

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 76 (2018)  
**Heft:** 1

## Heft

### 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](#)

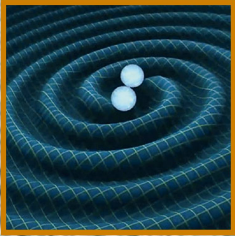
### Terms of use

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:** 10.12.2025

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





## **Kosmologie**

Kosmischer Paukenschlag

## **Beobachtungen**

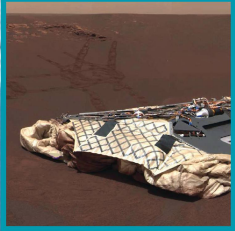
Ein fotografisches Panorama für den Sonnenlauf

## **Raumfahrt**

Marsrover Opportunity: Er läuft und läuft

## **Aktuelles am Himmel**

Merkur als «Senkrechtstarter»



# orion

Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft SAG

**NEU** auch  
als App!



# Top Ausrüstung Für Astro- & Naturbegeisterte

Objektivmodul  
85mm  
1'395.-



Objektivmodul  
95mm  
1'701.-

Miller AIR  
System Solo 75  
2-Stage  
carbon fibre  
1'162.-



ATX  
1'935.-



STX  
1'935.-



BTX  
2'304.-

Aktuell 10%  
aufs ganze  
Swarovski -  
& Miller Sortiment

**ZUMSTEIN**  
FOTO VIDEO

info@foto-zumstein.ch | Casinoplatz 8 | Bern



## Editorial

- **Auf ins Jubiläumsjahr** ■ Markus Bättig ..... 4

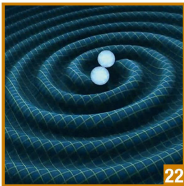


## Beobachtungen

- Es tagt, der Sonnenstrahl weckt alle Kreatur  
➤ **Ein fotografisches Panorama für den Sonnenlauf** ■ Erich Laager ..... 5

## Ausflugsziel

- Sternwarte Zimmerwald  
➤ **Gerüstet für die Zukunft** ■ Lukas Bonauer ..... 14



## Kosmologie

- Wie weit können wir wirklich in die Vergangenheit schauen?  
➤ **Geht der Blick weiter als die ersten Sterne?** ■ Sandro Tacchella ..... 18  
Es geschah in einer weit, weit entfernten Galaxis ...  
➤ **Kosmischer Paukenschlag** ■ Dr. Hansjürg Geiger ..... 22

## Schweizerische Astronomische Gesellschaft

- SAG-DV in Bülach  
➤ **CHEOPS – Der erste Schweizer Satellit** ■ Fabian Mathis & Thomas Baer ..... 16



## Aktuelles am Himmel

- Merkur und Venus am Abendhimmel  
➤ **Merkur als «Senkrechtstarter»** ■ Thomas Baer ..... 28  
Jupiter und Mars am Morgenhimmel  
➤ **Mars und «Gegenmars»** ■ Thomas Baer ..... 30  
Letzte Aldebaranbedeckung durch den Mond bis 2034  
➤ **Mond spielt «Blinder Stier»** ■ Thomas Baer ..... 32



## Raumfahrt

- Marsrover «Opportunity» läuft und läuft  
➤ **Es muss Salzseen und Ozeane gegeben haben** ■ Thomas Baer ..... 39

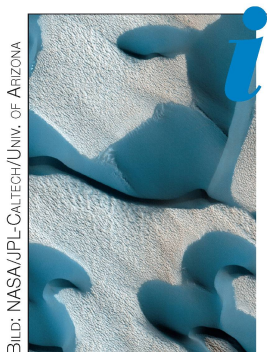
## Asteroiden

- Ein riesiger Medienhype um ein interessantes Himmelsobjekt  
➤ **Eine «himmlische Zigarre» sorgt für Aufregung** ■ Markus Griesser ..... 34

## Veranstaltungen

- Schweizerischer Tag der Astronomie 2018  
➤ **Das geheime Leben der Sterne** ■ SAG ..... 43

ORION online  
[www.orionmedien.ch](http://www.orionmedien.ch)



## Titelbild

- Auf dem Mars gibt es ein riesiges Meer aus Sanddünen in den hohen Breiten rund um seine nördliche Polkappe, auch als «Nordpolar-Erg» bekannt. Diese Dünen bestehen aus Basalt und Gipssandkörnern. In einigen Regionen des «Nordpolar-Ergs», wo die Sandversorgung begrenzt ist, nehmen sie eine längliche sichelförmige Form an. Der eisige Untergrund, auf dem die Dünen liegen, weist unregelmässige polygonale Muster auf. In anderen Gebieten mit einem reichlichen Sandvorkommen sind die Dünen regelmässiger. Der Marsnordpol ist im Winter mit einer saisonalen Polkappe aus Kohlendioxid (Trockeneis) bedeckt. Im Frühling verdunstet diese saisonale Polkappe jeweils.





Lieber Leser,  
liebe Leserin,

Sie halten die erste ORION-Ausgabe 2018 in den Händen. 2018 – ein besonderes Jahr für unsere Zeitschrift. Sind es doch genau 75 Jahre und 404 Ausgaben her seit dem ersten ORION. Es handelt sich somit um eine der ältesten regelmässigen Publikationen der Schweiz.

Vor einem Jahr wurde unsere Plattform [www.orionmedien.ch](http://www.orionmedien.ch) gegründet, wo sich Astrointeressierte zu spezifischen Themen informieren und austauschen können. Auf der Plattform finden Sie regelmässig Blogbeiträge der Redaktion sowie Hinweise zu interessanten Veranstaltungen und Ereignisse am Himmel. Auch können astronomische Themenhefte, Sternkarten oder eben der ORION bequem via Online-Shop bestellt werden. Es freut uns, dass die Plattform bisher rege genutzt wird und das Feedback dazu durchwegs positiv ausgefallen ist.

In diesem Jahr werden wir vier grundsätzliche Neuerungen bringen:

Neu gibt es ab dieser Ausgabe neben dem gedruckten Magazin zusätzlich eine digitale Ausgabe als App. Alle Abonnenten haben die Möglichkeit, die Zeitschrift auch auf ihrem Tablet oder Handy durchzublättern. Die App bietet gegenüber dem gedruckten Produkt zusätzliche Features. Sie ist durchgängig verlinkt und beinhaltet zur Veranschaulichung diverse Filme und zusätzliche Bilder. Sie finden die App ganz bequem im App Store oder auf Google Play Store. Den Aktivierungscode dazu finden Sie auf dem Begleitbrief.

Anfang März wird das astronomische Themenheft «Sternenbilder» erscheinen – wie bei all unseren Themenheften mit viel praktischem Wissen, wissenschaftlichen Berichten sowie auch interessanten Anekdoten zum Thema. Bereits erschienen sind die astronomischen Themenhefte «Die Sonne», «Unser Mond» und «Planeten». Die Hefte sind perfekt auch für pädagogische Zwecke einsetzbar.

Ab April wird es neben der bekannten ORION-Sternkarte neu eine Kinder-Sternkarte geben. Diese wird im praktischen Parkscheiben-Format daherkommen und ganz einfach und selbsterklärend in der Anwendung sein. Bestens geeignet für Kinder ab 7 Jahren, die sich bereits dafür interessieren, welche Sternbilder wann zu sehen sind. Die Kinder-Sternkarte – ab April in unserem Online-Shop [www.orionmedien.ch](http://www.orionmedien.ch).

Schliesslich werden wir ab der Ausgabe 5/2018 das Design des ORION ein bisschen auffrischen. Das Heft wird danach sogar noch etwas attraktiver erscheinen und ihnen als Leser zusätzlichen Komfort bieten.

Sie sehen, wir haben viel vor in diesem Jahr. Das Weltall entwickelt sich. Wir entwickeln uns auch.

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen und neue Erkenntnisse bei der Lektüre des vorliegenden ORION. Und eben: Schauen Sie in die App rein, es lohnt sich. Diese beinhaltet viele animierte Inhalte, welche Sie in der gedruckten Ausgabe nicht sehen können.

**Markus Bättig**  
Geschäftsführer ORIONmedien GmbH

## Auf ins Jubiläumsjahr

*«Wer nicht neugierig ist,  
erfährt nichts.»*

Johann Wolfgang von Goethe  
(1749 – 1832)



Es tagt, der Sonne Morgenstrahl weckt alle Kreatur

# Ein fotografisches Panorama für den Sonnenlauf

■ Von Erich Laager

*Ein niedriger Osthorizont beim Wohnort des Verfassers verlockt zum Fotografieren der Sonnenaufgänge über einen langen Zeitraum. Mit Hilfe der vielen Bilder werden die Sonnenpositionen in einem Panorama des nötigen Horizontabschnittes eingetragen. Es wird sodann nach Auswertungsmöglichkeiten gesucht. Dabei tauchen Fragen auf: Wie erstelle ich ein fotografisches Panorama ohne Verzerrungen? Wie finde ich den mathematischen Horizont? Wie konstruiere ich eine Gradskala für Azimut und Höhe? Wie erfasse ich die Sonnenbewegung am Horizont mathematisch?*



BILD: ERICH LAAGER

Abbildung 1: Sonnenaufgang am 5. Mai 2017 um 06:20 Uhr MESZ. Die hell leuchtende Wolke verrät, wo die Sonne erscheinen wird, dann taucht sie aus dem Wald auf! Aufnahme mit Tele 400 mm, wie alle andern Fotos auch.

Der erste Sonnenstrahl ist allerdings meist zu spät, um den Verfasser wecken zu können. Dieser wartet nämlich bereits aufnahmebereit mit der Kamera vor dem Haus.

Ein erster Blick aus dem Fenster Richtung Osthimmel kann unterschiedliche Situationen zeigen: Einmal lassen dicke Wolken und Regen jede Hoffnung auf einen beobachtbaren Sonnenaufgang schwinden. Anderntags zeigt sich ein klarer Himmel mit «abziehender Restbewölkung im Osten» – wie weit ist sie abgezogen bis zum Sonnenaufgang? Ab und zu hilft eine spezielle, halb durchsichtige Dunst- oder Wolkenschicht, durch welche man die

Sonne von Anfang an orange verfärbt erblickt und deren Lauf man ohne Schutz für die Augen einige Minuten lang verfolgen kann. Schliesslich die Top-Verhältnisse ohne ein Wölklein bis zum Horizont: Da wartet der Fotograf «schussbereit» – er kennt den ungefähren Aufgangsort – bis völlig unangemeldet und überraschend der erste leuchtende Punkt erscheint, der rasch anwächst und nach wenigen Sekunden bereits gleissend hell blendet. Manchmal ist jedoch der sehr helle Glanz am Horizont noch nicht die Sonne, sondern es ist Streulicht im Schneestaub über einer Bergkante oder feiner Wolkendunst.

Spezialfälle sind Sonnenaufgänge hinter einem lockeren Wald, durch dessen Unterholz hindurch man die Sonne erspähen kann (siehe Abbildung 1).

So sind meine Fotos sehr unterschiedlich ausgefallen. Ich habe diejenigen aufbewahrt, auf denen man den Sonnenaufgangsort einigermaßen sicher festlegen kann. Es sind insgesamt etwa 40 brauchbare Bilder zusammengekommen, die ich irgendwie auswerten möchte. Schon vor dreissig Jahren habe ich eine umfangreiche Serie von Sonnenaufgang-Dias gemacht und seither zum Auswerten und Zusammenstellen aufbewahrt.



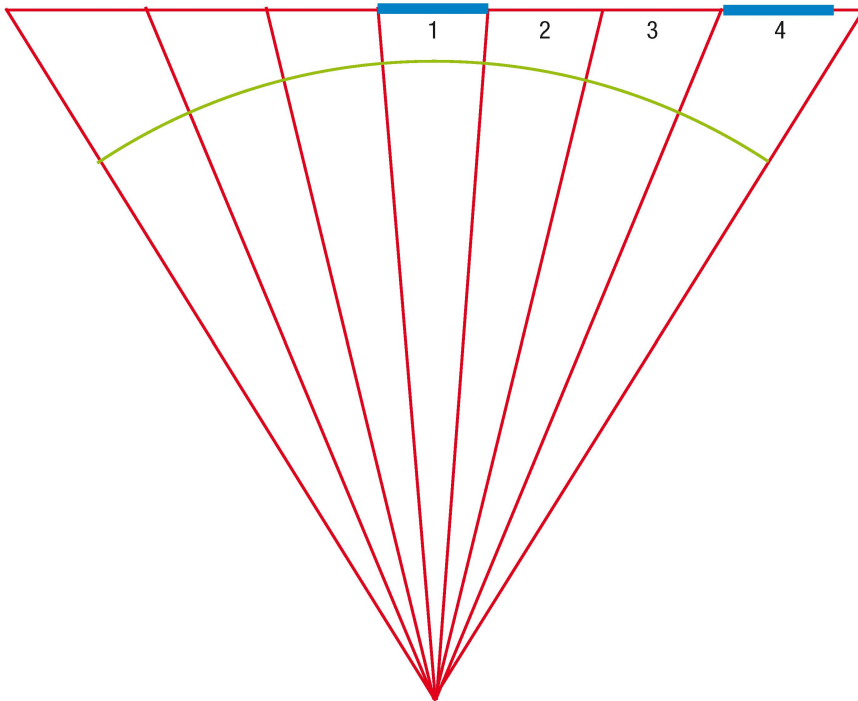


Abbildung 2: Mit einem Objektiv von 28 mm Brennweite (bezogen auf das Kleinbildformat) erfassen wir einen Winkel von etwa 63 Grad. Der grüne Bogen stellt den derart abgebildeten Geländeabschnitt dar. Dieser sei in sieben gleiche Abschnitte von je 9 Grad Breite unterteilt. Auf der Linie oben im Bild ist dargestellt, wie diese sieben Abschnitte auf der Foto abgebildet werden: Je weiter man von der Bildmitte wegrutscht, desto breiter werden die Abschnitte, welche eigentlich alle gleich gross sein sollten. Die Länge von Abschnitt 1 (blau) ist zum Vergleich in den Abschnitt 4 eingezeichnet. Dieser ist 26% länger als Abschnitt 1.

Die Dias warten noch immer auf eine Erweckung...

Nun bieten Computer-Programme wie Powerpoint und Illustrator verlockende Möglichkeiten, um Fotosammlungen zu ansprechenden Dokumenten zu verarbeiten. Unter anderem diese neuen Chancen haben mich zum Frühaufstehen und zum Geniessen «der besten Zeit des Tages» veranlasst.

## Ein Panorama als «Sammelkiste»

Im Laufe der Wochen und Monate erleben wir, wie die Sonne «dem Horizont entlang wandert». Viele Bewohner im Schwarzenburgerland mit Abend-Sitzplatz wissen, bis wie weit am Jura die Sonne im Sommer gelangt und wohin sie sich in den Wintermonaten zurückzieht. Ich bin in der glücklichen Lage, von zu

Hause aus einen fast ungehinderten Blick auf den Osthorizont zu geniessen. Diesen Horizontabschnitt will ich fotografisch erfassen und hier die Wanderung der Sonne während einiger Monate dokumentieren.

## Den Horizont fotografieren

Ein Panorama fotografisch abzubilden hat seine Tücken! Geländeabschnitte, die wir unter dem gleichen Winkel (waagrecht gemessen) sehen, sollten auf dem Bild auch alle gleich breit abgebildet werden. – Gelingt dies?

Es wäre verlockend, ein Weitwinkel-Objektiv zu verwenden, um von der Rundumsicht möglichst viel auf ein Bild zu bannen. Dabei hätten wir uns jedoch schon Bildverzerrungen eingehandelt: Abbildung 2 zeigt, wie stark die Bildteile am Rand verbreitert werden, wenn man ein 28 mm Weitwinkel-Okular verwendet. Beim Zusammenfügen solcher Fotos sind Schwierigkeiten unvermeidlich.

Abhilfe schafft die Verwendung eines Teleobjektivs. Es müssen dann eben wesentlich mehr Bilder aneinandergefügt werden, aber die Verzerrungen werden so vernachlässigbar klein. Dies zeigte das praktische Beispiel: Ich verwendete ein Tele mit Brennweite 400 mm (bezogen auf das Kleinbildformat 24 x 36 mm). Der erfasste Winkel beträgt in Breite 5.15°, die Breite eines der sieben Abschnitte misst 0.74°. Der 2. Abschnitt ist 0.16 Promille grösser als der 1. Abschnitt, der 4. Abschnitt nur 1.5 Promille grösser. Die Verzerrungen verschwinden nicht, sind aber für unsere Zwecke unmerkbar klein geworden.

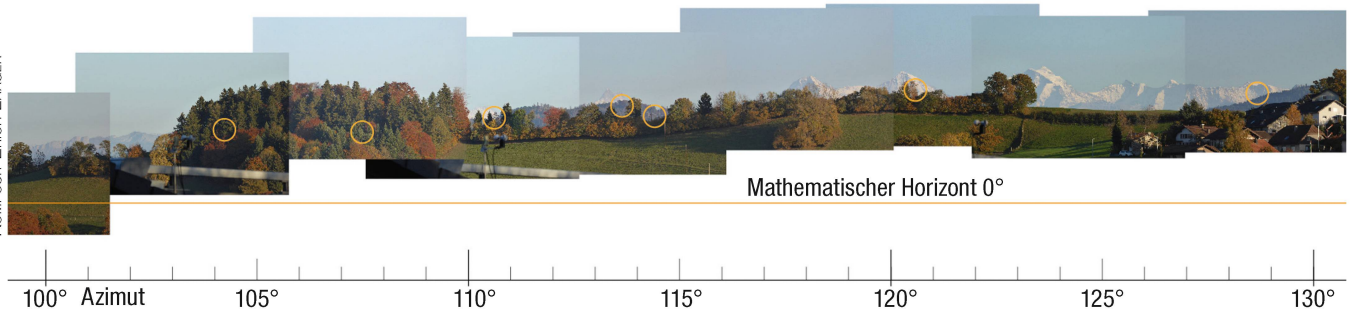


Abbildung 3: Westlicher Ausschnitt aus dem Panorama mit eingefügter Azimut-Skala (ab Norden gezählt). Eingezeichnet sind beobachtete Sonnenaufgangsorte der Monate Oktober bis Dezember, letzte Position rechts vom 20. Dezember. Die orange Linie ist der mathematische Horizont (Höhe 0°). Das ganze Panorama ist aus 30 Einzelbildern von je 15 cm Breite zusammengesetzt, es umfasst den Bereich von Azimut 45° bis 160°.



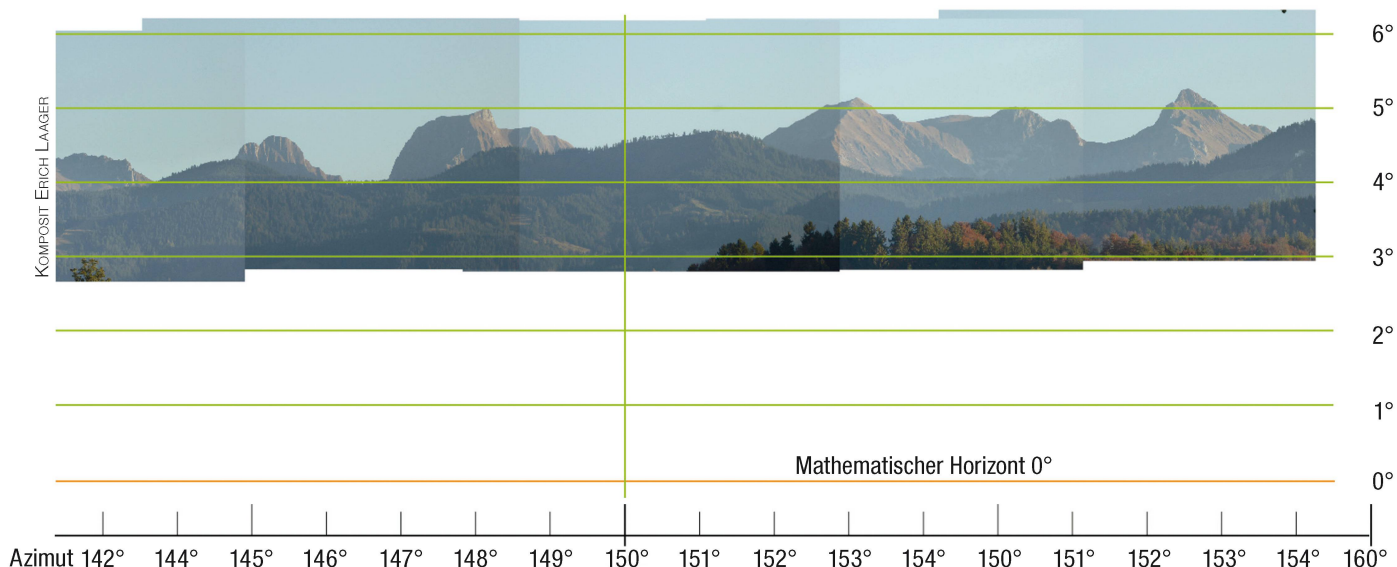


Abbildung 4: Die Gantrischkette. Dieser westlichste Teil meines Panoramas liegt ausserhalb des Sonnenaufgang-Bereichs. Von rechts nach links die Gipfel von Ochsens, Bürglen, Gantrisch (der mit der «Nase»).

## Horizont und Einzelbilder sollen kompatibel sein

Um ein möglichst verzerrungsfreies Bild des ganzen benötigten Horizontes zu erhalten, mache ich eine Bildserie mit dem 400 mm-Teleobjektiv. Ich achte auf eine waagrechte Position der Kamera (seitlich, nicht in der Höhe). Die Bilder überlappen sich etwas, so dass sie korrekt aneinander/übereinander zusammengefügt werden können.

Die Originalfotos werden nicht beschnitten, aber im «Photoshop» auf eine einheitliche Breite von 15 cm kalibriert. Im Panorama entspricht dies 5.15°. Dies gilt auch für die Bilder der Sonnenaufgänge.

Dreissig Bilder ergeben meinen «Sammel-Horizont». Der ganze Horizont ist 130° breit, davon werden 80° zum Eintragen der Sonnenaufgänge verwendet.

Abbildung 3 zeigt den westlichen Abschnitt des für Sonnenaufgänge benötigten Teils. Ich habe das Panorama nach Westen erweitert, es umfasst auch die nahen Gipfel der Gantrischkette, dem Markenzeichen unseres Naturparks. Diese Berge brauche ich zum Berechnen der Azimutskala, wie weiter unten beschrieben (Abbildung 4).

## Wo geht die Sonne auf?

Ich möchte die fotografierten Sonnenaufgangsorte in mein Panorama

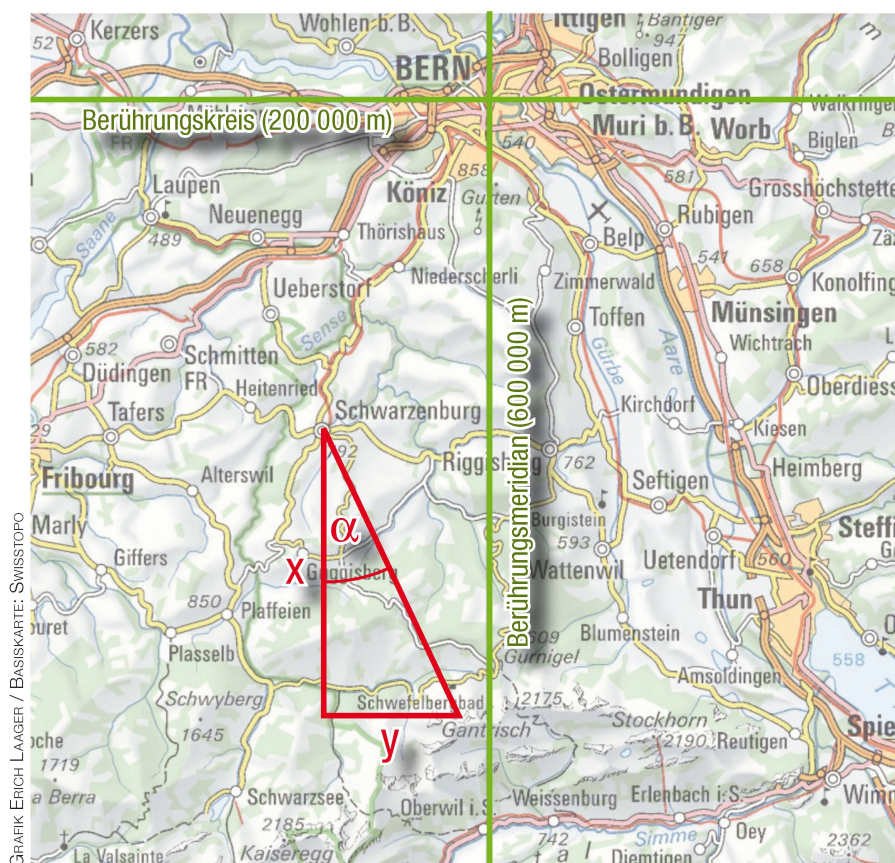


Abbildung 5: In welcher Richtung sieht man den Gantrisch von Schwarzenburg aus? Das rote Dreieck zeigt, wie man dieses Azimut mit Hilfe der Landeskoordinaten finden kann. Das Verhältnis  $y : x$  ist der Tangens des gesuchten Winkels  $\alpha$ .

Die Achsen 200 000 / 600 000 des verwendeten Koordinatensystems gehen durch die ehemalige Sternwarte (resp. deren Teleskop) auf der grossen Schanze in Bern. Dort steht heute das Institut für exakte Wissenschaften u. a. mit dem Astronomischen Institut der Universität Bern.

Berührungskreis und Berührungsmeridian beziehen sich auf den schräg liegenden Zylinder, auf welchen die Schweiz abgebildet wurde.



eintragen. Die einzelnen Bilder werden nach folgendem Vorgehen verwendet:

- Ein Sonnenaufgangs-Foto wird in das Panorama importiert und verschoben, bis es deckungsgleich zu den Hintergrund-Bildern liegt.
- Ein Sonnen-Kreis wird so eingefügt, dass er zur aufgehenden Sonne in das Foto passt. Dieser Sonnendurchmesser (1.58 cm) hat den gleichen Massstab wie die Bilder.
- Im Ebenen-Verzeichnis werden Foto und Sonnenkreis mit dem Datum angeschrieben.
- Das Einzelfoto wird ausgeblendet, zurück bleibt die Marke der Sonne in der Landschaft.

Auf diese Art entsteht eine übersichtliche Sammlung von Sonnenpositionen. Diese sind naturgemäss ungleich verteilt, an manchen Stellen klaffen grosse «Schlechtwetter-Lücken». (Beispiele: Die orangen Ringlein am Horizont in den Abbildungen 12, 13, 14).

### Erste einfache Auswertungen

Auffällig ist, wie die Sonne zur Zeit des längsten und des kürzesten Tages fast am selben Ort verharret, im Herbst und Frühling dagegen die grössten «Tagessprünge» macht. Entsprechend erleben wir im Alltag die ungleich starken Veränderungen der Tageslängen in den verschiedenen Jahreszeiten.

Weiter möchte ich die Sonnenpositionen auch zahlenmässig erfassen können.

Dazu muss ich zunächst wissen, wie viele cm in meinen Bildern einem Winkelgrad entsprechen. Mit diesem Massstab kann ich sodann eine Skala für die Seite (Azimut) und für die Höhe erstellen.

In meinem Horizont befinden sich markante Berggipfel (Abbildung 4). Wenn ich deren Azimut kenne, habe ich erste Fixpunkte für eine waagrechte Skala im Panorama. Das Anvisieren eines Berges mit dem Kompass liefert zwar ein angenähertes, aber für meine Zwecke zu wenig genaues Resultat. Ich möchte rechnen, jedoch wie?

Auf digitalen Karten von Swisstopo im Internet kann ich meine Beobachtungsposition und den Gipfel des Gantrichs mit Hilfe der eingetragten Landeskoordinaten (y, x) auf wenige Meter genau finden.

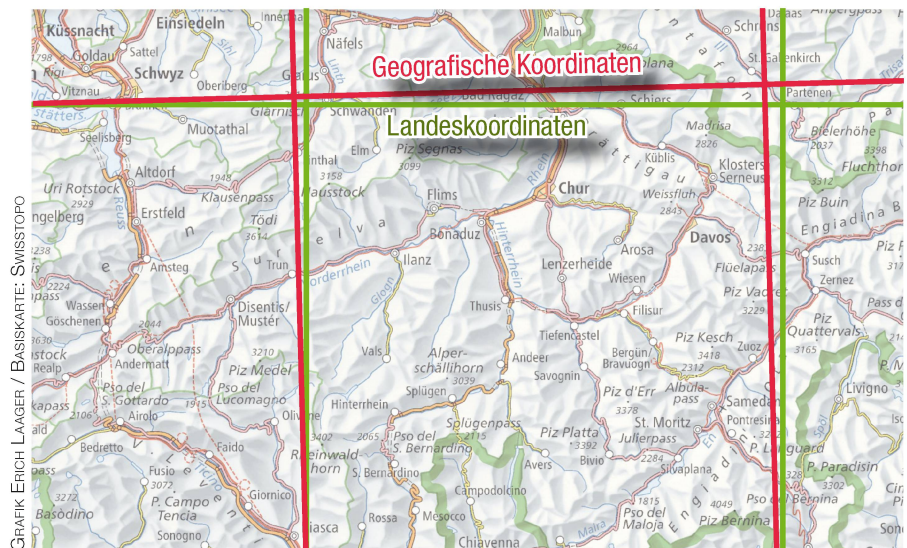


Abbildung 6: Im Osten der Schweiz zeigt sich die Differenz zwischen dem Netz der Landeskoordinaten (grün) und dem geographischen Netz mit Länge und Breite (rot) am deutlichsten. Wenn man ein Azimut bezogen auf geographisch Nord berechnen will, muss man das rot gezeichnete Netz als Grundlage benutzen.

Die Differenzen der Koordinatenwerte sind die Katheten eines rechtwinkligen Dreiecks, in welchem der Winkel mit Hilfe der Tangensfunktion berechnet wird. So erhält man auf recht einfache Art das Azimut (Abbildung 5). – Nun ist jedoch Vorsicht angesagt!

Das so berechnete Azimut bezieht sich auf Karten-Nord. Ist dieses auch geographisch Nord? Nein, nicht immer, nämlich nur dann, wenn die Nordrichtung im Netz der Landeskoordinaten mit der geographischen Nordrichtung (im globalen Netz von geographischer Länge und Breite) übereinstimmt. Dies gilt – ganz genau – nur für Orte mit den Landeskoordinaten  $y = 600\,000$  (siehe Abbildung 5.) Je weiter man von diesem Meridian nach Westen oder Osten wegrückt, desto grösser werden die Differenzen der beiden Nordrichtungen, weil die Linien der geographischen Längengrade gegen Norden zusammen laufen (siehe Abbildung 6).

Schwarzenburg und der Gantrisch liegen recht nahe bei der 600 000er-Linie, weshalb der «eingehandelte» Fehler vernachlässigbar ist.

Ich will es jedoch genau wissen und suche nach einem generell (z. B. auch ausserhalb der Schweiz) anwendbaren mathematischen Verfahren. Dazu muss ich die sphärische Trigonometrie bemühen.

Unentbehrliche Hilfen bei Google sind der «Koordinatenumrechner (Schweiz/International)» sowie der

«Rechner für sphärische Dreiecke [arndt-bruenner.de](http://arndt-bruenner.de)».

Das macht die Arbeit fast mühelos! Abbildung 7 zeigt schematisch (nicht massstäblich) das verwendete Kugeldreieck.

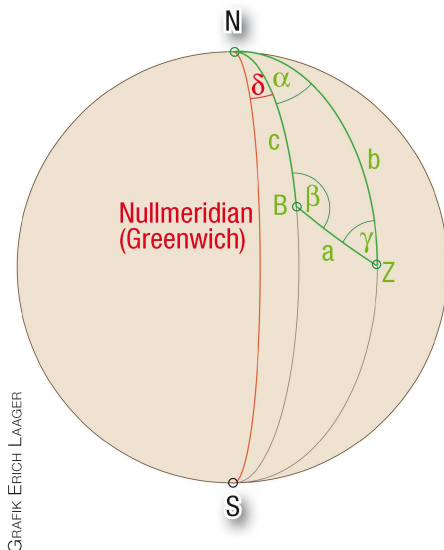
Rechnungen dazu in Tabelle 1. Für ein Gebiet im Oberengadin ergibt sich mit der einfachen y–x-Methode bereits ein Azimut-Fehler von  $1.8^\circ$ , während man in Schwarzenburg mit dieser Berechnung nur  $0.0016^\circ$  falsch liegt.

Dazwischen wieder eine Kontrolle: Mit dem «Atlas der Schweiz» von Swisstopo erstelle ich ein «Tele-Panorama» mit Standort Piz Kesch und Blickrichtung  $166^\circ$  (gemäss dem berechneten Azimut). Der Gipfel des Piz Palü erscheint wenig rechts von der Bildmitte. – Meine Azimutberechnung hat funktioniert!

