

<b>Zeitschrift:</b>	Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Astronomische Gesellschaft
<b>Band:</b>	80 (2022)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	Jupiter und seine Galileischen Monde
<b>Autor:</b>	Röschli, Dominic
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-1049453">https://doi.org/10.5169/seals-1049453</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# DIE GEGENSEITIGEN BEDECKUNGEN UND VERFINSTERUNGEN DER GALILEISCHEN MONDE

## GRUNDLEGENDE VORAUSSETZUNGEN

Das Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides (kurz IMCCE), welches in Frankreich am Observatorium in Paris stationiert ist, rief Amateurastronomen dazu auf, gegenseitige Bedeckungen oder Verfinsterungen der Galileischen Monde mittels eines Teleskops und einer digitalen Fotokamera aufzunehmen. Dies aus dem Grund, da solche Aufnahmen dazu bei-

tragen können, die Genauigkeit von Rechenprogrammen, welche die Positionen von Objekten im Weltraum ermitteln können, zu verbessern.

Damit jedoch eine solche Aufnahme auch wissenschaftlich verwertbar ist, müssen diverse Vorgaben eingehalten werden. Diese beinhalten unter anderem, dass die Zeit in UTC erfasst werden muss und diese auf jedem einzelnen Bild als Zeitstempel ersichtlich ist.

# JUPITER UND SEINE GALILEISCHEN MONDE

Beitrag: Dominic Röschli

Dieser Artikel widmet sich meiner Maturaarbeit, in welcher das Ziel war, wissenschaftlich verwertbare Daten mit einem Schmidt-Cassegrain-Spiegelteleskop und einer digitalen Fotokamera am Beispiel der gegenseitigen Bedeckungen oder Verfinsterungen der Galileischen Monde zu generieren.

---

**DER AUTOR** Dominic Röschli, Astronomische Vereinigung Aarau

*Dominic Röschli ist 21 Jahre alt und besucht die Neue Kantonsschule Aarau.*

*Dieses Jahr wird Dominic die Matura abschliessen und anfangs Herbst sein Physikstudium an der Universität Zürich aufnehmen. Nach dem Bachelor plant er, seinen Masterabschluss im Bereich Astrophysik an der ETH zu absolvieren.*

**318 JAHRESÜBERSICHT: THEMEN DES JAHRES**

**Jupiter für Hobbyastronomen**

Im Amateureleskop sieht man die vier großen Monde und Einiges von den Oberflächenstrukturen auf dem Planeten.

**Die Jupitermonde**

Von den mittlerweile 79 bekannten Monden sind für den Amateur nur die vier hellsten, die „galiläischen Monde“, beobachtbar. Man sieht sie auch schon in einem besseren Feldstecher.

Galilé hat sie am 7. Januar 1610 entdeckt, sie galten für ihn als Beweis gegen das damalige Weltbild. Hier waren Himmelskörper, die nicht um die Erde kreisen. Fast gleichzeitig und unabhängig von Galilei Beobachtungen entdeckte auch Simon Marius die vier Monde. Er hat, in Absprache mit Kepler, die heute noch gültigen Namen für die Monde vorgeschlagen. Auf S. 272 sind die Angaben zu den vier Monden tabellarisch zusammengefasst.

Die vier Monde erscheinen jeweils nahezu auf einer Linie. Das ist eine Folge der fast gleichen Umlaufbahnen, die sie um Jupiter haben. Wenn der Abstand zwischen den Montern gering ist, fällt also fast mit den Ausastenzen zusammen. Bei großer Distanz dagegen gibt es nun, wenn die Sonne oder die Erde durch diese Bahnebenen geht. Das ist 2021 wieder der Fall: am 24. März geht die Erde durch diese Ebene, es kommt zu gegenständigen Bedeckungen der Monde. Und am 2. Mai steht die Sonne in der Bahnebene, der Schatten eines Mondes kann dann einen anderen, hinter ihm stehenden Mond verfinstern.

