Apophis 2029
Beobachtungsplan für Magdeburg

Ein Leitfaden für Amateurastronomen für die Nacht vom 13. auf den 14. April 2029

Retzlaff, Proto
Datenstand und Berechnung 28. November 2026

Apophis wird von Magdeburg aus während seiner größten Erdnähe am dunklen Nachthimmel stehen. Das besonders günstige Beobachtungsfenster liegt etwa zwischen 22:30 und 23:45 Uhr MESZ. Gegen 23:45 Uhr befindet sich der Asteroid rund 36° hoch, etwas südlich von genau Westen. Unter klarem, ausreichend dunklem Himmel ist eine Beobachtung mit bloßem Auge zu erwarten; ein Fernglas erleichtert das Verfolgen. [8, 13, 14]



Abbildung 1 Apophis als Größenillustration über der Magdeburger Innenstadt. Verwendet ist die zweite, überarbeitete Bildfassung mit einer angenommenen Modelllänge von etwa 450 m. Die geometrische Skalierung im KI-generierten Bild ist nicht verifiziert. Feine Oberflächendetails sind rekonstruiert; der reale Vorbeiflug findet rund 32.000 km über der Erdoberfläche statt. [4, 5]

Alle Uhrzeiten dieses Leitfadens sind MESZ, sofern nicht ausdrücklich UTC angegeben ist. MESZ = UTC + 2 Stunden. Standortbezug: 52,13° N, 11,63° E, 60 m. Die Karten und Tabellen sind Planungsdaten; vor dem Ereignis werden sie für den tatsächlich gewählten Standort aktualisiert.

1 Was Apophis ist

Entdeckung und Einordnung

(99942) Apophis wurde am 19. Juni 2004 von Roy Tucker, David Tholen und Fabrizio Bernardi am Kitt-Peak-Observatorium in Arizona entdeckt. Die ersten, noch unvollständigen Bahndaten ließen zeitweise einen Einschlag im Jahr 2029 möglich erscheinen. Weitere Beobachtungen beseitigten dieses Szenario. Besonders die Radarvermessung von 2021 verbesserte die Bahnkenntnis so weit, dass NASA/JPL einen Einschlag für mindestens die folgenden hundert Jahre ausschloss und Apophis aus der Sentry-Risikoliste entfernte. Für den Vorbeiflug am 13. April 2029 besteht nach dem heutigen Kenntnisstand kein Einschlagsrisiko. Die Bezeichnung „potenziell gefährlicher Asteroid“ beschreibt eine Klasse erdnaher Bahnen und Größen, keine aktuelle Einschlagsprognose. [1, 2, 8]

Apophis ist ein steiniger Asteroid des Spektraltyps Sq. Seine spektralen Merkmale sprechen für silikatisches Material, insbesondere Olivin und Pyroxen, mit Ähnlichkeit zu gewöhnlichen LL-Chondriten. Diese Einordnung beruht auf dem reflektierten Licht; eine Materialprobe von Apophis liegt nicht vor. Wie kompakt sein Inneres ist und wie Gesteinsblöcke, Hohlräume und feines Oberflächenmaterial verteilt sind, ist wesentlich schlechter bekannt als seine Bahn. [3, 4]

Größe und Gestalt

Apophis ist unregelmäßig und länglich. Die Auswertung der Radaraufnahmen von 2012/2013 ergab einen volumenäquivalenten Durchmesser von 340 ±40 Metern, angegeben als 1σ-Schätzung. Gemeint ist der Durchmesser einer Kugel gleichen Volumens, nicht die längste Ausdehnung des Körpers. Eine häufig verwendete Missionsreferenz nennt Achsenabmessungen von 453 ×315 ×276 Metern mit einer angegebenen Unsicherheit von ±50 Metern. Rund 450 Meter Länge und rund 340 Meter äquivalenter Durchmesser sind daher miteinander vereinbar. Die Achsenwerte sind Modellgrößen und keine präzise Vermessung sämtlicher Außenkonturen. [4, 5]

Eine 2026 veröffentlichte Auswertung von Sternbedeckungen liefert für ein konvexes Formmodell einen größeren äquivalenten Durchmesser von 420 ±14 Metern. Die ±14 Meter erfassen die in dieser Rechnung variierten Zeitmessfehler; zusätzliche Unsicherheiten der angenommenen Gestalt sind darin nicht vollständig enthalten. Unter anderen Gestaltannahmen diskutiert die Arbeit kleinere Durchmesser von ungefähr 380 bis 400 Metern. Die unterschiedlichen Größenangaben sind deshalb nicht bloß Rundungsvarianten. Für einen anschaulichen Größenvergleich muss das verwendete Modell benannt werden. [6]

Ein taumelnder Körper

Auch seine Rotation ist ungewöhnlich: Apophis taumelt, statt sich gleichmäßig um eine einzige feste Körperachse zu drehen. Eine Untersuchung von 2026 findet als beste Lösung eine Präzessionsperiode von ungefähr 27,4 Stunden und eine weitere Rotationsperiode von ungefähr 262 Stunden, also knapp elf Tagen. Mehrere Periodenkombinationen passen jedoch ähnlich gut zu den Beobachtungen. Die häufig genannte Zeit von etwa 30,5 Stunden beschreibt eine auffällige Wiederholung der Lichtkurve und ersetzt diese komplexere Beschreibung nicht. Wechselnde Ansichten und Beleuchtungen erzeugen Helligkeitsschwankungen, die mit sorgfältiger Photometrie untersucht werden können. [4, 7]

Für die Beobachtungsplanung ist die gut bestimmte Bahn entscheidend. Unsicherheiten der Gestalt und der Streueigenschaften wirken vor allem auf die Helligkeitsprognose. Sie machen die Aussage über die günstige Lage am Magdeburger Nachthimmel nicht fraglich. [4, 7, 13]

2 Die Erdbegegnung und ihr wissenschaftlicher Wert

Apophis passiert die Erde in ungefähr 38.000 Kilometern Abstand vom Erdmittelpunkt, entsprechend rund 32.000 Kilometern über der Oberfläche. Damit gelangt er unter die Höhe geostationärer Satelliten, die etwa 35.800 Kilometer über dem Äquator kreisen. Dieser Höhenvergleich bedeutet nicht, dass er durch einen dicht besetzten Satellitenring fliegt: Entscheidend sind die dreidimensionalen Positionen zur jeweiligen Zeit. Die Begegnung bleibt ein sicherer Vorbeiflug. [1, 8, 9]