Nun bestimme ich die Azimute der Gipfel von Ochsen ( $157.6^\circ$ ), Gantrisch ( $148.1^\circ$ ), Eiger ( $118.1^\circ$ ) und Schreckhorn ( $113.3^\circ$ ). Zu den verschiedenen Azimutdifferenzen (d. h. den seitlichen scheinbaren Abständen der Berggipfel) gehören im Panorama die entsprechenden Längen in cm.

Daraus kann ich je den Massstab berechnen. Die Ergebnisse liegen recht genau beieinander. Deren Durchschnittswert ist  $2.92\text{ cm/Grad}$  oder  $0.342\text{ Grad/cm}$ . Mit diesem Wert erstelle ich die Azimut-Skala im Panorama. Mein Panorama von  $130^\circ$  wird somit  $380\text{ cm}$  lang. Der





GRAFIK ERICH LAAGER

## Azimutberechnung auf zwei Arten

Tabelle 1

Beobachtungsort	Schwarzenburg	Piz Kesch	Mass
Schweizer-Koordinaten y	592'817	786'412	Meter
Schweizer-Koordinaten x	185'647	166'228	Meter
Geografische Länge	7.3445	9.8728	Grad dezimal
Geografische Breite	46.8219	46.6213	Grad dezimal
<b>Zielort</b>	<b>Gantrisch</b>	<b>Piz Palü</b>	
Schweizer-Koordinaten y	600'928	793'974	Meter
Schweizer-Koordinaten x	172'600	139'798	Meter
Geografische Länge	7.45	9.96	Grad dezimal
Geografische Breite	46.70	46.38	Grad dezimal
<b>Azimutberechnung mit Landeskoordinaten</b>			
Differenz y-Werte	8'111	7'562	Meter
Differenz x-Werte	13'047	26'430	Meter
Winkel α im Dreieck (vgl. Abbildung 5)	31.87	15.97	Grad dezimal
Azimut A	148.1318	164.03	Grad dezimal
<b>Azimutberechnung mit sphärischem Dreieck</b>			
α	0.11	0.09	Grad dezimal
b	43.30	43.62	Grad dezimal
c	43.18	43.38	Grad dezimal
β berechnet = Azimut B	148.1302	165.86	Grad dezimal
Differenz Azimut A – Azimut B	0.0016	-1.82	Grad dezimal

Abbildung 7: Das sphärische Dreieck auf der Erdoberfläche dient zum Berechnen des Azimuts β. N ist der Nordpol auf der Erde, B der Ort des Beobachters und Z der Zielort. Die Differenz der geografischen Längen ist der Winkel δ, die Seiten c und b sind die Winkelabstände vom Pol (90° – geografische Breite). Die Rechnungsergebnisse dazu findet man in Tabelle 1 oben. Sie zeigt, wie man das Azimut auf zwei verschiedene Arten berechnen kann.

«Adobe-Illustrator» bietet eine entsprechend grosse Zeichenfläche, was meinem Unterfangen sehr entgegen kommt!

## Ostrichtung und Azimutskala

Mit dem gefundenen Massstab kann ich rechnen, wie viele cm die Ostrichtung von den Berggipfeln entfernt ist. Ich messe vom Eiger und vom Schreckhorn aus und ermittle so die Ostrichtung im Panorama auf etwa 1 bis 2 mm genau. Von der Ost-Marke aus konstruiere ich nun die Skala und kontrolliere am Schluss, ob die Berge «am richtigen Ort stehen». Dies stimmt auf etwa 0.1 Grad genau. Ich bin damit sehr zufrieden.

## Höhen

Wo wäre in unserem Voralpenge-lände der mathematische Horizont für meinen Beobachtungsort auf 800 m über Meer?

Ich besorge mir im Baugeschäft ein «klassisches» Nivellierinstrument mit einer recht stark vergrössernden Optik. Mit dem Fadenkreuz finde ich markante Punkte auf der waagrechten Visierlinie. Mehrere solche Merkpunkte übertrage ich in das Panorama und ziehe durch diese eine waagrechte Linie für den mathematischen Horizont. Dabei muss ich einen Kompromiss einge-

hen: Marken und Linie stimmen nicht alle genau überein. Die Ursache dafür mag sein, dass einzelne Bilder etwas verkippt sind, wodurch beim Montieren Höhenfehler entstanden sind.

Im Bereich der Nulllinie entsteht kein merkbarer Fehler, wenn für die Höhenwinkel eine Gradteilung mit demselben Massstab verwendet wird wie beim Azimut. So entsteht ein «Quadratgradnetz», in welchem die Positionen der Sonne oder auch die scheinbare Höhe eines Berggipfels abgelesen werden können.

## Als Einschub ein Erlebnisbericht

Vom Sonnenaufgang am 3. November hatte ich noch eine Foto und dazu die Position im Panorama eingetragen. Danach kam eine Schlechtwetterperiode.

Erst am 15. November zeigte sich am Morgen ein wolkenloser Himmel.

Wo wird heute die Sonne erscheinen? Für diese Voraussage brauchte ich mein Panorama und das Programm Voyager. Dieses lieferte mir die Azimute für die Sonnenaufgänge vom 3. und 15. November, welche ich beide in das Panorama eintrug (oberster Punkt der Sonnenkreise auf dem mathematischen Horizont). Für den 3. November zog ich eine Gerade durch die Sonnenmitten bei deren Aufgang und am beobachteten Ort.

Die Sonne läuft zwar nicht genau auf einer geraden Bahn, für meine Absicht genügt die Näherung voll-auf. Mit der Annahme, dass sich die Schräglage der Sonnenbahn innerhalb 12 Tagen nicht wesentlich ändere, verschiebe ich die Gerade durch die Sonne vom 15. November.

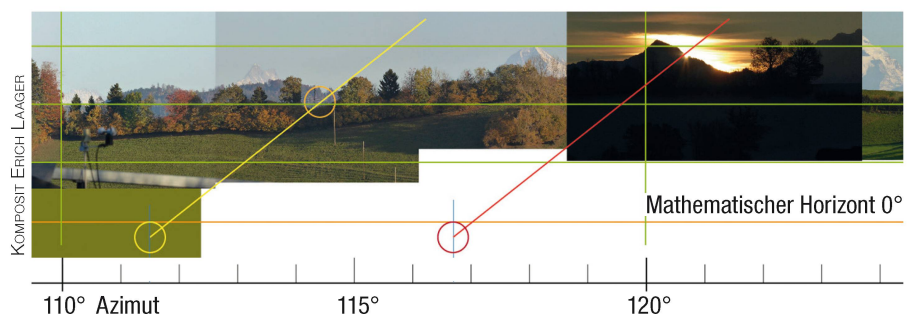


Abbildung 8: Unterhalb des mathematischen Horizontes (orange Linie) liegen die berechneten Positionen der aufgehenden Sonne gemäss Azimut-Skala. Links oben die beobachtete Sonnenposition am 3. November, rechts die vorausgesagte Bahn (rot) und die eingefügte Foto vom 15. November.

BILDQUELLE: [HTTPS://STERNENHIMMEL-FOTOGRAFIEREN.DE](https://sternenhimmel-fotografieren.de)



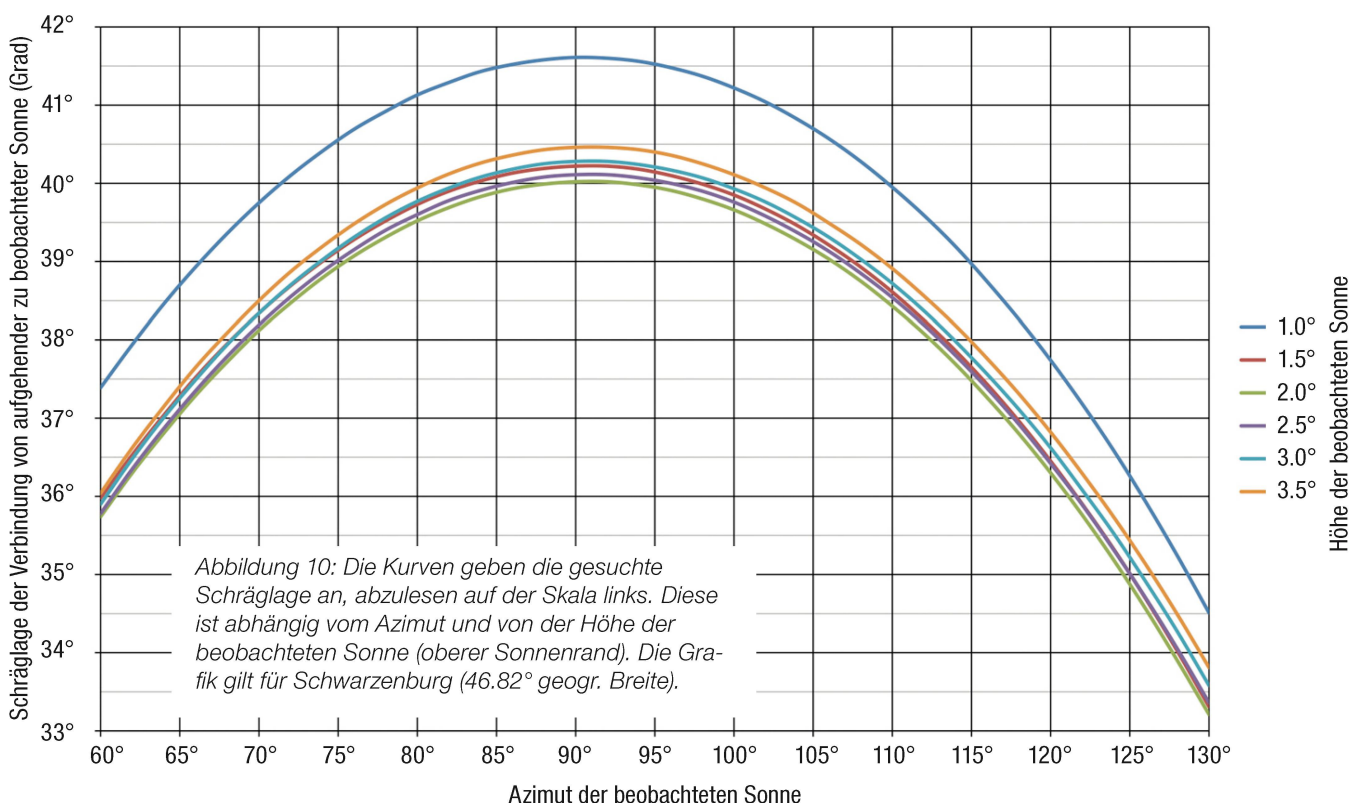
Abbildung 9: Strichspuren von Sternen auf einer Langzeit-Aufnahme. Gerade Spuren stammen von Sternen mit Deklination  $0^\circ$  (entsprechend der Sonne auf dem Himmelsäquator bei Tagundnachtgleiche). Für alle andern Positionen sind die Spuren gekrümmt. Im Sommer und im Winter steigt also die Sonne in Horizontnähe in einer flacher liegenden Bahn auf.

Die Linie durchstösst den Horizont an der westlichen Flanke des Mönchs (Abbildung 8). – Und dort erscheint kurz vor 8 Uhr tatsächlich die Sonne, klar mit einem gleissenden ersten Strahl. – Nach dem Fotografieren erreiche ich übrigens

noch den Zug für eine Schönwetter-Reise. Das war für mich die Bestätigung, dass meine Skalen in Breite und Höhe (im Rahmen der benötigten Genauigkeit) richtig eingezeichnet sind.

## Die beobachtete und die berechnete Sonne

Meine bisherige Auswertung zeigt die Sonnenpositionen am Horizont. Wie kann ich – nur mit dieser einen Beobachtung am Tag – herausfin-





den, wo und wann am mathematischen Horizont die Sonne aufgegangen wäre?

Eine erste Idee: Ich ziehe von der aufgehenden Sonne eine «Linie schräg nach unten» bis zur Höhe Null und lese auf der Azimutskala den Wert ab. Nur: Wie schräg verläuft diese Linie? Läuft sie immer gleich schräg? – Schwierig zu beantwortende Fragen!

Eine gute Anschauung dazu bietet ein Langzeit-Foto von Sternstrichspuren. Im Internet habe ich aus Dutzenden solcher Bilder eine ausgewählt (Abbildung 9). Sterne mit geraden Spuren liegen auf dem Himmelsäquator. Dort befindet sich auch die Sonne bei Tagundnachtgleiche (Deklination  $0^\circ$ ). In allen anderen Stellungen laufen die Gestirne auf gekrümmten Bahnen, die den Horizont unter einem flacheren Winkel schneiden, so auch die Sonne im Sommer und im Winter. – Man sollte diese Verhältnisse berechnen können.

Aber das gelingt nicht auf einfache Art! Ich fragte wieder einmal bei HANS ROTH nach und der lieferte mir mathematische Formeln (zum Teil nach MEEUS), mit denen aus dem beobachteten Sonnenort (Azimut und Höhe des obersten Sonnenpunktes) und aus der geografischen Breite des Beobachtungsortes der Aufgangsort am mathematischen Horizont berechnet werden kann, und zwar mit Berücksichtigung der Refraktion durch die Erdatmosphäre. So stimmen die Berechnungen mit den Beobachtungen überein!

Von zwei Sonnenpositionen (beim Aufgang und etwas später beobachtet und fotografiert) kennt man nun Azimut und Höhe. Eine Verbindungsstrecke der beiden Sonnenmittelpunkte zeigt – in recht guter Näherung – ein kurzes Stück der Sonnenbahn. Von dieser Strecke ist die Neigung (d. h. der Winkel zwischen Horizontale und Sonnenbahn) leicht zu berechnen.

Jetzt kann es losgehen: Eine Excel-Tabelle, in welche die Rechnungsvorschriften übertragen wurden, liefert mir die Resultate serienweise. Mit diesen entstand die Übersichts-Grafik in Abbildung 10.

Ablesebeispiel: Der beobachtete obere Sonnenrand steht  $2^\circ$  hoch (unterste Kurve) und bei Azimut  $80^\circ$  (auf der waagrechten Achse abzulesen). Der zugehörige Winkel ist  $39,5^\circ$ . Wenn ich also den obersten Punkt der beobachteten Sonne in dieser Schräge

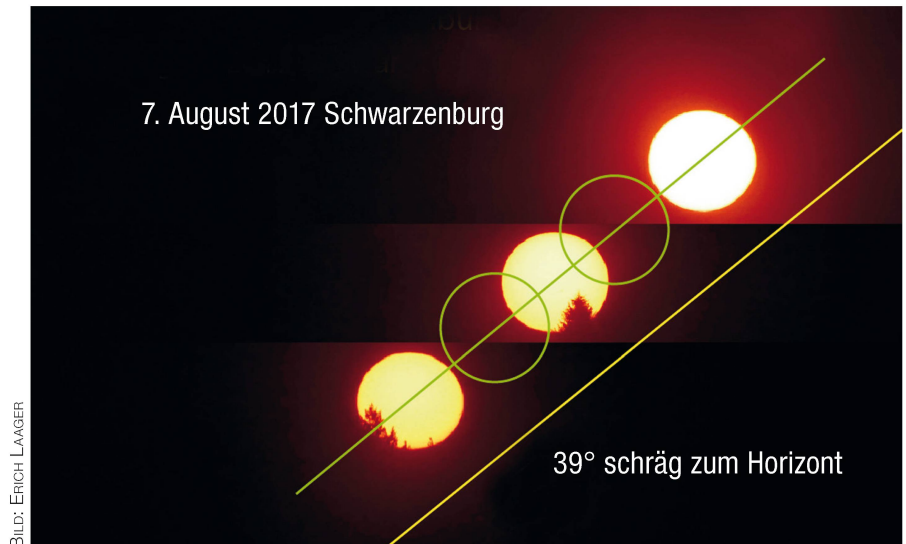


BILD: ERICH LAAGER

Abbildung 11: Tele-Aufnahmen der aufgehenden Sonne mit unverrückter Kamera auf dem Stativ. Bei der Auswertung wird von jedem Bild die Stellung der Sonne mit einem Kreis markiert. Die Verbindung der Sonnenzentren ergibt die Aufstiegs-Bahn. Sie stimmt gut mit der berechneten Schräglage überein. Von allen Bildern wurden drei ausgewählt, in der Höhe beschnitten und zusammengesetzt.

nach links unten verschiebe bis zur Höhe Null, finde ich den Ort des mathematischen Sonnenaufgangs.

Am 7. August fotografierte ich die Sonne mit gut fixierter Kamera durch eine Finsternisbrille mehrmals nach dem Aufgang. Abbildung 11 zeigt das Ergebnis der Bildvergleiche, die Bahn der Sonne. Drei Aufnahmen habe ich ausgewählt, etwas beschnitten und zusammenmontiert. Die für diesen Tag berechnete Bahnlage von  $39^\circ$  ist zum Vergleich eingezeichnet. Auch diese Kontrolle kann beruhigen...

### Wanderung der Sonne am Horizont im Laufe der Tage

Die fotografisch dokumentierten Sonnenorte können nun auf die Nulllinie (auf den mathematischen Horizont) übertragen werden. Dies ergibt sozusagen eine «geeilte

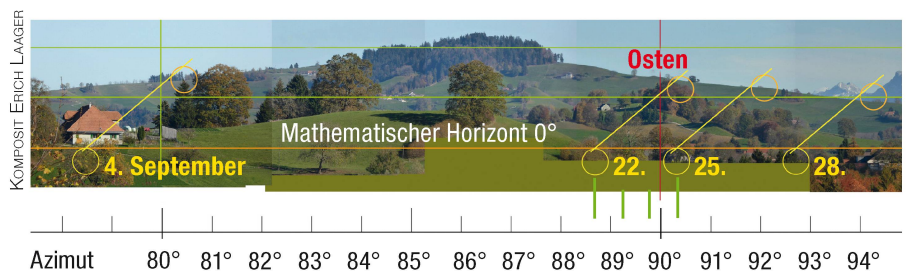
Norm-Skala» zum Vergleich der Veränderungen im Jahreslauf.

Abbildung 12 zeigt: Vom 4. bis zum 28. September (24 Tage) wächst das Azimut der Sonne um  $14,26^\circ$ . Diese verschiebt sich also durchschnittlich um  $0,59^\circ$  (etwa 1.1 scheinbare Sonnendurchmesser) pro Tag.

Ein Merkspruch für Unterschüler lautet: «Im Osten geht die Sonne auf, im Süden steigt sie hoch hinauf, im Westen wird sie untergehen, im Norden ist sie nie zu sehen.» Der Astronom wir jedoch sofort präzisieren: «Nur bei Tagundnachtgleiche geht die Sonne genau im Osten auf. An den übrigen Tagen irgendwo am östlichen Himmel!»

Nun haben wir in Abbildung 12 «den Beweis» dafür. Haben wir ihn?

Die Sonne hatte am 23. September 2017 um 22:02 Uhr die Deklination  $0^\circ$ . Ungefähr in der Mitte zwischen den Sonnenaufgängen vom 23. und 24. September wäre also Osten. Auf



KOMPOSIT ERICH LAAGER

Abbildung 12: Ausgewählte Sonnenaufgänge im September 2017. Die übertragenen gelben Kreise (Sonne beim Aufgang) zeigen: Innerhalb von 24 Tagen wächst das Azimut um  $14,3^\circ$ , dies sind durchschnittlich  $0,595$  Grad pro Tag.

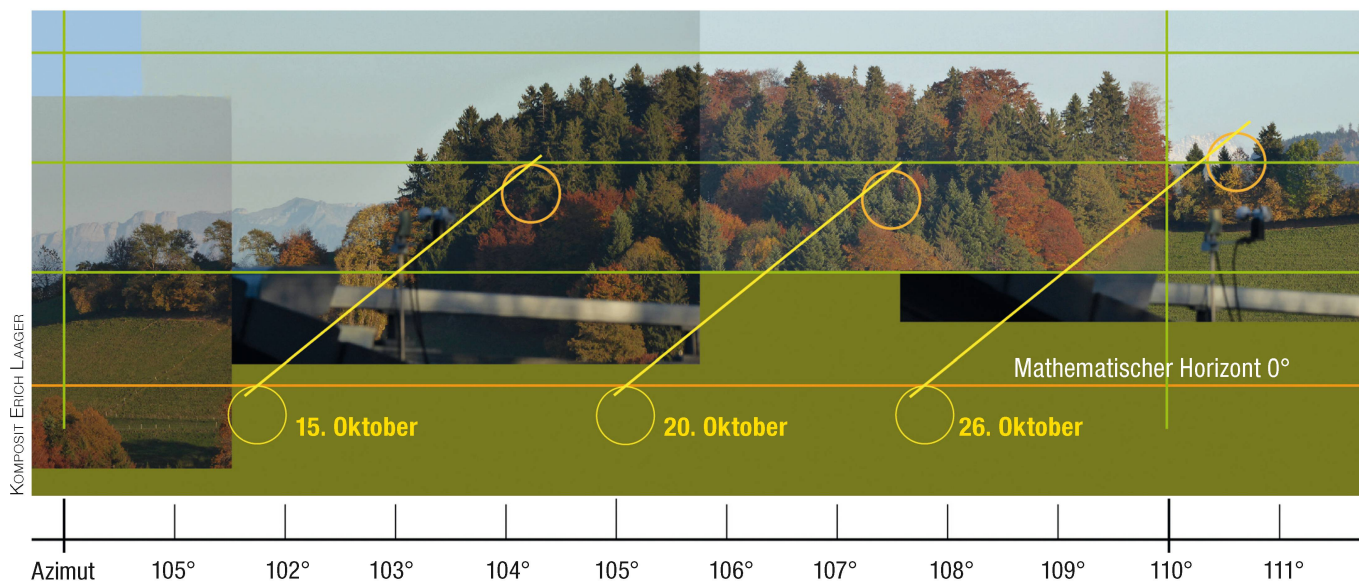


Abbildung 13: Auswertung wie Abbildung 12 für einige Oktobertage. Innerhalb von 11 Tagen wächst das Azimut um  $6.09^\circ$ , dies sind durchschnittlich  $0.553$  Grad pro Tag.

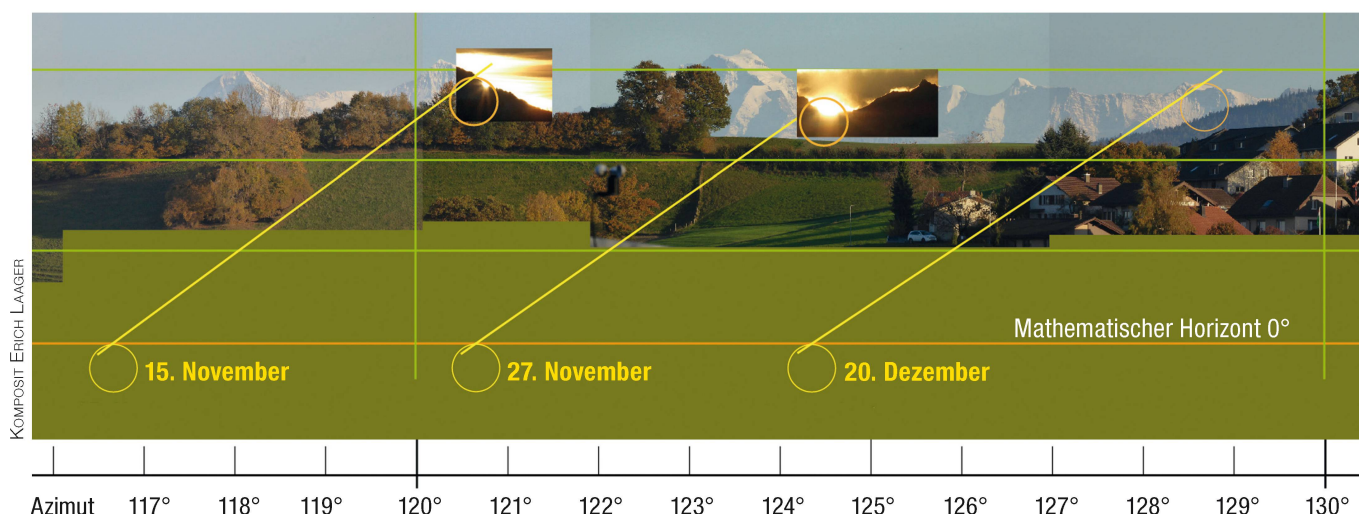


Abbildung 14: Gegen das Jahresende zu wird die schräge Verbindung immer flacher. Die Positionen auf der Nulllinie zeigen eine Verschiebung von  $7.74^\circ$  in 35 Tagen, dies sind durchschnittlich  $0.221$  Grad pro Tag.

der Azimutskala sind die Tagesmarken grün eingezeichnet. Danach wäre der Ost-Aufgang erst nach dem 24. September. Die Abweichung beträgt nur etwa ein halbes Grad! Genauere Informationen zu diesem Thema findet man im «Sternenhimmel 2014» von HANS ROTH auf Seite 314. Ob da auch die Begründung für unsere kleine Differenz steht? Oder sind unsere Unterlagen für diesen Zweck zu wenig genau?

Zum Vergleich drei Beobachtungen vom Oktober (Abbildung 13). Da schien die Sonne zum Teil zwischen den Tannen hindurch. Vom 15. bis zum 26. Oktober (11 Tage) wächst das Azimut der Sonne um  $6.06^\circ$ .

Diese verschiebt sich also durchschnittlich um  $0.50^\circ$  (etwa 1 scheinbarer Sonnendurchmesser) pro Tag, etwas weniger als im September, aber immer noch um recht viel.

Mit Abbildung 14 gelangen wir schliesslich ans Jahresende. Da bleiben die Tage während längerer Zeit immer kurz. Das letzte Teilstück der Sonnenwanderung am Horizont ist entsprechend kurz.

Vom 15. November bis zum kürzesten Tag (35 Tage) wandert die Sonne  $7.74^\circ$ , dies sind durchschnittlich nur noch  $0.22^\circ$  pro Tag. Unmittelbar vor und nach dem kürzesten Tag sind die Tages-Differenzen noch deutlich kleiner.

Astronomie sollte wenn immer möglich nach dem Prinzip vermittelt werden: «Zuerst das Erlebnis und die Anschauung im Freien, erst danach Auswertungen, Erklärungen und Wissensvermittlung.» Diesen Weg sind wir in diesem Beitrag ein Stück weit gegangen. Die Erklärung, weshalb die Sonne im Jahreslauf am Horizont ungleich schnell läuft gehört zum Wissen. Davon war jetzt hier nicht die Rede. ■



## Bestimmung des Sonnenaufgangspunkts am mathematischen Horizont und der Schräglage der Sonnenbahn

Formelsammlung von HANS ROTH:

Gegeben: Geogr. Breite  $\varphi = 46.82^\circ$ , Höhe oberer Sonnenrand  $h = 4^\circ$ , Azimut Nord =  $110^\circ$  oder Azimut Süd =  $290^\circ$ .  
Gesucht: Azimut  $A_0$  der Sonne, wenn der obere Sonnenrand den mathematischen Horizont erreicht.

Zunächst muss man die gemessene Höhe  $h$  um die Refraktion reduzieren.

■ Formel 1 (nach MEEUS):  $R = 1 / \tan [h + 7.31 / (h + 4.4)]$  mit  $R$  in Bogenminuten. Das ergibt  $R = 11.7361'$ . Damit rechnen wir die «geometrische» Höhe der Sonne zum Beobachtungszeitpunkt  $h_1$ .

■ Formel 2:  $h_1 = h - R - 16' = 3.5377^\circ$ . Damit hat man alle Werte, um  $A_0$  ausrechnen zu können.

■ Formel 3:  $\sin \varphi \sin h_0 - \cos \varphi \cos h_0 \cos A_0 = \sin \varphi \sin h_1 - \cos \varphi \cos h_1 \cos A$

■ Formel 3 umgestellt  
 $\cos A_0 = (\sin \varphi \sin h_0 - \sin \varphi \sin h_1 + \cos \varphi \cos h_1 \cos A) / (\cos \varphi \cos h_0)$

Man erhält  $\cos A_0 = 0.2601$ . Der Taschenrechner gibt für  $A_0$  nur  $74.9218^\circ$  an, nämlich nur die Lösung zwischen  $0^\circ$  und  $180^\circ$ . Die zweite Lösung ist  $360^\circ - 74.9218^\circ = 285.0785^\circ$  und daher  $A_0 \text{ Nord} = 105.0785^\circ$

Berechnung der Sonnendeklination

■ Formel 4:  $\sin \delta = \sin \varphi \sin h_1 - \cos \varphi \cos h_1 \cos A$

Das Resultat ist  $\delta = -10.8711^\circ$ . Diese Deklination erreichte die Sonne z. B. am 20. Februar 2017.

Schräglage  $\alpha$  der Verbindungsstrecke zwischen den obersten Punkten der Sonne beim Aufgang und bei der Beobachtung

■ Formel 5:  $\tan \alpha / (\text{Azimut Nord} - A_0 \text{ Nord})$

Die Verbindungsstrecke liegt in Bezug auf die Waagrechte  $39.1^\circ$  schräg.

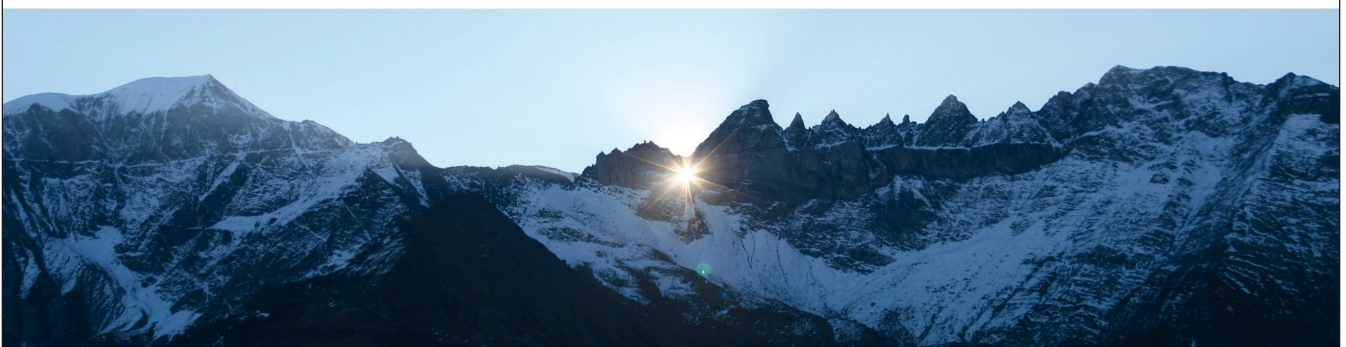
## À propos Sonnenaufgang: Die Sonne scheint durchs Elmer Martinsloch

An wenigen Tagen im März und September scheint die Sonne jeweils etwa zwei Minuten lang durch das Felsenloch auf den Elmer Kirchturm. Die Sonne verschwindet danach für knapp eine Viertelstunde wieder hinter den Bergen, bevor sie endgültig über der Bergflanke aufgeht. Das Sonnenlicht bildet dann bei dunstigem Wetter, gleich einem Scheinwerfer, einen deutlich erkennbaren 4.7 km langen Lichtkegel, der einen etwa 50 m grossen, mehr oder weniger runden Lichtfleck auf das Gelände um Elm

wirft. Hinter dem Dorf bewegt sich eine Lichtellipse von 105 m auf 50 m über die Landschaft, die durch den 44 Meter hohen Sattel über dem Martinsloch nur durch ein Schattenband von gut 10 bis 15 Meter getrennt ist. Der Lichtfleck kriecht von oben links nach unten rechts mit etwa 32 cm pro Sekunde (je nach Einfallswinkel) den westlichen Hang hinunter. Dieses Phänomen ereignet sich jedes Jahr am 12. oder 13. März gegen 08:52 Uhr MEZ im Bereich der Elmer Kirche und wiederholt sich im Herbst am 30. September

und 1. Oktober um 09:33 Uhr MESZ. Weil die beiden Tagundnachtgleichen jeweils infolge der Schalttage um einen Tag variieren, fällt das maximale Ereignis auch auf einen Tag früher oder später. Die KEPLER-SCHEN Gesetze haben auf das Geschehen einen Einfluss und bewirken den zeitlichen Unterschied zwischen den März- und Oktober-Ereignissen von 19 Minuten, der sich aus der Differenz der «wahren» und der «mittleren» Sonnenzeit ergibt (Zeitgleichung). ■

BILD: THOMAS BAER





Sternwarte Zimmerwald

# Gerüstet für künftige Astronomieprojekte

■ Von Lukas Bonauer

*Zwei neue Teleskopbauten machen die Sternwarte Zimmerwald fit für kommende Astronomieprojekte. Ihre Architektursprache berücksichtigt sowohl den landschaftlichen wie auch wissenschaftlichen Kontext – und mündet in eine zwischen archaisch und futuristisch oszillierende Erscheinung.*

Ferien auf prächtigen Höfen, schlafen im Stroh, Stille der Natur. An Wochenenden pilgern Heerscharen von nebelgeplagten Städtern in die sonnigen Gebiete rundum Zimmerwald, einer Ortschaft im Kanton Bern. Weitblick macht das Längenberger Hochplateau zu einem Wanderparadies. Offene Felder bis gegen 1'000 Meter über Meer prägen hier oben das Landschaftsbild; der Himmel scheint zum Greifen nahe. Und wirklich: In dieser bäuerischen Idylle wurden schon Kleinplaneten namens «Mauderli» oder «Rumpelstilz» in der Tiefe des Kosmos aufgestöbert, unbekannte Supernovae und Kometen entdeckt oder grosse Mengen Weltraumschrott lokalisiert, um Nutzsatelliten vor Aufprallschäden zu bewahren.

