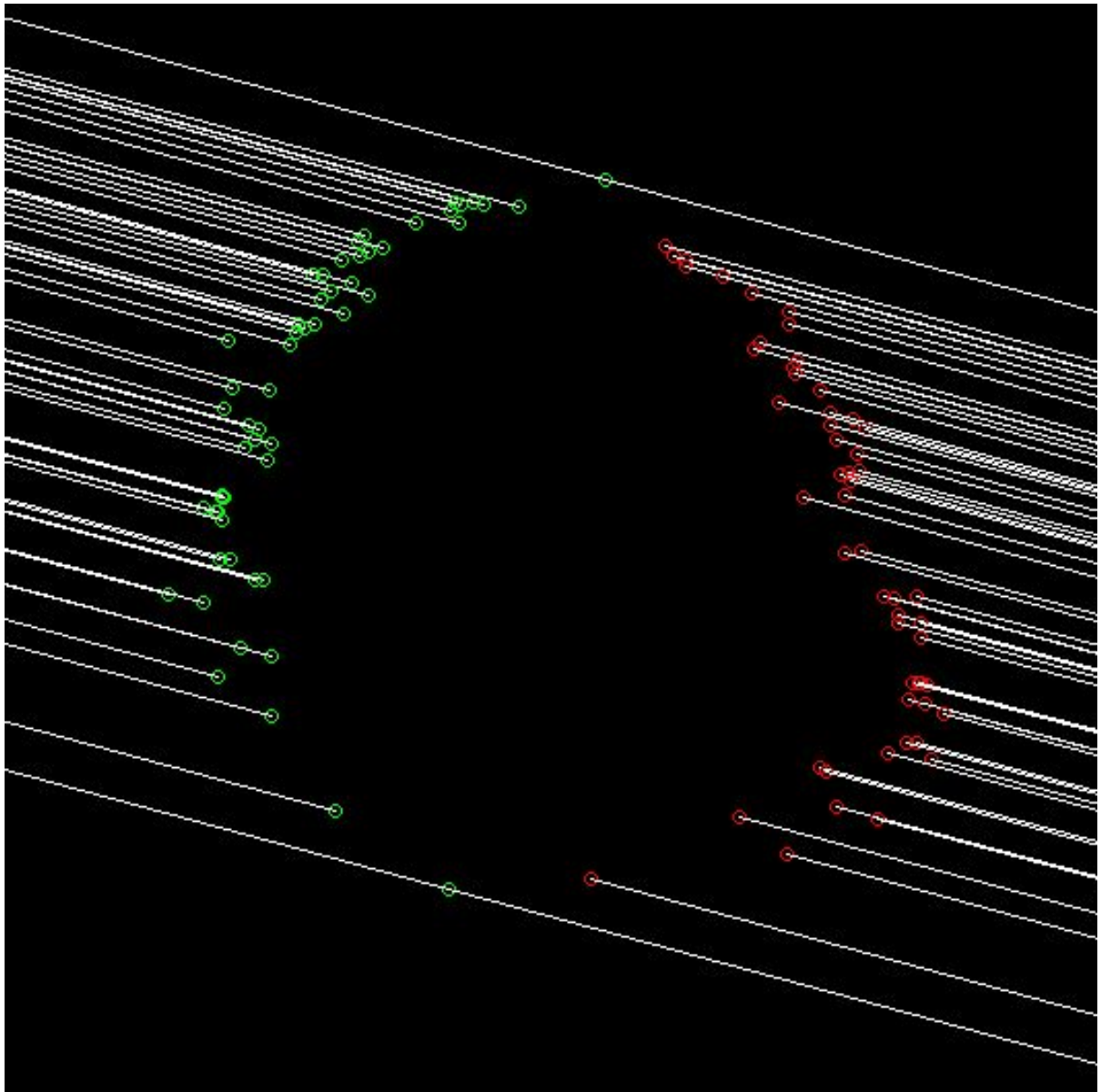


Abbildung 1: Verteilung der Beobachter in und ausserhalb der Bedeckungszone [14].