Für Beobachter ist vor allem die geringe Entfernung bemerkenswert. Apophis reflektiert Sonnenlicht; seine Annäherung lässt wesentlich mehr davon am Beobachtungsort ankommen. In günstig gelegenen Teilen Europas und Afrikas werden ungefähr dritte bis vierte Größenklasse erwartet, grundsätzlich hell genug für das bloße Auge unter geeignetem Himmel. Die tatsächliche Sichtbarkeit hängt zusätzlich von Horizonthöhe, Dämmerung, Wetter und Lichtverschmutzung ab. Helligkeitsvorhersagen enthalten außerdem Annahmen über die Beleuchtungsphase und die wechselnde Ansicht des taumelnden Körpers. [8]

Die Nähe verursacht zugleich eine rasche scheinbare Bewegung. Dieselbe seitliche Raumbewegung überstreicht bei kleiner Entfernung einen größeren Winkel am Himmel. Gegenüber den Sternen wird die Ortsveränderung deshalb innerhalb weniger Minuten deutlich. Im Fernglas und mit bloßem Auge bleibt Apophis ein Lichtpunkt. Die Aussicht auf einen sichtbar wandernden Asteroiden macht die Begegnung besonders anschaulich; sie verlangt für die Planung ortsbezogene Ephemeriden und passende Beobachtungszeiten.

Bezugsgröße	Zeitpunkt MESZ	Entfernung	Bedeutung
Erdmittelpunkt	13. April 23:45	38.011 km	Geozentrisches Minimum
Erdoberfläche	zum geozentrischen Minimum	31.638 km	Kürzester Abstand zum WGS84-Ellipsoid
Standort Magdeburg	13. April 23:39	33.833 km	Lokales Entfernungsminimum
Standort Magdeburg	13. April 23:45	33.924 km	Entfernung bei größter Erdnähe

Die Entfernungen sind Ergebnisse der eigenen Mehrkörperrechnung und ihrer Standortumrechnung. Die Ortsentfernung ist weder die Höhe über der Erdoberfläche noch der Abstand zum Erdmittelpunkt. Die Zahlen sind hier auf für die Beobachtungsplanung sinnvolle Genauigkeit gerundet.

Ein natürliches Experiment

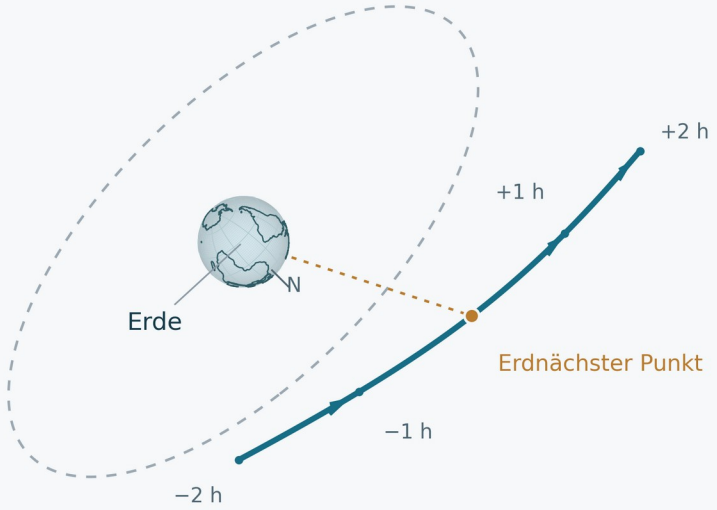
Die Erdanziehung lenkt Apophis ab und vergrößert seine Sonnenumlaufbahn. Er wechselt dadurch von der Aten- in die Apollo-Gruppe; seine Umlaufzeit steigt von ungefähr 0,9 auf ungefähr 1,2 Jahre. Zusätzlich wirken Gezeitenkräfte: Die erdnahe Seite wird stärker angezogen als die erdferne. Daraus folgt ein Drehmoment, das den Rotationszustand verändert. Ob und wie stark sich loses Oberflächenmaterial verschiebt, hängt von den noch unzureichend bekannten mechanischen Eigenschaften ab. Beobachtungen vor und nach der Begegnung können Modelle über Rotation, innere Struktur und Oberflächenentwicklung prüfen. [7, 9]

Raumsonden sollen diese Untersuchungen ergänzen. Die weiterhin aktive NASA-Mission OSIRIS-APEX verwendet die frühere OSIRIS-REx-Sonde und soll Apophis nach der Erdbegegnung 2029 erreichen und ausführlich untersuchen. Der laufende Betrieb ist durch einen Missionsbericht vom Oktober 2026 belegt. Die ESA-JAXA-Mission Ramses befindet sich im Bau; im September 2026 wurde ihr Kernmodul erstmals eingeschaltet. Ihr Start ist für Frühjahr 2028 vorgesehen, damit sie Apophis bereits vor der Begegnung erreichen und während des Vorbeiflugs begleiten kann. Ankunft und Messprogramme sind geplante zukünftige Schritte. [9–12]

APOPHIS · 13. APRIL 2029

Der Vorbeiflug in räumlicher Perspektive

Eigene Mehrkörperrechnung · zwei Stunden vor und nach der größten Annäherung



KLEINSTER ABSTAND

38.011 km

zum Erdzentrum

HÖHE BEI GRÖSSTER ANNÄHERUNG

≈ 31.638 km

über dem WGS84-Ellipsoid

RELATIVGESCHWINDIGKEIT

7,423 km/s

bei der größten Annäherung

Erdorientierung zum Zeitpunkt der größten Annäherung. Orthografische Projektion; gleicher räumlicher Maßstab.

Integrierte Bahn — Abstand zum Erdzentrum — Geostationärer Referenzkreis · Radius 42.164 km

Der Referenzkreis liegt in der Äquatorebene und zeigt keine realen Satellitenpositionen.

Die Positionsmarke von Apophis ist vergrößert; Erde, Bahn und Referenzkreis sind im selben Maßstab dargestellt.

Erdmodell: WGS84 · Orientierung: NAIF / ITRF93-Prognose · Küsten: Natural Earth (Public Domain)

Abbildung 2 Eigene numerisch berechnete Bahn relativ zur Erde. Nullzeit ist die geozentrische Erdnähe am 13. April 2029 gegen 23:45 MESZ. Die Bahn zeigt räumliche Entfernungen, nicht die scheinbare Spur am Himmel. Die Apophis-Marke ist vergrößert.