Soweit die Theorie. Die große Enttäuschung für uns ist jetzt, dass von den möglichen rund 80 Ereignissen nur gerade zwei Bedeckungen und sechs Verfinsterungen von uns aus beobachtet werden können. Denn um die Monde zu beobachten, muss Jupiter über und die Sonne unter dem Horizont stehen. Und natürlich ist auch um die Zeit der Konjunktion (29. Januar) keine Beobachtung möglich. Dabei hatten wir im Sternenhimmel 2015 nicht weniger als 55 Bedeckungen mit Bildchen vorstellen können!

Diesmal sind es also nur die Bedeckungen von Europa durch Io am 28. März und von Europa durch Ganymed am 1./2. August. Das Ereignis am 28. März beginnt um 0:37:00 und dauert bis 6:40:10. Dabei wird Europa maximal zu 41 % bedeckt (s. Abb.).

Die Bedeckung am 1./2. August ist etwas ganz Besonderes: Ganymed und Europa bewegen sich in Richtung Westen zu ihren größten Elongationen. Europa auf der innerenbahn ist etwas rascher und kommt „von hinten“ Ganymed näher. Gegen die Elongation werden beide langsamer; aber Europa erreicht Ganymed noch und „versteckt“ sich teilweise hinter ihm. Gegenüber Ganymed wird Europa immer langsamer, und dann zieht Ganymed weiter und lässt Europa hinter sich.

Im Fernrohr sieht man also, wie die beiden aufeinander zu gehen, dann verschmelzen sie ganze 125 Minuten lang und gehen nachher wieder auseinander; beide gehen schienbar dorthin zurück, wo sie hergekommen sind. Die Bedeckung dauert von 0:00:49 bis 02:05:35 MESZ am 2. August.

**Die sechs Verfinsterungen**

Datum	Mond verfinstert	Beginn	Ende	Größe	5 mag*	
0.4	Io	Kallisto	6:22:00	6:35:00	19%	0,73
0.4	Io	Europa	5:22:25	5:29:00	55%	1,52
0.5	Ganymed	Io	4:33:25	5:09:53	87%	4,49
0.5	Ganymed	Europa	2:23:20	2:43:04	91%	5,46
0.8	Ganymed	Europa	22:23:32	23:07:38	28%	0,44
1.1	Ganymed	Europa	5:46:13	6:36:34	68%	0,44

vorherige Brücke des Mondes  
nächste Brücke des Mondes  
\*Abbildung zeigt die Verfinsternis ringförmig, der Schatten von Io füllt ganz auf Kallisto  
(0.1-1) beginnt ein Durchgang von Io vor der Jupiterlinse.

**Bedeckung von Europa durch Io am 28. März um 06:38 Uhr.**

**Verfinsternis von Europa durch Ganymed am 2. August um 00:51 Uhr.**

**Abbildung 1: Im astronomischen Jahrbuch «Der Sternenhimmel 2021» ging Hans Roth in der Jahresübersicht auf die gegenwärtigen Jupiterbedeckungen und Verfinsterungen ein. Oben rechts sehen wir die vom Autor aufgezeichnete Bedeckung von Europa durch Ganymed am 1. / 2. August 2021, dargestellt mit der Software Guide 9. In ORION 3/21 wurde das Ereignis auf Seite 36 näher beschrieben.**

**Scan der Seite: Redaktion ORION**

Eine weitere Vorgabe war, dass der Gain nicht auf automatisch eingestellt ist, da dies sonst die Helligkeitsabnahme verfälschen würde. Auch sollte die Aufnahme des Ereignisses bereits 5 Minuten vor dem Beginn der Bedeckung oder Verfinsterung begonnen werden und erst 5 Minuten nach dem Ende des Ereignisses beendet werden, da, wie bereits kurz angeschnitten, die Rechenprogramme nicht perfekt sind und es zu Abweichungen in der Vorhersage kommen kann.