### Eine lange Tradition

Die Rede ist vom Observatorium Zimmerwald, eine Sternwarte am geografischen Nullpunkt der Schweiz. Sie bietet seit über sechzig Jahren zwecks internationaler Astronomieprojekte den Blick ins Universum, ist öffentlich nicht zugänglich und dennoch spätestens jetzt, mit ihren zwei hinzugekommenen, futuristisch anmutenden Kuppelbauten spektakuläres Element inmitten dieser hochgelegenen Landschaft. Zwei neue Teleskopgebäude, die nun die räumlichen und technischen Kapazitäten dieser Forschungsstation beträchtlichen Stellenwertes erweitern. Seit der Errichtung durch das Astronomische Institut der Universität Bern (1956) wurden die Gebäude und Anlagen in regelmässigen Ab-

ständen modernisiert. Eine erstmalige Erweiterung fand im Jahr 2006 statt – durch das Berner Architekturbüro wbarchitekten, welches nun als Folgeauftrag die Kapazität der optischen Sensoren erweitert hat. Das bestehende Gebäude bot aufgrund der zunehmenden Projekte im Bereich der Weltraumschrottforschung (Space Debris) und Satellitenmessung zu wenig Platz; alternative Einrichtungen an anderen Standorten waren nicht vorhanden.

Die strengen funktionalen Vorgaben der Universität Bern leiteten dabei die Projektierung der zwei zusätzlichen Teleskopbeobachtungsplätze, gaben etwa Kuppelgrösse und Form aufgrund der einzubringenden Messinstrumente vor, ebenso die Lage der beiden Bauten mit der planerischen Maxime der uneingeschränkten Sicht – sprich, diese in eine möglichst offene Disposition zu bringen. Im Detail heisst das: Eine freie Rundschau ohne Sichteinschränkung oberhalb von zehn Grad über dem Horizont. Zugleich hatten die zwei Erweiterungsvolumen nicht allzu weit vom Bestandsgebäude abgesetzt zu sein, damit ihr Standort im Prinzip nicht einem neuen Observatorium entspräche und weitere Infrastruktur wie geheizte Aufenthaltsräume, Sanitäranlagen und Parkplätze sowie eine Vervielfachung der Betriebs- und Personalkosten bedeutete.

Die zwei Volumen, die in ihrer aussergewöhnlichen Gestalt anmuten, als dienten sie der Kulisse eines Fantasie-Epos, loten daher den Abstand sowohl zur bestehenden Anlage wie auch zu den Baumbeständen präzise aus. Zudem liegt ihr

Standort, aufgrund der freien Rundschau, ausserhalb der Fruchtfolgefläche, die sich östlich unterhalb des Observatoriums befindet. Nach wie vor weist Zimmerwald eine gesunde ländliche Siedlungsstruktur auf. Die Integration in den ländlichen Kontext ist neben der möglichst flächenschonenden Anordnung denn auch ein zentraler Konzeptpunkt. Der vorhandene Weg verbindet die beiden in einer Reihe stehenden Kuppelbauten mit dem Bestandsgebäude und bildet zugleich deren Zugang. Das Weideland bleibt belassen. Die Weide kommt bis an die befestigte Fläche (eingefärbter Asphalt) der beiden Eingänge heran. Die braune Farbe des Jura-Kieses sucht die optische Verbindung zu den Strohballen, die sommers die Felder verzieren.

Sowieso ist eine der umgesetzten Entwurfsprämissen die Verbindung von ruraler Landschaft, von ländlichem Kontext und High-Tech-Forschung, wie sie auf dem wissenschaftlichen Feld der Astronomie betrieben wird. Ein Gegensatz, den wbarchitekten als Besonderheit dieser Aufgabe auch in der Fassade bzw. Gestaltung der Gebäudehülle zum Ausdruck bringen. Die ad-





äquate Materialisierung für das Rurale abzubilden fand das Büro im Material Stampfbeton, der eine Wiederaufnahme alter Verarbeitungstechniken, kombiniert mit neu entwickelten Anschlussdetails, zur Folge hatte.

Der Stampfbeton kontrastiert farblich die beiden Kuppeln, die über eine weisse Kunststoffhaut verfügen, und ihre bei geöffnetem Zustand ersichtlichen Teleskope. Zu den Kuppeln, die mit unterschiedlichen Durchmessern ausgestattet

sind, passen die ebenso weiss gestalteten Stahltreppen an den beiden fensterlosen Gebilden, denn natürliches Licht ist während des teleskopischen Betriebes nicht gefragt und Öffnungen in der Hülle hätten eine statische Schwächung bedeutet. Der Grundriss ist funktional aufgebaut. Im Obergeschoss organisieren sich die eigentlichen Beobachtungsplätze mit den Messinstrumenten. Die vollautomatisch gesteuerten Teleskope stehen dabei auf einem unabhängigen Sockel, so

dass keine Schwingungen vom Gebäude auf die Instrumente übertragen werden. Der Betrieb ist auch des Nachts aktiv, weshalb ein wichtiges planerisches Augenmerk auch auf die Beleuchtung fiel. Im Erdgeschoss, über das der Zugang zum jeweiligen Kuppelbau erfolgt, ist die Technik in einem offenen räumlichen Setting untergebracht. Die Raumgeometrie der neuen Volumen leitet sich aus der Nutzung ab, ihre Höhe aus den Schwindeln. An der bestehenden Anlage wurden teils Unterhaltsarbeiten ausgeführt. Das gesamte Ensemble, das nun den Anforderungen gerecht wird, welche die anzugehenden Astronomieprojekte stellen, steht als kontemplatives, geheimnisvolles Gebilde auf dieser weiten landschaftlichen Ebene. Ein Gebilde, das sich in mehreren Elementen aufreht, Blicke nicht hineinlässt, aber das eigene Schauen in ihrem Innern nach ganz weit draussen richtet. Eine passende Architektur für eine nicht ganz alltägliche Nutzung, die zwischen archaischen und futuristischen Bildern oszilliert, sich mit dem ländlichen Kontext verbindet und sich zugleich davon abhebt – hinauf ins Mysterium des Weltalls. ■





SAG-DV in Bülach am 7. April 2018

# CHEOPS – Der erste Schweizer Satellit

■ Von Fabian Mathis & Thomas Baer

*Die Astronomische Gesellschaft Zürcher Unterland (AGZU) führt die diesjährige Delegiertenversammlung der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft durch. Der geschäftliche Teil findet an der Kantonsschule Zürcher Unterland statt. Für das Nachmittagsprogramm dislozieren wir in die Sternwarte Bülach, wo ein Referat über den im Herbst startenden Satelliten CHEOPS geplant ist.*

Wir von der Astronomischen Gesellschaft Zürcher Unterland freuen uns, die diesjährige SAG-DV in Bülach durchzuführen. Für den offiziellen Teil der DV können wir auf die Infrastruktur der Kantonsschule zurückgreifen, welche für einen solchen Anlass ideal ist. Der Anschluss an den öffentlichen Verkehr ist gewährleistet und Parkplätze sind in grosser Zahl vorhanden.

Am Nachmittag wird ein Rahmenprogramm in der Sternwarte Bülach stattfinden. Bei schönem Wetter kann dabei bequem über den 2016 komplett erneuerten Planetenweg im Massstab 1 : 5 Mrd. von der Kantonsschule zur Sternwarte spaziert werden. Alternativ ist ein Fahrdienst organisiert, der Sie zur Sternwarte und auch wieder zurück fährt. Hauptbestandteil des Rahmenprogramms ist ein interessanter Vortrag zur bevorstehenden CHEOPS-Mission. Sofern das Wetter es zulässt, findet auch eine Sonnenbeobachtung statt. – Wir freuen uns auf eine grosse Anzahl Teilnehmer aus möglichst allen Sektionen sowohl für die DV als auch für das anschliessende Rahmenprogramm.

## Astronomie seit 1970

Die Astronomische Gesellschaft Zürcher Unterland (AGZU) wurde am 18. März 1970 gegründet, damals noch unter dem Namen Astronomische Gruppe Bülach. Die AGZU ist ein Verein im Sinne des Schweizerischen ZGB, Art. 60 ff, mit Sitz in Bülach. Sie bezweckt den Zusammen-

schluss aller an der Astronomie und deren verwandten Gebieten interessierten Personen der Region Zürcher Unterland. Die AGZU betreibt die Schul- und Volkssternwarte Bülach. Der Vorstand der AGZU ist die Betriebskommission der Sternwarte Bülach. Die Aktivitäten der AGZU sind vielfältig und reichen von Besichtigungen, Beobachtungsabenden, Astrofotografie, Vorträgen, Kursen, Anlässen zur Weiterbildung, Einsätzen als Demonstratoren, Ausflügen, Reisen bis hin zu geselligen Anlässen.

## Ein «Teleskoppark» aus verschiedenen Jahrzehnten

Die Schul- und Volkssternwarte Bülach bietet eine grosszügige Infrastruktur für Führungen, Kurse und astronomische Tagungen. Herzstück auf der geräumigen Dachterrasse ist das grosse «Zwillingsfernrohr» mit Spiegeldurchmessern von 85 und 50 cm. Der 85er ist ein reines Cassegrain-Teleskop mit einer Brennweite von 7.8 m. Das andere Fernrohr kann von Cassegrain- in Newton-Konfiguration umgerüstet werden. Hier werden Brennweiten von 10 bis 15 m (Cassegrain) und 2.5 m (Newton) erreicht. In dieser Anordnung ist das Bülacher Teleskop in seiner Bauart schweizweit einzigartig.

Seit 1997 steht auf der Beobachtungsterrasse ein ZEISS-Coudé-Refraktor der ehemaligen ETH-Sternwarte Zürich. Dieses Instrument hat ein ortsfestes Okular, egal in welche

## Anmeldung



Die Delegierten werden von den Sektionspräsidenten der SAG gemeldet und diese erhalten ihre persönlichen Einladungen mit den Unterlagen von der SAG im März 2018.

Für die DV und insbesondere das Nachmittagsprogramm sind alle Mitglieder von SAG Sektionen herzlich eingeladen, an der DV haben aber nur Delegierte Stimmrecht. Teilnehmende, die von ihren Sektionen nicht als Delegierte gemeldet wurden, können sich über [info@sag-sas.ch](mailto:info@sag-sas.ch) anmelden.

Das Protokoll der SAG-DV 2017 und die diversen Jahresberichte finden Sie im Mitgliederbereich der SAG-Website: <http://www.sag-sas.ch/>

Himmelsrichtung das Fernrohr schaut. Es kann bequem sitzend beobachtet werden (geeignet auch für Leute im Rollstuhl) und wird aktuell hauptsächlich zur Sonnenbeobachtung und zum Zeichnen der Sonnenflecken eingesetzt.

Seit einigen Jahren ergänzt ein Ritchey Chrétien-Astrograf (Pro RC 360) von Officina Stellare mit einem huckepack montierten TEC-Refraktor den «Teleskoppark». Angesteuert werden sie von einer GM4000QCI-Montierung von 10micron. Beide neuen Teleskope werden vor allem für astrofotografische Zwecke eingesetzt, dienen aber auch als zusätzliche Beobachtungsgeräte.

Für die Sonnenbeobachtung von Mitte Mai bis Mitte August steht ausserdem ein Heliostat (Sonnenbild mit 1 Meter Durchmesser auf Leinwand projiziert), sowie ein Aussen-teleskop (Coronado PST) zur Verfügung.

Die Sternwarte Bülach ist in der Region als Ausflugsziel und Bildungsstätte gut verankert und geniesst breite Unterstützung. Auch über die Kantonsgrenze hinaus ist das Observatorium unweit des Weilers Eschenmosen bekannt. Nicht selten kommen die Besucherinnen und Besucher sogar aus dem süddeutschen Raum. ■



## Tagungsort

Vom Bahnhof Bülach erreicht man die Kantonsschule Zürcher Unterland KZU zu Fuss (ca. 15 min).

### Ankünfte der Züge:

08:22 Uhr RE (von Zürich)  
08:25 Uhr S 41 (von Winterthur)  
08:32 Uhr S 9 (von Zürich)

### 08:37 Uhr Bus 501\*

08:55 Uhr S 41 (von Winterthur)  
09:00 Uhr Bus von Zch.–Flughafen  
09:02 Uhr S 9 (von Zürich)

### 09:07 Uhr Bus 501\*

Für Autofahrer gibt es an der Kantonsschule, am Stadtweiher oder entlang der Kantonsschulstrasse Parkplätze.

### Abfahrt Züge ab Bülach:

### ab 16:30 Uhr Shuttlebus

16:58 Uhr S 9 (nach Zürich)  
17:05 Uhr S 41 (nach Winterthur)

### 17:15 Uhr Letzter Shuttlebus

17:28 Uhr S 9 (nach Zürich)  
17:35 Uhr S 41 (nach Winterthur)  
17:38 Uhr RE (nach Zürich)

\* ab Güterbahnhof (Unterführung)

## Programm zur Delegiertenversammlung der SAG 2018 in Bülach

**Datum:** Samstag, 7. April 2018  
**Ort:** Kantonsschule Zürcher Unterland, Bülach  
**Beginn:** 09:00 Uhr (Kaffee), Beginn DV um 10:00 Uhr  
**Ende:** 17:00 Uhr

Der Vorstand der SAG lädt die Präsidenten und die Delegierten der Sektionen ganz herzlich zur Delegiertenversammlung 2018 der SAG ein.

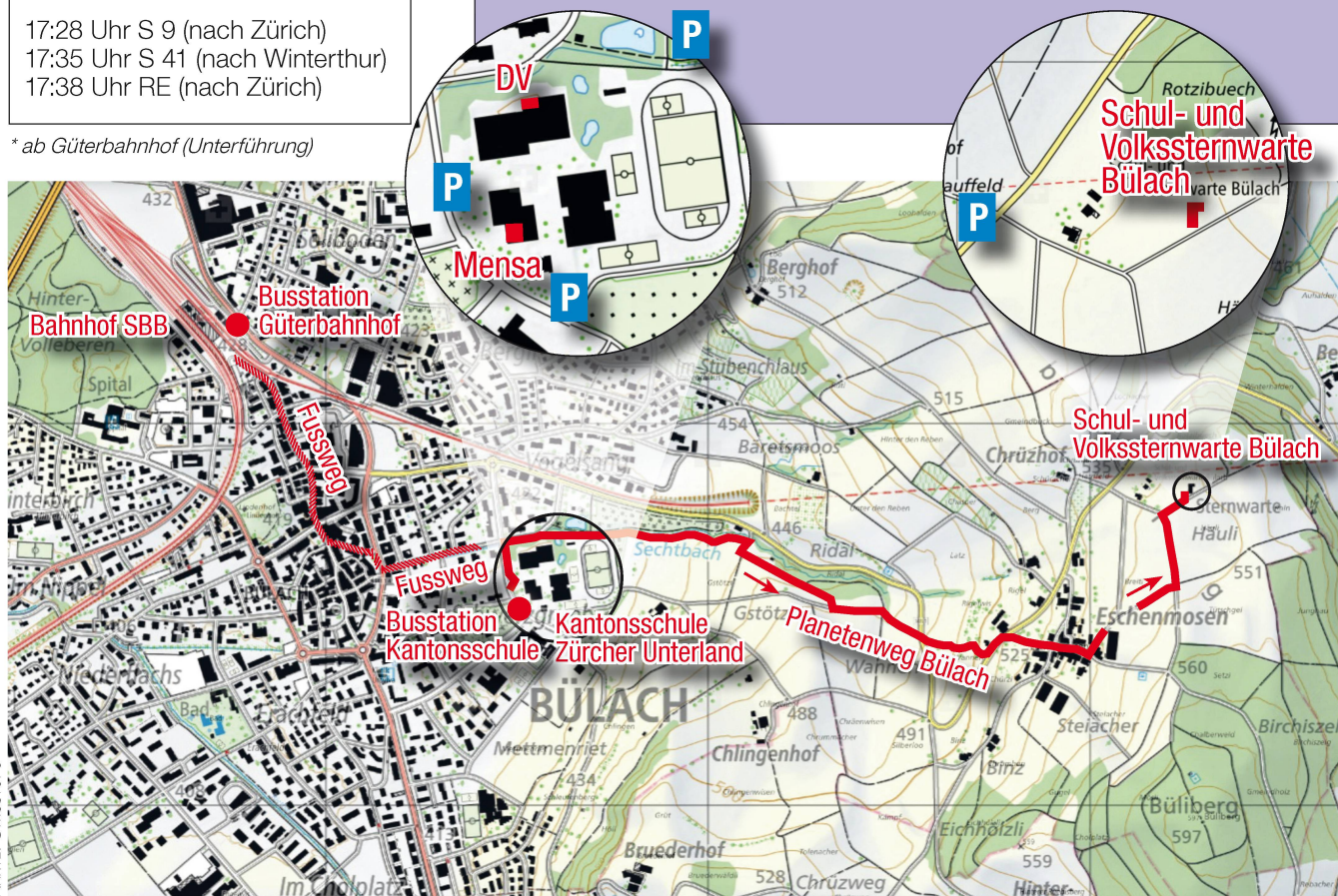
Wichtigste Traktanden und Programmpunkte der DV sind

- Jahresberichte, Finanzen, SAG-Website, Wahlen, weitere Projekte
- Vorstellung Vereinigung der Sternfreunde (VdS)
- Vorstellung Union Romande des Sociétés d'Astronomie (URSA)

### Programm

09:00 Uhr	Begrüßungscafé und Registrierung
10:00 Uhr	Delegiertenversammlung 2018 der SAG Traktandenliste auf <a href="http://www.sag-sas.ch">www.sag-sas.ch</a>
13:00 Uhr	Mittagessen in der Mensa der Kantonsschule
14:00 Uhr	Planetenweg Bülach (Geführter Spaziergang; ca. 45 min) oder Fahrt per Shuttlebus in die Sternwarte
14:15 Uhr	Besichtigung Sternwarte Bülach*
15:15 Uhr	Vortrag: CHEOPS-Mission, Dr. THOMAS BECK, Systemingenieur des Instruments von CHEOPS
16:30 Uhr	Bus-Shuttle an den Bahnhof / Kantonsschule
17:00 Uhr	Abschluss der Veranstaltung

\* wer nicht am Planetenweg-Spaziergang teilnimmt





Wie weit können wir wirklich in die Vergangenheit schauen?

# Geht der Blick weiter als die ersten Sterne?

■ Von Sandro Tacchella

*In der letzten ORION-Ausgabe haben wir die neue Generation von Weltraumteleskopen und deren Möglichkeiten beleuchtet. Die spannendste Frage dabei war; wie weit können wir mit dem machbar Technischen überhaupt sehen? Sind uns irgendwann Grenzen gesetzt oder kommen wir dem Urknall auf ganz anderen Wegen noch ein Stück näher?*

Milliarden Jahre bis zu uns gereist ist. Im Frühjahr 2019 startet das James Webb Weltraumteleskop, welches einen mehr als fünfmal so grossen Spiegel wie das Hubble Teleskop besitzt und besonders im Infrarotbereich über erheblich grössere Kapazitäten als Hubble verfügt, womit die ersten Sterne und Galaxien nach dem Urknall entdeckt und untersucht werden können. Es stellt sich dann natürlich die Frage, ob wir jemals noch weiter sehen können. Wo sind uns optisch Grenzen gesetzt? Gibt es Möglichkeiten, noch näher an den Urknall zu schauen?

## Eine Zeitreise in die Vergangenheit

Da sich Licht mit einer endlichen Geschwindigkeit von knapp 300'000 Kilometern pro Sekunde ausbreitet, empfangen wir Licht, das vor einiger

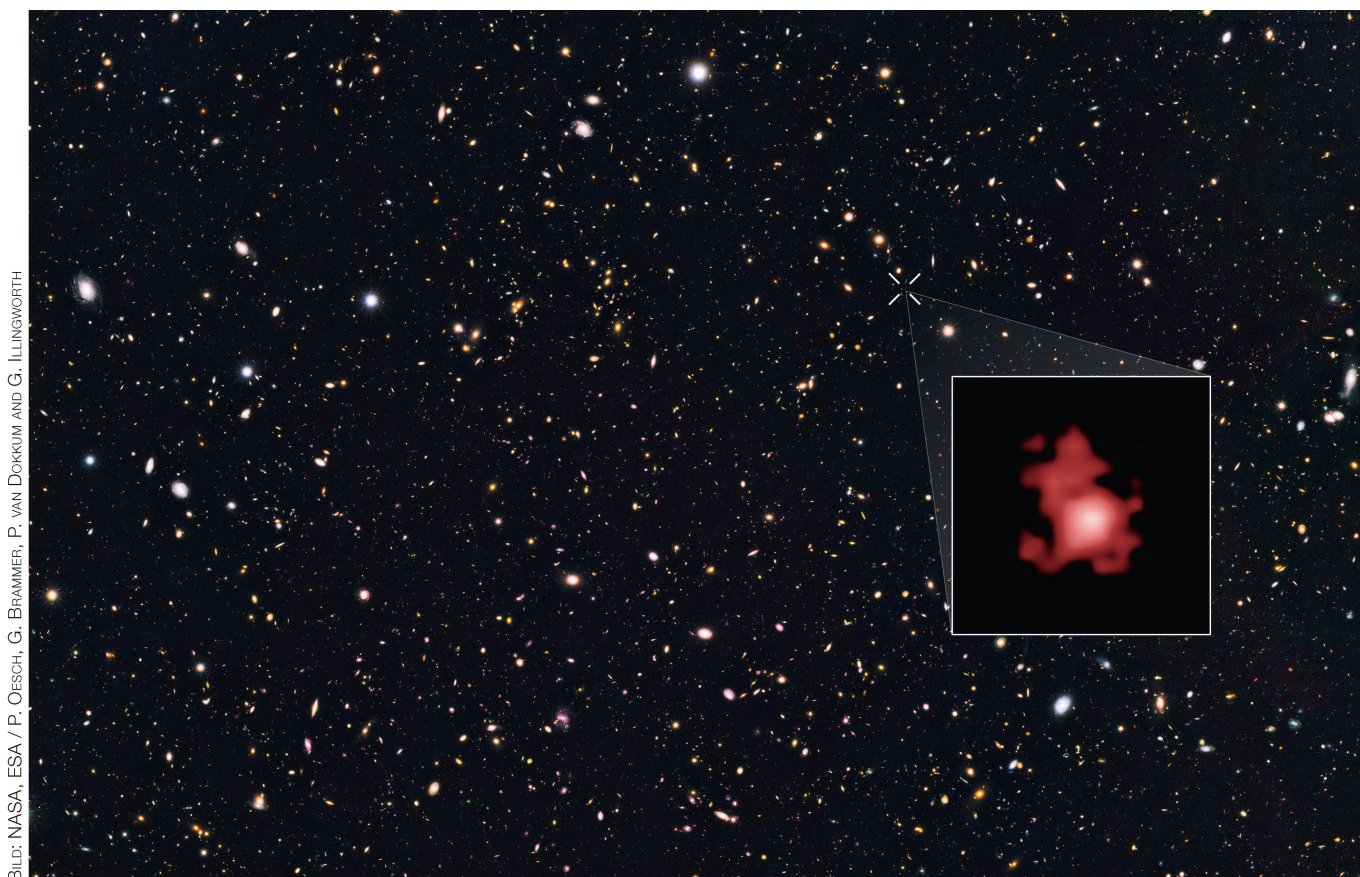


Bild: NASA, ESA / P. Oesch, G. Brammer, P. van Dokkum and G. Illingworth

Abbildung 1: Das Bild zeigt die Position der am weitesten entfernten Galaxien im GOODS North (Great Observatories Origins Deep Survey North), welches mit dem Hubble-Teleskop aufgenommen wurde. Wir zählen über 10'000 Galaxien!

Das Hubble Weltraumteleskop hat mit seinen Aufnahmen das Forschungsgebiet der Galaxienentwicklung revolutioniert und tiefe Einblicke in die Vergangenheit des Universums ermöglicht. Die heute am weitesten entfernte bekannte

Galaxie im Universum hat die Bezeichnung GN-z11 (Abbildungen 1 und 2) und weist eine spektroskopische Rotverschiebung von 11.1 auf, das heisst, dass das Licht 400 Millionen Jahre nach dem Urknall ausgesendet wurde und es rund 13.3

Zeit in der Vergangenheit ausgesendet wurde. Der Mond liegt rund 400'000 Kilometer von der Erde entfernt. Das Licht braucht etwas mehr als eine Sekunde, um diese Strecke zu überwinden. Wenn wir den Mond beobachten, sehen wir ihn daher,



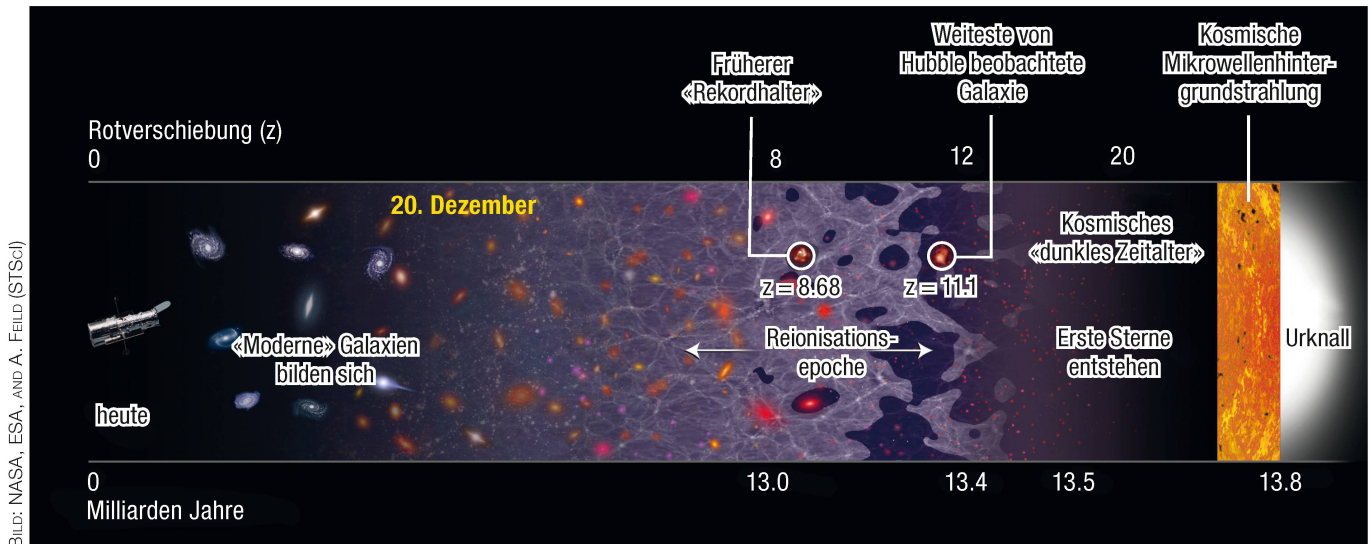


Abbildung 2: Diese Illustration zeigt einen Zeitstrahl des Universums, der sich vom heutigen Tag (links) zurück zum Urknall vor 13,8 Milliarden Jahren erstreckt (rechts). Die Galaxie GN-z11 ist mit einer Rotverschiebung von 11,1, die 400 Millionen Jahre nach dem Urknall entspricht, die bisher am weitesten entfernte Galaxie. Die Position des vorherigen Rekordhalters wird ebenfalls identifiziert. Die ersten Galaxien und Sterne bildeten sich in einem Universum, das voll von neutralem Wasserstoff war. In den kommenden Jahren wird es dank des Radioteleskops SKA möglich sein, die Verteilung dieses Wasserstoffs zu messen. Das entfernteste «Objekt», das die Menschheit je aufgenommen hat, ist die sogenannte kosmische Mikrowellenhintergrundstrahlung (hier abgebildet in orange-rot). Um noch weiter als die Hintergrundstrahlung an den Urknall heranzuschauen, muss man auf exotischere Informationsträger wie Gravitationswellen oder Neutrinos zurückgreifen.

wie er vor einer Sekunde ausgesehen hat. Andere astronomische Objekte liegen natürlich noch viel weiter von der Erde entfernt. Dabei wird dieser Effekt vom «In-die-Vergangenheit-Schauen» noch viel ausgeprägter: Bei der Sonne blicken wir 8 Minuten in die Vergangenheit und bei Alpha Centauri (nächster Stern ausserhalb unseres Sonnensystems) bereits etwas über 4 Jahre. Unsere nächste grössere Nachbar-galaxie ist Andromeda, welche 2,5 Millionen Lichtjahre von uns entfernt liegt. Das heisst; wir sehen sie heute so, wie sie uns vor 2,5 Millionen Jahren erschienen wäre. Die meisten Galaxien liegen natürlich noch viel weiter entfernt als die Andromedagalaxie. Hubble und andere Astronomen haben festgestellt, dass Galaxien, welche weiter von uns entfernt liegen, sich auch schneller von uns entfernen. Diese Beobachtung von der Zunahme der räumlichen Ausdehnung des Universums wird als Expansion des Universums bezeichnet. Es ist nicht so, dass sich Galaxien in der Raumzeit voneinander entfernen (Relativbewegung), aber es ist der Raum selbst, der sich ausdehnt, und die Galaxien werden mitbewegt. Gemäss Urknall-Theorie hat sich die Expansion des Universums in den ersten Milliarden Jahren seiner

Existenz (nach der Inflation kurz nach seiner Entstehung) verlangsamt. Es wurde jedoch beobachtet, dass seit einigen Milliarden Jahren diese Ausdehnungsgeschwindigkeit immer weiter zunimmt. Diese beschleunigte Expansion ist noch überhaupt nicht verstanden und Gegenstand aktueller Forschung (Dunkle Energie).

## Die kosmologische Rotverschiebung

Wenn sich nun das Licht durch den ausdehnenden Raum bewegt, vergrössert sich die Wellenlänge um den gleichen Faktor, wie sich das Universum vergrössert. Das heisst, dass das Licht von weitentfernten Galaxien durch die Expansion des Universums «rot» verschoben wird (Rotverschiebung; Abbildung 3). Diese kosmologische Rotverschiebung ist von der Rotverschiebung durch den Dopplereffekt zu unterscheiden, welche selbst nur von der relativen Geschwindigkeit der Galaxien abhängt. Das optische Licht wird also in den infraroten Wellenbereich verschoben: Eine Galaxie mit Rotverschiebung  $z = 10$  müssten wir bei einer Wellenlänge von 5,5 Mikrometern beobachten, wenn wir das optische Licht mit einer Wellenlänge von 500

Nanometern messen wollen. Leider (aus astronomischer Sicht) absorbiert und streut die Luft das einfallende Licht, was dazu führt, dass wir von der Erde aus nur einige wenige «atmosphärische Fenster» haben, in welchen die Atmosphäre der Erde weitgehend durchlässig (transparent) ist (Abbildung 4). Das optische Fenster erlaubt Beobachtun-

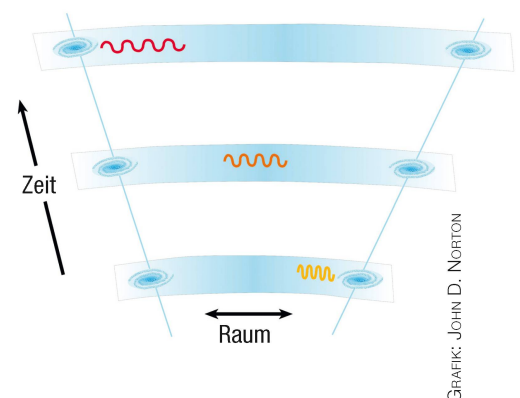


Abbildung 3: Kosmologische Rotverschiebung. Wenn sich nun das Licht durch den ausdehnenden Raum bewegt, vergrössert sich die Wellenlänge um den gleichen Faktor, wie sich das Universum vergrössert. Das heisst, dass das Licht von weitentfernten Galaxien durch die Expansion des Universums «rot» verschoben wird.