3 Die Beobachtungsbedingungen in Magdeburg

Der Referenzstandort liegt in der Magdeburger Innenstadt bei 52,13° N und 11,63° E, 60 m über dem Referenzellipsoid. JPL Horizons berechnet für diesen Ort scheinbare Richtungen einschließlich Lichtlaufzeit und Aberration. Die unten angegebenen Höhen gelten ohne atmosphärische Refraktion. Azimut wird von Norden über Osten gezählt: 0° = Nord, 90° = Ost, 180° = Süd, 270° = West. [13, 14]

MESZ	Horizonthöhe	Azimut	V ohne Atmosphäre
21:30	19,8°	146,4°	+3,2 mag
22:00	27,9°	159,8°	+3,0 mag
22:15	32,0°	168,4°	+2,9 mag
22:30	36,1°	178,8°	+2,9 mag
22:40	38,5°	187,0°	+2,9 mag
23:00	42,1°	207,1°	+2,9 mag
23:11	42,7°	220,1°	+3,0 mag
23:30	40,5°	244,0°	+3,3 mag
23:39	38,0°	254,9°	+3,6 mag
23:45	35,9°	261,8°	+3,7 mag
00:00 am 14. April	29,7°	277,2°	+4,3 mag
00:15 am 14. April	23,0°	290,1°	+4,9 mag
00:30 am 14. April	16,6°	301,1°	+5,7 mag

Die scheinbare Helligkeit ist eine Modellvorhersage. Horizons verwendet in der aktuellen Lösung H = 19,09 mag und G = 0,24. Um 23:45 Uhr ergibt das V ≈ +3,74 mag außerhalb der Atmosphäre; mit der dort angesetzten Extinktion von 0,47 mag ungefähr +4,21 mag am Boden. Wetter, Rotationslage, Beleuchtungsphase und tatsächliche Extinktion verändern den beobachteten Wert. Stadtlicht vermindert zusätzlich den Kontrast. Die Nachkommastellen der Modellwerte sind keine Helligkeitsgarantie. [13]

Dunkelheit und die drei wichtigen Maxima

Sonnenuntergang liegt rechnerisch etwa bei 20:08 Uhr, das Ende der astronomischen Dämmerung bei 22:19 Uhr MESZ. Gegen 23:45 Uhr steht die Sonne 25,6° unter dem Horizont und der Mond 22,5° darunter. Mondlicht stört das vorgesehene Beobachtungsfenster daher nicht.

Das Helligkeitsmaximum liegt im verwendeten Modell um 22:40 Uhr, die größte Horizonthöhe um 23:11 Uhr und die größte Erdnähe um 23:45 Uhr. Diese Ereignisse sind verschieden. Wegen der zunehmend ungünstigen Beleuchtungsphase nimmt die Helligkeit bereits vor der kleinsten Erddistanz wieder ab. Nach Mitternacht wird Apophis rasch schwächer und sinkt zum nordwestlichen Horizont.

4 Sternkarte mit der scheinbaren Bahn

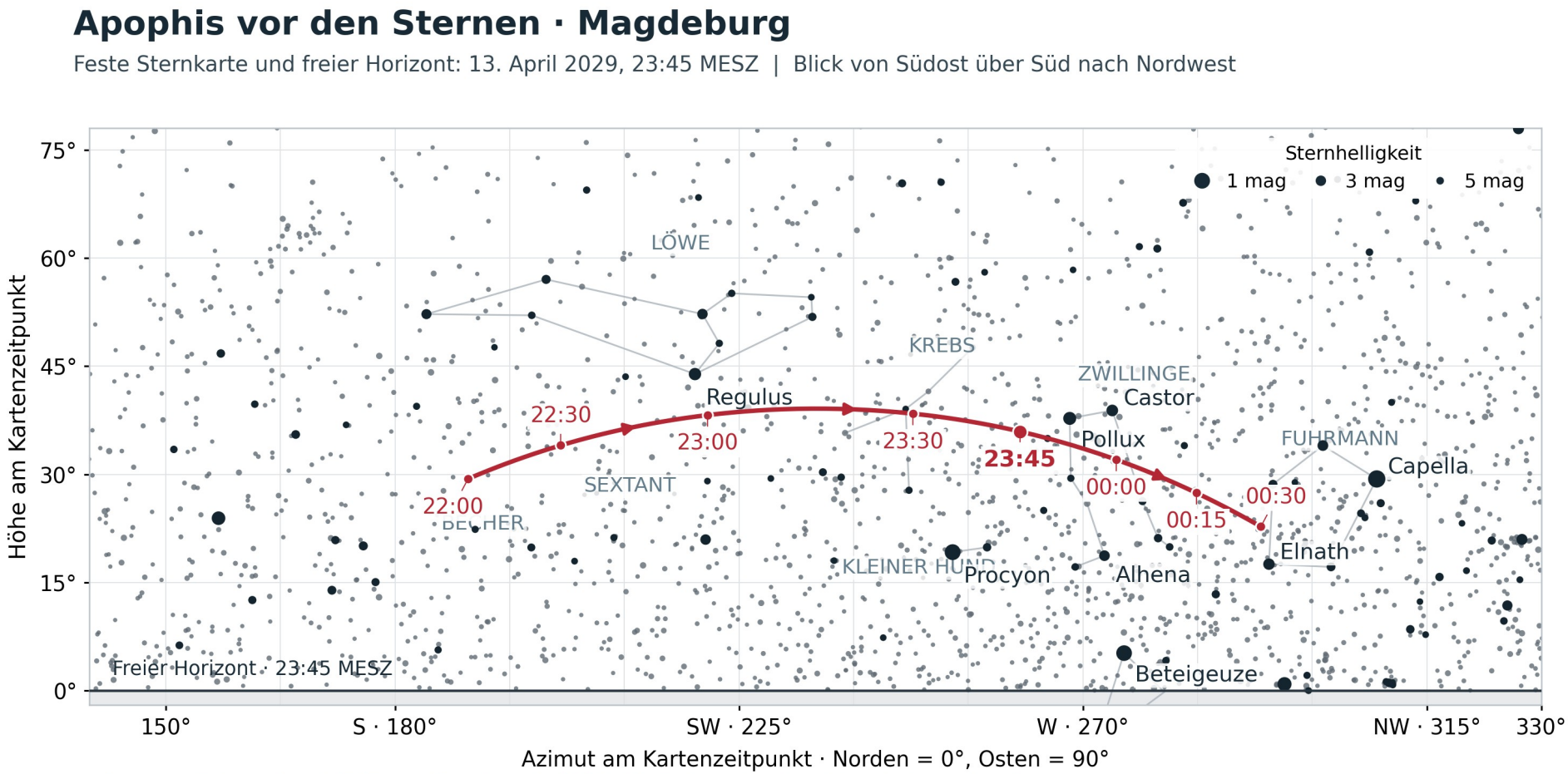


Abbildung 3 Sternsuchkarte für Magdeburg. Sterne und Horizont beziehen sich auf 13. April 2029, 23:45 MESZ. Die zeitmarkierte Apophis-Bahn zeigt seine vorausberechneten Positionen relativ zu diesen Sternen. Der eingezeichnete Horizont gilt nur für die Bezugszeit, nicht für sämtliche Bahnmarken. Die wirklichen Ansichten zu anderen Uhrzeiten zeigt Abbildung 4. [13–15]

