

**Zeitschrift:** Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen

**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen

**Band:** 68 (2016)

**Artikel:** Faszination Weltall : astronomische Beiträge vom Team der Sternwarte Schaffhausen

**Autor:** Hänggi, Dominique / Keller, Beat / Bärtschi, Werner

**Kapitel:** 3: Vielseitige Astronomie

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-584669>

#### **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:** 12.02.2026

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

### 3 Vielseitige Astronomie

#### 3.1 Jedes Teleskop findet seinen Himmel: Ein Einstieg in die Himmelsbeobachtung

KLAUS MESTEL

Als Demonstrator im Observatorium der Sternwarte Schaffhausen höre ich oft Besucher sagen: «Astronomie ist sicher ein interessantes Hobby, aber das Thema ist doch sehr kompliziert» oder «Die notwendigen Geräte sind einfach zu gross für die Terrasse daheim und auch zu teuer». Darauf antworte ich meist mit dem altbekannten Spruch aus der Astronomie: «Jedes Teleskop findet seinen Himmel». Dies bedeutet nichts anderes, als dass zum Ausüben des Hobbys Astronomie keine teuren oder aufwendigen Anschaffungen notwendig sind. Auch mit relativ einfachen Mitteln kann der begeisternte Anfänger schon nach kurzer Zeit erstaunliche Ergebnisse erzielen und interessante Objekte am Nachthimmel für sich entdecken. Im Folgenden werde ich nun anhand einzelner Punkte beschreiben, wie Sie den Einstieg in die Astronomie finden können.

##### *Der geeignete Standort*

Die wichtigste Voraussetzung zum Ausüben dieses faszinierenden Hobbys ist natürlich ein Standort mit einem klaren, dunklen Himmel. Das klingt einfach, aber in unserem dichtbesiedelten Mitteleuropa ist ein richtig dunkler Himmel nicht mehr selbstverständlich. Hier hellen unzählige Lampen und Lichter den Nachthimmel auf und überstrahlen die lichtschwächeren Objekte. Nur die hellsten Sterne und Planeten sind



*Klaus Mestel* ist Ingenieur in den Bereichen Fertigungstechnik und Konstruktionstechnik. Er ist auf dem Gebiet Modellbau für Prototypen- und Grosswerkzeugbau selbstständig. Seit der Schulzeit ist er an der Astronomie interessiert. Heute geht er verschiedenen astronomischen Hobbies nach. Als «Eclipse-Chaser» bereist er die ganze Welt, um Sonnenfinsternisse zu sehen. Außerdem ist er Demonstrator in der Sternwarte Schaffhausen, seit er einen Artikel über deren Eröffnung in der Zeitung sah.



Der Vollmond, fotografiert vom Autor

BILD: KLAUS MESTEL

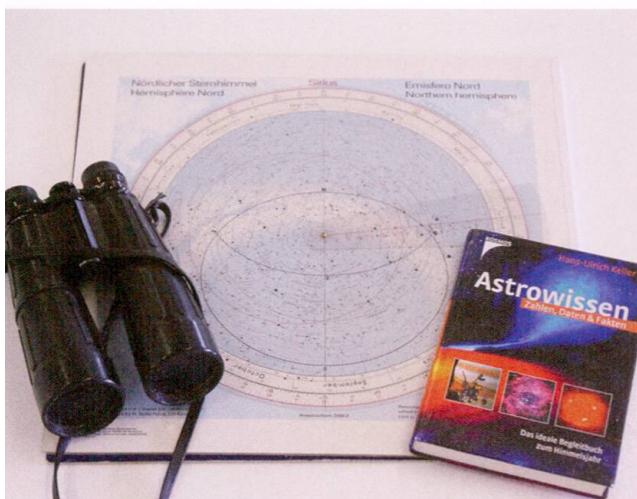
noch sichtbar. Wenn Sie schon einmal die Gelegenheit hatten, den Himmel in den Bergen, in der Wüste oder auf hoher See ohne störende Lichtquellen zu betrachten, kennen Sie den Unterschied und wissen, was ich meine. Der Himmel dort ist voll von unzähligen Lichtpunkten.