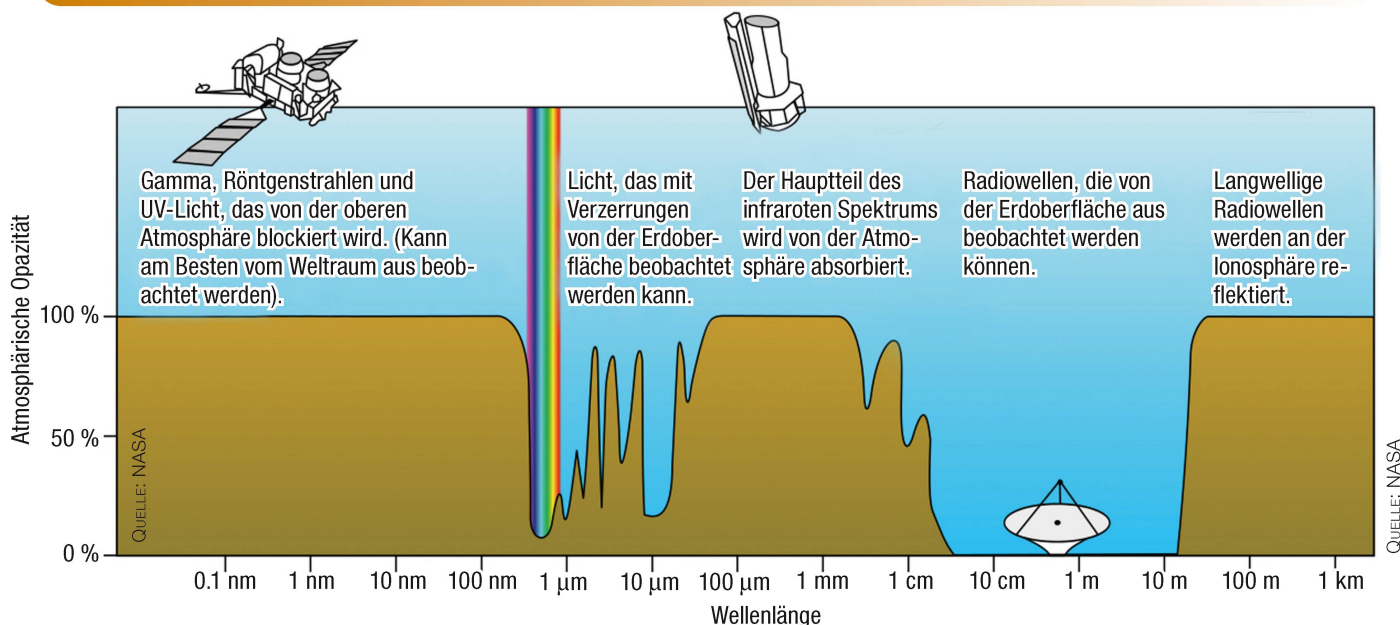


Abbildung 4: Durchlässigkeit der Atmosphäre für elektromagnetische Strahlung unterschiedlicher Wellenlängen. Das optische Fenster erlaubt der beobachtenden Astronomie die Beobachtung astronomischer Objekte im Bereich des sichtbaren Lichtes und im nahen Infraroten, das Radiofenster die Beobachtung astronomischer Objekte mit Methoden der Radioastronomie vom Erdboden aus.

gen im Bereich des sichtbaren Lichtes und im nahen Infraroten, das Radiofenster Beobachtungen im Frequenzbereich von 15 MHz bis zu 100 GHz (Wellenlängen von 20 m bis zu einigen Millimetern). Da die ersten Sterne und Galaxien alle eine hohe Rotverschiebung haben ( $z \geq 10$ ), wird deren optisches Licht in den infraroten Wellenlängenbereich verschoben, welches

von der Erde aus nur begrenzt beobachtet werden kann. Weltraumteleskope bieten natürlich eine Abhilfe, um diese atmosphärische Absorption zu überwinden. In den letzten Jahren hat vor allem das Hubble Weltraumteleskop (auch in der Kombination mit dem Spitzer Weltraumteleskop) grosse Fortschritte bei der Suche nach den ersten Galaxien gemacht. Neben dem

Rekordhalter GN-z11 mit einer Rotverschiebung von  $z = 11.1$  (Abbildungen 1 und 2) wurden viele hunderte Galaxien mit Rotverschiebungen zwischen  $z = 6 - 10$  gefunden. Das Hubble Teleskop verfügt nur über begrenzte Möglichkeiten, Spektren von diesen Galaxien zu messen. Daher haben viele dieser Galaxien nur eine ungenaue, sogenannte photometrische Rotverschiebung, wel-

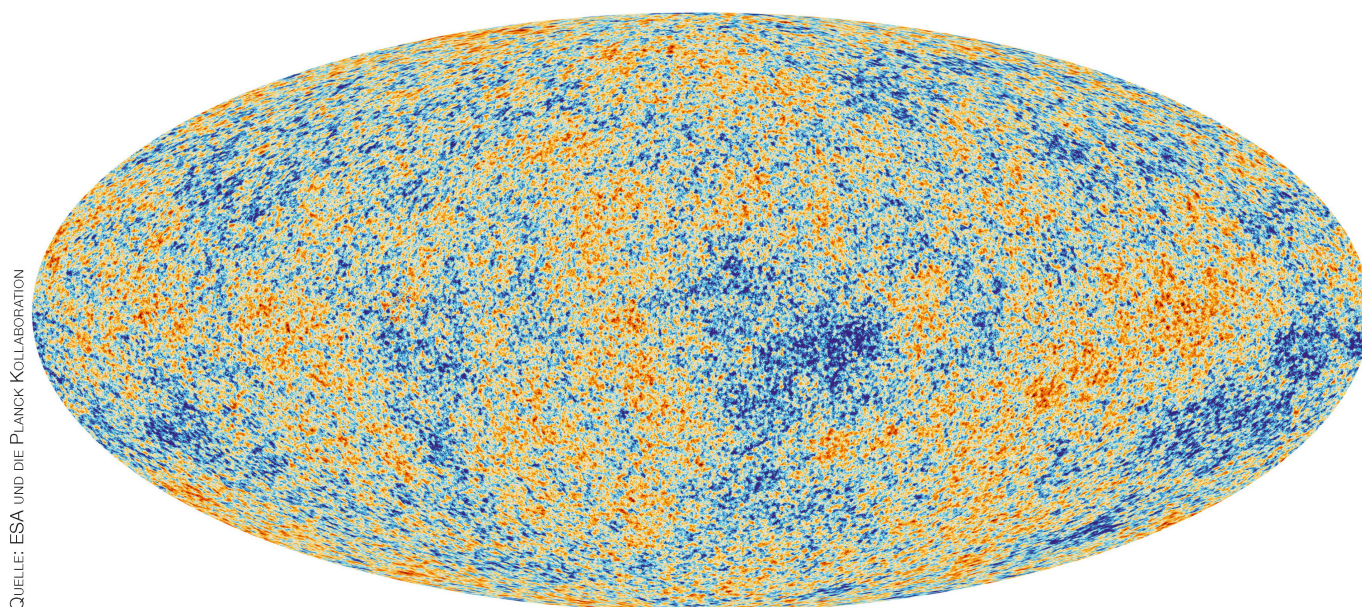


Abbildung 5: Die von Planck beobachteten Anisotropien des kosmischen Mikrowellenhintergrunds. Die kosmische Hintergrundstrahlung ist eine Momentaufnahme des ältesten Lichts in unserem Universum, das ausgesendet wurde, als das Universum nur 380'000 Jahre alt war. Sie zeigt winzige Temperaturschwankungen, die Regionen mit leicht unterschiedlichen Dichten entsprechen und die Geburtsorte aller zukünftigen Strukturen darstellen: Die Sterne und Galaxien von heute.



che von breiten Filtern eruiert wurden. Um die Rotverschiebungen zu bestätigen, müssen spektroskopische Nachuntersuchungen mit anderen Instrumenten (zum Beispiel mit dem MUSE-Instrument am Very Large Telescope) durchgeführt werden.

## Kann man etwas sehen, bevor es entstanden ist?

Das James Webb Weltraumteleskop, welches als Nachfolger vom Hubble Teleskop gesehen wird, soll Hubbles Leistungen weit übertreffen. Im Gegensatz zu Hubble, welches im sichtbaren, nahen ultravioletten und im nahen infraroten Bereich beobachtet, soll das James Webb Teleskop fast ausschliesslich im Infraroten (Wellenlängen 0.6 – 28 Mikrometer) arbeiten. Dies ermöglicht es, nach dem Licht von den ersten Sternen und Galaxien nach dem Urknall zu suchen. Von kosmologischen Modellen erwartet man, dass die ersten Sterne sich rund 100 bis 250 Millionen Jahre nach dem Urknall bilden konnten. Ein grosser Unterschied zur heutigen Sternentstehung ist, dass die Protogalaxien ausser Wasserstoff und Helium, die noch vom Urknall stammten, kaum andere chemische Elemente enthielten. Die meisten schwereren Elemente bildeten sich erst durch thermonukleare Fusion in dieser ersten Generation von Sternen.

Doch können wir auch etwas im Universum sehen, bevor diese ersten Sterne entstanden sind? Da zu diesem Zeitpunkt das Universum voll von neutralem Wasserstoff (HI) ist, bildet dessen Beobachtung eine gute Möglichkeit, die Struktur des jungen Universums zu erforschen (Abbildung 2). Glücklicherweise emittiert neutraler Wasserstoff die sogenannte Wasserstofflinie, welche durch den Hyperfeinstrukturübergang des neutralen Wasserstoffatoms im 1s-Grundzustand entsteht. Das ist der Energieunterschied zwischen der parallelen und antiparallelen Spin-Orientierung des Elektrons relativ zum Spin des Protons. Diese Emissionslinie hat eine Wellenlänge von 21 Zentimetern und wird daher auch 21 cm-Linie bezeichnet. Obwohl dieser Spin-Flip im Wasserstoffatom äusserst selten passiert (im Durchschnitt nur alle 10 Millionen Jahre), kann man die 21 cm-Linie beobachten, da es

sehr viel Wasserstoff im Universum gibt: Die 21 cm-Linie wird zum Beispiel zur Vermessung der Rotationskurven von Galaxien im heutigen Universum verwendet.

Um die Wasserstoffverteilung und daher die Struktur im Universum vor der Entstehung der ersten Sterne zu vermessen, muss man den Himmel bei einer Frequenz zwischen 9 und 200 MHz beobachten, weil auch die 21 cm-Linie (1.4 GHz) rotverschoben wird. Die Schwierigkeit dieser Messung ist, dass das Signal durch die Ionosphäre sowie Rundfunksendeanlagen gestört wird. Eines der vielversprechendsten Instrumente ist das Square Kilometer Array (kurz SKA), welches sich momentan in der Entwicklung befindet. Gebaut wird es in unbewohnten Gebieten mit sehr kleinen künstlichen Radiointerferenzen in Südafrika, Australien und Neuseeland. SKA wird ein Radioteleskop mit einer Gesamt-Sammelfläche von ungefähr einem Quadratkilometer sein. Diese grosse Sammelfläche wird durch die Kombination von tausenden kleinen Radioantennen erreicht. Durch die grosse räumliche Distanz von bis zu 3'000 km wird es möglich, damit ein riesiges Radioteleskop zu simulieren, welches über eine extrem hohe Empfindlichkeit und Winkelauflösung verfügt, um die Gasverteilung im frühen Universum zu vermessen. Die ersten Beobachtungen sind für 2020 geplant. Eine der grössten Herausforderungen liegt der Datenanalyse beziehungsweise Datenspeicherung: SKA wird circa ein Exabyte (also eine Million Terabyte) pro Tag an Rohdaten liefern. Die Astronomen arbeiten bei der Entwicklung der Hardware mit IBM zusammen, um dieses Datenvolumen in den Griff zu bekommen. Als Vergleich: im Jahr 2003 hat RANDALL MUNROE geschätzt, dass Google circa 10 Exabyte an Daten gespeichert hat; Google hat sich geweigert, MUNROES Einschätzung zu kommentieren.

## Entdeckung der Mikrowellenhintergrundstrahlung

Obwohl das SKA unser Verständnis über die Entstehung der ersten Galaxien revolutionieren wird, dürfte es nicht sehr nahe an den Urknall schauen können. Das Entfernteste, das die Menschheit je aufgenommen

hat, ist die sogenannte kosmische Mikrowellenhintergrundstrahlung (Abbildungen 2 und 5), welche aus der Zeit etwa 380'000 Jahre nach dem Urknall stammt (Rotverschiebung  $z = 1089$ ). Es kam zur Bildung dieser Strahlung 380'000 Jahre nach dem Urknall, weil die Temperatur im ausdehnenden Universum unter 3'000 Kelvin sank, wobei dann die Protonen und Elektronen sich zu Wasserstoff vereinen konnten. Dies führte dazu, dass die Lichtteilchen (Photonen) nicht mehr mit der Materie wechselwirken und sich daher frei ausdehnen konnten – das Universum wurde «durchsichtig». Obwohl dieses Licht am Anfang eine typische Temperatur von ca. 3'000 Kelvin hatte (Wellenlänge von circa 100 Nanometern im ultravioletten Bereich), können wir es heute mit einer Temperatur von 2.7 Kelvin im Mikrowellenbereich (Wellenlänge von 1 Millimeter) beobachten. Die Entdeckung der Mikrowellenhintergrundstrahlung brachte PENZIAS und WILSON 1978 den Physik Nobelpreis ein; einen weiteren gab es im Jahre 2006 für SMOOT und MATHER für deren genaue Vermessung mit dem COBE Satelliten. Weitere Untersuchungen durch bodengebundene Experimente, Ballontelekope und besonders die Raumsonden WMAP und Planck haben die Stärke der Temperaturschwankungen in der Hintergrundstrahlung in Abhängigkeit von ihrer Winkelausdehnung am Himmel noch wesentlich besser charakterisiert (Abbildung 5). Die gute Übereinstimmung der gemessenen Eigenschaften des Mikrowellenhintergrundes mit den theoretischen Vorhersagen stellt einen der herausragenden Belege für die Gültigkeit der Urknalltheorie dar.

Die kosmische Hintergrundstrahlung bildet die fundamentale Grenze des sichtbaren Universums bezüglich des Lichts. Es gibt jedoch andere Informationsträger, welche es uns ermöglichen, noch weiter zum Urknall «hinzusehen». Zum einen können Gravitationswellen, welche indirekt via Pulsar 1913+16 von HULSE und TAYLOR (Physik-Nobelpreis 1993) sowie direkt mit dem LIGO Detektor (Physik-Nobelpreis 2017) nachgewiesen wurden, Indizien zur Inflation geben, also jener Phase im Universum, welche unmittelbar nach dem Urknall stattgefunden hat. Mit dem BICEP-Experiment versucht man die Polarisation (sogenannte B-Mode) der kosmischen

Mikrowellenhintergrundstrahlung zu messen, um dabei Gravitationswellen von der Inflation zu entdecken. Im März 2014 wurde von der Kollaboration BICEP die Entdeckung der B-Mode in der Hintergrundstrahlung vermeldet. Im September 2014 veröffentlichte dann jedoch die Planck Kollaboration eine Analyse ihrer Daten, nach der die BICEP-Daten durch polarisierte Emission von kosmischem Staub der Milchstrasse verursacht worden sein könnte. Im Januar 2015 wurde die Entdeckung der B-Mode von den Forschern offiziell zurückgezogen. In der Zwischenzeit wurde weiter fleissig Daten gesammelt, und wir können hoffen, dass wir bald Neues von diesem Experiment hören werden.

## Die Grenzen des «Lichtes» sind erreicht

Ein weiterer Informationsträger vom frühen Universum neben Licht und Gravitationswellen sind Neutrinos, also elektrisch neutrale Elementarteilchen mit sehr geringer Masse. Wie der kosmische Mikrowellenhintergrund ist der kosmische Neutrinohintergrund ein Überrest des Urknalls: Er geht auf die Entkopplung der Neutrinos von der Materie rund zwei Sekunden nach dem Urknall zurück. Da der Mikrowellenhintergrund entstand, als das Weltall rund 380'000 Jahre alt war, kann der Neutrinohintergrund mehr Details vom Urknall liefern. Da Neutrinos mit einer geringen Energie nur sehr schwach mit Materie in Wechselwirkung treten, sind sie sehr schwierig nachzuweisen. Es gibt jedoch überzeugende indirekte Hinweise auf sein Bestehen. Das geplante Experiment PTOLEMY hat als Ziel, den Neutrinohintergrund direkt zu messen.

## Fast am Urknall

Zusammenfassend kann man sagen, dass wir beim Informationsträger «Licht» mit der kosmischen Mikrowellenstrahlung an unsere Grenze gelangt sind: Weiter weg können wir nicht sehen. Es stehen uns aber mit den Gravitationswellen und Neutrinos andere Informationsträger zur Verfügung, mit denen wir das Universum mit einem Alter von lediglich  $10^{-35}$  Sekunden erforschen können. ■

Es geschah in einer weit, weit entfernten Galaxis ...

# Kosmischer Paukenschlag

■ Von Dr. Hansjürg Geiger

*Eine kosmische Kollision liess das Weltall erzittern. Gravitationsphysiker hier auf der Erde empfangen die Signale, gerieten ins Schwärmen, wussten plötzlich, woher das viele Gold stammt und kassierten Nobelpreise. Wieso?*

Für einen Physiker muss es eine schmerzliche Erkenntnis gewesen sein. ALBERT EINSTEIN hatte eine neue Theorie entwickelt, eine sensationelle, völlig neue Weltsicht erarbeitet, welche die alten Überzeugungen

nur noch als Spezialfall einer viel komplexeren Wahrheit erschienen liessen. Aber jede Idee eines Naturwissenschaftlers ist bekanntlich nur gerade so gut, wie die Ergebnisse der Versuche, die er zur Über-

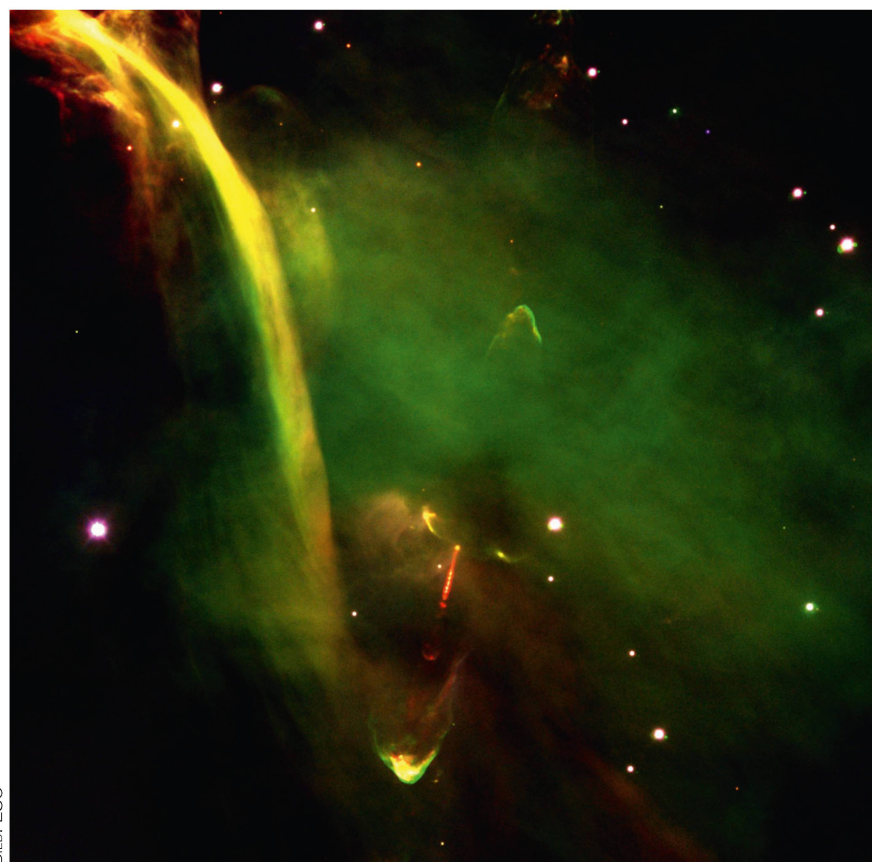


Bild: ESO

Abbildung 1: Schon bei der Geburt von Sternen kommt es zu gewaltigen Strahlungsausbrüchen. Die Aufnahme zeigt das Objekt HH-34 im Sternbild Orion, 1500 Lichtjahre von uns entfernt. Der junge Stern produziert zwei Jets, die mit grosser Wucht in das umgebende interstellare Umfeld dringen. Im «unteren» Jet, im rot leuchtenden Strahl, sind mehrere Blasen erkennbar, die von einzelnen Strahlungsausbrüchen stammen.



prüfung durchführen kann. Das Problem waren die Dimensionen, mit denen sich EINSTEIN zu Beginn des letzten Jahrhunderts auseinandersetzte. Er wollte nichts geringeres als ein neues Modell des Universums, der Welt als Ganzes, entwerfen. Und dies bedeutete nicht mehr und nicht weniger, als dass er seine Einfälle in den grössten Dimensionen, im Weltall selbst, testen musste. Immerhin gab es dazu verschiedene Möglichkeiten, wie die Beugung der Lichtstrahlen ferner Sterne in der Nähe einer grossen Masse, die bei einer Sonnenfinsternis gemessen werden konnte, oder die Abweichungen in der Bahnbeugung des Planeten Merkur, die schon seit über 50 Jahren bekannt waren und sich nun mit EINSTEINS Formeln elegant erklären liessen. Ein Effekt aber, den die mühsam gelösten, kniffligen Gleichungen, vermuten liessen und der seine Theorien in kosmischen Grössenordnungen bestätigen könnte, war so schwach zu erwarten, dass es unmöglich scheint, ihn auch mit den allerbesten Instrumenten nachzuweisen. Riesige Mengen an schnell bewegten Massen, so erzählten ihm die Resultate seiner Formeln zur Gravitationstheorie, müssten das ganze Universum, den Raum und die Zeit, erbeben lassen. EINSTEIN folgerte, bei solch wahrhaftig kosmischen Ereignissen müssten Erschütterungen, Wellen im Raumzeit-Gefüge des Alls entstehen, ähnlich Wasserwellen in einem Tümpel, wenn ein Stein geworfen wird. Aber eben, leider, nur in ganz winzig kleinen Ausschlägen. Viel zu gewaltig müssten die Massen sein, unvorstellbar riesig die Kräfte sie zu bewegen, um auch nur ein winziges, bei uns messbares Erzittern des Universums auszulösen.

## Pionierzeit der Kosmologie

Es war die Zeit, als die ganz grossen Observatorien, mit denen wir heute die fernsten Galaxien beobachten, noch nicht einmal geplant waren. Trotzdem begannen die Astrophysiker bereits damals zu ahnen, dass beim Tode grosser Sterne, in den kataklystischsten Explosionen die sie sich vorstellen konnten, neue, exotische Objekte entstehen könnten. Wir nennen diese Ungetüme heute Neutronensterne und Schwarze Löcher. Es dauerte aber bis nach

dem Tode von ALBERT EINSTEIN im Jahre 1955, bis die Revolution im Wissen über das Weltall durch neue Beobachtungsinstrumente nochmals so richtig Fahrt aufnahm. Die lange vermuteten Massemonster konnten erstmals direkt beobachtet werden. Was aber könnte diese Riesen so extrem beschleunigen, dass sie die von EINSTEIN vorausgesagten Gravitationswellen auslösen und sein Weltbild weiter erhärten könnten?

## Das Kleine und das Grosse

Um verstehen zu können, was sich hinter den Gravitationswellen verbirgt, mussten die Kosmologen erst begreifen, wie die Schwergewichte im Universum entstehen und wie sie gebaut sind. Dies wiederum wurde erst möglich, als ihre Kollegen entdeckten, wie die kleinsten Bausteine der Materie, die Atome, konstruiert sind.

Für einen Astrophysiker muss es eine faszinierende Zeit gewesen sein, vor einhundert Jahren, als mit der Relativitätstheorie von EINSTEIN und der Geburt der modernen Atomtheorie beinahe gleichzeitig zwei entscheidende Durchbrüche gelangen. Los ging es 1911, als ERNEST RUTHERFORD, HANS GEIGER und ERNEST MARSDEN bewiesen, dass ein Atom aus einem absolut winzig kleinen, positiv geladenen Kern aus Protonen und einer relativ grossen Hülle mit negativ geladenen Elektronen besteht. Kurz danach, 1913, brachte NIELS BOHR etwas Ordnung in das wirre Durcheinander der Elektronen, indem er diese Elementarteilchen auf kugelförmig angeordneten Schalen unterbrachte. Die Parallelen zum kopernikanischen Modell der Planetenbahnen waren unübersehbar.

Das BOHR'sche Atommodell war zwar noch eine ziemlich simple Annäherung an die modernen Varianten, aber sie zeigte den Wissen-



Bild: ESO

Abbildung 2: Die Galaxie NGC 4993, aufgenommen durch das Very Large Telescope der europäischen Südsternwarte auf dem Cerro Paranal in Chile. Die Kilonova leuchtet «links» neben dem «oberen» Arm der Milchstrasse. NGC 4993 ist 12.4<sup>mag</sup> hell und vom Hubble-Typ E-SB0. Sie ist im Sternbild der Wasserschlange am Südsternhimmel zu sehen und ist schätzungsweise 130 Mio. Lichtjahre von uns entfernt. Entdeckt wurde sie am 26. März 1789 von WILHELM HERSCHEL.



schaftlern eine für unser Thema ganz wichtige Erkenntnis, nämlich die extreme Winzigkeit des Kerns im Vergleich zur Atomhülle. Ein Zahlenbeispiel am kleinsten und einfachsten Atom, dem Wasserstoffatom, mag dies verdeutlichen. Es besteht aus einem einzigen Proton im Kern und einem einsamen Elektron in der Atomhülle. Könnte sein Kern auf 1 mm Durchmesser vergrößert werden, so würde ihn das Elektron im gleichen Massstab in etwas mehr als 20 m Entfernung umkreisen. Berücksichtigen wir jetzt noch die «Grösse» des Elektrons, das etwa 2000-mal kleiner ist als das Proton, so lässt sich wahrlich sagen, dass ein Atom eigentlich aus beinahe «Nichts» besteht. Es sind immens starke Kraftfelder, die dieses seltsame Gebilde zusammenhalten, das Elektron auf seine Bahn zwingen und seinen Absturz in den Kern verhindern.

Aber was wäre, wenn sich eine Kraft aufbauen liesse, welche stärker ist als die Kräfte, die das Atom in Form halten? Kräfte, die das Elektron quasi in das Proton des Atomkerns drücken könnten? Solche Überlegungen machten sich die Wissenschaftler damals wohl noch kaum. Als aber Sir JAMES CHADWICK 1932 das dritte Elementarteilchen eines Atoms, das Neutron, entdeckte, drängten sich derartige Ideen förmlich auf. Zerfällt nämlich ein Neutron, so entsteht ein Elektron und ein Proton (und ein Elektron-Antineutrino). Also müsste es doch eigentlich umgekehrt auch gehen, nämlich ein Elektron und ein Proton (plus ein Elektronneutrino) zu einem Neutron zu vereinigen. Dies ist tatsächlich möglich. Allerdings sind dazu unvorstellbar riesige Kräfte nötig, die es in der Natur aber tatsächlich gibt, nämlich dann, wenn ein Stern sein atomares Brennmaterial aufgebraucht hat.

Aber bevor es soweit ist, werden in einem jungen Stern zunächst die leichtesten Elemente des Periodensystems zusammengeschweisst. Das beginnt, ganz grob beschrieben, wenn sich eine Wolke aus Gas und Staub zusammenzieht. Dabei spielen die Gravitationskraft und Magnetfelder eine wichtige Rolle. Im sich verdichtenden Materiekumpen steigt der Druck und damit auch die Temperatur, was nichts anderes heisst, als dass sich die Teilchen in der Wolke immer flinker bewegen. Irgendwann sind sie so schnell, dass



Bild: ESO/NASA

Abbildung 3: Im Verlaufe weniger Tage veränderte sich das Licht der Kilonova von blau über grün nach rot. Zeichen für die Abkühlung nach dem Zusammenprall und der verschiedenen atomaren Kernreaktionen.

sie die Abstossungskräfte der positiv geladenen Kerne überwinden. Jetzt können in einem mehrstufigen Vorgang vier Wasserstoffkerne zu einem Heliumkern verschmelzen. Dabei werden gigantische Energiemengen frei, die den Stern weiter aufheizen (oder einer Wasserstoffbombe ihre Zerstörungskraft geben). Der Stern beginnt zu «leuchten».

## Ein Stern wird zum Riesenatom

Die gewaltige Hitze, die das atomare Feuer im Innern des jungen Sterns

entfacht, hat aber noch eine andere Folge. Sie dehnt den Stern aus und wirkt der Gravitationskraft entgegen, die den Stern zusammendrückt. Es dauert nicht lange, wenigstens für kosmische Massstäbe, bis die beiden Kräfte einen Gleichgewichtszustand erreichen. Der Stern besitzt nun einen bestimmten Radius, der von seiner Masse abhängt.

Je nach Grösse des Sterns dauert das «Brennen» des Wasserstoffs in seinem Zentrum länger oder kürzer. In massereichen Sternen sind der Druck und die Hitze so gewaltig, dass der Brennstoff schnell aufge-

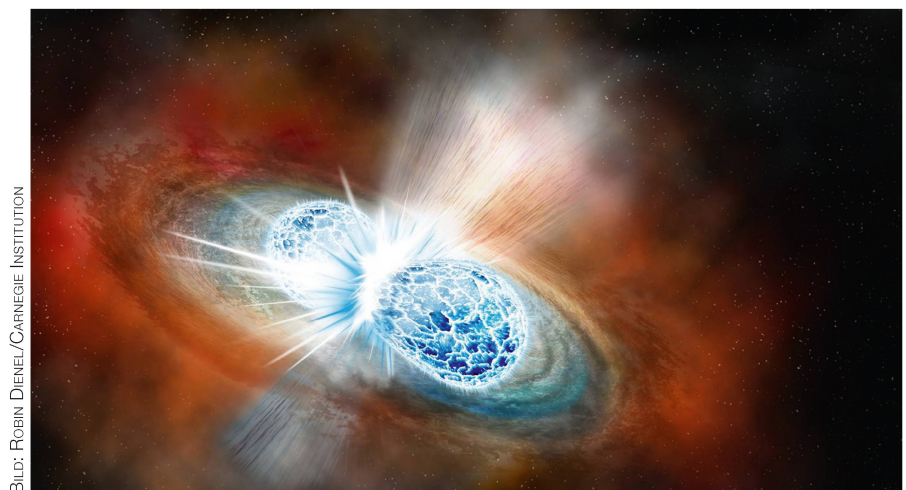


Bild: ROBIN DIENEL/CARNEGIE INSTITUTION

Abbildung 4: Zeichnerische Darstellung der Verschmelzung von zwei Neutronensternen.



braucht wird. Kleinere Sterne dagegen können viele Milliarden Jahre gleichmässig strahlen. Allen Sternen gemeinsam ist aber, dass sich das Helium wegen seiner Masse im Zentrum ansammelt. Damit steigen dort der Druck und die Temperatur, so dass irgendwann neue Kernreaktionen möglich werden. Helium «verbrennt» zu Kohlenstoff, dieser «sinkt» wiederum ins Zentrum, zündet bei genügend Druck und Hitze neue Reaktionen, Neon entsteht, später Sauerstoff, Silizium, Nickel und andere Elemente des Periodensystems. Weil der Stern dabei immer heisser wird, dehnt er sich aus. Das Spielchen geht so weiter, bis sich bei Sternen mit mindestens zwölfmaliger Sonnenmasse das Element Eisen anreichert.

Jetzt wird's kritisch. Denn Eisen kann unter den herrschenden Bedingungen keine weiteren atomaren Reaktionen mehr durchführen. Dazu reichen der Druck und die Hitze im Stern ganz einfach nicht aus. Die Teilchen sind zu langsam. Das atomare Feuer erlischt, die aufblähende Kraft stoppt. Schlagartig setzt sich nun die gewaltige Gravitationskraft des Riesensterns durch. Zunächst kollabiert das Zentrum, dann stürzen die äusseren Schichten auf seinen Kern, fliegen von dort wieder weg, angetrieben

durch Neutrinos, neuen Teilchen, die beim Kollaps entstehen. Das Material durchmischt sich mit «kühlerer» einfallender Materie und fällt wieder auf den Kern zurück. Erst wenn sich ein genügend hoher Druck durch die Neutrinos aufgebaut hat, prallen die Teilchen endgültig vom Kern ab und fliegen mit grosser Wucht nach aussen weg. Der Stern explodiert.

Der ganze Vorgang läuft zunächst nur im Innern des Sterns ab. Äusserlich sähe ein Beobachter dem todgeweihten Himmelskörper zunächst nicht viel an. Erst Tage nach dem Kollaps des Zentrums erreichen die abgestossenen Teilchen die äusseren Schichten. Der Stern wird zur Supernova. Spektakulär aus der Ferne, Bad News aus der Nähe, denn die immense Strahlungskraft sterilisiert alles, was in der Nachbarschaft möglicherweise belebt sein könnte. Niemand wird uns also einen YouTube-Film direkt vom Ort des Geschehens hochladen.