### DIE VORBEREITUNG FÜR DIE AUFNAHME DER BEDECKUNG VON EUROPA DURCH GANYMED

Damit die Aufnahme ein Erfolg werden konnte, war eine genaue Planung sehr wichtig. Diese befasste sich mit der Auswahl des Equipments, der Software und auch dem Standort der Aufnahme.

Das gewählte Teleskop war ein Celestron Nexstar 6SE, da dieses mit nur knapp 14 Kilo recht handlich ist und eine automatische Verfolgung des Objektes von Interesse gewährleisten kann. Als Kamera diente die ZWO ASI 120 MC-S, da diese in ihrem Preissegment über eine gute Quanteneffizienz verfügt. Das heisst, dass die Kamera pro Photon, welches auf den Sensor trifft, ungefähr 0.6 Elektronen aus dem Halbleitermaterial des Sensors löst, was wichtig für die Bildentstehung ist.

Für die Aufnahme wurde das Programm SharpCap gewählt, da dieses wichtige Einstellungen für die Aufnahme ermöglicht. Zum einen wurde der Gain auf einen mittleren Wert von 40 gesetzt, die Belichtungszeit wurde auf 0.04 Sekunden festgelegt, die Zeit wurde auf UTC umgestellt und mit SharpCap konnten auch die notwendigen Zeitstempel auf die Bilder gedruckt

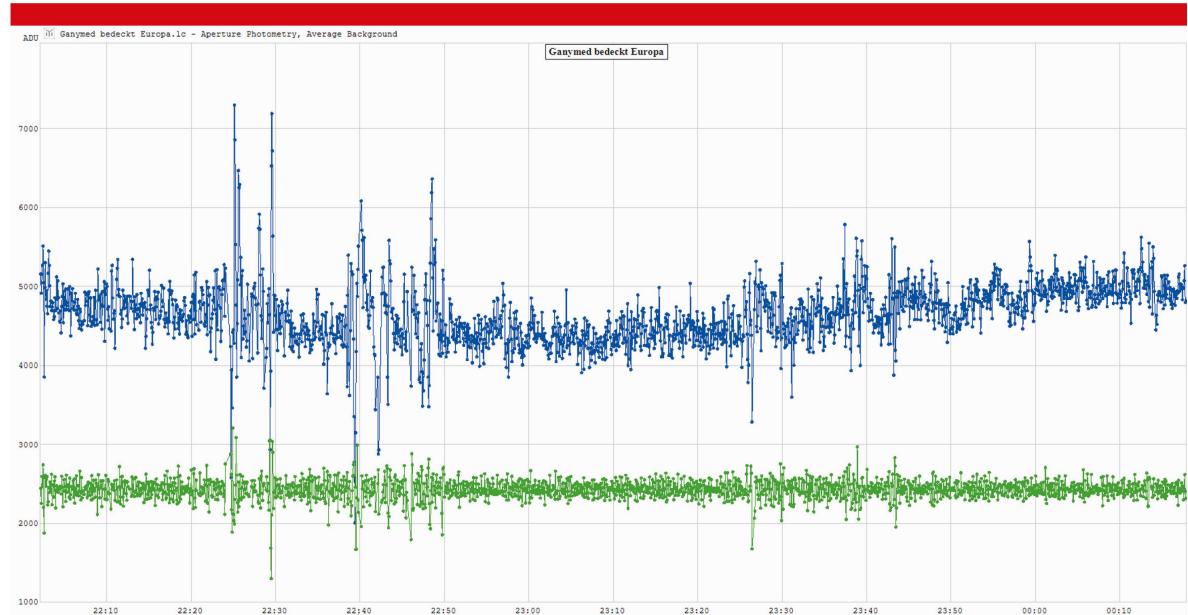
werden. Für die spätere Auswertung wurde zuerst das Programm PIPP und danach Tangra verwendet.