**Abbildung 2:** Gemessenes Bedeckungsprofil. Jede Linie entspricht einem Beobachter. Der rote Punkt markiert das Verschwinden des Sternes, der grüne Punkt das Wiederscheinen. Man erkennt die unreguläre Gestalt des Asteroiden, dessen Grösse (unter diesem Betrachtungsaspekt) mit etwa  $92 \times 106$  km angegeben werden kann [14].

Tabelle 1: Ausgesuchte Sternbedeckungen durch Kleinplaneten, deren vorhergesagte Bedeckungszone Deutschland oder zumindest umliegende Länder trifft.

Date & Time (central occ)	No. Name/Designation	Diam	Vmag	Star	Vmag	Pmag	Dur	dMag	ELs	ELm	Slt
2003 Feb 01: 16h38.5m UT	170 Maria	44	14.0	TYC2 2339-00472-1	10.8	12.6	3.0	3.2	99	97	0%
2003 Feb 05: 23h14.6m UT	3631 Sigyn	35	15.7	TYC2 0753-00238-1	10.8	11.4	2.8	4.9	148	97	19%
2003 Feb 06: 03h22.5m UT	1456 Saldanha	44	16.3	TYC2 0806-00173-1	11.2	12.2	2.8	5.1	165	111	21%
2003 Feb 12: 19h12.4m UT	2394 Nadeev	56	16.4	TYC2 1259-00240-1	10.3	11.1	4.3	6.1	101	26	80%
2003 Feb 26: 17h24.9m UT	1702 Kalahari	33	16.5	TYC2 0651-01154-1	10.9	12.1	1.2	5.7	71	123	19%
2003 Apr 01: 19h10.2m UT	562 Salome	31	16.0	TYC2 1873-00750-1	10.0	12.2	1.3	6.0	74	74	0%
2003 Apr 05: 04h23.2m UT	438 Zeuxo	61	14.2	TYC2 6846-00787-1	11.4	11.6	5.0	2.9	104	140	10%
2003 Apr 12: 05h27.5m UT	803 Picca	47	15.4	TYC2 5753-01909-1	12.4	12.6	1.9	3.1	77	163	73%
2003 Apr 12: 23h29.3m UT	954 Li	58	14.9	TYC2 4940-00154-1	10.1	10.6	4.4	4.8	162	35	80%
2003 Apr 14: 18h38.3m UT	5661 Hildebrand	34	17.4	TYC2 2389-01827-1	11.7	11.6	1.1	5.7	56	95	94%
2003 Apr 17: 21h17.1m UT	407 Arachne	95	14.2	TYC2 1368-01752-1	10.6	11.1	5.0	3.6	85	110	98%
2003 Apr 23: 19h21.8m UT	1210 Morosovia	34	15.3	TYC2 1968-00650-1	10.8	11.7	7.1	4.5	112	161	47%
2003 Apr 28: 21h27.7m UT	287 Nephthys	68	13.0	TYC2 1385-00019-1	9.1	10.4	3.2	4.0	82	110	6%
2003 May 01: 20h 1.5m UT	156 Xanthippe	121	14.2	TYC2 1330-01274-1	12.2	12.4	4.1	2.2	60	57	0%
2003 May 02: 17h49.2m UT	1961 Dufour	50	16.4	TYC2 1853-01649-1	11.5	12.1	1.2	4.9	37	24	1%
2003 May 03: 20h 3.5m UT	1242 Zambesia	48	15.5	TYC2 1941-02611-1	13.3	2.9	2.1	2.3	79	54	5%
2003 Jun 10: 20h 8.1m UT	885 Ulrike	33	15.4	TYC2 6187-00532-1	10.7	12.2	2.8	4.7	160	31	82%
2003 Jun 27: 03h38.0m UT	207 Hedda	59	14.4	TYC2 4666-00933-1	11.8	12.5	3.9	2.7	94	65	6%
2003 Sep 10: 04h50.4m UT	2069 Hubble	35	16.1	TYC2 4677-00983-1	12.3	13.3	3.1	3.8	154	30	100%
2003 Sep 12: 23h45.8m UT	1135 Colchis	51	13.7	TYC2 0617-00997-1	11.8	12.3	9.1	2.1	146	9	95%
2003 Sep 14: 05h50.8m UT	308 Polyxo	141	13.7	TYC2 1323-00040-1	11.8	12.4	6.2	2.0	77	63	88%
2003 Sep 26: 23h35.1m UT	709 Fringilla	97	12.7	TYC2 0570-01150-1	11.6	13.1	10.2	1.4	156	145	1%
2003 Sep 28: 16h52.1m UT	148 Gallia	98	13.8	TYC2 0366-00766-1	11.6	12.5	2.9	2.3	56	27	9%
2003 Sep 29: 01h 5.3m UT	305 Gordonia	49	13.1	TYC2 0004-00279-1	11.7	12.2	3.7	1.7	175	136	12%
2003 Oct 21: 04h57.2m UT	2320 Blarney	39	16.8	TYC2 0835-01218-1	10.3	10.8	1.4	6.5	62	5	24%
2003 Nov 20: 04h40.3m UT	410 Chloris	124	13.9	TYC2 1372-02290-1	10.4	10.8	23.3	3.5	127	75	19%
2003 Nov 23: 20h33.5m UT	98 Ianthe	105	12.6	TYC2 3365-01124-1	11.6	11.7	11.7	1.4	144	144	0%
2003 Nov 23: 01h 8.6m UT	102 Miriam	83	12.7	TYC2 1316-01140-1	11.4	11.8	9.9	1.6	150	137	1%
2003 Nov 29: 05h53.0m UT	22180 2000 YZ	36	16.8	TYC2 0721-00397-2	9.4	10.0	2.0	7.3	153	130	35%
2003 Dec 01: 03h58.3m UT	413 Edburga	32	14.4	TYC2 1385-01449-1	11.7	12.4	4.4	2.8	128	136	55%
2003 Dec 08: 02h44.1m UT	3127 Bagration	31	16.8	TYC2 1911-00008-1	11.2	12.1	3.3	5.6	145	44	100%
2003 Dec 11: 23h 6.6m UT	585 Bilkis	58	13.3	TYC2 0688-00862-1	11.7	12.9	5.7	1.8	166	44	91%
2003 Dec 20: 03h33.8m UT	5144 Achates	55	16.9	TYC2 2420-00345-1	11.0	11.8	2.7	5.9	170	128	15%