Der Stern ist damit «tot». Aber wie bei jedem Kadaver beginnt nun die Verwesung. Die ohne genügend Gegenkraft wirkende Gravitation drückt die Sternleiche mit brutaler Kraft zusammen, so stark, dass bei grossen Sternen im Innern die Teilchen zu Neutronen verschmelzen. Ein Neutronenstern entsteht,

der eigentlich nichts anderes ist, als ein gigantischer Atomkern. Bei noch grösseren Sternen, ab etwa vierzig Sonnenmassen, kann nichts mehr die Gravitationskraft stoppen. Sie wirkt wie eine kosmische Schrottpresse und quetscht die Materie noch viel stärker zusammen, bis ein Schwarzes Loch entsteht.

Für das Periodensystem der Elemente bedeutet eine Supernova-Explosion die Geburt neuer Atomsorten. Jetzt ist genügend Energie vorhanden, um chemische Elemente mit höheren Ordnungszahlen entstehen zu lassen. Allerdings längst nicht alle und auch nicht in den Mengen, die im Universum gefunden werden. Ein anderer, noch gewaltigerer Vorgang muss also für die Existenz der schweren Elemente verantwortlich sein. Diesen Vorgang glauben die Astronomen nun beobachtet zu haben. Und sie haben für diese Zuversicht sehr gute Argumente.

## Kosmische Schubser

Es war am 17. August 2017, als um 14:41:06 Uhr MESZ zwei Raumsonden in der Erdumlaufbahn einen kurzen, heftigen Anstieg der Gammastrahlung, einen Gammablitz, registrierten. Dies war an sich noch nicht bemerkenswert, gelingen solche Beobachtungen doch wöchentlich mehrfach. Was die Wissenschaftler aber förmlich aus dem Häuschen brachte, war die Tatsache, dass praktisch gleichzeitig, im Bundesstaat Washington, das LIGO-Observatorium ebenfalls Impulse auffing.

Dieses Messgerät wurde gebaut, um Gravitationswellen nachzuweisen. Es besteht aus zwei vier Kilometer langen Armen, die rechtwinklig zueinanderstehen. Durch beide Arme wird ein Laserstrahl geschickt und mehrfach gespiegelt. Dies vergrössert die Lauflänge der Strahlen auf über 1'100 km und erhöht die Empfindlichkeit des Gerätes massiv. Trifft eine Gravitationswelle auf das Observatorium, staucht oder dehnt sie die beiden Arme unterschiedlich, je nach Richtung, aus der sie kommt. Durch die enorme Lauflänge der Laserstrahlen kann das Instrument Unterschiede in den beiden Armlängen bis zu einem zehn Trilliardstel messen ( $10^{-22}$ )! Bei dieser Genauigkeit reichen natürlich kleinste Effekte in der Um-

## «Das gewaltigste Ereignis, das man jemals im Universum beobachtet hat.»

KARSTEN DANZMANN,  
MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR  
GRAVITATIONSPHYSIK, HAN-  
NOVER, 14.2.16, DER TA-  
GESSPIEGEL

H-Schalenbrennen  
He-Schalenbrennen  
C-Schalenbrennen  
Ne-Schalenbrennen  
O-Schalenbrennen  
Si-Schalenbrennen

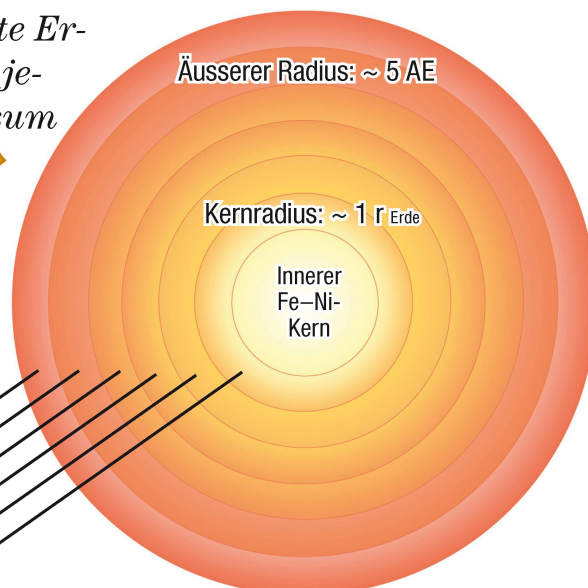


BILD NACH: L. BAUDIS, ASTROPHYSIK, UNIVERSITÄT ZÜRICH

Abbildung 5: Schematische Darstellung des schalenförmigen Aufbaus eines Riesensterns mit mehr als vierzigfacher Sonnenmasse gegen Ende seiner Existenz. Die schwereren Elemente reichern sich entsprechend ihrer Masse gegen innen an. Am Schluss «verbrennt» Wasserstoff H nur noch in der äussersten Schale. Der Radius der Hülle beträgt in diesem Stadium den fünffachen Abstand der Erde zur Sonne.



gebung aus, um falsche Signale zu erzeugen. Entsprechend aufwändig ist die Analyse der Daten, um echte Signale von Störfaktoren zu unterscheiden.

Aber am 17. August 2017 war es wieder einmal so weit. Wieder einmal deswegen, weil die ersten Gravitationswellen der Geschichte ja schon zwei Jahre vorher registriert worden waren, wofür drei Wissenschaftler im Dezember 2017 den Nobelpreis für Physik empfangen durften. Was das neue Ereignis so speziell machte, war die Tatsache, dass es an einer Vielzahl von Observatorien beobachtet werden konnte. Sehr schnell fanden die optischen Sternwarten im Sternbild Wasserschlange, in der Galaxie NGC 4993, 130 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt, einen schwachen Lichtpunkt. Ein Objekt war mit brutalster Gewalt explodiert. Und die Astronomen konnten zuschauen! Das ist besonders deshalb wichtig, weil nun auch mit den optischen Teleskopen das Licht des Strahlungsausbruchs analysiert werden konnte. Und da waren sie, die Spektrallinien der höheren Elemente im Periodensystem.

Was war geschehen? Heute ist klar, vor 130 Millionen Jahren fand in NGC 4993 eine Kollision von zwei Neutronensternen statt. Das Ganze begann aber eigentlich schon vor Milliarden von Jahren, als zwei massereiche Sterne in einem Doppelsystem unabhängig voneinander in Supernova-Ereignissen explodierten. Die dabei entstandenen Neutronensterne umkreisten sich während rund acht Milliarden Jahren und näherten sich dabei langsam an. Bis sie sich zu nahekamen. Jetzt, wenige Minuten vor dem Crash, steigerten sie ihre Geschwindigkeit enorm schnell auf gegen 20 % der Lichtgeschwindigkeit. Schnell genug, um beim Zusammenprall den von EINSTEIN vorausgesagten Effekt auszulösen. Das Weltall erzitterte und Gravitationswellen mit genügender Stärke schossen mit Lichtgeschwindigkeit durchs All. 130 Millionen Jahre später erreichten sie die Erde und verkündeten die Geburt eines neuen Schwarzen Lochs.

Die 100 Jahre alten Theorien von ALBERT EINSTEIN hatten sich einmal mehr glanzvoll als richtig erwiesen und damit sein Weltbild erneut bestätigt. GW170817, das Gravitationswellenereignis vom 17. August 2017 (Jahr, Monat, Tag), bewies aber

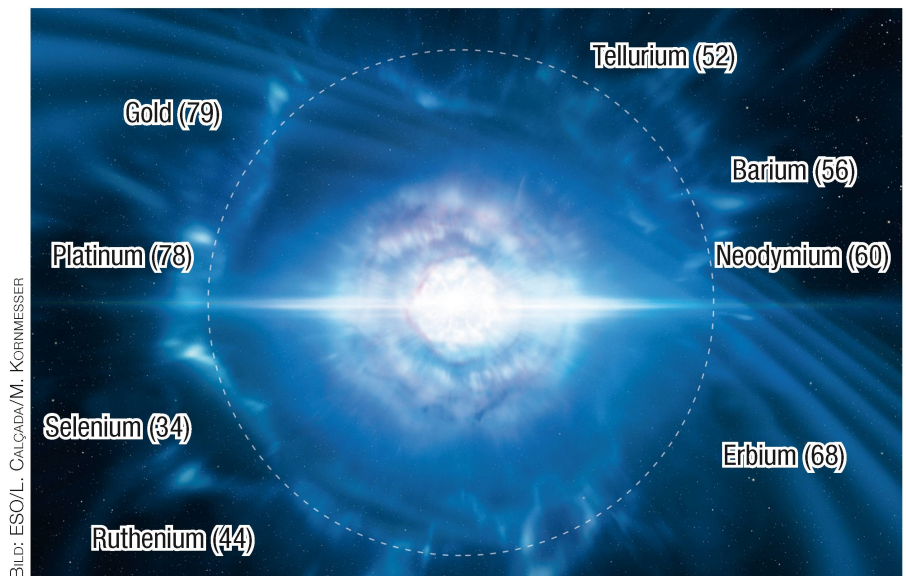


BILD: ESO/L. CALÇADA/M. KORNMESSER

Abbildung 6: Das Verschmelzen von zwei Neutronensternen produziert durch radioaktive Zerfallsprozesse eine grosse Zahl neuer Elemente. Einige davon sind in dieser künstlerischen Darstellung einer Kilonova mit ihren Nummern im Periodensystem eingetragen.

auch, dass die Teilchen der verschmelzenden Neutronensterne zahllose radioaktive Zerfallsprozesse auslösen. Die freiwerdende Energie dieser Kernreaktionen lassen den kosmischen Unfallort in einer Kilonova aufleuchten. Im Trümmerfeld der Strahlung entstehen aber unter vielen anderen chemischen Elementen auch die von uns so geschätzten Edelmetalle Gold und Platin.

Wenn Sie, liebe Leserin, lieber Leser, also beim Zahnarzt einen Goldzahn eingesetzt erhalten sollten, so denken Sie bitte an die Herkunft des Materials in ihrem Mund. Ihr Zahnersatz war mal Teil einer Verschmelzung zweier Massemonster im All. Vielleicht löst diese Vorstellung in Ihnen auch ein kleines Beben aus. Für LIGO wäre das nur eine Störquelle. Für uns ist es aber das Resultat einer tiefen, neuen Erkenntnis. ■

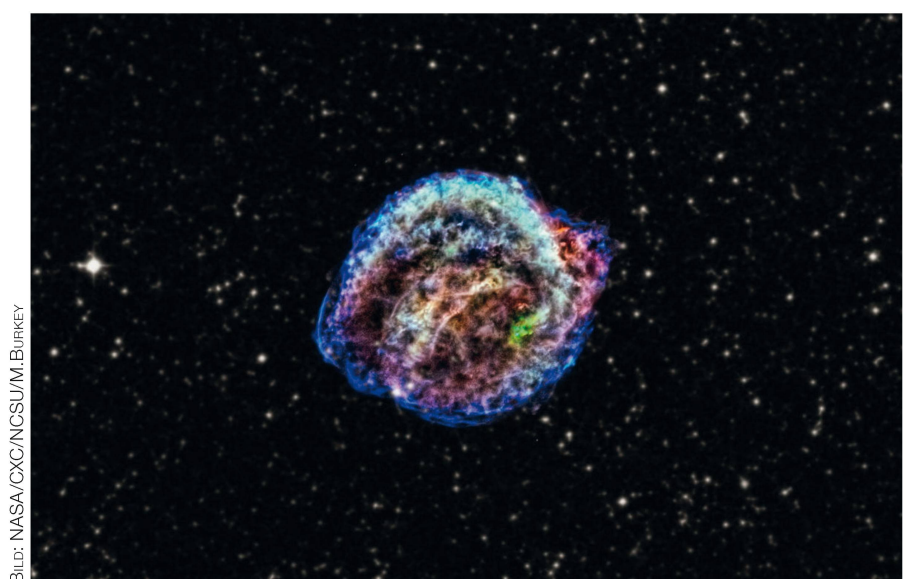


BILD: NASA/CXC/NCSU/M. BURKEY

Abbildung 7: Die Überreste von «KEPLERS Supernova». Neben vielen anderen Himmelsbeobachtern fiel auch JOHANNES KEPLER am 9. Oktober 1604 ein «neuer Stern» im Westen auf. Es handelt sich um die letzte bekannte Supernova in unserer eigenen Galaxis.



# Astrokalender Februar 2018

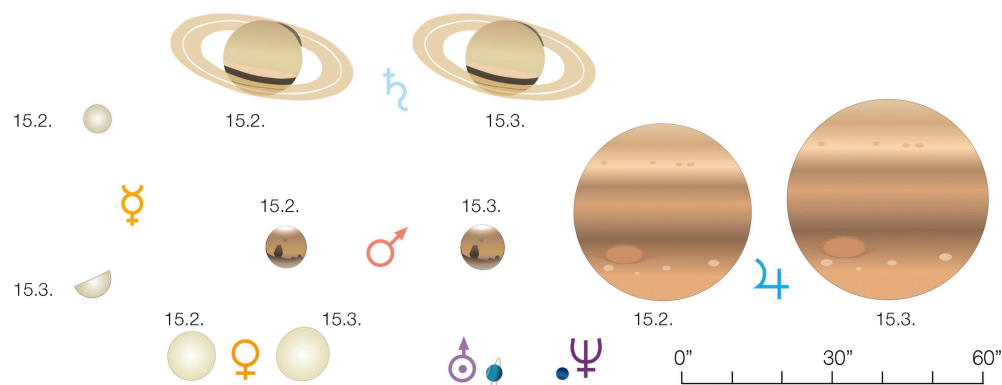
Himmel günstig für Deep-Sky-Beobachtungen  
vom 3. bis 16. Februar 2018

Datum	Zeit				Ereignis
1. Do	03:30 MEZ 04:15 MEZ 07:00 MEZ 07:15 MEZ 07:15 MEZ	• • • • •	• • • • •	• • • • •	<b>Jupiter</b> ( $-2.0^{\text{mag}}$ ) im Südosten <b>Mars</b> ( $+1.2^{\text{mag}}$ ) im Südosten Mond: $8\frac{1}{2}^{\circ}$ westlich von Regulus ( $\alpha$ Leonis) <b>Mars</b> ( $+1.2^{\text{mag}}$ ) geht $22'$ südlich an $\beta$ Scorpii ( $+2.9^{\text{mag}}$ ) vorbei <b>Saturn</b> ( $+0.6^{\text{mag}}$ ) im Südosten
2. Fr	07:00 MEZ	•	•	•	Mond: $6\frac{1}{2}^{\circ}$ östlich von Regulus ( $\alpha$ Leonis)
5. Mo	06:00 MEZ	•	•	•	Mond: $8\frac{1}{2}^{\circ}$ nordwestlich von Spica ( $\alpha$ Virginis)
6. Di	06:00 MEZ	•	•	•	Mond: $9\frac{1}{2}^{\circ}$ östlich von Spica ( $\alpha$ Virginis)
7. Mi	06:00 MEZ 16:54 MEZ	• •	• •	• •	Mond: $9^{\circ}$ nordwestlich von <b>Jupiter</b> ( $-2.0^{\text{mag}}$ ) ● Letztes Viertel, Waage
8. Do	04:19 MEZ 05:24 MEZ 06:00 MEZ	• • •	• • •	• • •	Mond: Sternbedeckung $\gamma$ Librae ( $+4.0^{\text{mag}}$ ) Mond: Sternbedeckungsende $\gamma$ Librae ( $+4.0^{\text{mag}}$ ) Mond: $5^{\circ}$ nordöstlich von <b>Jupiter</b> ( $-2.0^{\text{mag}}$ )
9. Fr	06:30 MEZ	•	•	•	Mond: $3\frac{1}{2}^{\circ}$ nördlich von <b>Mars</b> ( $+1.2^{\text{mag}}$ ) und $9^{\circ}$ nördlich von Antares ( $\alpha$ Scorpii)
10. Sa	07:15 MEZ	•	•	•	<b>Mars</b> ( $+1.1^{\text{mag}}$ ) geht $5^{\circ}$ nördlich von Antares ( $\alpha$ Scorpii) vorbei
11. So	06:30 MEZ 07:00 MEZ	• •	• •	• •	Mond: $4\frac{1}{2}^{\circ}$ nordwestlich von <b>Saturn</b> ( $+0.6^{\text{mag}}$ ) <b>Mars</b> ( $+1.1^{\text{mag}}$ ) geht $17'$ nördlich an $\omega$ Ophiuchii ( $+4.6^{\text{mag}}$ ) vorbei
12. Mo	07:00 MEZ	•	•	•	Mond: $8^{\circ}$ östlich von <b>Saturn</b> ( $+0.6^{\text{mag}}$ )
15. Do	19:55 MEZ 22:05 MEZ	• •	• •	• •	<b>Partielle Sonnenfinsternis in Südamerika</b> (Bericht Seite 32) ● Neumond, Wassermann
17. Sa	18:15 MEZ	•	•	•	Mond: Schmale Sichel, $44\frac{1}{4}$ h nach ●, $12^{\circ}$ ü. H.
22. Do	22:00 MEZ	•	•	•	Mond: $10^{\circ}$ südlich der Plejaden
23. Fr	09:09 MEZ 17:52 MEZ 18:46 MEZ 20:00 MEZ	• • • •	• • • •	• • • •	☾ Erstes Viertel, Walfisch Mond: Sternbedeckung Aldebaran ( $\alpha$ Tauri) Mond: Sternbedeckungsende Aldebaran ( $\alpha$ Tauri) Mond: $1^{\circ}$ östlich von Aldebaran ( $\alpha$ Tauri)
24. Sa	01:13 MEZ 21:39 MEZ 23:37 MEZ 23:21 MEZ	• • • •	• • • •	• • • •	Mond: Sternbedeckung SAO 94158 ( $+7.2^{\text{mag}}$ ) Mond: Sternbedeckung SAO 94793 ( $+6.7^{\text{mag}}$ ) Mond: Sternbedeckung SAO 94814 ( $+7.5^{\text{mag}}$ ) Mond: Sternbedeckung SAO 94830 ( $+6.9^{\text{mag}}$ )
25. So	19:43 MEZ	•	•	•	Mond: «Goldener Henkel» am Mond sichtbar

Datum	Zeit				Ereignis
1. Do	01:45 MEZ 04:30 MEZ 05:30 MEZ 18:30 MEZ 18:30 MEZ	• • • • •	• • • • •	• • • • •	<b>Jupiter</b> ( $-2.1^{\text{mag}}$ ) im Südosten <b>Mars</b> ( $+0.8^{\text{mag}}$ ) im Südosten <b>Saturn</b> ( $+0.6^{\text{mag}}$ ) im Südsüdosten <b>Venus</b> ( $-3.9^{\text{mag}}$ ) im Westsüdwesten <b>Merkur</b> ( $-1.2^{\text{mag}}$ ) im Westen
2. Fr	01:51 MEZ	•	•	•	☾ Vollmond, Löwe (Dm. $32' 53''$ )
4. So	18:45 MEZ	•	•	•	<b>Merkur</b> ( $-1.2^{\text{mag}}$ ) im Westen
7. Mi	05:00 MEZ 18:45 MEZ	• •	• •	• •	Mond: $4^{\circ}$ nordwestlich von <b>Jupiter</b> ( $-2.1^{\text{mag}}$ ) <b>Merkur</b> ( $-1.0^{\text{mag}}$ ) im Westen
8. Do	05:00 MEZ	•	•	•	Mond: $10\frac{1}{2}^{\circ}$ östlich von <b>Jupiter</b> ( $-2.1^{\text{mag}}$ )
9. Fr	12:20 MEZ 19:00 MEZ	• •	• •	• •	● Letztes Viertel, Jungfrau <b>Merkur</b> ( $-0.9^{\text{mag}}$ ) im Südosten
10. Sa	05:00 MEZ	•	•	•	Mond: $3\frac{1}{2}^{\circ}$ nordöstlich von <b>Mars</b> ( $+0.8^{\text{mag}}$ )
11. So	05:30 MEZ 19:00 MEZ	• •	• •	• •	Mond: $2^{\circ}$ nordöstlich von <b>Saturn</b> ( $+0.6^{\text{mag}}$ ) <b>Merkur</b> ( $-0.7^{\text{mag}}$ ) im Westen
14. Mi	19:00 MEZ	•	•	•	<b>Merkur</b> ( $-0.4^{\text{mag}}$ ) im Westen
16. Fr	19:00 MEZ 19:45 MEZ	• •	• •	• •	<b>Merkur</b> ( $-0.0^{\text{mag}}$ ) im Westen <b>Merkur</b> ( $-0.0^{\text{mag}}$ ) geht $12'$ nördlich an $\alpha$ Piscium ( $+4.5^{\text{mag}}$ ) vorbei
17. Sa	14:12 MEZ 19:00 MEZ	• •	• •	• •	● Neumond, Fische <b>Merkur</b> ( $+0.2^{\text{mag}}$ ) geht $4^{\circ}$ nördlich an <b>Venus</b> ( $-3.9^{\text{mag}}$ ) vorbei
18. So	19:00 MEZ	•	•	•	<b>Merkur</b> ( $+0.4^{\text{mag}}$ ) im Westen
20. Di	17:15 MEZ 21:27 MEZ	• •	• •	• •	<b>Astronomischer Frühlingsanfang</b> (Tagundnachtgleiche) Mond: Sternbedeckung SAO 128806 ( $+6.8^{\text{mag}}$ )
21. Mi	19:15 MEZ	•	•	•	<b>Merkur</b> ( $+1.4^{\text{mag}}$ ) im Westen
22. Do	21:32 MEZ 22:00 MEZ	• •	• •	• •	Mond: Sternbedeckung 75 Tauri ( $+5.3^{\text{mag}}$ ) Mond: $1\frac{1}{2}^{\circ}$ westlich von Aldebaran ( $\alpha$ Tauri)
23. Fr	19:40 MEZ 23:49 MEZ	• •	• •	• •	Mond: Sternbedeckung SAO 94510 ( $+7.5^{\text{mag}}$ ) Mond: Sternbedeckung 119 Tauri ( $+4.7^{\text{mag}}$ )
24. Sa	16:35 MEZ	•	•	•	☾ Erstes Viertel, Zwillinge
25. So	20:15 MEZ	•	•	•	<b>Merkur</b> ( $+2.5^{\text{mag}}$ ) im Westen
28. Mi	21:30 MEZ	•	•	•	Mond: $3\frac{1}{2}^{\circ}$ östlich von Regulus ( $\alpha$ Leonis)
31. Sa	14:37 MEZ	•	•	•	☾ Ostervollmond, Jungfrau

# Astrokalender März 2018

Himmel günstig für Deep-Sky-Beobachtungen  
vom 5. bis 18. März 2018





# Merkur als «Senkrechtstarter»

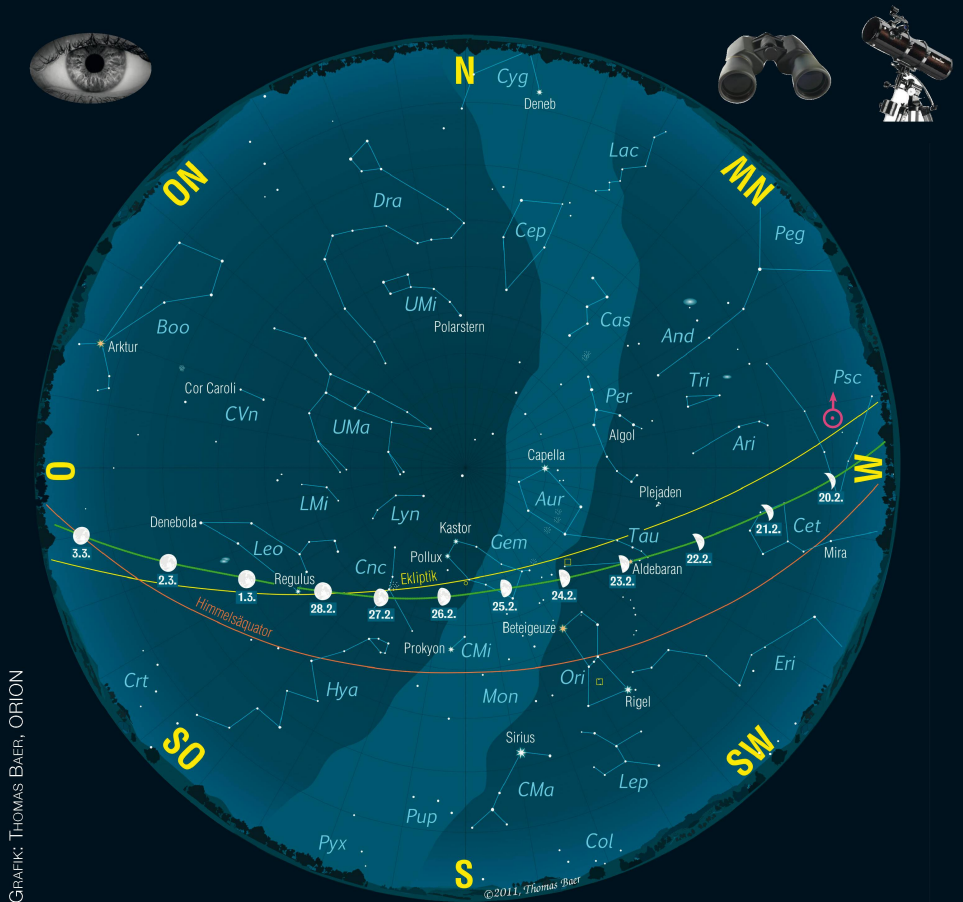
Die abendliche Durststrecke, was die Planetensichtbarkeit anbelangt, ist zu Ende. Venus und Merkur betreten nun die Himmelsbühne und erfreuen uns mit ihrem Auftritt am Westhorizont.

■ Von Thomas Baer

Die planetenlose Phase abends geht im letzten Februardrittel zu Ende. Venus und Merkur tauchen fast gleichzeitig über dem westsüdwestlichen Horizont in der Dämmerung auf. Der sonnennächste Planet legt dabei förmlich einen Senkrechtstart hin, wenn man seinen steilen Aufstieg in Abbildung 1 aus verfolgt. Diesem Umstand ist es zu verdanken, dass wir den flinken Planeten bei flachem Horizont bereits ab dem 26. Februar  $3\frac{3}{4}^\circ$  unterhalb der hellen Venus entdecken können. Am 3. März stehen die beiden Gestirne nur gut  $1^\circ$  getrennt fast auf selber Höhe. Mit  $-1.2^{\text{mag}}$  scheinbarer Helligkeit erscheint uns Merkur ausgesprochen hell und wird gegen 18:30 Uhr MEZ mühelos von bloßem Auge zu sehen sein!

## Mondlauf im Februar 2018

Zu Monatsbeginn ist der Mond noch fast voll. Wenn er am 1. Februar kurz vor 19:00 Uhr MEZ aufgeht, steht er weniger als  $8'$  nordöstlich von Regulus im Löwen! In den folgenden Tagen durchschreitet er langsam abnehmend die Sternbilder Jungfrau und Waage, wo wir am 7. das Letzte Viertel verzeichnen. Tags darauf wird von 04:19 Uhr MEZ bis 05:24 Uhr MEZ der  $+4.0^{\text{mag}}$  helle Doppelstern  $\gamma$  Librae bedeckt. Mit dem Neumond am 15. ereignet sich im südlichen Bereich von Lateinamerika die erste von drei partiellen Sonnenfinsternissen. Bei klarem Wetter können wir schon am 16. abends gegen 18:00 Uhr MEZ die hauchdünne zwanzig Stunden junge Mondsichel erspähen. Am 23. Februar bedeckt der Halbmond für 16 Jahre letztmals Aldebaran. Der Februar 2018 hat keinen Vollmond! ■



GRAFIK: THOMAS BAER, ORION

## Der Sternenhimmel im Februar 2018

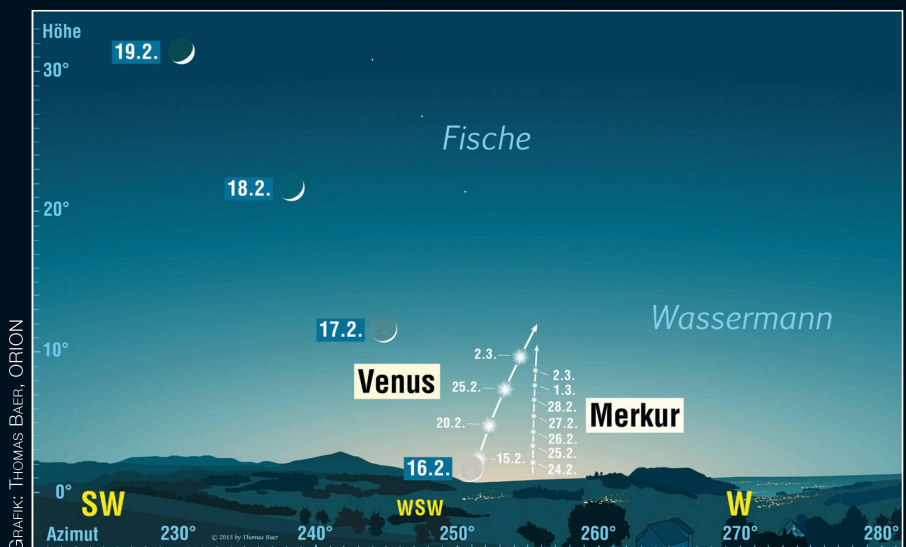
1. Februar 2018, 23 h MEZ  
16. Februar 2018, 22 h MEZ  
1. März 2018, 21 h MEZ

### Sterngrößen

-1 0 1 2 3 4 5  
★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

### Deep Sky Objekte

☼ Offener Sternhaufen  
● Kugelsternhaufen  
□ Nebel  
☄ Galaxie  
○ Planetarischer Nebel



GRAFIK: THOMAS BAER, ORION

Abbildung 1: Ende Februar 2018 treten Venus und Merkur fast im Gleichschritt aus dem hellen Bereich der Abenddämmerung heraus. Wir sehen hier die Situation gegen 18:15 Uhr MEZ dargestellt. Am 16. Februar kann bei sehr klarem Himmel die hauchdünne Mondsichel nur gut  $1^\circ$  südlich von Venus gesehen werden.



# Die grosse Show von Venus und Merkur

Der Monat März steht ganz im Zeichen der beiden unteren Planeten Merkur und Venus. Über dem Westhorizont bieten sie ein spannendes Wettrennen. Gleich zu Monatsbeginn kommt es zur Konjunktion.

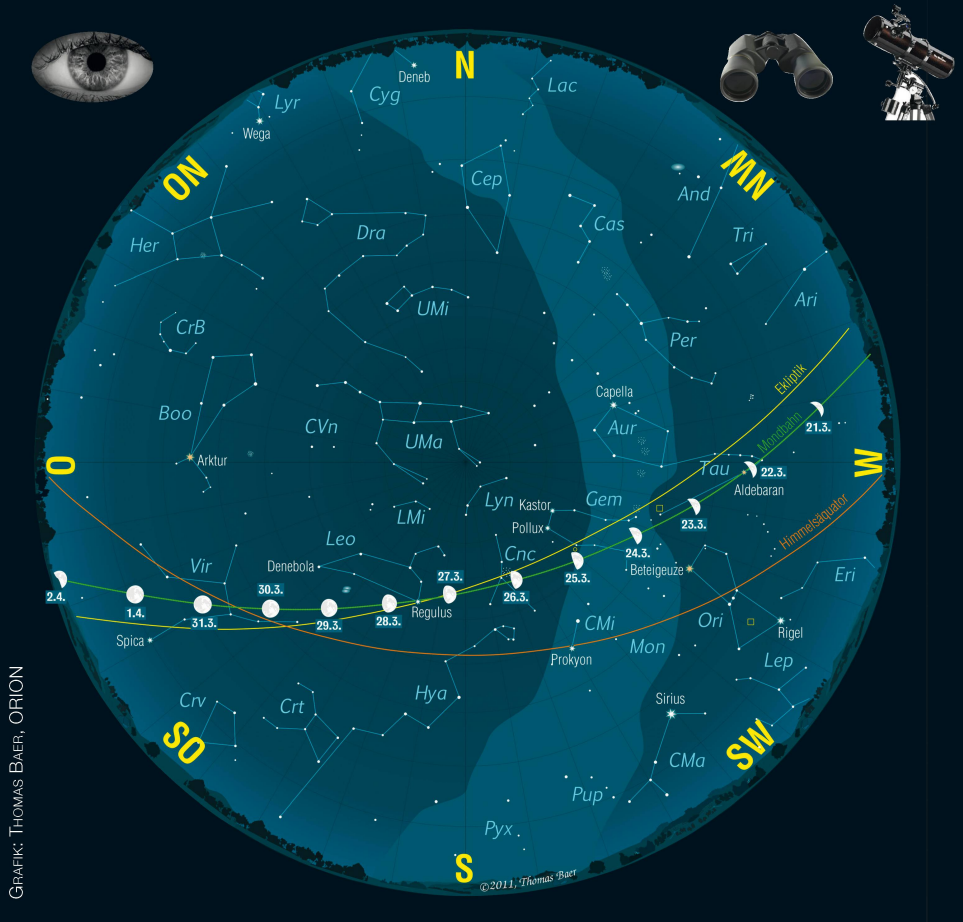
■ Von Thomas Baer

Merkur setzt seinen fulminanten Auftritt am Abendhimmel im März fort und stiehlt seiner helleren Konkurrentin fast die Show, würde seine scheinbare Helligkeit im Laufe des Monats nicht von anfänglich  $-1.2^{\text{mag}}$  langsam aber stetig zurückgehen. Allerdings ist die Helligkeitsabnahme gemächlich. Noch bis zur Monatsmitte erscheint uns der Götterbote heller als 0. Grösse. Erst ab dem 20. März wird er rasch lichtschwächer, während Venus täglich höher in den Abendhimmel steigt. Am 17. kommt es gleich nochmals zu einem Aufeinandertreffen der beiden Gestirne. Jetzt eilt Merkur  $4^\circ$  nördlich an Venus vorbei, um fortan wieder Kurs auf die Sonne zu nehmen.