Bei der Wahl des Beobachtungsorts werden Sie allerdings oft einen Kompromiss eingehen müssen. Auf der einen Seite sollte er natürlich möglichst dunkel, andererseits auch leicht erreichbar sein, besonders in der Dunkelheit. Die notwendige Abdunkelung kann schon durch eine entsprechende Abschirmung gegenüber der störenden Lichtquelle erreicht werden, z.B. durch einen Wald in Richtung der nächsten Stadt oder eine Hauswand in Richtung der irritierenden Strassenlaterne. Ein weiteres Kriterium für den geeigneten Standort ist die freie Sicht nach Süden. Auf der nördlichen Hemisphäre kulminieren die Himmelsobjekte im Süden, d.h. sie sind in dieser Richtung am besten zu beobachten.

### *Hilfsmittel*

Nur den Himmel zu beobachten, ohne zu wissen, was man gerade sieht, wird schnell langweilig. So kommt der Wunsch auf, mehr über das beobachtete Objekt zu erfahren oder ein bestimmtes Objekt gezielt auszuwählen. Im Zeitalter des Smartphones mit entsprechenden Astronomie-Apps ist dies kein Problem mehr. Ein weit verbreitetes deutschsprachiges App ist «Mobile Observatory». Ebenfalls ist das Programm «Redshift» inzwischen für das iPhone erhältlich. Diese virtuellen Sternkarten helfen bei der Orientierung am Nachthimmel. Zur Vorbereitung eines Beobachtungsabends kann außerdem

«Stellarium» genutzt werden. Das kostenlose Programm bietet ein zweidimensionales Planetarium für den Computer. Darin sind auch weiterführende Informationen zu den Himmelsobjekten abgespeichert. Sehr nützlich sind außerdem Sternkarten, auf denen man mit etwas Übung auf einen Blick die aktuellen Himmelobjekte ablesen kann. Die Sternkarte leistet auch gute Dienste beim Bestimmen der Sternbilder. Nehmen Sie hierfür eine kleine Taschenlampe mit, möglichst mit Rotlicht, da dieses das Auge nicht blendet. Weitere Informationsmöglichkeiten, insbesondere über aktuelle Himmels-



Hilfsmittel für einen Beobachtungsabend  
BILD: KLAUS MESTEL

ereignisse, bieten Sach- und Jahrbücher, wie z. B. das «Kosmos Himmelsjahr», und das Internet mit den bekannten Webseiten [www.astronomie.de](http://www.astronomie.de) und [www.heavens-above.com](http://www.heavens-above.com).<sup>2</sup>

### *Die erste Beobachtungsnacht*

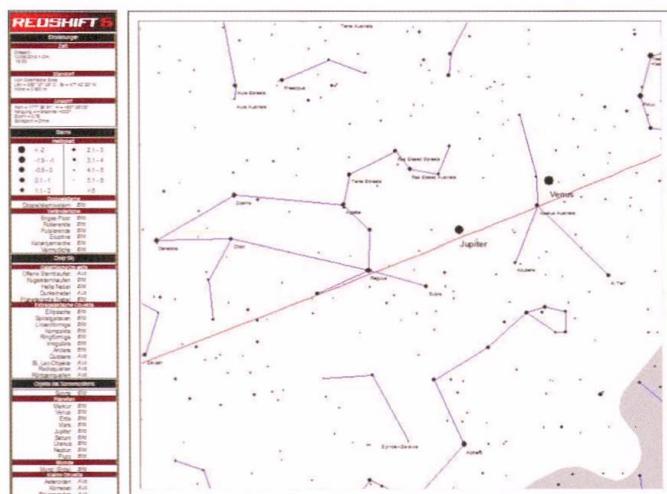
Mit diesen Hilfsmitteln ausgestattet begeben Sie sich in einer klaren Nacht zu dem vorher ausgesuchten Beobachtungsstandort. Nach einer kurzen Weile, die das menschliche Auge benötigt, um sich an die Dunkelheit zu gewöhnen, beginnt die Beobachtung. Anfangs erfolgt die Orientierung am Nachthimmel mit blossem Auge. So können die helleren Hauptsterne der grösseren Sternbilder identifiziert werden. Ausgehend von diesen finden Sie auch die kleineren Sternbilder.