5 Der tatsächliche Himmel zu drei Zeitpunkten

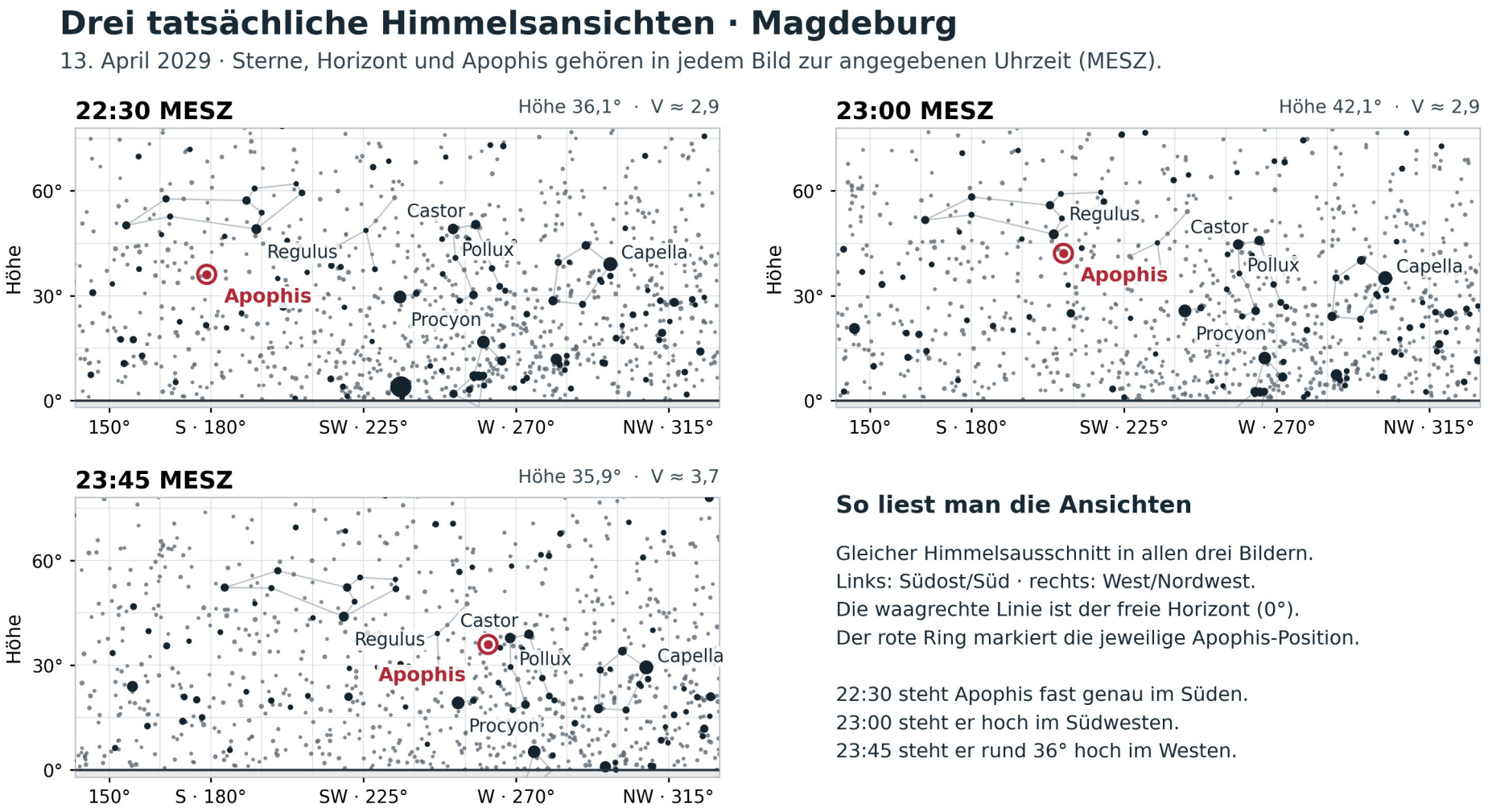


Abbildung 4 Getrennte Momentaufnahmen für Magdeburg. In jedem Teilbild sind Sternhimmel, Erdhorizont und Apophis auf genau dieselbe angegebene Uhrzeit gerechnet. So ist die Orientierung nach Süden, Südwesten und Westen direkt nachvollziehbar. Der Horizont ist idealisiert; örtliche Bäume und Gebäude sind nicht erfasst. [13–15]