2003 Dec 22: 21h51.1m UT	925 Alphonsina	54	12.0	TYC2 2907-00780-1	6.2	6.6	4.0	5.8	157	162	0%
2003 Dec 25: 18h50.1m UT	638 Moira	66	15.6	TYC2 5260-00438-1	11.6	11.9	3.4	4.0	83	50	8%
2003 Dec 30: 01h27.1m UT	1070 Tunica	36	16.2	TYC2 0236-00111-1	12.0	12.9	6.7	4.2	130	141	47%
2003 Dec 30: 02h59.6m UT	2421 Nininger	39	15.5	TYC2 1906-00655-1	11.1	12.1	2.7	4.3	173	98	47%

Legende:

Date & Time: Datum und Uhrzeit der zentralen Bedeckung

No.: Nummer des Kleinplaneten

Name/Designation: Name bzw. provisorische Bezeichnung des Kleinplaneten

Diam: Angenommener Durchmesser in km

Vmag: Visuelle Helligkeit des Kleinplaneten

Star: Katalogbezeichnung des Sterns

Vmag,Pmag: Visuelle und photographische Helligkeit des Sterns

Dur: Maximale Bedeckungsdauer in sec (bei zentraler Bedeckung)

dMag: Helligkeitsabfall in mag

ELs: Elongation zur Sonne in Grad

ELm: Elongation zum Mond in Grad

Slt: Beleuchteter Anteil des Mondes (100% = Vollmond)