Aufgrund des sehr schlechten Wetters im Sommer 2021 entfiel die Möglichkeit der Aufnahme von mehreren Ereignissen, wodurch nur noch die Bedeckung von Europa durch Ganymed übrig blieb. Damit diese ebenfalls nicht ins Wasser fiel, fuhr ich ins Tessin nach Cademario, wo die Aufnahme in der Nacht vom 1. auf den 2. August 2021 auf einem Parkplatz ( $46^{\circ}01'11.87''\text{N} / 08^{\circ}53'34.09''\text{E}$ ) trotz leichtem Wind und teils kleinen Wolkenfeldern, welche die Sicht einschränkten, gelang.

### DIE AUFNAHME UND DESSEN AUSWERTUNG

Die Aufnahme wurde um 22:00 UTC begonnen und um 00:20 UTC beendet. Damit die spätere Verarbeitung der einzelnen Bilder einfacher ist, wurde die Aufnahme in 5'000er-Serien gegliedert. Das heisst, dass immer nach 5'000 Bildern die Serie abgespeichert und diese ohne Verzögerung direkt fortgesetzt wurde.

**PIPP:** Nach erfolgreicher Aufnahme der Bedeckung von Europa durch Ganymed wurden die Serien mittels der Software PIPP für die Analyse mit Tangra und der daraus folgenden Lichthelligkeitskurve vorbereitet. Zuerst habe ich mittels des Programms PIPP die Bildsequenzen in negativer y-Achse (also nach unten) und in positiver x-Achse (nach rechts) stabilisiert, ohne dass der Teil, der von Interesse ist sowie der Zeitstempel aus dem Bild ausgeschnitten wurden. Dies ermöglichte eine erleichterte Auswertung der späteren Analyse der Helligkeit. Anschliessend wurden die besten 35 % der Bilder einer 5'000er-Serie in eine neue Sequenz umgewandelt, dies aus dem Grund, da witte-



**Abbildung 2: Lichthelligkeitskurve «Ganymed bedeckt Europa».** Auf dem Bild entspricht der blaue Graph Europa und Ganymed, der grüne ist Io zuzuordnen. Zu erkennen sind 3 Regionen, in welchen es zu Ausreissern kam, diese sind auf die Wolkenfelder und den Wind zurückzuführen.

**Bild:** Dominic Röschli

rungsbedingt gewisse Bilder nicht verwendet werden konnten. Zu guter Letzt wurden die neuen Sequenzen zusammengefügt.

Daraus entstand ein Video. Diese Aufnahmen hatten trotz Zeitabhängigkeit und Extraktion eine bessere zeitliche Verteilung, als wenn nur eine Serie während des gesamten Ereignisses mit allen Bildern aufgenommen worden wäre. So war gewährleistet, dass jede Sekunde des Ereignisses eine gewisse Anzahl von Bildern aufweist, was für die nachfolgende Ausmessung der Helligkeit eine wichtige Rolle spielt, da sonst ein Loch respektive ein Teil des Zeitraums ohne Messung ersichtlich wäre.

**Tangra:** Das soeben erstellte Video wurde im Programm Tangra eingefügt, welches eine Messung der Helligkeit ermöglicht. Vorab musste ich jedoch im Programm Tangra definieren, welcher der beiden Galileischen Monde jener mit der Helligkeitsabnahme ist und welchen ich als Referenz wähle. Wichtig ist, dass Ganymed während des Ereignisses Europa bedeckte und dass diese so nahe beieinander waren, dass sie nicht mehr auseinandergehalten werden konnten. Man kann also bei der Abnahme der Helligkeit von einer Abnahme der Helligkeit beider Monde Ganymed und Europa sprechen. Als Referenzmond diente Io. Eine Referenz ist deshalb wichtig, da man Umwelteinflüsse, die eine Auswirkung auf die Messung haben, erkennen kann und es somit auch möglich ist, zwischen dem