6 Orientierung am Horizont und Gebrauch der Karten

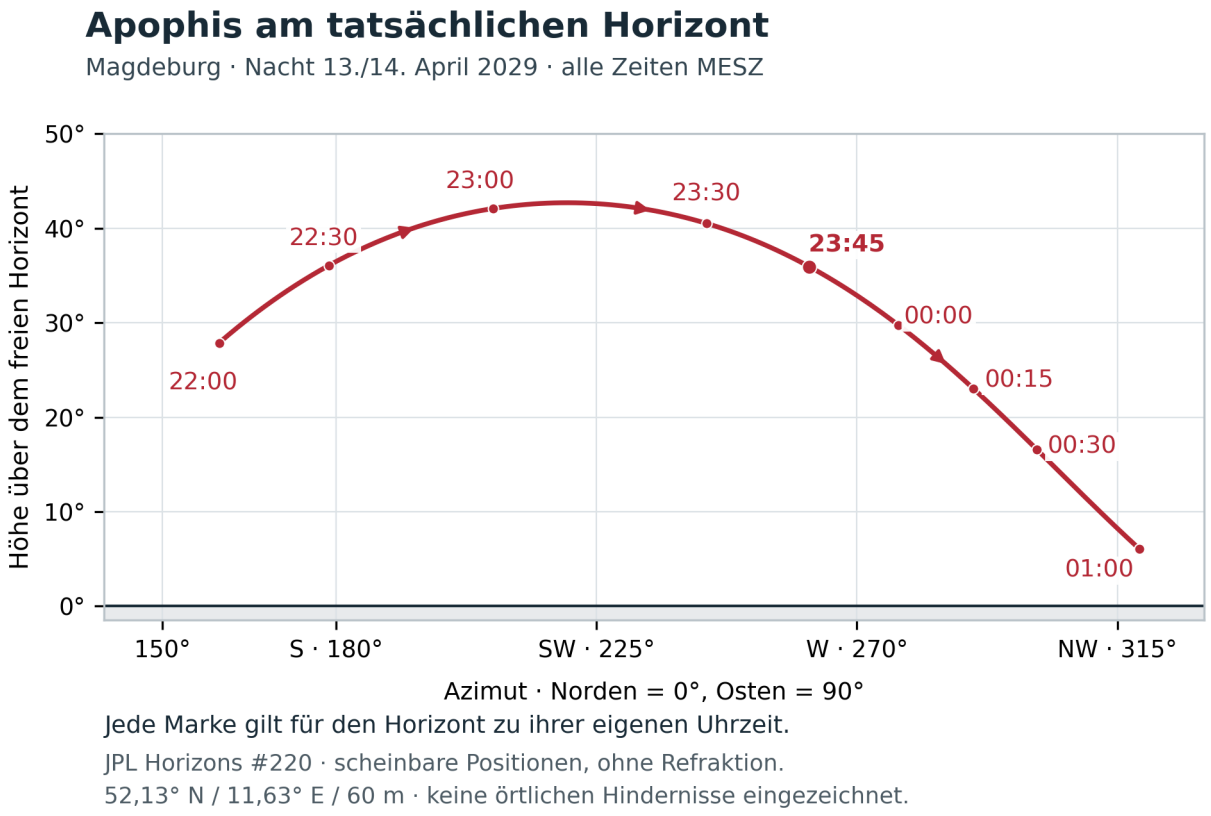


Abbildung 5 Tatsächliche zeitabhängige Richtung von Apophis im lokalen Horizontsystem. Diese Darstellung enthält bewusst keinen festgehaltenen Sternhintergrund. Die Uhrzeiten gehören jeweils zur tatsächlichen Höhe und zum tatsächlichen Azimut des Asteroiden. [13, 14]

So wird die Sternkarte gelesen

Zuerst die Uhrzeit bestimmen und eine passende Himmelsrichtung aufsuchen. Gegen 22:30 Uhr steht Apophis annähernd im Süden; gegen 23:00 Uhr im Südsüdwesten; gegen 23:45 Uhr fast im Westen. Die Karte zeigt den Himmel ohne optische Spiegelung. Ein Sucher, Zenitspiegel oder Teleskop kann das Feld drehen oder spiegeln. Diese Abbildungseigenschaft wird vor der Beobachtung an bekannten Sternen geprüft.

Abbildung 3 hält den Sternhimmel und den Horizont um 23:45 Uhr fest. Frühere Bahnmarken zeigen, zwischen welchen Sternen Apophis zu diesen Zeiten steht; ihre Höhe gegenüber der gezeichneten Horizontlinie ist nicht seine damalige Höhe. Für den unmittelbar sichtbaren Himmel einer anderen Uhrzeit werden die Momentaufnahmen in Abbildung 4 oder eine aktuelle Planetariumsansicht verwendet. Abbildung 5 und die Beobachtungstabelle in Abschnitt 3 liefern die jeweilige reale Horizontlage.

Grenzen und sinnvolle Genauigkeit

Die Karten sind Übersichtskarten. Einzelne Sternpunkte und die Apophis-Marken sind zur Erkennbarkeit vergrößert; ihre Symbolgröße zeigt keinen scheinbaren Durchmesser. Sternbildlinien dienen der Orientierung. Ein Weitwinkelpanorama verzerrt Winkelabstände je nach Projektion; präzise Positionen werden aus der Ephemeride oder einer astrometrischen Bildauswertung übernommen.

Für einen Standortwechsel wird neu gerechnet. Bei rund 34.000 km Objektentfernung können schon 10 km seitlicher Standortunterschied etwa eine Bogenminute Parallaxe bewirken. Für ein Fernglas ist das wenig, für ein kleines Kamerafeld oder astrometrische Messungen erheblich. Ein weiter außerhalb Magdeburgs gewählter dunkler Platz benötigt seine eigenen Koordinaten.

7 Ablauf für den Beobachtungsabend

Die folgende Reihenfolge ist für eine kleine Amateurgruppe mit visueller Beobachtung und einer Kamera gedacht. Uhrzeiten sind örtliche Planungszeiten in MESZ. Die Instrumente sollen vor dem günstigsten Fenster fertig eingerichtet sein; die wichtige Phase verdient kontinuierliche Beobachtung.

Zeit	Arbeitsschritt	Beobachtungsziel	Praktische Ausführung
19:30–20:30	Aufbau	Freie Sicht und sichere Bedienung	Stativ oder Montierung aufstellen; Süd- bis Westhimmel prüfen; Kabel, Akku und Speicher ordnen.
20:30–21:30	Geräte abstimmen	Sucher und Kamera einsatzbereit	Sucher justieren, an Sternen fokussieren, kurze Testserie aufnehmen; UTC-Zeitstempel kontrollieren.
21:30–22:00	Aufsuchen üben	Asteroid im großen Feld	Aktuelle Ortskarte und Uhrzeit abgleichen; zunächst mit Fernglas oder niedrigster Vergrößerung suchen.
22:00–22:19	Beobachtung beginnen	Bewegung identifizieren	Noch astronomische Dämmerung; Positionswechsel gegenüber Sternen verfolgen.
22:19–23:15	Hauptbeobachtung	Helligkeit und hohe Stellung	Durchgehende visuelle Beobachtung und kurze Bildserien; gute Phase für Beobachterwechsel.
23:15–23:35	Weiterverfolgen	Starke scheinbare Bewegung	Regelmäßig nachzentrieren; Einstellungen konstant lassen; bei Messserien Felder dokumentieren.
23:35–23:55	Größte Nähe	Lokale und geozentrische Erdnähe	23:39 Uhr örtliches Distanzminimum, 23:45 Uhr geozentrisches Minimum; keine größeren Umbauten.
23:55–00:30	Nachbeobachtung	Abschwächung und Abzug	Sichtbarkeit und Durchsicht protokollieren; Fernglas und Kamera werden zunehmend wichtiger.
ab 00:30	Abschluss nach Sicht	Daten sichern	Rohbilder und Protokoll kopieren; Messbedingungen festhalten; bei geringer Höhe keine Genauigkeit erzwingen.

Eine Person kann jeweils Uhrzeit und Karte überwachen, eine zweite visuell beobachten und eine dritte Kamera oder Protokoll führen. In kleineren Gruppen werden diese Aufgaben zusammengefasst. Wer ausschließlich mit dem Auge oder Fernglas beobachtet, braucht keine komplizierte Montierung; entscheidend sind freie Sicht, eindeutige Orientierung und rechtzeitiger Beginn.

Für die Beobachtungsgruppe lohnt sich ein gemeinsamer Treffpunkt bereits vor 22:00 Uhr. Bis 22:30 Uhr sollten alle den richtigen Himmelsausschnitt gefunden haben. Lampen und Displays werden schwach eingestellt; ein heller Bildschirm kann die Dunkeladaptation unmittelbar stören.

8 Geräte und Aufsuchstrategie

Mit bloßem Auge und Fernglas

Unter gutem Himmel sollte Apophis als wandernder Lichtpunkt erkennbar sein. Von einem hell beleuchteten Innenstadtplatz ist das weniger verlässlich als von einem dunkleren Standort. Ein Fernglas mit etwa 4° bis 7° Gesichtsfeld erleichtert das Auffinden und Wiederfinden. Eine Auflage oder ein Stativ macht den Vergleich mit benachbarten Sternen ruhiger. Die große Feldbreite ist für diesen Abend meist nützlicher als hohe Vergrößerung.