## Mondlauf im März 2018

Der vom Februar «gestohlene» Vollmond fällt auf den 2. März im Sternbild des Löwen. Der Erdtrabant folgt der Ekliptik und kommt am Morgen des 7. rund  $4^\circ$  nordwestlich von Jupiter zu stehen. Zwei Tage danach haben wir das Letzte Viertel erreicht. Am 10. zieht die grosse abnehmende Mondsichel  $3\frac{1}{2}^\circ$  nordöstlich an Mars vorüber, einen Tag später kommt es zu einer noch engeren Begegnung mit dem Ringplaneten Saturn.

Neumond haben wir am 17. Wie schon im Februar können wir bereits am Folgeabend die hauchdünne Mondsichel gegen 18:45 Uhr MEZ in der Abenddämmerung sehen. Das Erste Viertel notieren wir am 24. März, den bereits zweiten Vollmond im selben Monat am 31. Der sogenannte «Blumond» ist gleichzeitig der Frühlingsvollmond und damit der Ostervollmond. ■



## Der Sternenhimmel im März 2018

1. März 2018, 23 h MEZ  
16. März 2018, 22 h MEZ  
1. April 2018, 22 h MESZ

### Sterngrössen

-1 0 1 2 3 4 5  
★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

### Deep Sky Objekte

☉ Offener Sternhaufen  
☼ Kugelsternhaufen  
☐ Nebel  
☾ Galaxie  
○ Planetarischer Nebel

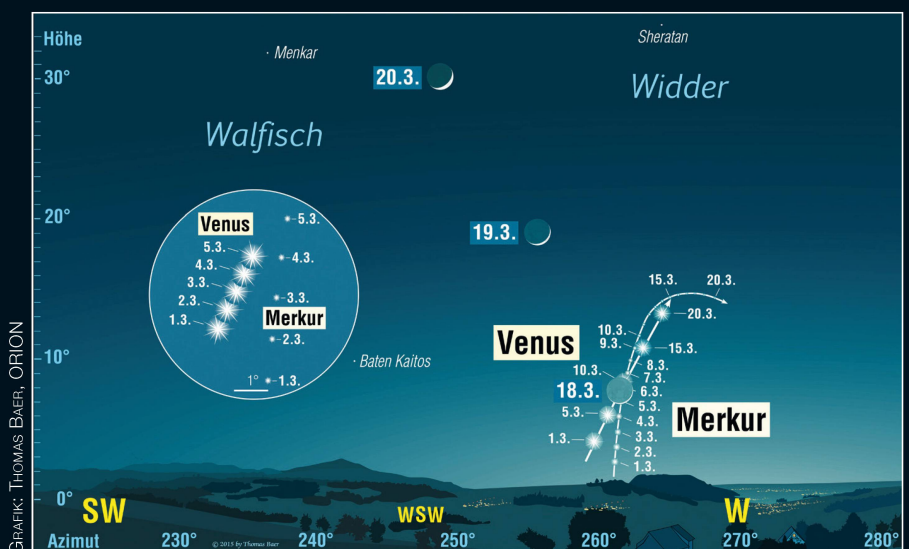


Abbildung 1: Wenn wir am Abend des 18. März 2018 gegen 18:45 Uhr MEZ gegen Westen schauen, entdecken wir die schlanke zunehmende Mondsichel. Oberhalb strahlt Venus, schräg rechts über ihr  $+0.4^{\text{mag}}$  hell Merkur, der während des ganzen Monats nach Sonnenuntergang beobachtet werden kann.



## Jupiter und Mars am Morgenhimmel

## Mars und «Gegenmars»

■ Von Thomas Baer



Mars legt in den beiden Berichtmonaten kräftig an Helligkeit zu. Im Februar können wir ihn nördlich an Antares vorbeiwandern sehen. Im März finden wir ihn bereits im Schlangenträger. Jupiter zieht seine Bahn vor dem Sternbild der Waage.

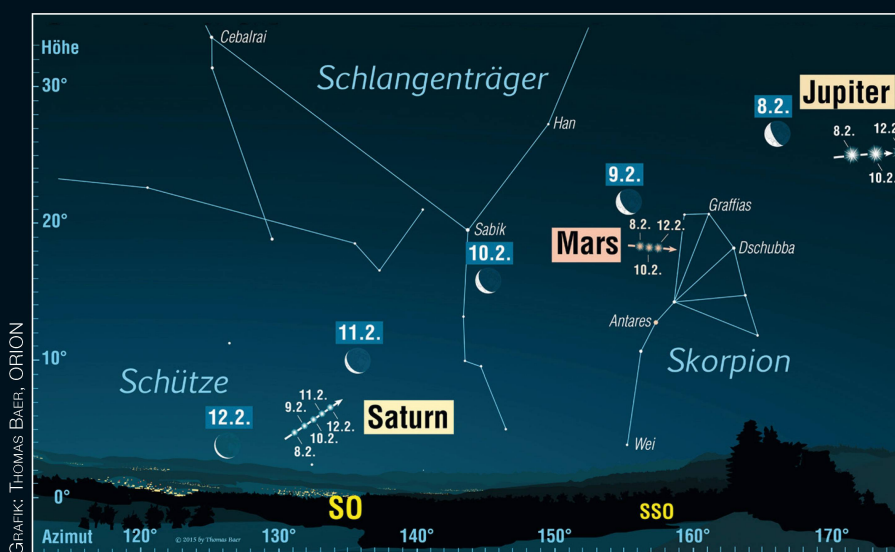


Abbildung 1: Anblick des Morgenhimmels gegen 06:00 Uhr MEZ vom 8. bis 12. Februar 2018. Jupiter, Mars und Saturn bilden das auffällige Trio vor Beginn der Morgendämmerung.

Mars können wir unschwer wegen seiner deutlich orangen Färbung und seinen mittlereweile  $+1.17^{\text{mag}}$  scheinbarer Helligkeit erkennen. Doch Anfang Februar 2018 strahlt morgens gegen 06:00 Uhr MEZ im Südsüdosten noch ein zweites Objekt fast identisch hell und ebenfalls leicht rot verfärbt schräg links unterhalb unseres äusseren Nachbarplaneten. Es handelt sich um Antares im Skorpion, einen roten Überriesen, dessen Leuchtkraft diejenige der Sonne um das 10'000-fache übertrifft. Da seine Temperatur an der «Oberfläche» jedoch nur  $3'400^{\circ}$  Kelvin beträgt, erscheint uns der Stern orangerot.

Der Name «Antares» setzt sich aus den beiden Teilen  $\alpha\tau\iota$  (antí), zu deutsch «gegen», und  $\alpha\eta\varsigma$  (Ares) zusammen. Im antiken Griechenland symbolisierte Gott ARES den

schrecklichen Krieg, das Blutbad und Massaker. Die Römer nannten ihren Kriegsgott MARS. Da beide Gestirne farblich und in der Regel auch betreffend ihrer Helligkeit am Himmel kaum voneinander zu unterscheiden sind, nannte man den Alphastern im Skorpion eben «Antares», wörtlich übersetzt «Gegenmars».

An eben diesem Stern wandert Mars vom 8. bis 14. Februar in gut  $5^{\circ}$  nördlichem Abstand vorbei. Besonders fotogen zeigt sich der Anblick am Morgen des 9., wenn die abnehmende Mondsichel  $3\frac{1}{2}^{\circ}$  direkt über dem roten Planeten zu stehen kommt. Am 11. schrammt Mars nur  $17'$  nördlich am  $\omega$  Ophiuchi ( $+4.6^{\text{mag}}$ ) vorbei. Tags darauf trennen Mars und Antares  $5^{\circ} 05' 21''$ , dies entspricht etwa zehn Vollmonddurchmessern (vgl. dazu Abbildung 1).

## Rasche Wanderschaft

Wer die Planetenkonstellation am Morgenhimmel über einige Tage oder Wochen hinweg verfolgt, stellt unschwer fest, wie rasch sich Mars rechtläufig durch die Sternbilder Skorpion und Schlangenträger in Richtung Schütze bewegt. Dabei folgt er ziemlich exakt der Ekliptik, denn seine Bahn ist bloss  $1.850^{\circ}$  gegen die Ekliptikebene geneigt. Am 16. März passiert er den absteigenden Knoten. Besonders gut kann man die Wanderschaft von Mars an Antares beobachten. Steht er gleich Anfang Februar noch  $8\frac{1}{2}^{\circ}$  nordwestlich von diesem, hat er ihn einen Monat später schon um  $11\frac{1}{2}^{\circ}$  hinter sich gelassen.

In derselben Zeit nimmt auch die visuelle Helligkeit von anfänglich  $+1.17^{\text{mag}}$  (im Februar) über  $+0.8^{\text{mag}}$  (am 1. März) auf  $+0.29^{\text{mag}}$  am 31. März zu. Die Erklärung für diesen Helligkeitsanstieg liegt auf der Hand. Die Erde nähert sich Mars kontinuierlich. Trennen die beiden Gestirne am 1. Februar noch 1.671 Astronomische Einheiten [AE], sind es am 31. März nur noch 1.115 AE. Dies macht sich auch beim Blick durch ein Fernrohr bemerkbar. So erscheint uns das Marsscheibchen anfänglich  $5.6''$  gross, nimmt aber stetig zu und wächst bis Ende März auf über  $8''$ . Ein grösseres Planetenscheibchen bedeutet automatisch eine grössere Helligkeit.

## Jupiter nimmt Anlauf zur Opposition

Von den drei Morgenplaneten ist Jupiter mit seinen  $-2.4^{\text{mag}}$  mit Abstand der hellste. Im Februar bewegt er sich verlangsamt noch etwas rechtläufig im Sternbild der Waage, kommt aber bereits am 9. März zum Stillstand, ehe er sich danach rückläufig wieder in Richtung Doppelstern Zubenelgenubi zubewegt.

Diese Schleifenbewegungen, welche den Planeten ihren Namen als «Wanderer» einbrachte, wurde in der Antike wenig verstanden. In der Tat handelt es sich um ein rein geometrisches und nicht «mechanisches» Problem, wie sich erst sehr viel später herausstellen sollte. In der Antike muss man besonders einen Namen hervorheben, jenen von CLAUDIUS PTOLEMÄUS. Er trug in seinem Werk, dem *Almagest*, wertvolle Daten zu den Planetenbewegungen



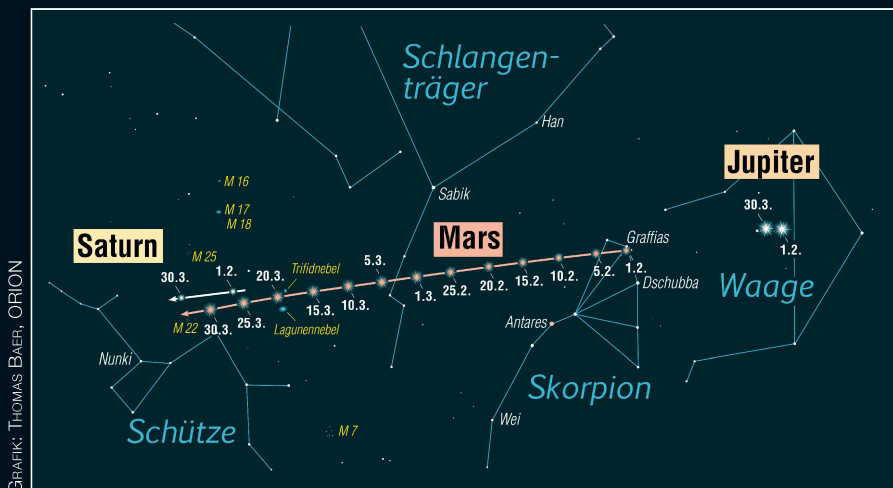


Abbildung 2: Die Bahn des Planeten Mars vom 1. Februar bis 1. April 2018 vor den Sternbildern Skorpion, Schlangenträger und Schütze.

zusammen, mit denen ganze Wissenschaftsgenerationen im arabischen Raum und in Europa arbeiteten. Die Grundlage für PTOLEMÄUS waren die epizyklischen Bewegungen der Planeten. Nach dieser Theorie wanderten diese nicht bloss einmal täglich um die Erde – für PTOLEMÄUS stand ja unsere Erde im Zentrum – sondern bewegten sich auf einem zusätzlichen kleineren Kreis, den er *epíkyklos* nannte, was übersetzt etwa soviel heisst wie «Neben- oder Aufkreis». Der Mittelpunkt dieses Kreises folgte wiederum der Bahn eines grösseren Kreises, *Deferent* genannt.

Da die Epizyklen nahezu parallel in der Ekliptikebene lagen und die Erde im Mittelpunkt des Deferenten stand, konnte PTOLEMÄUS die recht- und rückläufigen Bewegungen der Planeten nicht bloss nur gut erklären, sondern mit ansprechender Genauigkeit berechnen. Die Planetenschleifen hatten ihre Erklärung, allerdings eine falsche, gefunden. Dennoch konnte die Epizykelttheorie bei genauerem Beobachten nicht ganz erhalten. Auch Ptolemäus erkannte das Problem und verband seine Vorstellung mit der Exzentertheorie von HIPPARCH, bei der die Erde versetzt vom Deferenten lag.

Später konnte NIKOLAUS KOPERNIKUS zeigen, dass sich PTOLEMÄUS Erklärungen auch im heliozentrischen Weltbild unter Verwendung von wesentlich weniger Epizyklen darstellen liess. Erst JOHANNES KEPLER lieferte die richtige Erklärung, indem er die Planeten auf Ellipsenbahnen mit variierenden Bahngeschwindigkeiten laufen liess, in deren einen Brennpunkt die Sonne steht.

Somit ist die Rückkehrbewegung Jupiters, die am 9. März eingeleitet wird, ein rein optisches Phänomen. Ab jetzt beginnt nämlich die schnellere Erde den langsameren Jupiter auf ihrer Innenbahn zu überholen. Der Sichtstrahl, der die Erde mit dem Riesenplaneten verbindet, scheint auf einmal von Osten nach Westen, also rückläufig, über das Sternbild der Waage zu streichen. In dieser Phase erfährt auch Jupiters visuelle Helligkeit eine Zunahme von  $-2.0^{\text{mag}}$  Anfang Februar auf  $-2.4^{\text{mag}}$  Ende März.

Saturn, den wir im Sternbild des Schützen finden (vgl. Abbildung 2) ist noch bis 18. April 2018 rechtläufig unterwegs. In Abbildung 2 sind die Planetenbewegungen übrigens in Bezug auf die Sterne gezeichnet, während sämtliche Horizontdarstellungen die Positionen in Bezug auf den Horizont zeigen. Die Pfeilrichtungen ihrer Wanderschaft sind also nicht falsch gezeichnet, sondern zeigen die tägliche Verschiebung.

### Grosse Marsopposition im Juli

Schon jetzt dürfen sich die Marsbeobachter auf den kommenden Frühling und Sommer freuen. Der rote Planet steuert auf seine beste Opposition seit 2003 zu. Statt 55 Millionen km wie damals trennen uns am 27. Juli lediglich 57.6 Millionen km. Ohnehin lohnt es sich, dieses Datum in der Agenda dick anzuzeichnen, denn am selben Abend werden wir nur knapp  $6^\circ$  nördlich von Mars den total verfinsterten Vollmond beobachten können; nicht nur für Astrofotografen ein seltenes Fotosujet! Mit einer Dauer von 1 Stunde und 43 Minuten werden wir Zeugen der längsten totalen Mondfinsternis des gesamten 21. Jahrhunderts. Wenn das Wetter mitspielt, ist das lunare Schattenspiel ab Mondaufgang über dem tiefen Südosthorizont in voller Länge hierzulande beobachtbar! ■

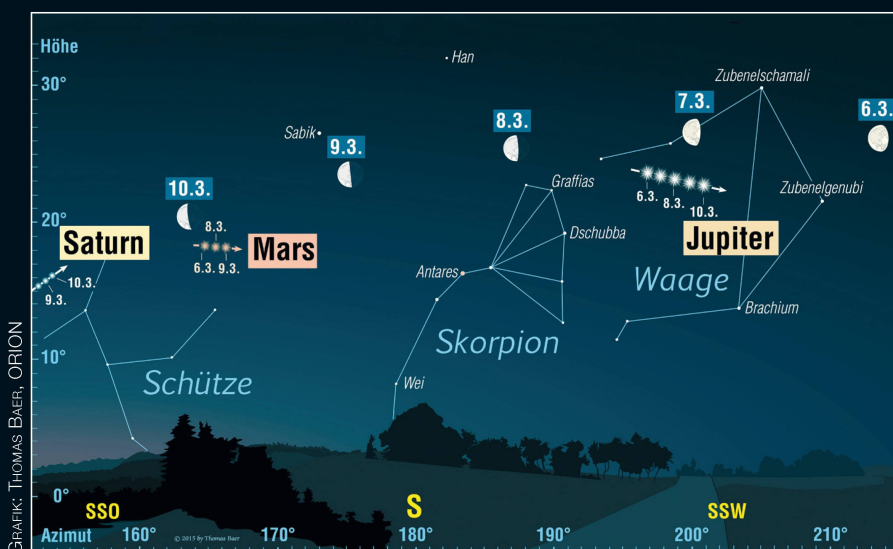


Abbildung 3: Im März hat Mars infolge seiner rechtläufigen Bewegung schon fast zu Saturn aufgeschlossen. Wir blicken gegen 06:00 Uhr MEZ nach Süden, wo das Sternbild Skorpion maximal hoch am Himmel steht. Jupiter wird am 9. März stationär und setzt zu seiner Oppositionsschleife an.



## Erste partielle Sonnenfinsternis im Süden Lateinamerikas

Im neuen Jahr ereignen sich drei partielle Sonnenfinsternisse, dies daher, weil die jahrhundertlängste totale Mondfinsternis am 27. Juli gleich von zwei Sonnenfinsternissen umgarnt wird. Auf die erste totale Mondfinsternis am letzten Januartag zieht der Neumond am 15. Februar 2018 von Europa aus betrachtet zwar etwas «unter» der Sonne durch, doch reicht es gerade noch, dass der Halbschatten des Mondes über die südliche Erdhalbkugel hinwegzieht und Teile der Antarktis sowie die südliche Spitze Lateinamerikas verdüstert. Die genaue Neumondstellung tritt erst 23 Stunden und 54 Minuten nach dem Durchgang des Mondes durch den absteigenden Knoten ein. Maximal ist die Verfinsterung um 21:51 Uhr MEZ nur von der antarktischen Küste zum Südatlantik aus zu sehen. Der Bedeckungsgrad fällt mit knapp 60 % Sonnenscheibendurchmesser eher bescheiden aus. In Chile und Argentinien ist die Finsternis in noch geringerer Phase in den späten Nachmittagsstunden oder bei Sonnenuntergang zu erleben, so etwa an der Trichtermündung des Rio de la Plata. Wer im Vorfeld nichts von der Sonnenfinsternis weiss, wird sie höchstwahrscheinlich verpassen, denn das Sonnenlicht wird nur minimal gedämpft. Diese Finsternis gehört der beginnenden Sarosreihe 150 an, welche am 24. August 1729 begann und mit der 71. Finsternis am 29. September 2991 im Nordpolargebiet enden wird. ■

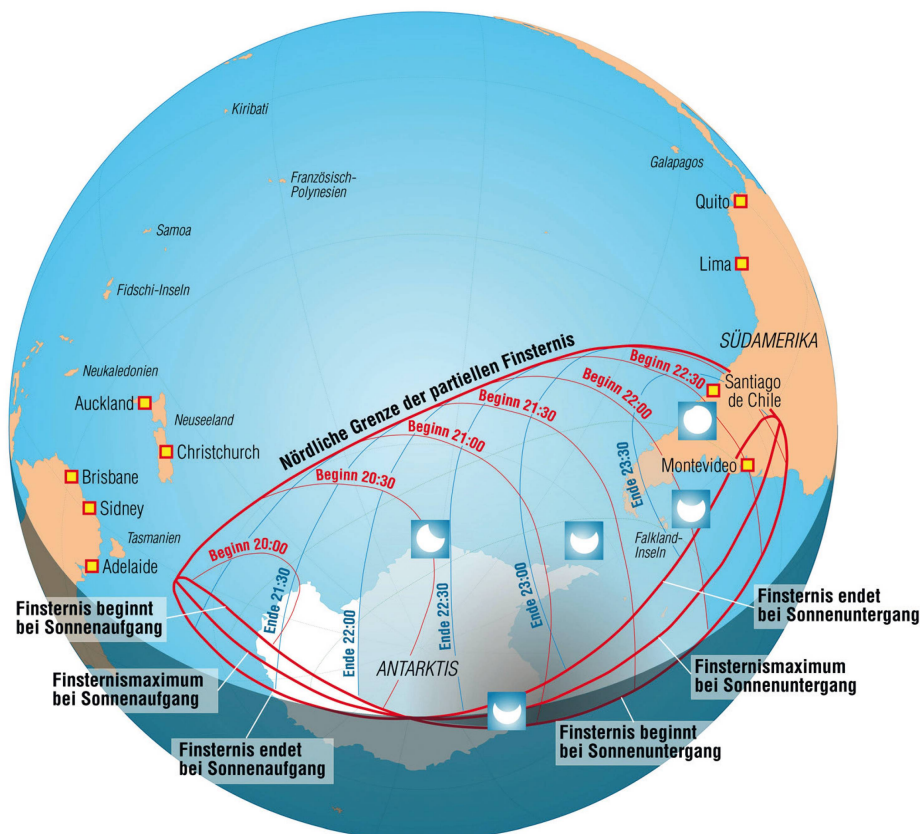


Abbildung 1: Hier sehen wir das Gebiet, in dem die partielle Sonnenfinsternis am 15. Februar 2018 zu beobachten sein wird.

## Letzte Aldebaranbedeckung durch den Mond bis Februar 2034



## Mond spielt «Blinder Stier»

■ Von Thomas Baer

*Statt «Blinde Kuh» spielt der zunehmende Halbmond in den Abendstunden des 23. Februars 2018 ein letztes Mal «Blinder Stier». Für Europa ist es die letzte Aldebaranbedeckung bis 2034.*

Am Abend des 23. Februars 2018 endet eine längere Serie von Aldebaranbedeckungen. Immer wenn sich der absteigende Mondknoten rückläufig zwischen 10° und 310° ekliptikaler Breite bewegt, erreicht die Mondbahn im Sternbild des Stiers nahezu ihre maximale südliche Auslenkung von etwas mehr als 5°. Dies ist die Schiefe der Mondbahn gegenüber der Ekliptik. Der

Mondorbit «rollt» gewissermassen über dem Stern Aldebaran ab, sprich seit Ende 2014 passierte der Erdtrabant das «Auge des Stiers» in immer engeren Abständen, ehe es am 25. Februar 2015 zu einer ersten in Nordeuropa sichtbaren Bedeckung kam. In Mitteleuropa musste man sich bis zum 29. Oktober desselben Jahres gedulden, ehe Aldebaran in den Stunden vor Mitternacht vom

abnehmenden Dreiviertelmond erfasst wurde. Seither passierte der Trabant Umlauf für Umlauf den Stern  $\alpha$  Tauri, wenngleich nicht jede Bedeckung in unseren Breitengraden zu sehen war. Am 23. Dezember 2015, am 20. Januar und 13. Dezember 2016 sowie am 5. Februar, am 28. April, 6. November und am 31. Dezember 2017 folgten weitere Bedeckungen des +0.9<sup>mag</sup> hellen Fixsterns für die Europäer. Durch das Weiterwandern des absteigenden Knotens verläuft die Mondbahn nun allmählich wieder nördlicher an Aldebaran vorbei, was sich ja bereits bei den letzten beiden Bedeckungen des Sterns dadurch manifestierte, dass ihn der südliche Mondrand nur noch knapp erfasste.

### Diesmal in der Abenddämmerung

Auch bei seiner letzten Bedeckung am Abend des 23. Februars verschwindet Aldebaran am Südrand des Mondes. Bei seinem Eintritt um 17:52.1 Uhr MEZ steht die Sonne kurz vor ihrem Untergang. Somit ist



es ratsam, für den Sterneintritt am dunklen Mondrand mindestens einen Feldstecher zur Hand zu nehmen, denn selbst wenn der Mond 57° hoch am Himmel steht, ist der Himmel noch zu stark aufgehellte, um Aldebaran zu erspähen. Um 18:46.2 Uhr MEZ ist die Sonne –8° unter die Horizontlinie gesunken, wenn  $\alpha$  Tauri wieder unvermittelt, diesmal allerdings am beleuchteten Mondrand, wieder aufblitzt (vgl. dazu Abbildung 1).

## Ein paar enge Begegnungen 2018

In diesem Jahr nähert sich der Mond noch ein paarmal dem Stern Aldebaran, so auch am Abend des 22. März kurz vor Monduntergang, am frühen Morgen des 3. und 30. Septembers sowie in den Abendstunden des 23. Novembers und am Morgen des 21. Dezembers. Wer den Kurs des Erdtrabanten über das Jahr hinweg etwas verfolgt, staunt, wie rasch sich die Mondbahn von Aldebaran entfernt.

Durch die rückläufige Wanderung der Mondknoten in der Ekliptik in 18.6 Jahren kommen so alternierend immer wieder neue Sterne innerhalb eines 10° breiten Streifens entlang der scheinbaren jährlichen Sonnenbahn in den Mondpfad zu liegen. Aldebaran, Regulus, Spica und Antares sind die einzigen hellen Sterne, die in diesem Pfad liegen.

## Ab 2024 sind die Plejaden wieder an der Reihe

Bis ins Jahr 2024 hat sich die Mondbahn soweit verschoben, dass nun der aufsteigende Mondknoten bei 10° ekliptikaler Länge angekommen ist. Nun ist die Plejadensterngruppe wieder an der Reihe. Die allererste, allerdings noch knappe Bedeckung des Siebengestirns können wir in Mitteleuropa am Morgen des 26. August 2024 erleben. Einige Male danach eilt der Erdtrabant noch knapp südlich am offenen Sternhaufen vorbei, ehe es die Plejaden am Morgen des 10. Januars 2025 kurz vor 03:00 Uhr MEZ erstmals vollständig trifft. Die Bedeckung des Siebengestirns ist mythologisch interessant, soll dieses hübsche Ereignis, so die Geschichtsforschung, das bekannte Märchen der Gebrüder GRIMM vom «Wolf und den sieben Geisslein» inspiriert haben. ■



GRAFIK: THOMAS BAER, ORION

Abbildung 1: In den Abendstunden des 23. Februars 2018 wird der Stern Aldebaran erneut bedeckt. Gegen 17:52 Uhr MEZ verschwindet der +0.9<sup>mag</sup> helle Fixstern am dunklen Mondrand. Diesen Vorgang kann man teleskopisch beobachten, denn die Sonne steht noch knapp über dem Westsüdwesthorizont. Einfacher wahrnehmbar ist der Austritt Aldebarans gegen 18:46 Uhr MEZ. Schon wenige Minuten nach Bedeckungsende kann das «Stierauge» dicht neben dem Halbmond freiläufig ausgemacht werden.

### Aldebaranbedeckung durch den Mond am 23. Februar 2018

Ort	Eintritt Positionswinkel	Austritt Positionswinkel	Dauer der Bedeckung
Basel	17:50.0 MEZ (Pw. = 118.4°)	18:45.5 MEZ (Pw. = 210.4°)	55 min 29 s
Bern	17:50.2 MEZ (Pw. = 120.6°)	18:43.7 MEZ (Pw. = 208.0°)	53 min 31 s
Bellinzona	17:54.6 MEZ (Pw. = 126.0°)	18:43.1 MEZ (Pw. = 202.7°)	48 min 30 s
Chur	17:54.8 MEZ (Pw. = 123.7°)	18:45.8 MEZ (Pw. = 205.5°)	51 min 00 s
Freiburg	17:49.7 MEZ (Pw. = 120.9°)	18:42.9 MEZ (Pw. = 207.6°)	53 min 13 s
Genf	17:48.1 MEZ (Pw. = 122.0°)	18:40.0 MEZ (Pw. = 194.6°)	51 min 54 s
Luzern	17:51.9 MEZ (Pw. = 121.3°)	18:45.0 MEZ (Pw. = 207.6°)	53 min 07 s
Neuenburg	17:49.0 MEZ (Pw. = 119.8°)	18:43.2 MEZ (Pw. = 208.7°)	54 min 12 s
St. Gallen	17:53.8 MEZ (Pw. = 121.0°)	18:47.3 MEZ (Pw. = 208.3°)	53 min 30 s
Zürich	17:52.1 MEZ (Pw. = 120.3°)	18:46.1 MEZ (Pw. = 208.7°)	54 min 02 s

Tabelle 1: Kontaktzeiten der Aldebaranbedeckung für einige Schweizer Städte.



BILD: THOMAS BAER / STERNWART E BÜLACH

Abbildung 2: Am 28. April 2017 konnte das Ende der Aldebaranbedeckung durch die abziehenden Wolken noch beobachtet werden.



Ein riesiger Medienhype um ein interessantes Himmelsobjekt

# Eine «himmlische Zigarre» sorgt für Aufregung

■ Von Markus Griesser

*«Oumuamua» hat, namentlich in der Boulevardpresse, für eine Flut von absurden Schlagzeilen gesorgt. Vom «Ufo» bis zu einem «Asteroiden ohne Funkverkehr» war wieder einmal die ganze Palette an fantastischen Titeln zu lesen. Für seriöse Astronomen dagegen ist dieser sonderbare Brocken höchst spannend, ist es doch überhaupt das erste interstellare Objekt, welches innerhalb des Sonnensystems beobachtet wurde.*

Eigentlich war diese Entdeckung schon längst erwartet worden, wissen wir doch aus vielen Einblattdrucken und Chroniken über Jahrhunderte hinweg, dass immer wieder helle Riesenkometen auf langgezogenen Bahnen ins Innere des Sonnensystems eindrangen. Mit ihrer grandiosen Lichterscheinung und riesigen Schweifen sorgten sie dann bei vielen zeitgenössischen Beobachtern für Aufregung. So beispiels-

weisen in den Jahren 1680 oder 1843. – Dass es solche Besucher aus dem interstellaren Raum auch als Asteroiden geben sollte, lag eigentlich auf der Hand. Aber eben, dass bis dahin noch keiner dieser Gäste aus den Tiefen des Universums gesichtet worden war, lag eben nicht zuletzt an ihrer äusserst mickrigen Lichtstärke.

weise in den Jahren 1680 oder 1843. – Dass es solche Besucher aus dem interstellaren Raum auch als Asteroiden geben sollte, lag eigentlich auf der Hand. Aber eben, dass bis dahin noch keiner dieser Gäste aus den Tiefen des Universums gesichtet worden war, lag eben nicht zuletzt an ihrer äusserst mickrigen Lichtstärke.

### Ein Zufallsfund von Pan-STARRS

Doch all dies ist anders seit dem 19. Oktober 2017. In dieser Nacht stolperte der roboterisiert arbeitende und extrem empfindliche Survey Pan-STARRS-1 auf Hawaii mit seinem 1.8-Meter-Spiegel und der riesigen CCD-Kamera im Laufe eines Scans über ein Objekt, das durch seine reichlich seltsame Bewegung auf eine aussergewöhnliche Bahnform schliessen liess.

Rasch entwickelte sich aufgrund der in der NEO Confirmation List des Minor Planet Centers laufend publizierten neuen Sichtungsdaten in der Minor Planet Mailing List MPML, in der sich rund 1'000 an Asteroiden interessierte und mitarbeiteten.