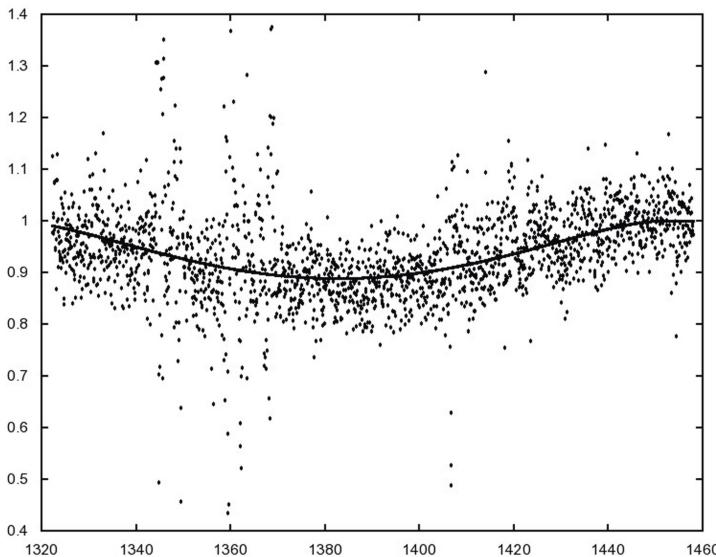
Ereignis und beispielsweise einer Wolke unterscheiden zu können. Nach der Ausmessung aller Bilder erhält man die Rohform einer Lichthelligkeitskurve. Nun muss die Lichthelligkeitskurve mittels des Referenzmondes normalisiert werden; das heisst, dass die Helligkeit des Mondes Io als Referenz verwendet wird und sich die Helligkeit der Monde Ganymed und Europa danach richten.

Anschliessend werden die Messpunkte ebenfalls durch das Programm Tangra gemittelt; dies geschieht so, dass immer 32 Bilder summiert werden, wodurch das Rauschen verringert wird. Dasselbe geschieht auch mit der Zeit der einzelnen Bilder, das heisst, dass die Zeit, welche dem entstandenen Messwert zugeordnet wird, der mittleren Zeit des ersten und des letzten Bildes der 32er-Serie oder in anderen Worten der Zeit des 16. Bildes entspricht. Daraus entsteht die Lichtkurve der Bedeckung von Europa durch Ganymed, welche in Abbildung 2 dargestellt ist.

#### DIE ZUSAMMENARBEIT MIT IMCCE

Die Messdaten wurden anschliessend ans IMCCE gesendet, welches diese ebenfalls verarbeitet und daraus eine Lichthelligkeitskurve erstellte (siehe Abbildung 3).

Auch in dieser Lichthelligkeitskurve kann man eine Abnahme der Helligkeit gut erkennen. Auffallend ist, dass die Uhrzeit mit 1'320 beginnt und mit 1'460 endet. Dies ist damit zu erklären, dass das System des



**Abbildung 3: Lichthelligkeitskurve des IMCCE (Emelyanov N. 2021, Obs: CAD)**

Quelle: Emelyanov, N. (2021). Astrometric results of observations of mutual occultations and eclipses of the Galilean satellites of Jupiter in 2021. Gefunden am 17.09.2021 unter <https://perso.imcce.fr/nicolai-emelianov/data/PHEMU-2021/astrom.htm#secondtype>

IMCCE die Daten des Graphen in Minuten ab 12:00 vom Tag des Ereignisses erfasst. Das heisst also, dass 1'320 Minuten exakt 22:00 entspricht und 1'460 Minuten folglich 00:20 des darauffolgenden Tages zuzuordnen ist.

#### DER VERGLEICH ZWISCHEN DER VORHERSAGE UND DER MESSUNG

Durch geometrisch technisches Zeichnen wurde die maximale Abnahme der Helligkeit bestimmt, wodurch man anschliessend über einen Dreisatz zur Uhrzeit 23:03:04.615 UTC kam, welche der maximalen Abnahme der Helligkeit entspricht.