Mit einem kleinen Teleskop

Zum Einstieg ein weitwinkliges Okular und die niedrigste zweckmäßige Vergrößerung verwenden. Zuerst mehrere markante Feldsterne identifizieren und dann den bewegten Punkt verfolgen. Eine aktuelle Position allein genügt nur kurz: Bei etwa 0,76° pro Minute nahe der größten Erdnähe verschiebt sich Apophis in 30 Sekunden bereits um ungefähr 0,38°. Ein nach Sternen nachgeführtes Instrument hält deshalb Apophis nicht im Feldzentrum.

Tatsächliches Feld	Rand zu Rand	Mitte bis Rand	Folgerung bei Sternnachführung
5°	etwa 6,6 min	etwa 3,3 min	Gut zum Aufsuchen und Überblick
1°	etwa 79 s	etwa 39 s	Häufiges Nachzentrieren nötig
0,25°	etwa 20 s	etwa 10 s	Nur mit geübter Verfolgung zweckmäßig

Die Zeiten gelten lokal nahe 23:45 Uhr und für einen geradlinigen Durchgang durch die Feldmitte. Die Geschwindigkeit ändert sich während des Abends. Eine Objektnachführung muss aktualisierbare Raten verarbeiten; eine einmal eingestellte konstante Rate oder ein einzelnes Go-to reichen nicht für die gesamte Begegnung.

Welche Einzelheiten sind erreichbar

Aus einer Längsausdehnung von etwa 450 m und rund 33.900 km Standortentfernung folgt ein maximaler Winkelmaßstab von ungefähr 2,7 Bogensekunden. Ein äquivalenter Durchmesser von 340 m entspräche etwa 2,1 Bogensekunden. Form, Orientierung und Beleuchtungsphase bestimmen die tatsächliche Silhouette. Für den Beobachtungsplan wird Apophis als nahezu punktförmiges Objekt behandelt. Die Bewegung, Helligkeit und eine sauber gemessene Position sind verlässliche Amateurziele; feine Felsstrukturen der Stadtillustration sind mit dieser Ausrüstung nicht zu erwarten.

Eine praktikable Strategie

Zunächst mit dem großen Gesichtsfeld sicher identifizieren, anschließend die gewählte Beobachtungsart beibehalten. Kamera und visuelle Beobachtung möglichst auf getrennte Instrumente verteilen, wenn beides kontinuierlich laufen soll. Wer nur ein Instrument besitzt, legt vorher fest, ob der Schwerpunkt auf eigener Anschauung, einer Bewegungssequenz oder einer Messreihe liegt.

9 Fotografie und Video

Für eine anschauliche Bildfolge sind ein ausreichend großes Feld, kurze Einzelbelichtungen und unveränderte Rohbilder günstig. RAW beziehungsweise FITS, Belichtungsdauer, Verstärkung oder ISO und die tatsächliche Bildfolge werden aufbewahrt. Bei Video muss die Einzelbelichtung geprüft werden: Die Bildrate allein legt die Bewegungsunschärfe nicht eindeutig fest.

Bildmaßstab und Bewegungsunschärfe

Für Pixelgröße p in Mikrometern und Brennweite f in Millimetern ist die Bildskala s in Bogensekunden pro Pixel näherungsweise [18]:

$$s = 206{,}265 \cdot \frac{p}{f}$$

Soll die zusätzliche Bewegung auf n Pixel begrenzt bleiben, folgt aus der Winkelgeschwindigkeit ω in Bogensekunden pro Sekunde:

$$t_{max} = \frac{n \cdot s}{\omega}$$

Die folgenden Rechenbeispiele gelten für 5 µm große Pixel, ω = 45,6 Bogensekunden pro Sekunde und eine auf die Sterne nachgeführte Kamera nahe 23:45 Uhr. Sie begrenzen nur die Bewegungsunschärfe; ob genügend Signal aufgezeichnet wird, hängt von Öffnung, Blende, Kamera und Himmel ab.

Brennweite	Bildskala	Zeit für 1 Pixel	Zeit für 2 Pixel
50 mm	20,63″/Pixel	0,452 s	0,905 s
200 mm	5,16″/Pixel	0,113 s	0,226 s
1000 mm	1,03″/Pixel	0,0226 s	0,0452 s

Bei 1000 mm bewirkt beispielsweise 1/50 Sekunde rund 0,88 Pixel reine Bewegungsverschmierung. Zwei Pixel zusätzliche Drift können je nach Bildmaßstab und Auswertungsziel akzeptabel sein. Sehr kurze Belichtungen und kleine Öffnungen können dagegen das Signal zu stark vermindern. Die passende Einstellung wird vor dem Ereignis getestet und anhand einer kurzen Anfangsserie kontrolliert.

Die Art der Nachführung ist entscheidend

Bei Sternnachführung gelten die obigen Beispiele. Bei Nachführung auf Apophis wandert stattdessen das Sternfeld; für Astrometrie und Photometrie müssen die Sternspuren berücksichtigt werden. Auf einem festen Stativ ist die Bewegung relativ zum örtlichen Horizont maßgeblich. Sie enthält die Erddrehung und kann nicht durch ungeprüftes Übernehmen der Sternfeldrate ersetzt werden. [13]

Für die Dokumentation der Bewegung kann eine bewusst zugelassene kurze Spur anschaulich sein. Für Positions- und Helligkeitsmessungen sind kurze, zeitlich gut bestimmte Einzelaufnahmen meist einfacher auszuwerten. Eine Aufnahmeserie erhält durchgehend dieselbe Orientierung, möglichst konstante Einstellungen und ein Protokoll jedes Feldwechsels.

10 Sinnvolle Amateurmessungen

Zeit und Ort sauber dokumentieren

Wissenschaftliche Messzeiten werden in UTC gespeichert; 23:45 MESZ entspricht 21:45 UTC. Für einen Bildschwerpunkt ist die Belichtungsmitte anzugeben. Kameralatenz, Bedeutung des gespeicherten Zeitfelds und gegebenenfalls zeilenweise Sensorauslese werden vorher geprüft. Eine synchronisierte Computeruhr allein beweist keine bekannte Zeitverzögerung der Kamera. [16, 17]

Nahe der engsten Annäherung entsprechen 0,1 Sekunden Zeitfehler bereits ungefähr 4,56 Bogensekunden Positionsfehler entlang der Bewegung. Bei 0,01 Sekunden sind es noch rund 0,46 Bogensekunden. Wer astrometrische Genauigkeit beansprucht, muss die Zeitgenauigkeit des gesamten Aufnahmesystems messen und angeben.