Bei der Himmelsbetrachtung werden Ihnen Anhäufungen von Sternen und grossflächige, aber undeutliche Objekte auffallen. Um diese näher in Augenschein zu nehmen, genügt für den Anfang ein übliches Fernglas mit einer etwa achtfachen Vergrösserung. Damit gelingt schon die Auflösung eines Sternhaufens in seine Einzelsterne. Hierfür eignet sich das Fernglas aufgrund seines weiteren Sehfeldes sogar besser als ein astronomisches Teleskop. Zusätzlich können Sie mit dem Fern-



Der Jupiter mit Monden, wie man ihn durch ein kleines Teleskop sehen kann

BILD: KLAUS MESTEL



Eine Himmelskarte des Programms «Redshift»

BILD: KLAUS MESTEL

2 Bei den namentlich aufgeführten Programmen und Büchern handelt es sich um die z. Zt. in der Hobbyastronomie am meisten verwendeten Produkte. Dabei muss natürlich jeder für sich entscheiden, welche Hilfsmittel für ihn selbst die geeigneten sind.

glas den Mond und die Planeten beobachten. Bei Jupiter werden z.B. die grösseren Monde so sichtbar.

### *Das erste Teleskop*

Jeder, der sich näher mit Astronomie als Hobby beschäftigt, wird früher oder später den Wunsch haben, sich ein astronomisches Teleskop anzuschaffen, um die bereits bekannten Objekte genauer zu erforschen oder neue, lichtschwächere für sich entdecken zu können. Hierfür finden Sie ein fast unüberschaubares Angebot von Amateurteleskopen. Welches Teleskop letztendlich das richtige ist, müssen Sie für sich selbst entscheiden.

Ich möchte hier nur einige wesentliche Punkte nennen: Man unterscheidet die Teleskope anhand der verwendeten Optiken. Wie in Kapitel 2.2. im Detail beschrieben gibt es Spiegelteleskope (Reflektoren) und Linsenteleskope (Refraktoren). Beide Optiken haben ihre Vorteile. Ein Reflektor ist kürzer und hat einen grösseren Durchmesser, so dass auch lichtschwächere Objekte gut beobachtet werden können. Ein Refraktor hingegen hat eine schärfere Abbildung. Dies ist ein wichtiger Punkt, falls mit dem Teleskop auch fotografiert werden soll. Genauso wichtig wie die optische Ausstattung ist die Montierung, also der Fuss oder das Stativ, auf dem die Optik montiert wird. Die Montierung muss hierzu ausreichend stabil sein, so dass die Optik in Ruhe bleibt, falls äussere Störeinflüsse (Wind etc.) darauf einwirken. Mit einer soliden Montierung können später weitere Instrumente, z.B. ein Sucher oder eine Kamerahalterung, hinzugefügt werden.

Das dritte wesentliche Element eines Teleskops ist die Steuerung. Die Steuerung sollte mit einer Nachführleinheit zum Ausgleich der Erdrotation ausgestattet sein. Ohne eine Nachführung des Teleskopes würde das beobachtete Objekt innerhalb kürzester Zeit aus dem Blickfeld wandern. Zusätzlich empfehle ich eine GoTo-Steuerung, die einen integrierten Computer aufweist. Darin sind die wichtigsten Himmelsobjekte bereits gespeichert, sodass ihr Auffinden sehr vereinfacht wird, insbesondere dann, wenn die Teleskopsteuerung mit GPS ausgestattet ist. Dadurch entfällt ein aufwendiges Ausrichten durch Einnorden und Ausrichten. Dies ist gerade für den astronomischen Anfänger eine grosse Hilfe. Auch sind in der heutigen Zeit die Mehrkosten für eine GoTo-Steuerung nicht besonders hoch (ca. 300–500 Fr.). Bei der Anschaffung eines Teleskops ist auch das Gesamtgewicht des Gerätes zu beachten – es muss jeweils zum Beobachtungsort transportiert und dort aufgebaut werden.