Auf der Webseite des IMCCE [1] wird angegeben, dass die Bedeckung von Cademario aus gesehen um 21:59:01.769 UTC begann und 128.27 Minuten dauerte. Addiert man die Hälfte der Dauer zur Uhrzeit, zu welcher die Bedeckung laut dem IMCCE beginnt, erhält man exakt die Mitte des Ereignisses oder in anderen Worten exakt den Zeitpunkt, zu welchem die maximale Bedeckung stattfindet:

$$\begin{aligned} & 21:59:01.769 \text{ UTC} + 1\text{h} + 4\text{min} + 8.1\text{s} \\ & = 23:03:09.869 \text{ UTC} \end{aligned}$$

Beim Vergleich beider Uhrzeiten ist, unter der Annahme, dass die Umlaufbahnen der Galileischen Monde gleichmässige Kreisbewegung seien, ersichtlich, dass diese nicht übereinstimmen. Die Abweichung von der erwarteten zur tatsächlichen Zeit beträgt somit ungefähr 5.254 Sekunden.

Das heisst, dass bei einer mittleren Orbitalgeschwindigkeit Europas von 13.74 km/s dies einer räumlichen Abweichung von rund 72 Kilometern entspricht. <

---

#### LINKS & LITERATUR

- [1] <https://www.imcce.fr/Phénomènes de satellites naturels - Calcul | IMCCE>
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Europa\\_\(Mond\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Europa_(Mond)) ➔ bezüglich Orbitalgeschwindigkeit von Europa

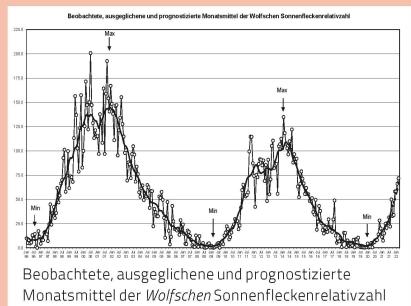
**Abbildung 4: In der Mitte des Bildes ist Jupiter, links davon sind die Galileischen Monde Europa und Ganymed. Diese erscheinen zu einem Punkt verschmolzen, da sie so nahe beieinander sind, dass sie nicht mehr auseinandergehalten werden können. Auf der rechten Seite sieht man den Galileischen Mond Io, welcher während der späteren Ausmessung der Helligkeitsänderung als Referenz diente.**

Bild: Dominic Röschli



## Swiss Wolf Numbers 2022

Marcel Bissegger, Gasse 52, CH-2553 Safnern



Januar 2022

Mittel: 60.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
47	31	30	11	19	30	44	45	61	83
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
56	78	81	94	99	99	77	57	55	60
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
22	24	22	11	54	79	80	72	67	92
									124

Februar 2022

Mittel: 57.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
126	108	74	120	86	79	75	79	67	72
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
76	57	52	72	86	113	27	58	81	49
21	22	23	24	25	26	27	28		
49	34	39	35	23	23	32	61		

März 2022

Mittel: 71.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
65	60	85	84	87	72	78	81	80	89
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
78	95	86	68	42	—	49	40	45	40
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
48	42	45	49	49	57	79	118	111	107
									121

1/2022 Name Instrument Beob.

2/2022 Name Instrument Beob.

3/2022 Name Instrument Beob.

Bissegger M.	Refr 100	5
Ekatodramis S.	Refr 120	3
Enderli P.	Refr 102	2
Erzinger T.	Refr 90	13
Friedli T.	Refr 40	6
Friedli T.	Refr 80	6
Früh M.	Refl 300	17
Käser J.	Refr 100	6
Meister S.	Refr 125	10
Menet M.	Refr 102	1
Schenker J.	Refr 120	5
SIDC S.	SIDC 1	3
Weiss P.	Refr 82	11
Zutter U.	Refr 90	18