Astrometrie

Mehrere kurze Aufnahmen werden mit geeigneten Katalogsternen, vorzugsweise aus einem aktuellen Gaia-Katalog, astrometrisch kalibriert. Die Eigenbewegungen der Vergleichssterne und die Epoche müssen berücksichtigt werden. Eine Übersichtskarte ersetzt keine Sternfeldlösung. Für jeden Messpunkt gehören Beobachtungsort, UTC-Zeit der Belichtungsmitte, Belichtungsdauer, Sternkatalog und geschätzte Positions- und Zeitunsicherheit in die Dokumentation. [16, 17]

Für eine Meldung an das Minor Planet Center werden dessen aktuelle Regeln geprüft. Gemessen werden die topozentrischen astrometrischen Positionen im vorgesehenen Referenzsystem; keine selbst erfundene Parallaxenkorrektur und keine Verwechslung von UTC mit TT oder TDB. Die scheinbaren Horizontpositionen dieses Leitfadens sind Aufsuchdaten, keine fertigen MPC-Messungen. [16, 17]

Photometrie

Apophis wird auf jedem Einzelbild mit mehreren geeigneten, ungesättigten Vergleichssternen gemessen. Ein Kontrollstern hilft, systematische Schwankungen zu erkennen. Wichtig sind ein linear betriebener Sensor, Flatfields, passende Kalibrieraufnahmen sowie ein dokumentierter Filter oder Farbkanal. Vergleichssterne mit ähnlicher Farbe und geeigneter Helligkeit vermindern zusätzliche Farbfehler. [18, 19]

Die Messapertur muss mit Apophis wandern. Überlagerte Feldsterne, ein Wechsel des Gesichtsfelds oder andere Vergleichssterne können Sprünge erzeugen. Entfernung, Phasenwinkel, Blickrichtung und atmosphärische Abschwächung ändern sich gleichzeitig. Daher ist nicht jede Helligkeitsänderung ein Rotationssignal. Für eine Rotationsanalyse wird die geometrische Helligkeitsentwicklung modelliert; aus einer kurzen Abendserie allein lässt sich der vollständige Taumelzustand nicht eindeutig bestimmen.

Ein erreichbares Ergebnis

Eine lückenarm dokumentierte Serie von Positionen und relativen Helligkeiten ist bereits wertvoll. Sie sollte die verwendeten Rohdaten, die Kalibrierung, ausgeschlossene Bilder und die Unsicherheiten nachvollziehbar machen. Auch eine einfache visuelle Beobachtung kann mit Zeiten, Identifikationssternen und einer Beschreibung der Sichtbedingungen sauber protokolliert werden.

11 Vorbereitung und Aktualisierung

In den Wochen vor dem Ereignis

Den vorgesehenen Platz am Abend aufsuchen und freie Sicht entlang der Bahn prüfen. Für die Hauptphase wird der Himmel von Süden über Südwesten bis Westen benötigt; nach Mitternacht der Westnordwesthimmel. Örtliche Gebäude und Bäume werden in eine eigene Horizontskizze eingetragen. Eine Standortverlagerung zugunsten eines dunkleren Himmels ist möglich, verlangt aber eine neue Ortsrechnung.

Sucher, Okularorientierung, Kamera, Nachführung und Zeitstempel an normalen Sternfeldern erproben. Bildfeld und tatsächlichen Pixelmaßstab bestimmen. Für Gruppen eine klare Aufgabenverteilung vereinbaren und eine einfache Beobachtung mit Auge oder Fernglas als eigenständigen Teil des Abends vorsehen.

In den letzten Tagen und am Beobachtungstag

Die aktuelle JPL-Horizons-Beobachterephemeride für den tatsächlichen Standort abrufen. Ziel ist 99942 Apophis; Zentrum ist der topozentrische Beobachter auf der Erde. Für die Hauptphase sind Zeitabstände von 10 bis 30 Sekunden zweckmäßig. UTC und Ortszeit getrennt kennzeichnen. Scheinbare Koordinaten des Datums und J2000-Koordinaten dürfen nicht verwechselt werden. [13, 14]

Planetariumssoftware an mehreren Zeiten gegen die aktuelle Horizons-Ephemeride prüfen. Für die starke Erdbegegnung genügt eine beliebige, unverändert keplersch fortgerechnete Elementdatei nicht als geprüfte Aufsuchgrundlage. Die Software muss entweder eine geeignete Störungsrechnung oder ausreichend eng abgetastete, korrekte Ephemeriden verarbeiten.

Wolken, Transparenz und örtliche Sicht beurteilen, gegebenenfalls frühzeitig den Beobachtungsort anpassen. Die UTC-Zeit und Kamera nochmals prüfen. Karte, Ephemeride und Protokoll zusätzlich offline bereithalten. Die hier verwendete Sommerzeitregel und die Zeitumrechnung werden vor 2029 erneut kontrolliert; Änderungen von Schaltsekunden betreffen sekundengenaue UTC-Angaben.

Kompaktes Beobachtungsprotokoll

UTC und MESZ	Ort und Gerät	Beobachtung oder Datei	Bedingungen und Bemerkungen

Im Kopf des eigenen Protokolls ergänzen: Datum, Beobachter, geografische Koordinaten und Höhe, Instrument, Öffnung und Brennweite, Kamera oder Okular, Filter, Bildmaßstab, Zeitquelle und geschätzte Zeitunsicherheit. Bei Bildserien Einstellungen und Belichtungsdauer mitführen; Rohdaten auf zwei Datenträgern sichern.

12 Datenbasis und Kontrolle der Vorhersage

Die lokalen Beobachtungswerte stammen aus dem am 28. November 2026 abgerufenen JPL-Horizons-Datensatz für Apophis, Bahnlösung 220 vom 25. Juni 2024, mit 7.370 Beobachtungsdatensätzen aus dem Bogen 2004 bis 2022. Ein aktueller Datenabruf bedeutet daher nicht, dass die zugrunde liegenden Beobachtungen am Abrufdatum entstanden sind. Horizons verwendet hier DE441 und die topozentrische Beobachterposition auf dem WGS84-Ellipsoid. [13, 14]

Die eigene Mehrkörperrechnung wurde getrennt auf Magdeburg umgerechnet. Am geozentrischen Minimum ergibt sie geometrisch Höhe 35,915° und Azimut 261,843°. Die scheinbare Horizons-Ausgabe um 23:45:00 MESZ liefert 35,938° und 261,775°. Der geringe Unterschied passt zur rund 3,6 Sekunden früheren Tabellenzeit und den verschiedenen Beobachterkorrekturen. Beide Wege bestätigen dieselbe Beobachtungssituation.