Bild: ESO

Abbildung 1: So mag der interstellare Eindringling, der aus Richtung des Sternes Wega in der Leier anflieg, aussehen. Der Vergleich mit einer Zigarre ist nicht so abwegig.

tende Astronomen tummeln, eine lebhafte Diskussion über das inzwischen schon wieder sehr lichtschwach gewordene Objekt. Nur noch wenige Stationen konnten wirklich konkret mit astrometrischen Messungen zur Bahnbestimmung beitragen, unter ihnen mein Freund PETER BIRTHWHISTLE, der schon seit vielen Jahren etwa 40 km südwestlich von London seine Privatsternwarte «Great Shefford» unter dem IAU Station Code J95 mit einem 40 cm-Schmidt-Cassegrain betreibt. BIRTHWHISTLE zählt mittlerweile zu den weltweite besten und erfolgreichsten Beobachtern erdnaher Asteroiden. Er konnte am 27. Oktober in einer fast zweistündigen Belichtung (!) einen vermessbaren Lichtpunkt des damals gerade noch +22.1<sup>mag</sup> «hellen» Himmelskörpers erfassen – eine unglaubliche Leistung für einen «Amateur»!

## Auch Grossteleskope im Einsatz

Doch gefordert waren vor allem die Profis. Kurzfristig kam sogar das 5-Meter-«Hale»-Telescope auf Mt. Palomar für eine spektroskopische Analyse zum Einsatz. Das vom riesigen Instrument generierte Spektrum war zwar äusserst lichtschwach, doch wurde immerhin klar, dass es sich um ein tiefrot gefärbtes Objekt handeln musste. Möglicherweise ist diese markant rote Färbung eine Folge des intensiven Beschusses der Oberfläche durch kosmische Strahlung.

## Eine 400 Meter lange «fliegende Zigarre»

Auch das Very Large Telescope (VLT) der Europäischen Südstern-

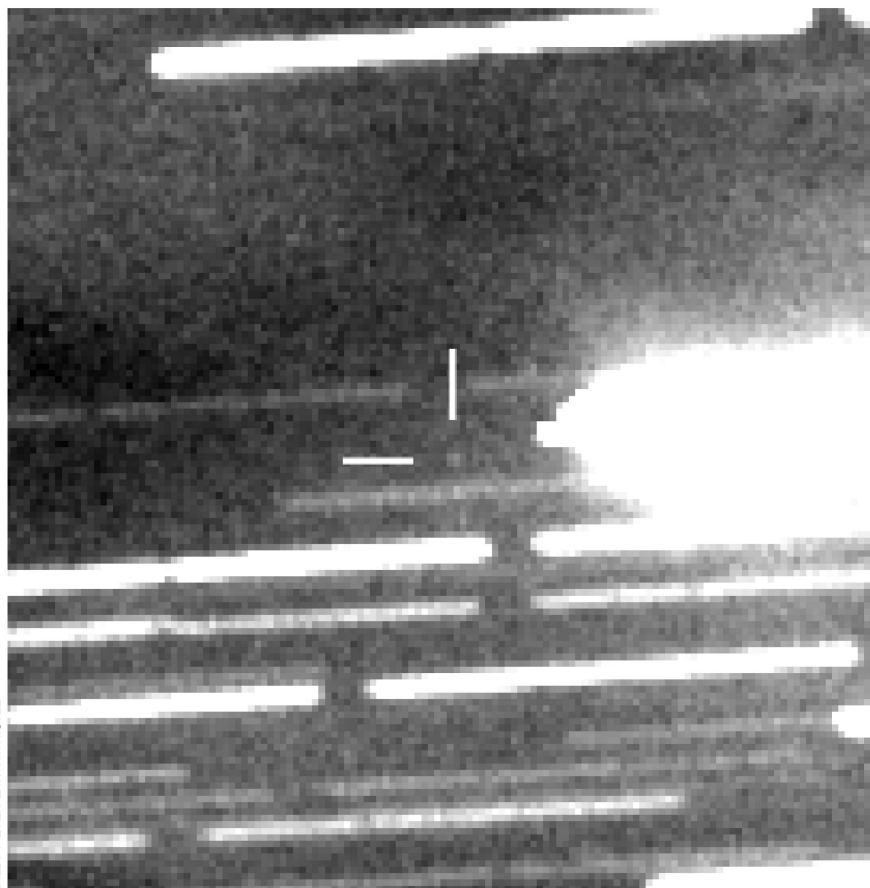
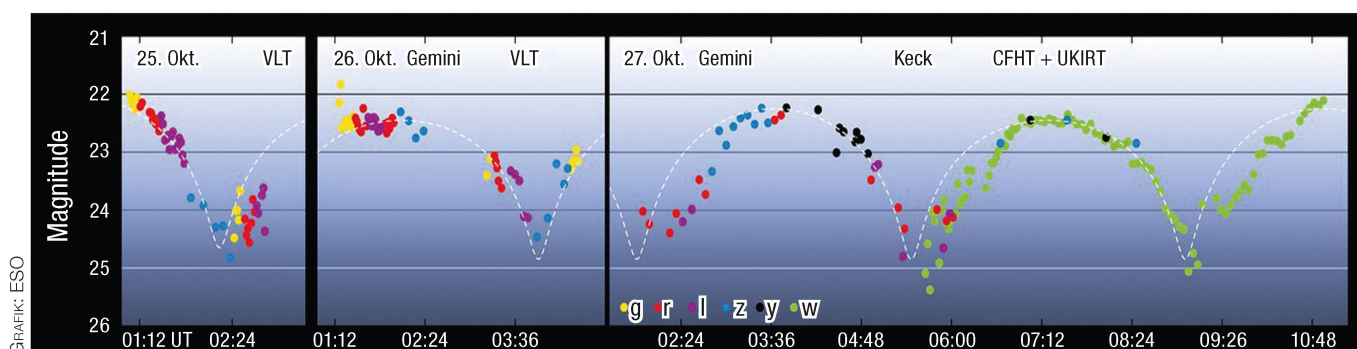


BILD: PETER BIRTHWHISTLE

Abbildung 2: Das Meisterfoto von PETER BIRTHWHISTLE aus Süd-England entstand am Abend des 27. Oktober 2017 mit einer Gesamtbelichtungszeit von 105 Minuten. Der hier gezeigte Ausschnitt ist lediglich 5' x 5' klein. Die Helligkeit lag im Aufnahmezeitpunkt bei +22.1<sup>mag</sup> im G-Band.

warte ESO wurde kurzfristig umdisponiert. Die Helligkeit des Eindringlings nahm rapide ab, weil sich das rätselhafte Objekt immer mehr von der Sonne weg und aus dem Umfeld der Erdbahn herausbewegte. Es hatte allerdings noch etliche weitere Überraschungen auf Lager. Durch eine Kombination der Bilder, die mit dem FORS-Instrument am

aufgenommen wurden, mit den Aufnahmen anderer grossen Teleskope, fand das Astronomen-Team unter der Leitung von Karen Meech vom Institute for Astronomy auf Hawaii heraus, dass sich die Helligkeit dramatisch um einen Faktor zehn ändert, da es sich in rund 7.3 Stunden um seine eigene Achse dreht. Dies deutet klar darauf hin, dass es sich um ein langgestrecktes Objekt han-



GRAFIK: ESO

Abbildung 3: Aus der mit Photometrie abgeleiteten Helligkeitskurve verschiedener Grossteleskope leitet sich die extrem lange Form des Eindringlings und seine Rotationszeit ab.



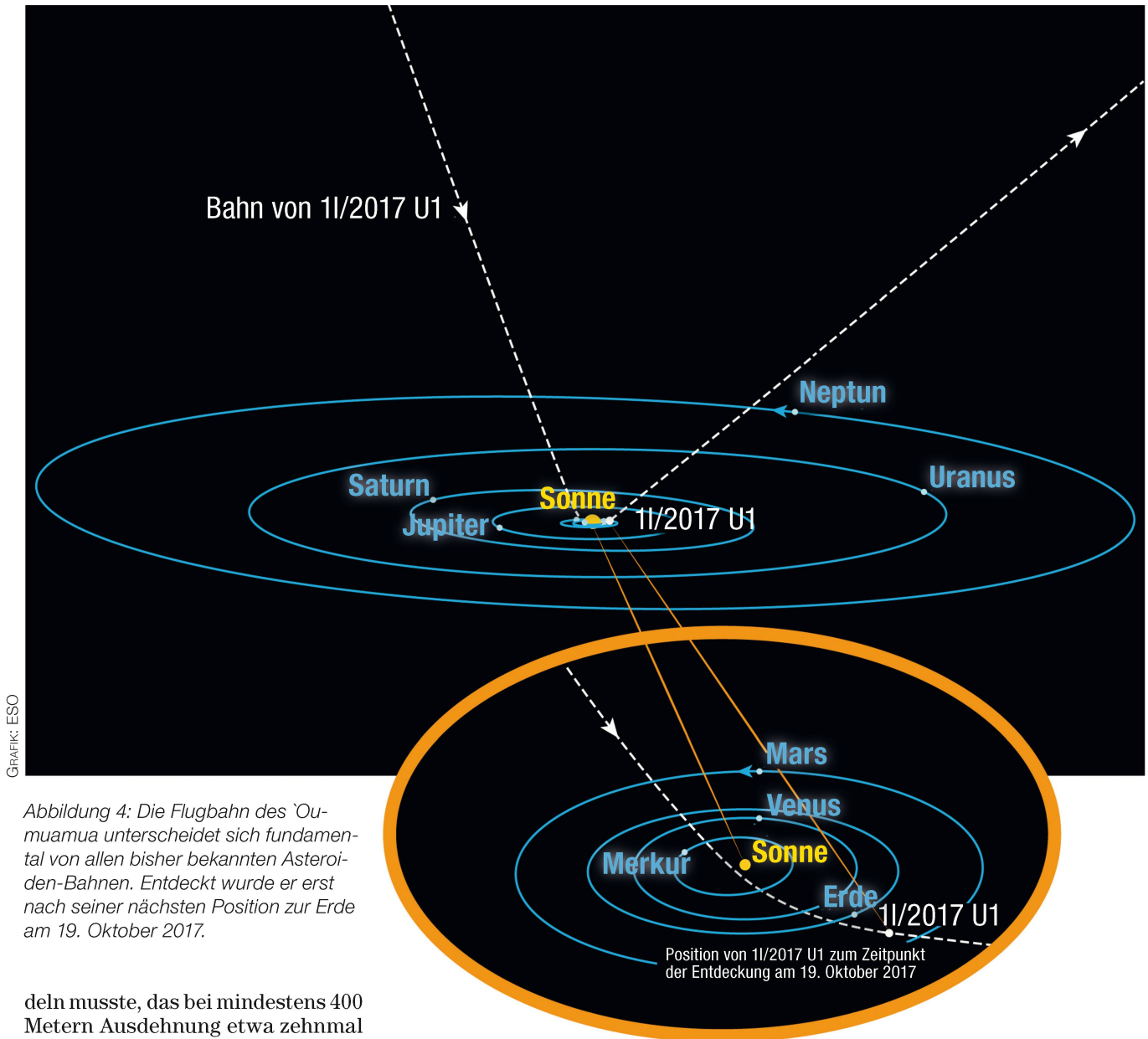


Abbildung 4: Die Flugbahn des 'Oumuamua unterscheidet sich fundamental von allen bisher bekannten Asteroiden-Bahnen. Entdeckt wurde er erst nach seiner nächsten Position zur Erde am 19. Oktober 2017.

deln musste, das bei mindestens 400 Metern Ausdehnung etwa zehnmal länger als breit ist. Und klar wurde auch, dass diese «fliegende Zigarre», wie der seltsame Himmelskörper später in den Medien genannt wurde, tatsächlich keinerlei kometarischen Aktivitäten zeigte, namentlich keine Ausgasungen und auch keinen Staubausstoss.

## Eine neue Kategorie von Himmelskörpern...

Interessant waren die ausserordentlich engagiert geführten Diskussionen um die Namensgebung und Klassierung dieses völlig neuen Himmelskörpers. Dem Antrag des Pan-STARRS-Teams, dem interstellaren Objekt einen Namen aus der hawaiianischen Kultur zu geben, wurde von der IAU, die für die offizielle Namensvergabe für Körper im

Sonnensystem und darüber hinaus zuständig ist, erstaunlich rasch und unbürokratisch stattgegeben.

## ...mit einem sehr speziellen Namen

Die IAU erstellte zudem für interstellare Asteroiden eine neue Kategorie. Denn schliesslich werden weitere solche Entdeckungen erwartet. Dieses Objekt ist also das erste, das diese Bezeichnung erhält. Die korrekte Weise, auf dieses Objekt zu verweisen, ist nun: 1I, 1I/2017 U1, 1I/Oumuamua oder 1I/2017 U1 (Oumuamua). Das Zeichen vor dem O ist ein Okina, eine Eigenheit der hawaiianischen Sprache, vergleichbar mit einem Accent im Französi-

schen. Und das grosse «I» steht eben für Interstellar. Den Namen spricht man als «H O u mu a mu a» aus. Erstaunlich ist einzig, dass die IAU, die sich in sprachlichen Belangen normalerweise sehr puritanisch gibt, diesen Zungenbrecher akzeptierte. Vor der Einführung des neuen Namensschemas wurde das Objekt als A/2017 U1 bezeichnet, was aber eben das Besondere dieses Körpers nicht in den Vordergrund rückt.

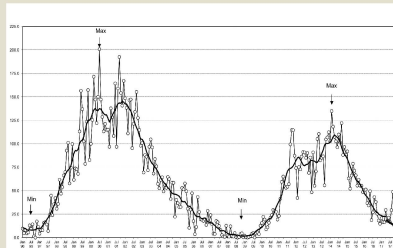
## Die Ausserirdischen kommen

Natürlich gab es, nachdem diese ziemlich sensationelle wissenschaftliche Entdeckung den Weg in die Tagesmedien gefunden hatte,

wieder mal die sattem bekannten Diskussionen in der Boulevard-Presse, es könnte sich mit diesem miraculösen Brocken auch um das Raumschiff von ausserirdischen Besuchern handeln. Ein rund 400 Meter langes Ding bietet schliesslich viel Platz für Aliens von einem anderen Stern. Dass sich dann in den jeweils sehr zahlreichen Kommentaren zu solchen unbedarften Mutmassungen auch all jene melden, die so oder so ein Problem mit der Möblierung in ihrem Oberstübchen haben, überrascht deshalb nicht, weil der Boulevard ja von solchen Fantastereien nicht nur lebt, sondern ihn auch bewusst fördert. Und ja: Wer gräbt denn schon den Sumpf aus, von dem er lebt? So darf man nun gespannt sein, wann der zweite interstellare Asteroid gefunden wird. Aktuelle Schätzungen gehen davon aus, dass jährlich mindestens ein solches Objekt in den Innenbezirk des Sonnensystems gerät. Ob es dann aber auch im Suchraster eines Surveys hängen bleibt, wird nur schon deshalb wahrscheinlicher, weil die roboterisierten Suchteleskope immer tiefere Grenzgrössen kitzeln. ■

### Swiss Wolf Numbers 2017

Marcel Bissegger, Gasse 52, CH-2553 Safnern



Beobachtete, ausgeglichene und prognostizierte Monatsmittel der WOLFSON Sonnenfleckenzahl

11/2017	Name	Instrument	Beob.
	Barnes H.	Refr 76	13
	Bissegger M.	Refr 100	4
	Ekatodramis S.	Refr 120	5
	Enderli P.	Refr 102	10
	Erzinger T.	Refr 90	2
	Friedli T.	Refr 40	2
	Friedli T.	Refr 80	9
	Früh M.	Refr 300	10
	Käser J.	Refr 100	2
	Menet M.	Refr 102	3
	Mutti M.	Refr 80	2
	Niklaus K.	Refr 126	3
	SIDC S.	SIDC 1	6
	Tarnutzer A.	Refr 203	11
	Von Arx O.	Refr 85	2
	Weiss P.	Refr 82	6
	Zutter U.	Refr 90	14

#### November 2017

Mittel: 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	0	11	16	13	18	15	0	0
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	0	0	1	15	15	16	12	13	12

#### Dezember 2017

Mittel: keine Daten

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

12/2017	Name	Instrument	Beob.
	Barnes H.	Refr 76	-
	Bissegger M.	Refr 100	-
	Ekatodramis S.	Refr 102	-
	Enderli P.	Refr 102	-
	Erzinger T.	Refr 90	-
	Erzinger T.	Refr 90	-
	Friedli T.	Refr 40	-
	Friedli T.	Refr 80	-
	Früh M.	Refr 300	-
	Käser J.	Refr 100	-
	Meister S.	Refr 125	-
	Meister S.	Refr 140	-
	Menet M.	Refr 102	-
	Mutti M.	Refr 80	-
	Niklaus K.	Refr 126	-
	Schenker J.	Refr 120	-
	SIDC S.	SIDC 1	-

Für Dezember 2017 waren keine Daten verfügbar

Bild: SIMON KRULL



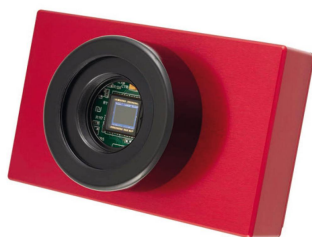
## Der Krebsnebel – eine Supernova vor 964 Jahren!

Messier 1 geht auf eine Supernova aus dem Jahr 1054 zurück, welche unter anderen in chinesischen Schriften an besagter Stelle erwähnt wird. Heute sehen wir noch die Überreste dieses explodierten Sterns. ■





## Teleskop-Service: Wir haben die Zukunft der Astrofotografie. CMOS Kameras von Atik und ZWO Imaging



### Atik InfinityM / InfinityC

Stellen Sie wunderschöne Astroaufnahmen von Nebeln und Galaxien, hochaufgelöste Planetenaufnahmen oder einen Videoflug über die Mondoberfläche her - ohne aufwendige Bildbearbeitung!

Ideal für Astrofotografie mit Einstiegteleskopen und Dobsons, für Vorführungen uvm. Oder beobachten Sie LIVE am Bildschirm, wie das Deep-Sky-Objekt mit jeder Minute immer kontrastreicher und kräftiger wird.

Die Infinity ist ebenfalls ein vollwertiger Autoguider mit ST-4 Schnittstelle.

Sensor: Sony ICX825 mit ExView Technologie, wahlweise monochrom oder color



### Atik HorizonM / HorizonC

Die ATIK Horizon Kamera verwendet einen hochmodernen CMOS Sensor von Panasonic mit unglaublicher Empfindlichkeit für Astrofotografie.

- 16-MP-4/3"-CMOS-Sensor, QE ca. 60%
- Leistungsstarke Peltierkühlung bis 40 °C unter Umgebung
- sehr hohe Empfindlichkeit auch in H-Alpha
- 256 MB DDR3-Image-Buffer - kein Verstärkerglänzen
- Quarz-Schutzglas mit vollem IR-Durchlaß



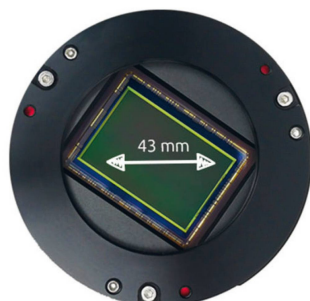
### ASI294MCPRO

- Sony IMX294CJK Sensor
- 23,2 mm Diagonale, 4,63 µm Px.
- 4144 x 2822 Pixel
- Quanteneffizienz > 75 %!
- Full well capacity 63700 e-
- DDR Zwischenspeicher für stabileren Datentransport

### ASI071MCPRO

- Sony IMX071 Sensor
- 28,4 mm Diagonale, 4,78 µm Pixel
- 4944 x 3284 Pixel
- Wie ASI294 ebenfalls USB 3.0, beheiztes Sensorglas, Leistungsstarke Peltierkühlung, DDR Zwischenspeicher, T2 Anschluß, verschraubte Frontplatte

## Neu von ZWO Imaging: gekühlte CMOS Kameras mit Vollformat-Sensoren



### ASI094MCPRO

- Sony IMX094 Sensor
- 24x36 mm, 4,88 µm Pixel,
- 7376x4928 Px
- Quanteneffizienz: 56 %
- Ausleserauschen 2.1 e

### ASI128MCPRO

- Sony IMX128 Sensor
- 24x36 mm, 5,97 µm Pixel
- 6032x4032 Px
- Quanteneffizienz: 53 %
- Ausleserauschen 2.5 e

Beiden Kameras gemeinsam ist ein 14 Bit ADC, 256 MB DDR Pufferspeicher, Tilt-Adapter für die perfekte Einrichtung des Sensors, leistungsstarke Peltierkühlung bis 35°C unter Umgebungstemperatur. Dazu integrierte Anti-Tau-Heizung, USB 3.0 Schnittstelle uvm. Das alles bei einem Gewicht von nur 640 Gramm!



Marsrover «Opportunity» läuft und läuft

# Es muss Salzseen und Ozeane gegeben haben

■ Von Thomas Baer

*Seit Januar 2004 ist der Marsrover «Opportunity» aktiv. In seinen nun 14 Jahren hat er eine Strecke von über 45 km zurückgelegt, weiter als jeder Rover zuvor! Ein Ende der Mission ist noch nicht in Sicht. Man will das 185 kg schwere Gefährt solange auf dem roten Planeten herumsteuern, wie es nur geht. Die Primärmission ist längst abgeschlossen, doch liefert «Opportunity» noch immer wertvolle Messdaten und Bilder.*

Die Mission Mars Exploration Rover B startete kurz vor der letzten grossen Marsopposition im Jahre 2003. Am 25. Januar des Folgejahres landete «Opportunity» sicher auf dem roten Planeten im Eagle Krater. Die Schwestersonde «Spirit» mit dem baugleichen Rover an Bord landete bereits am 4. Januar 2004 im Gusev-Krater. Im Unterschied zu «Opportunity» riss der Funkkontakt zu «Spirit» im März 2010 ab und konnte nie mehr hergestellt werden, sodass die NASA am 25. Mai 2011 nach mehreren vergeblichen Kontaktversuchen die Mission aufgab. «Opportunity» indessen läuft seit nun gut 14 Jahren und hat die Zeit seiner Primärmission, die ursprünglich auf lediglich 90 Tage (!) angesetzt

war, mehr als übertroffen! Bereits am 27. Juli 2014 knackte der mannsgrosse Rover die 40 km-Marke, am 2. Januar 2018 war er 45.08 km weit gerollt.

## Untersuchungen von Dünen

Blicken wir kurz auf die ersten Missionsjahre zurück. 2004 und 2005 stand ganz im Zeichen der Erforschung der Dünen. Dabei wurden die Gesteinsschichten des rund 12 m tiefen Endurance-Kraters fotografiert sowie an diversen Stellen Löcher ins Gestein gebohrt und das feine Material analysiert. So konnte die Geologie der Meridiani-Ebene erfasst werden. Doch die Fahrt in

die Dünen schien zu riskant, denn «Opportunity» kam bereits an den Hängen des Kraters in Rutschphasen. Nicht ohne Zwischenfall verlief die Weiterfahrt durch eine andere Sanddüne. Plötzlich blieb das Gefährt im lockeren Untergrund stecken. Auf ein solches Ereignis war das Bodenteam nicht vorbereitet, und so drehten die sechs Räder an Ort und Stelle durch, als wählte sich «Opportunity» auf sicherer Weiterfahrt. Bald steckten die Achsen im Sand, und nur mit sorgfältigen Vor- und Rückwärtsbewegungen gelang es der Bodencrew schliesslich, ihn aus der misslichen Lage zu befreien. Vorsichtshalber programmierte man fortan nicht mehr allzu lange Strecken, um ähnliche Zwischenfälle tunlichst zu vermeiden. Für einmal ist alles noch gut gegangen.

## Am Viktoriakrater

Nach einer erfolgreichen Softwareaktualisierung, die unter anderem einen optimierten Energiehaushalt garantierte, erreichte «Opportunity» im September 2006 den rund einen halben Kilometer durchmessenden Viktoriakrater. Man wollte in den Krater absteigen, und so galt es, eine geeignete Stelle zu finden. Stereoaufnahmen sollten die Suche erleichtern. Auf seiner Fahrt nordwärts um den Krater stellte sich heraus, dass die Klippen für eine Fahrt ins Kraterinnere zu steil gewesen wären. So manövrierte die Bodenmannschaft den Rover wieder an seinen Ausgangspunkt zurück, da man hier einen passenden Abstiegs Pfad fand. Windböen hatten die Solarpanels vom Staub befreit und so stieg die Energie auf fast 800 Wattstunden pro Tag! Doch der Einstieg in den Krater in den Krater verzögerte sich. Der Mars Himmel dunkelte ein; ein gigantischer Staubsturm zog Ende Juli 2007 auf, der weite Gebiete des Planeten erfasste und den Himmel trübte. Die Solarzellen konnten nicht mehr aufgeladen werden. Man setzte «Opportunity» vorübergehend in einen «Schlafmodus» und wartete das Ende des Sturms ab, was nicht ganz unproblematisch war, da das Gefährt im Sparmodus kaum genügend Wärme produziert, um die ganze Elektronik nicht Gefahr laufen zu lassen, Kälteschäden einzufangen. Erst nach sechs Wochen liessen die Winde nach, der

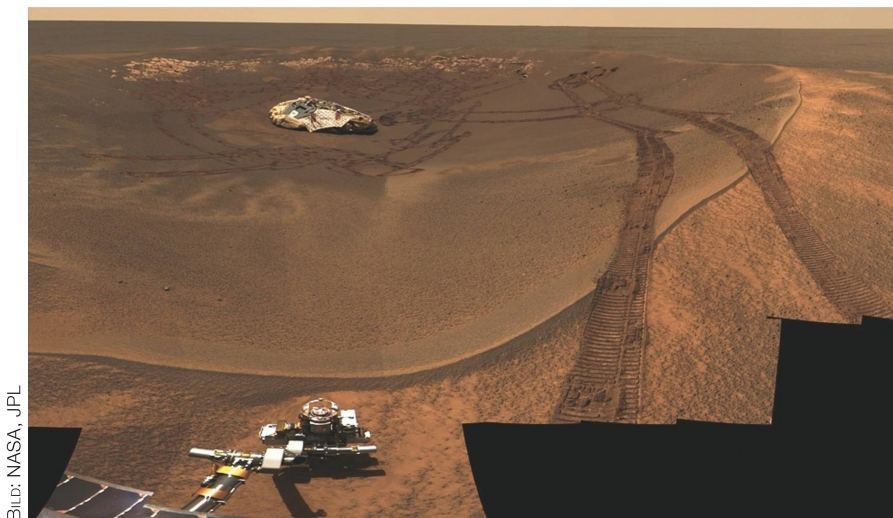


Bild: NASA, JPL

Abbildung 1: Der Landeplatz von «Opportunity» im Eagle-Krater.



Bild: NASA, JPL



Abbildung 2: Hier sehen wir die steil abfallenden Klippen am Rande des Viktoriakraters.

Dunst liess das Sonnenlicht wieder schwach durch. Doch der feine Staub hatte sich auf den Solarzellen abgelagert, und man musste hoffen, dass die letzten Böen ihn wegblasen würden. Mit einem Jahr Verspätung rollte «Opportunity» am 11. September 2007 endlich in den Krater hinab und untersuchte vornehmlich die Gesteinsschichten der Klippen und den Kratergrund.

## Meteoritenfunde

«Opportunitys» Landeort wurde bewusst äquaturnah gewählt, weil man hier ausgedehnte Hämatitvorkommen vorfand. Hämatit, auch Blutstein genannt, ist ein verbreitet vorkommendes Mineral aus der Klasse der Oxide und Hydroxide und die häufigste natürlich auftretende Form des Eisen(III)-oxids. Es kann in offenem Wasser oder in Ge-

steinsschichten unter hohem Druck und Temperaturen von weit über 100 °C entstehen, ein klares Indiz dafür, dass es in der Frühzeit auf Mars stehende Gewässer in Form von Seen und Ozeanen gegeben haben muss.

Auf seiner Weiterfahrt durch die Meridiani-Ebene stiess «Opportunity» auf weitere Meteoriten, unter ihnen auf den Felsbrocken Marquette Island, dessen Herkunft anfänglich Rätsel aufgab. Mit dem stumpfgewordenen Schleifwerkzeug war es nur noch möglich, in die obersten Schichten einzudringen, doch dies reichte, um herauszufinden, dass der Brocken basaltischen Ursprungs ist und womöglich durch einen Meteoriteneinschlag aus dem Inneren des Mars herausgeschleudert wurde. Öfter begann der Vorderrad-Antrieb Probleme zu bereiten. Um ihn etwas zu schonen, fuhr man einzelne Strecken rückwärts.

## Ziel: Endeavour-Krater und Cape York

Bis Juli 2011 hatte «Opportunity» eine Strecke von 31 km hinter sich und den Endeavour-Krater schon fast erreicht. Dieser weist einen Durchmesser von etwa 22 km auf und ermöglichte den Wissenschaftlern, ältere Gesteinsschichten zu untersuchen. Besonderes Augenmerk galt den Schichtsilikaten, denn diese können nur in Verbindung mit Wasser entstehen. Das Kraterinnere liess man aus, denn denselben Untergrund hatte man zuvor schon in der Meridiani-Ebene vorgefunden.

Spannend wurde es in der Region um Cape York. Hier stiess der Rover auf auffällig helle Gesteinsadern, bei denen es sich um reines Kalziumsulfat (Gips) handelt, ein weiteres Indiz für fliessendes Wasser im Untergrund und ein einst «lebensfreundliches» Klima. Das gelöste

# AYO Montierungen

*das Original*

Auf der ganzen Welt zuhause

Hergestellt in der Schweiz

**Astro Optik Kohler**

[www.aokswiss.ch](http://www.aokswiss.ch) 041 534 5116





Kalziumsulfat konnte sich in den Hohlräumen absetzen.

Nach einer weiteren Winterpause nahm «Opportunity» im Mai 2012 die Fahrt in nördliche Richtung auf. Am 2. Juli verzeichnete er bereits seinen 3000. Marstag! Um die am 6. August 2012 geplante Landung von «Curiosity» funktechnisch nicht zu stören, wurden die Systeme von «Opportunity» vorübergehend heruntergefahren.

### Einfahrt ins Marathon-Valley

Am Solander Point machte «Opportunity» beim Aufstieg auf den Hügel interessante Entdeckungen an dessen Hängen. Das vorgefundene Gestein stammt aus einer Zeit vor 3,8 bis 3,5 Milliarden Jahren und gehört damit zu den ältesten Formationen überhaupt. Damals wurden die nördlichen Tiefländer gebildet. Starke vulkanische Aktivität bedeckte weite Teile des Planeten mit Lava und Asche. Fließendes Wasser formte Täler und heftige Stürme trugen die Ablagerungen teilweise wieder weg. Üblicherweise sind derart alte Gesteinsschichten unter der Oberfläche verborgen und treten entweder nur durch Erosion hervor oder, wie im Falle von Solander Point, der sich 55 m über dem Meridiani Planum erhebt, durch einen Meteoriteneinschlag.

Im Juli 2014 egalisierte «Opportunity» mit 39 km den Streckenrekord auf einem fremden Himmelskörper, den bislang das russische Mondmobil Lunochod 2 inne hatte. Am 25. März 2015 hatte der Rover die Distanz eines Marathons von 42.195 km abgespult; ein Abstecher ins Marathon Valley war daher fast sinnbildlich. Hier erwarteten die Forscher offen liegendes Lehmgestein. Es wurden verschiedene Panoramaaufnahmen gewonnen, mit denen es möglich wurde, die mineralogische Zusammensetzung des Gesteins zu bestimmen. Ende 2016 waren die Erkundungsfahrten im Marathon Valley abgeschlossen.

### Erkundungen im Perseverance Valley

Weiter ging die Fahrt in Richtung Perseverance Valley nach Süden. Auf Bildern aus dem Orbit entdeckte man auch in diesem Tal einen Abflusskanal, auch Gully genannt. Bei einem Rückwärtsmanöver blo-

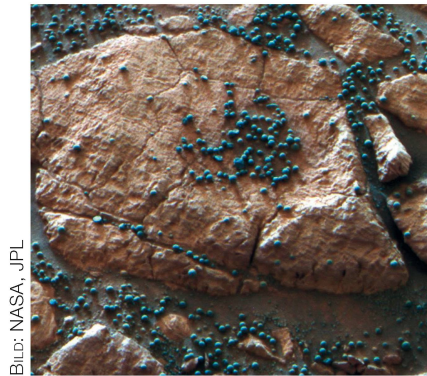


Bild: NASA, JPL

Abbildung 3: Kugelförmige Hämatit-Konglomerate, angesammelt zwischen dem plattenförmigen hellen Gestein im Bereich des Eagle-Kraterandes.