Bissegger M.	Refr 100	2
Ekatodramis S.	Refr 120	4
Enderli P.	Refr 102	3
Erzinger T.	Refr 90	13
Friedli T.	Refr 40	7
Friedli T.	Refr 80	7
Früh M.	Refl 300	17
Käser J.	Refr 100	18
Meister S.	Refr 125	15
Schenker J.	Refr 120	5
SIDC S.	SIDC 1	4
Trefzger C.	Refl 125	3
Weiss P.	Refr 82	13
Zutter U.	Refr 90	21

Bissegger M.	Refr 100	4
Ekatodramis S.	Refr 120	5
Enderli P.	Refr 102	3
Erzinger T.	Refr 90	18
Friedli T.	Refr 40	9
Friedli T.	Refr 80	9
Früh M.	Refl 300	27
Käser J.	Refr 100	22
Meister S.	Refr 125	25
Menet M.	Refr 102	3
Schenker J.	Refr 120	8
Trefzger C.	Refl 125	4
Weiss P.	Refr 82	23
Zutter U.	Refr 90	24

## Swiss Occultation Numbers 2022 (Fachgruppe Sternbedeckungen SOTAS ([www.occultations.ch](http://www.occultations.ch))

Januar, Februar & März 2022

Stationen

Stationsinformationen

Datum	Asteroid	Bedeckter Stern	BUE	CUG	FLU	GNO	HIM	LOC	MCE	MEN	MUZ	SCH	SMA	ZHN	Beobachter
01.01.	(195153) 2002 CG213	UCAC4 593-007543				0+									BUE Sternwarte Bülach (S. Meister S. / A. Schweizer)
06.01.	(754) Malabar	UCAC4 388-022610				0+									CUG Stat. Cugnasco (A. Manna)
09.01.	(746) Marlù	TYC 2983-01418-1				0+									FLU Stat. Fluminimaggiore (St. Sposetti)
10.01.	(2808) Belgrano	UCAC4 581-040294				0+									GNO Obs. Gnosca (St. Sposetti)
12.01.	(4229) Plevitskaya	UCAC4 522-038081	0+			0+									HIM Obs. Himmelried (J. Schenker)
21.01.	(3701) Purkyne	UCAC4 561-032609				0+									LOC Specola Solare Locarno (St. Sposetti)
24.01.	(4448) Phildavis	UCAC4 607-021346				0+									MCE Station Monte Ceneri (St. Sposetti)
26.01.	(2204) Lylli	UCAC4 395-009142				0+									MEN Station Mendrisio (St. Sposetti)
27.01.	(138) Tolosa	HIP 32194													MUZ Station Muzzano (A. Ossola)
05.02.	(45671) 2000 WW102	UCAC4 559-018971													SCH Sternwarte Schafmatt (J. Käser / J. Schenker)
08.02.	(28P) Neujmin	UCAC4 638-016921													SMA Station St. Margarethen (C. Sauter)
11.02.	(930) Westphalia	UCAC4 558-049011				0+									ZHN Obs. Zürich-Nord (P. Englmaier)
11.02.	(1171) Rusthawelia	UCAC4 539-047374				0+									
13.02.	(982) Franklinia	TYC 2388-01569-1				0+									
15.02.	(76690) 2000 HZ73	UCAC4 523-052157				0+									
26.02.	(683) Lanzia	UCAC4 528-013492													
06.03.	(919) Ilsebill	UCAC4 389-056215													
07.03.	(572) Rebekka	UCAC4 485-044691													
20.03.	(147) Protogenia	UCAC4 558-011060													
20.03.	(26491) BT3	UCAC4 527-007091	0+												
24.03.	(438) Zeuxo	UCAC4 604-031805	0+			0+									



**Astro Optik**  
GmbH  
**von Bergen**  
[www.fernrohr.ch](http://www.fernrohr.ch)  
 Im Universum findet sich  
 viel Besonderes - bei uns  
 ebenfalls!  
 Universelle Instrumente -  
 wir beraten Sie gerne!