Die Sternkarten beruhen auf dem Hipparcos-Katalog der ESA und dessen Eigenbewegungen ab Epoche J1991,25. Die Sternpositionen werden auf das Beobachtungsdatum fortgerechnet. Der Kartenaufbau verwendet einen einheitlichen Bezugszeitpunkt beziehungsweise getrennte Momentaufnahmen. Die genaue Transformation und die numerische Kontrolle sind in der Kartendokumentation festgehalten. [13, 15]

Äquatoriale Orientierungspositionen

Die folgenden Werte sind scheinbare topozentrische Rektaszension und Deklination im wahren Äquator und Äquinoktium des jeweiligen Datums. Sie sind keine J2000-Koordinaten. Das Minutenraster dient der Orientierung; für ein kleines Kameragesichtsfeld oder automatische Nachführung wird die feinere aktuelle Ephemeride verwendet. [13]

MESZ	Rektaszension α	Deklination δ	Sternbild
22:00	11h 27m 22,2s	−08° 04′ 13,0″	Becher
22:30	10h 49m 38,7s	−01° 47′ 38,4″	Sextant
23:00	09h 56m 06,3s	+07° 06′ 16,4″	Löwe
23:30	08h 42m 17,8s	+17° 57′ 37,0″	Krebs
23:45	07h 58m 36,9s	+23° 05′ 31,4″	Zwillinge
00:00 am 14.	07h 12m 59,2s	+27° 16′ 36,0″	Zwillinge
00:30 am 14.	05h 47m 20,7s	+31° 56′ 27,3″	Fuhrmann

Die Zahlen dieses Leitfadens sind Vorhersagen mit Stand 2026. Die grobe Sichtbarkeit ist robust. Für sekundengenaue Nachführung, kleine Gesichtsfelder oder wissenschaftliche Messungen werden Datenstand, Standort, Erdorientierung, Zeitskala und Kamerazeit vor dem Ereignis erneut geprüft.

13 Quellen und Abbildungsnachweise

Die Quellenkennungen in eckigen Klammern beziehen sich auf das folgende Verzeichnis. Titel sind in Word und PDF als Links zu den Originalquellen hinterlegt. Rechenwerte ohne externe Einzelquelle stammen aus der hier dokumentierten eigenen Auswertung. Quellen- und Datenprüfung erfolgten am 28. November 2026.

[1] NASA Science . Asteroid Apophis

[2] NASA/JPL-Caltech, CNEOS 2021-03-25. NASA Analysis: Earth Is Safe From Asteroid Apophis for 100-Plus Years

[3] Reddy, V., et al. 2018. Surface Composition of (99942) Apophis. DOI 10.3847/1538-3881/aaaa1c

[4] Brozović, M., et al. 2018. Goldstone and Arecibo radar observations of (99942) Apophis in 2012–2013. DOI 10.1016/j.icarus.2017.08.032

[5] DellaGiustina, D. N., et al. 2023-10. OSIRIS-APEX: An OSIRIS-REx Extended Mission to Asteroid Apophis. DOI 10.3847/PSJ/acf75e

[6] Brož, M., et al. 2026-04. Apophis source population and Earth encounter frequency of Apophis-like bodies. DOI 10.1051/0004-6361/202557980

[7] Ďurech, J., et al. 2026. The spin state of asteroid Apophis and a prediction of its change during the 2029 close encounter with Earth. DOI 10.1051/0004-6361/202658974

[8] JPL Radar Astronomy . Goldstone Radar Observations Planning: 99942 Apophis in 2029

[9] European Space Agency 2024-04-13. Apophis

[10] NASA Goddard Scientific Visualization Studio 2026-09-23. NASA’s OSIRIS-APEX Mission Will Explore Asteroid Apophis

[11] University of Arizona, missionsleitende Einrichtung; Niranjana Rajalakshmi 2026-10-12. Three years into its second mission, NASA's OSIRIS-APEX sets its sights on 2029

[12] European Space Agency 2026-09-23. First switch on for ESA-JAXA Ramses asteroid mission

Quellen zur Beobachtung und Bildnachweise

[13] NASA JPL Solar System Dynamics 2026. Horizons System User Manual

[14] NASA JPL Solar System Dynamics Abruf 28.11.2026. Horizons API und für diesen Leitfaden berechnete Beobachterephemeriden

[15] European Space Agency 1997. The Hipparcos and Tycho Catalogues ESA SP 1200 Katalog I 239

[16] Minor Planet Center Abruf 28.11.2026. Getting Started with Astrometry

[17] Minor Planet Center Abruf 28.11.2026. Reporting Observations

[18] AAVSO Abruf 28.11.2026. Guide to CCD CMOS Photometry with Monochrome Cameras insbesondere Anhang F

[19] AAVSO Abruf 28.11.2026. Stellar Photometry Data quality

Abbildungen

Abbildung 1: KI-generierte, photorealistische Größenillustration, zweite Fassung vom 28. November 2026. Grundform nach Radar- und Missionsreferenzen [4, 5]. Stadtarchitektur nach Luftbildreferenzen von Foto Video Lehmann beziehungsweise Magdeburger Platte und MVGM GmbH, Foto Andreas Lander. Die Illustration ist keine reale Aufnahme der Begegnung und keine kartografische Vermessung.

Abbildung 2: Retzlaff, Proto, eigene numerische Bahnintegration und Darstellung. Erde als WGS84-Ellipsoid; Erdorientierung nach NAIF ITRF93-Prognose. Küstengeometrie Natural Earth, gemeinfrei. Räumlich gleicher Maßstab für Erde, Bahn und geostationären Referenzkreis; die Asteroidenmarke ist vergrößert.

Abbildungen 3 bis 5: Retzlaff, Proto, eigene astronomische Projektionen aus JPL-Horizons-Beobachterephemeriden und ESA-Hipparcos-Sterndaten. Kein generierter Sternhintergrund. Der ideale Horizont berücksichtigt keine konkreten Gebäude oder Geländehindernisse. Datenstand und Standort stehen bei den Karten.

Verwendete Beobachterparameter

Horizons-Ziel 99942; Beobachter coord@399; geodätische Koordinaten 11,63° Ost, 52,13° Nord, 0,060 km. Zeitbasis der Rohdaten UT beziehungsweise UTC; Ausgabe für die Planungsübersicht in Minutenabständen. Höhen ohne Refraktion, scheinbare Richtungen mit Lichtzeit und Aberration. Die eigene dynamische Kontrolle verwendet geometrische Zustände und ist davon begrifflich getrennt. [13, 14]

Dieser Leitfaden ist eine wissenschaftliche Planungshilfe für die genannte Beobachtungsnacht. Er dokumentiert die verwendeten Annahmen und ihre Grenzen, damit Beobachter die Vorbereitung mit näher rückendem Ereignis gezielt aktualisieren können.