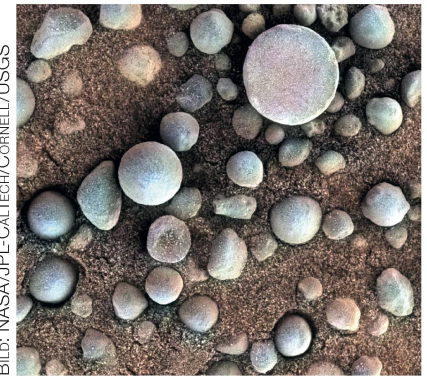


Bild: NASA/JPL-CalTech/Cornell/USGS

Abbildung 4: Graue Hämatitkügelchen oder «Blaubeeren», die mit dem mikroskopischen Kameramodell von «Opportunity» aufgenommen wurden.

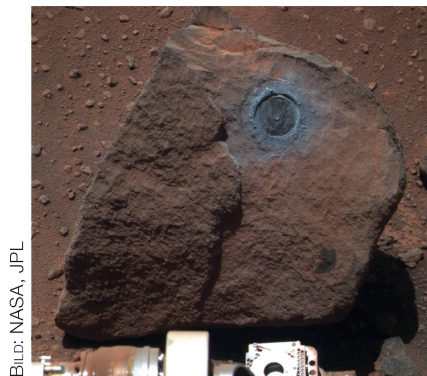


Bild: NASA, JPL

Abbildung 5: Deutlich sind die Schleifspuren am Brocken Marquette Island zu sehen. Er muss vermutlich durch einen Impakt aus dem Marsinneren an die Oberfläche befördert worden sein.



Bild: NASA, JPL

Abbildung 6: Die Gipsader Homestake; ein Hinweis, dass in der Frühgeschichte des Mars Wasser durch den Untergrund geflossen sein muss.

ckierte der Motor des linken Vorderachse; das Rad blieb mit einer Auslenkung von 33° unbeweglich. Nach einigen Tagen konnte die Bodencrew das Rad wieder in Fahrtrichtung stellen und die Reise konnte weitergehen. Wie alle 26 Monate, wenn Mars von der Erde aus betrachtet hinter der

Sonne durchgeht, war der Funkkontakt Ende Juli, Anfang August 2017 vorübergehend unterbrochen. Der aufziehende Marswinter liess die Energiezufuhr sinken und so fuhr man abwärts ins Tal hinein und stoppte den Rover an nordexponierten Stellen, damit man die bestmögliche Energieausbeute erzielen konnte.

### Astro- UND Familienurlaub ÜBER den Wolken und in einzigartiger Umgebung!

Zwei gut ausgestattete Sternwarten (12" + 17,5") auf 1.800m Seehöhe, reichlich Platz, ein perfekter Sternenhimmel und ein wunderbares Wandergebiet erwarten Sie.

Auch 2018 wieder im Programm - unser erfolgreicher Astrofotoworkshop von 9. Juli bis 13. Juli 2018  
Mehr Infos auf unserer Homepage.

34. ITT 2018 (internat. Teleskoptreffen):  
3.10. - 7.10.2018 - buchen sie rechtzeitig!

**SATTEGGER'S ALPENHOF**  
EMBERGER ALM

**EMBERGERALM Ferien Sternwarte**

Sattleggers Alpenhof und Feriensternwarte  
Emberger Alm 2, 97711 Berg/Drautal, Österreich  
Tel.: +43/4712/796 Fax: +43/4712/796-6  
www.alpsat.at, mail: office@alpsat.at  
nähere Infos: www.allegiealpin.at



So war es während der Winterzeit möglich, doch das eine oder andere Experiment durchzuführen und weitere Daten zu sammeln. Die Auswertungen über die Entstehung des Perseverance Valley, ob und wie viel Wasser bei dessen Bildung mit im Spiel waren, stehen noch aus. Aktuell ist geplant, noch tiefer ins Tal zu fahren, weil man dort Gesteinsschichten vermutet, die Antworten auf diese Fragen liefern könnten.

### Beweise für flüssiges Wasser

Erste Belege für Wasser, das auf dem roten Planeten einst in grossen Mengen floss, gab die NASA bereits 2004 bekannt. Die von «Opportunity» gefundenen Schwefelkonzentrationen in den untersuchten Gesteinen, die auf der Erde nur in Gips und Anhydrit, also Kalziumsulfaten auftreten. Solches Gestein entsteht durch Eindampfung von Wasser mit hohem Mineralgehalt. Ein weiteres Mineral, das die Instrumente des Rovers fanden, ist Jarosit, besser als Gelbeisenerz be-

kannt, eine Eisen-Schwefel-Verbindung, die nur unter Mitwirkung von Wasser überhaupt entstehen kann. Solche Salze fallen normalerweise nur in stehenden Gewässern aus. Immer wieder stiess der Marsrover auf millimetergrosse und rundgeschliffene Mineralaggregate im Gestein, sogenannte Konkretionen, die nur in wässriger Umgebung entstanden sein können. Spektroskopisch sah man, dass man diese Konkretionen eine hohe Hämatitkonzentration aufweisen. Wasser war also so oder so im Spiel. Nicht klar ist, ob es sich um ein stehendes Oberflächenwasser oder um Grundwasser handelte.

Erstmals ist aber der Nachweis direkt vor Ort gelungen, dass es auf anderen Planeten Wasservorkommen in flüssiger Form in grossen Mengen gegeben haben muss und damit die Voraussetzungen für die mögliche Entstehung von Leben ideal waren. Es ist wohl nur eine Frage der Zeit, bis Lebensspuren auf dem roten Planeten gefunden werden. ■

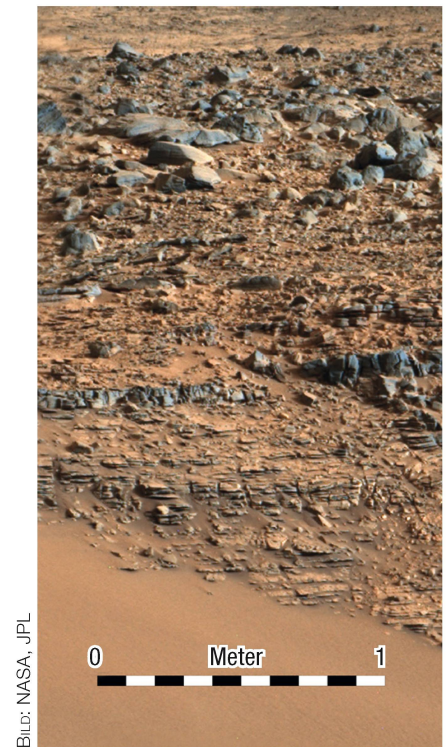
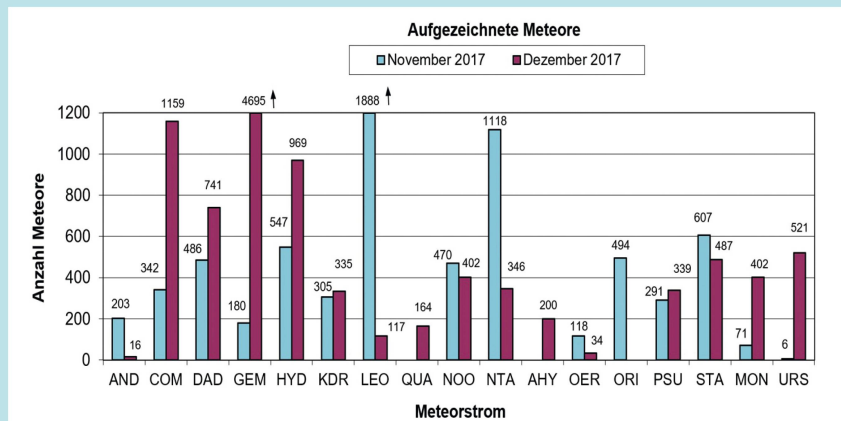


Abbildung 7: Hier sehen wir Schichten an den Rändern der Täler der Region «Pahrump Hills».

## Swiss Meteor Numbers 2017

Fachgruppe Meteorastronomie FMA ([www.meteore.ch](http://www.meteore.ch))



ID	Beobachtungsstation	Methode	Kontaktperson	11/2017	12/2017
ALT	Beobachtungsstation Altstetten	Video	Andreas Buchmann	55	74
BAU	Beobachtungsstation Bauma	Video	Andreas Buchmann	15	9
BAU	Beobachtungsstation Bauma	visuell	Andreas Buchmann	2	0
BOS	Privatsternwarte Bos-cha	Video	Jochen Richert	2988	3750
BUE	Sternwarte Bülach	Foto	Stefan Meister	0	0
EGL	Beobachtungsstation Eglsau	Video	Stefan Meister	46	9
FAL	Sternwarte Mirastellas Falera	Video	José de Queiroz	782	291
GNO	Osservatorio Astronomica di Gnosca	Video	Stefano Sposetti	4523	5034
GOR	Stellarium Gornegrat	Foto	Peter Schlatter / T. Riesen	0	0
LOC	Beobachtungsstation Locarno	Video	Stefano Sposetti	3832	5184
MAI	Beobachtungsstation Maienfeld	Video	Martin Dubs	27	167
MAU	Beobachtungsstation Mauren	Video	Hansjörg Nipp	293	316
PRO	Stazione di osservazione di Prossito	Video	Viola Romero	382	400
SCH	Sternwarte Schafmatt Aarau	Foto	Jonas Schenker	0	0
SON	Sonnenturm Uecht	Foto	T. Friedli / P. Enderli	0	0
VTE	Observatoire géophysique Val Terbi	Video	Roger Spinner	780	2170
WOH	Beobachtungsstation Wohlen / BE	Foto	Peter Schlatter	0	0

### November 2017

Total: 13813

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
507	162	445	83	11	31	159	0	40	597
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
384	416	377	975	894	1172	994	707	484	959
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
702	637	500	578	282	595	601	290	16	274

Anzahl Sporadische: 6413 Anzahl Sprites: 55  
Anzahl Feuerkugeln: 5  
Anzahl Meldeformulare: 49

### Dezember 2017

Total: 17404

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
434	276	681	488	829	857	887	121	516	216
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	1319	3905	549	159	410	333	514	489	545
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
446	492	336	809	464	357	10	142	378	56

Anzahl Sporadische: 5556 Anzahl Sprites: 9  
Anzahl Feuerkugeln: 12  
Anzahl Meldeformulare: 1

### Video-Statistik 7/2017

Meteore	Beob.
Einzelbeobachtungen:	8594 = 81 % 8594
Simultanbeobachtungen:	1958 = 19 % 5219
Total:	10552 = 100 % 13813

### Video-Statistik 8/2017

Meteore	Beob.
Einzelbeobachtungen:	12308 = 86 % 12308
Simultanbeobachtungen:	2038 = 14 % 5096
Total:	14346 = 100 % 17404



# ASTRONOMIETAG 2018

*Sonne, Mond und Sterne live erleben!*

Besuchen Sie die Sternwarte in ihrer Region!  
Mehr auf: <http://www.sag-sas.ch>

**DAS  
GEHEIME LEBEN  
DER STERNE**

**24.  
März**

SAG SAS



/SchweizerischeAstronomischeGesellschaft/

**Schweizerische  
Astronomische  
Gesellschaft SAG**

**&**



**Vereinigung der  
Sternfreunde**



/SAG\_SAS\_d · /SAG\_SAS\_f · /SAG\_SAS\_i · /SAG\_SAS\_e

**orion** medien

[orionmedien.ch](http://orionmedien.ch)



## Vorträge, Kurse, Seminare und besondere Beobachtungsanlässe

### FEBRUAR

■ Samstag, 17. Februar 2018, 20:30 Uhr MEZ

#### Das James-Webb-Weltraumteleskop

Referent: WALTER KREIN, Leiter der Sternwarte, EAF

Ort: «ACADEMIA Samedan», Chesa Cotschna, Academia Engiadina 7503 Samedan

Veranstalter: Engadiner Astronomiefreunde

Internet: <http://www.engadiner-astrofreunde.ch/>

■ Samstag, 17. Februar 2018, 22:00 Uhr MEZ

#### Führung auf der Sternwarte

Demonstratoren: MATTIA STETTLER & SVEN GAHLINGER, EAF Jugendgruppe

Ort: «ACADEMIA Samedan», Chesa Cotschna, Academia Engiadina 7503 Samedan

Veranstalter: Engadiner Astronomiefreunde

Internet: <http://www.engadiner-astrofreunde.ch/>

■ Montag, 19. Februar 2018, 19:00 Uhr MEZ

#### Das astronomische Teleskop – unser Auge ins All

Demonstrator: MATTHIAS HOFER

Ort: Urania-Sternwarte Zürich, Uraniastrasse 9

Veranstalter: Astronomische Gesellschaft Urania Zürich (AGUZ)

Internet: <https://aguz.astronomie.ch>

### MÄRZ

■ Samstag, 17. März 2018, 20:30 Uhr MEZ

#### Entfernungsmessung im Weltall

Referent: Dipl. Ing. KUNO WETTSTEIN, EAF, Berneck

Ort: «ACADEMIA Samedan», Chesa Cotschna, Academia Engiadina 7503 Samedan

Veranstalter: Engadiner Astronomiefreunde

Internet: <http://www.engadiner-astrofreunde.ch/>

■ Samstag, 17. März 2018, 22:00 Uhr MEZ

#### Führung auf der Sternwarte

Demonstratoren: WALTER KREIN, EAF & THOMAS WYRSCH, EAF

Ort: «ACADEMIA Samedan», Chesa Cotschna, Academia Engiadina 7503 Samedan

### MÄRZ



#### Öffentliche Führungen in der Urania-Sternwarte Zürich:

Donnerstag, Freitag und Samstag bei jedem Wetter. Sommerzeit: 21 h, Winterzeit: 20 h.

Am 1. Samstag im Monat Kinderführungen um 15, 16 und 17 h. Uraniastrasse 9, in Zürich.

**[www.urania-sternwarte.ch](http://www.urania-sternwarte.ch)**

■ Samstag, 24. März 2018, ganztags

#### Schweizerischer Tag der Astronomie 2018

Wie schon in den vergangenen Jahren plant die Schweizerische Astronomische Gesellschaft SAG zusammen mit der deutschen Partnerorganisation Vereinigung der Sternfreunde VdS einen nationalen Tag der Astronomie. Dieser Anlass wird dezentral in verschiedenen Sternwarten und Planetarien durchgeführt und hat zum Ziel, einer breiten Öffentlichkeit die Astronomie näher zu bringen. (Siehe Seite 43)

Veranstalter: Schweizerische Astronomische Gesellschaft, SAG

Internet: [sas-sag.ch](http://sas-sag.ch)

■ Samstag, 24. März 2018, ab 18:00 Uhr MEZ

#### Schweizerischer Tag der Astronomie 2018

Ort: Sternwarte Hubelmatt

Veranstalter: Astronomische Gesellschaft Luzern, AGL

Internet: [luzern.astronomie.ch](http://luzern.astronomie.ch)

■ Samstag, 24. März 2018, ab 12:00 Uhr MEZ

#### Schweizerischer Tag der Astronomie 2018

Ort: Schul- und Volkssternwarte Bülach

Veranstalter: Astronomische Gesellschaft Zürcher Unterland, AGZU

Internet: [sternwartebuelach.ch](http://sternwartebuelach.ch)

■ Samstag, 24. März 2018, 15:30 / 17:00 / 18:30 / 20:00 Uhr MEZ

#### Schweizerischer Tag der Astronomie 2018

Ort: Urania-Sternwarte Zürich, Uraniastrasse 9

Veranstalter: Astronomische Gesellschaft Urania Zürich (AGUZ)

Internet: [urania-sternwarte.ch](http://urania-sternwarte.ch)

### ZUM VORMERKEN

#### Wichtiger Hinweis

Veranstaltungen wie Teleskoptreffen, Vorträge und Aktivitäten auf Sternwarten oder in Planetarien können nur erscheinen, wenn sie der Redaktion rechtzeitig gemeldet werden. Für geänderte Eintrittspreise und die aktuellen Öffnungszeiten von Sternwarten sind die entsprechenden Vereine verantwortlich. Der Agenda-Redaktionsschluss für die April-Ausgabe (Veranstaltungen April und Mai 2018) ist am 15. Februar 2018. (Bitte Redaktionsschluss einhalten. Zu spät eingetroffene Anlässe können nach dem 15. Februar 2018 nicht mehr berücksichtigt werden.)

Aus Altersgründen (77) suche ich potentiellen Nachfolger für

## SaharaSky

Private Sternwarte und 3-Sterne Hotel in Südmarokko

- ◆ 30.000m² Grundstück mit freiem Grundtitel
- ◆ 20 Zimmer / 44 Betten der Komfortklasse
- ◆ 500m² Sternterrasse mit 7 Teleskop-Stationen
- ◆ 2 10micron GM2000 Montierungen plus Takahashi & William Apo's
- ◆ 350 + 400mm Meade Optiken plus 400mm Dobson Lightbridge
- ◆ Reichhaltiger Astro-Zubehör
- ◆ Erste und bisher einzige private Sternwarte in Marokko/Nordafrika
- ◆ 1. Roll on shed (Remote Imaging Installation) unter Vertrag mit
- ◆ US Unternehmen (US\$ Mietvertrag)
- ◆ 2. Roll on shed (ROR) für remote hosting für 5 Teleskope

- ◆ Eröffnung Hotel: 1998 Sternwarte: 2004
- ◆ Rentabilität seit Hotelgründung durchgehend positiv – ROI 10%+
- ◆ Devisen Re-Transfer Garantie
- ◆ Residenz: 200m² Komfort-Appartement
- ◆ Seit 2014: Flugverbindung Casablanca – Zagora
- ◆ Keine Kredit- oder Zinsbelastung
- ◆ Verkaufswert 690.000Euro netto verbindlich gültig bis 31.12.2016

Ernstgemeinte Anfragen bitte an F. G. Koring  
bb@saharasky.com

[www.saharasky.com](http://www.saharasky.com)  
[www.hotel-sahara.com](http://www.hotel-sahara.com)



## Sternwarten und Planetarien

### ÖFFENTLICHE STERNWARTEN

■ *Jeden Freitag- und Samstagabend, im Winter auch Mittwochabend*

#### Sternwarte «Mirasteilas», Falera

Eintritt Erwachsene Fr. 15.–, Jugendliche bis 16 Jahre Fr. 10.–

Anmeldung erforderlich bei Flims Laax Falera Tourismus unter 081 921 65 65

Weitere Informationen unter: <http://www.sternwarte-mirasteilas.ch>

■ *Jeden Freitagabend ab 20:00 Uhr MEZ (bei jedem Wetter)*

#### Schul- und Volkssternwarte Bülach

Besuchen Sie die erweiterte Sternwarte Bülach an einem schönen Freitagabend.

<http://sternwartebuelach.ch>

■ *Jeden Mittwoch, ab 19:30 Uhr MEZ (Winter), nur bei gutem Wetter*

#### Sternwarte Rotgrueb, Rümlang

Im Sommerhalbjahr finden die Führungen ab 21:00 Uhr statt. Sonnenbeobachtung: Jeden 1. und 3. Sonntag im Monat ab 14:30 Uhr (bei gutem Wetter).

■ *Jeden Dienstag, 20:00 bis 22:00 Uhr (bei Schlechtwetter bis 21:00 Uhr)*

#### Sternwarte Hubelmatt, Luzern

Sonnenführungen im Sommer zu Beginn der öffentlichen Beobachtungsabende. Jeden Donnerstag: Gruppenführungen (ausser Mai–August)

■ *Jeden Donnerstag, Februar/ März (Öffnungszeiten im Stadtanzeiger)*

#### Sternwarte Muesmatt, Muesmattstrasse 25, Bern

Nur bei guter Witterung (Sekretariat AIUB 031 631 85 91)

■ *Während der Winterzeit, mittwochs von 19:30 bis ca. 21:30 Uhr MEZ*

#### Sternwarte Eschenberg, Winterthur

Während der Sommerzeit (Ende März bis Ende Oktober) ab 20:30 Uhr.

Achtung: Führungen nur bei schönem Wetter!

■ *Jeden Freitag, ab 20:00 Uhr MEZ (Winter), ab 21:00 Uhr MESZ (Sommer)*

#### Sternwarte Schafmatt (AVA), Oltingen, BL

Eintritt: Fr. 10.– Erwachsene, Fr. 5.– Kinder.

Bei zweifelhafter Witterung: Telefon-Nr. 062 298 05 47 (Tonbandansage)

■ *Jeden Freitagabend, im Februar und März (ab 20:00 Uhr MEZ)*

#### Sternwarte – Planetarium SIRIUS, BE

Eintrittspreise: Erwachsene: CHF 14.–, Kinder: CHF 7.–

■ *Les visites publiques, consultez: <http://www.obs-arbaz.com/>*

#### Observatoire d'Arbaz – Anzère

Il est nécessaire de réserver à l'Office du tourisme d'Anzère au 027 399 28 00, Adultes: Fr. 10.–, Enfants: Fr. 5.–.

■ *Jeden Freitag ab 20:00 Uhr MESZ*

#### Beobachtungsstation des Astronomischen Vereins Basel

Auskunft: <http://basel.astronomie.ch> oder Telefon 061 422 16 10 (Band)

■ *Les visites ont lieu (mardi soir) en hiver 20 h (durant l'été dès 21:00 heures)*

#### Observatoire de Vevey (SAHL) Sentier de la Tour Carrée

Chaque premier samedi du mois: Observation du Soleil de 10h à midi.

Tel. 021/921 55 23

■ *Öffentliche Führungen*

#### Stiftung Jurasternwarte, Grenchen, SO

Auskunft: e-mail: [info@jurasternwarte.ch](mailto:info@jurasternwarte.ch), Therese Jost (032 653 10 08)

■ *Öffentliche Führungen (einmal monatlich, siehe Link unten)*

#### Sternwarte «ACADEMIA Samedan»

Auskunft: <http://www.engadiner-astrofreunde.ch/oeffentliche-anlaesse.html>

## Sternwarte Kreuzlingen

■ *Jeden Mittwoch, ab 19:00 Uhr MEZ*

#### Sternwarte Kreuzlingen

Ort: Breitenrainstrasse 21, CH-8280 Kreuzlingen

Es wird bei jeder Witterung ein Programm angeboten. Am frühen Abend wird jeweils eine kurze Einführung im Planetarium über den aktuellen Sternhimmel gegeben.

■ *Vorfürungen*

#### Planetarium Kreuzlingen

Mittwoch, 14:45 Uhr und 16:15 Uhr MEZ

Samstag, 15:00 Uhr MEZ und 16:45 Uhr MEZ

Sonntag, 14:00 Uhr MEZ und 15:45 Uhr MEZ

Zusätzliche Vorfürungen werden auf der Homepage publiziert.



Internet: <http://www.avk.ch/>

**ORION-STERNKARTE**  
entdecken – beobachten – staunen

**JETZT BESTELLEN**  
ORIONMEDIEN.CH  
071 644 91 95

**NEUAUFLAGE INKL. PLANETEN EPHEMERIDEN 2018**

**SAG SAS**  
orion

Bestellen Sie jetzt Ihre Sternkarte und seien Sie gerüstet für den Tag der Astronomie, am 24. März 2018.



## Die Fachzeitschrift ... / Le journal ...

«ORION» erscheint bereits seit 1943, ursprünglich diente die Fachzeitschrift vorrangig als Informationsplattform der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft SAG. Seit 2007 richtet sich das Heft nicht nur an fortgeschrittene Amateur-Astronomen, sondern auch an Einsteiger. Sechsmal jährlich in den Monaten Februar, April, Juni, August, Oktober und Dezember berichtet «ORION» vielfältig, erklärt aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse in verständlicher Sprache und erreicht somit eine breite Leserschaft.

«ORION», qui paraît depuis 1943 déjà, était à l'origine un journal qui servait principalement de plateforme d'information à la Société Astronomique Suisse, SAS.

Depuis 2007, le magazine est destiné non seulement aux astronomes amateurs avancés, mais aussi aux débutants.

Six fois par an, aux mois de février, avril, juin, août, octobre et décembre, «ORION» explique de manière diversifiée les dernières découvertes scientifiques en un langage clair, touchant ainsi un large public.

Die Verantwortung für die in dieser Zeitschrift publizierten Artikel tragen die Autoren.

Les auteurs sont responsables des articles publiés dans cette revue.

## Redaktion / Rédaction

Thomas Baer t.baer@orionmedien.ch

## Co-Autoren / Co-auteurs

Hans Roth hans.roth@sag-sas.ch  
Grégory Giuliani gregory.giuliani@gmx.ch  
Hansjürg Geiger hj.geiger@mac.com  
Sandro Tacchella tacchella.sandro@me.com  
Stefan Meister stefan.meister@astroinfo.ch  
Markus Griesser griesser@eschenberg.ch  
Peter Grimm pegrimm@gmx.ch  
Erich Laager erich.laager@bluewin.ch

## Korrektoren / Correcteurs

Sascha Gilli sgilli@bluewin.ch  
Hans Roth hans.roth@sag-sas.ch

## Druck und Produktion /

Impression et production  
medienwerkstatt ag  
produktionsagentur für crossmedia und print  
www.medienwerkstatt-ag.ch

## Anzeigenverkauf / les ventes annonces

ORIONmedien GmbH  
+41 (0)71 644 91 14  
Mediendaten finden Sie unter:  
orionmedien.ch/ueber-uns/#inserate

## Abonnement / Abonnement

Jahresabonnement / Abonnement annuel  
CHF 68.-\* / € 66.-\*  
Juniorenabo bis zum 20. Lebensjahr /  
Abonnement junior jusqu'à 20 ans  
CHF 36.-\* / € 35.-\*  
\*inkl. Versandkosten / incl. frais d'expédition

Mitglieder der SAG: Reduzierter Preis  
Les membres de la SAS: Prix réduit

## Einzelverkauf / La vente au détail

Einzelheftpreis / Exemplaire prix  
CHF 10.50 / € 9.90

## Verkauf direkt über Appstore / La vente directement via Appstore

möglich ab Ausgabe 1/18 /  
possible à partir du numéro 1/18  
Abonnement / Abonnement  
CHF 61.- / €-Preis nach Appstore-Pricing  
Einzelhefte CHF 12.- / €-Preis nach  
Appstore-Pricing

## Verwaltung und Aboservice / Administration et service d'abonnement

ORIONmedien GmbH  
Steinackerstrasse 8  
CH-8583 Sulgen  
+41 (0)71 644 91 95  
info@orionmedien.ch

## Herausgeber / éditeur



## Auflage / Tirage

1900 Exemplare / 1900 exemplaires

ISSN 0030-557 X

© ORIONmedien GmbH  
Alle Rechte vorbehalten / Tous droits réservés

## Inserenten

Zumstein Foto Video, CH-Bern	2
Teleskop-Service, D-Putzbrunn-Solalinden	38
Astro Optik Kohler, CH-Luzern	40
Alpenhof, A-Berg/Drautal	41
SaharaSky, MA-Zagora	44
Urania Sternwarte, CH-Zürich	44
ORIONmedien GmbH, CH-Sulgen	45
Astro-Lesemappe der SAG, CH-St. Margrethen	46
Wyss-ProAstro, CH-Zürich	47
Engelberger AG, CH-Stansstad	48



## Und das lesen Sie im nächsten orion

Im Mai 2018 startet die Marsmission InSight. Der stationäre Seismometer wird die frühgeologische Entwicklung des Mars erforschen. Venus begegnet im April den Plejaden, ein Grund sich geschichtlich mit den «Sieben Schwestern» zu beschäftigen. Mars und Saturn treffen am Morgenhimmel aufeinander. Jupiter beginnt mit seiner Opposition am 9. Mai die beste Beobachtungszeit des Jahres. Natürlich verfolgen wir auch den immer helleren Mars.

Redaktionsschluss für die April / Mai-Ausgabe: 15. Februar 2018

## Astro-Lesemappe der SAG

Die Lesemappe der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft ist die ideale Ergänzung zum ORION. Sie finden darin die bedeutendsten international anerkannten Fachzeitschriften:

**Sterne und Weltraum**

**VdS-Journal**

**Abenteuer Astronomie**

**Horizonte**

**Der Sternbote**

Kostenbeitrag:  
nur 30 Franken im Jahr!

**Rufen Sie an: 071 966 23 78**

**Christof Sauter**

Weinbergstrasse 8  
CH-9543 St. Margrethen



# Vixen® News

## VIXEN Teleskope Sphinx SX-GoTo mit Starbook TEN

funktionieren **ohne** GPS und **ohne** WiFi (WLAN).

Extrem genaue Nachführung, präzises Auffinden von Objekten, Guiden ohne Laptop.

Vixen Teleskope mit den Montierungen: SX2 – SXD2 – SXP, alle mit Starbook TEN.

**VIXEN Fernrohr-Optiken:** Achromatische Refraktoren – Apochromatische Refraktoren – Maksutov Cassegrain – Catadioptrische Systeme VISAC – Newton Reflektoren.



Teleskop SXP-AX 103S



Parallaktische Montierung SXP mit Starbook TEN



**NEU: Vixen Okulare SSW 83°**  
Ø 1 1/4", 31,7mm

**Bildschärfe:** Extrem scharfe Sternabbildungen über das gesamte Gesichtsfeld.

**Helligkeit:** «High Transmission Multi-Coating»-Vergütung\* auf allen Luft-Luft Linsenoberflächen in Kombination einer Spezialvergütung auf den Verbindungsoberflächen zwischen den Linsen, liefern einen extrem hohen Kontrast und ein sehr helles Sehfeld.

Die neu entwickelte Okularkonstruktion verringert Geisterbilder und Lichthöfe.

**Licht Transmission:** Gleichbleibende Lichtintensität über die kompletten 83 Grad des Gesichtsfeldes ohne Vignettierung, selbst mit sehr schnellen F4 Optiken.

**SSW Okulare, Brennweiten: 3,5mm, 5mm, 7mm, 10mm und 14mm.**

\*«High Transmission Multi-Coating»-Vergütung: Weniger als 0,5 % über den Lichtbereich von 430nm bis 690nm.



**Vixen SG 2.1X42 Ultra-Weitwinkel Fernglas für Himmelsbeobachtung**

Das Glas wurde für die Beobachtung von Sternfeldern konzipiert. Die geringe Vergrößerung von 2.1x ermöglicht u. a. eindrucksvolle Beobachtung der Milchstrasse. Bis 4x mehr Sterne als von blossem Auge!



**Vixen Polaris Star Tracker**

Der Vixen POLARIS Star Tracker ist das neue Fotozubehör für punktförmig nachgeführte Sternfeldaufnahmen. Der POLARIS Star Tracker ist in der Lage, eine Landschaft und den Sternenhimmel gleichzeitig scharf abzubilden. Aufgrund der geringen Größe und einem Gewicht von gerade mal 740 g ist sie immer dabei und in wenigen Minuten einsatzbereit. Der Star Tracker eignet sich auch hervorragend für die Timelapse Fotografie.

Wir senden Ihnen gerne den aktuellen Vixen Prospekt mit Preisliste.

**proastro Kochphoto proastro**

Feldstecher Mikroskope    Instrumente Foto Video Digital optische Geräte    Teleskope-Astronomische  
Börsenstrasse 12, 8001 Zürich    Tel. 044 211 06 50    www.kochphoto.ch    info@kochphoto.ch  
Paul Wyss    Mobile 079 516 74 08    Mail: wyastro@gmail.com    Webshop: shop.kochphoto.ch

**Vixen®**

**CELESTRON®**

**baader®  
planetarium**



## CELESTRON TELESKOP ADVANCED VX

Die Advanced VX ist eine kompakte, stabile und mobile Montierung, welche sich für die Astrofotografie für Optiken bis 9.25" (Teleskope bis ca. 13.5 kg.) eignet. Sie können Objekte weit über den Meridian hinaus verfolgen, ohne sofort umschwenken zu müssen.

- All-Star Polar Alignment
- Computergesteuerte parallaktische Montierung
- Datenbank mit 40 000 Objekten und updatebarem NexStar+ Handcontroller
- Ermöglicht Beobachtung und Fotografie über den Meridian hinaus, ohne dass das Motorgehäuse blockiert.
- Stahlstativ mit Zubehörablage

122352	Advanced Montierung	Fr. 1'299.-
122144	Advanced VX 6" SCT	Fr. 1'890.-
122140	Advanced VX 8" SCT	Fr. 2'290.-
122141	Advanced VX 8" Edge HD	Fr. 2'790.-
122142	Advanced VX 9.25" SCT	Fr. 2'990.-
122151	Advanced VX 6" Newton	Fr. 1'390.-
122152	Advanced VX 8" Newton	Fr. 1'690.-



Parallaktische  
GoTo Montierung  
für Teleskope  
bis ca. 13.5 kg



### FACHBERATUNG IN IHRER REGION:

**Bern:** Photo Vision Zumstein, Tel. 031 310 90 80 / **Chur:** Wuffli Foto Video AG, Tel. 081 253 71 70  
**Genève:** Optique Perret B. & B., Tel. 022 311 47 75 / **Herzogenbuchsee:** KROPF Multimedia, Tel. 062 961 68 68  
**Zürich:** Proastro Kochphoto, Tel. 044 211 06 50 / **Proastro Paul Wyss,** Tel. 044 383 01 08