Beim ersten Beobachten mit dem neuen Teleskop kommt aufgrund zu hoher Erwartungen manchmal Enttäuschung auf, wenn lichtschwache Objekte betrachtet werden (sogenannte «Deep Sky»-Objekte wie Galaxien, Planetarische Nebel etc.). Der Hobbyastronom erwartet farbige, detailreiche Bilder, wie man sie von den entsprechenden Fotos aus Büchern oder aus dem Internet kennt. Diese entstehen allerdings mit Hilfe von leistungsstärkeren Teleskopen und Kameras, die durch eine längere Belichtungszeit mehr Informationen sammeln können als das menschliche Auge. Nach einigen Beobachtungsnächten lernen Sie Ihr neues Teleskop aber besser kennen, sammeln Erfahrung und machen jedes Mal neue Entdeckungen.

Beobachten kann man übrigens auch am Tag. Eines der interessantesten Objekte für einen Hobbyastronomen ist die Sonne. Diese muss allerdings mit äusserster Vorsicht betrachtet werden, was nur mit entsprechenden Filtern gefahrlos möglich ist. Andernfalls droht die sofortige, unheilbare Erblindung!

### *Astronomische Vereine und öffentliche Sternwarten*

Natürlich sind die von mir hier kurz angesprochenen Punkte nur Hinweise, die dem interessierten Laien einen Einstieg in eine astronomische Beschäftigung erleichtern sollen. Dabei erhebe ich keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Für weiterführende Fragen empfehle ich daher den Besuch einer öffentlichen Sternwarte. Wir Demonstratoren und Demonstratorinnen freuen uns immer über eine angeregte Diskussion und geben gerne Tipps und Tricks weiter.



Das private Teleskop des Autors, ein 115 mm-Refraktor mit 805 mm Brennweite. Es verfügt über eine parallaktische Montierung und eine GoTo-Steuerung

BILD: KLAUS MESTEL



*Toralf Popp* ist Elektroingenieur und arbeitet im Bereich der Medizintechnik. Zur Astronomie führten ihn zwei

Schlüsselerlebnisse. Das erste ereignete sich, als er mit 12 Jahren in den Ferien an der Ostsee einen Sternenhimmel sah, der so klar war, dass er den Grossen Wagen vor lauter Sternen kaum fand. Das zweite Erlebnis war, als er zum ersten Mal den Planeten Saturn durch ein Teleskop sah und dieser mit seinen Ringen fast zum Greifen nah schien.



*Rolf Höpli* ist technischer Informatiker und arbeitet im Bereich Business Development bei der Zühlke Engineering AG. Schon

als Jugendlicher interessierte er sich für die Astronomie und vor allem die Fotografie des Nachthimmels, welche sich damals mit analogen Mitteln noch aufwendiger gestaltete. Über dieses Hobby fand er zur Sternwarte. Seine besondere Liebe gilt der Fotografie von Nordlichtern.

## 3.2 Astrofotografie

**TORALF POPP, ROLF HÖPLI**

### *Von der Strichspur-Aufnahme zum Pferdekopfnebel*

Der Blick in den klaren Nachthimmel ist immer wieder beeindruckend. Jeder von uns ist erstaunt, wie viele Sterne man entdecken kann. Auch die Stellungen der Sterne zueinander sind faszinierend, stellen die doch mit viel Fantasie die Sternbilder dar. Am ganz besonders klaren Nachthimmel kann man mit blossem Auge bis zu 6000 Sterne erkennen. Alle diese Sterne sind Mitglieder unserer Heimatgalaxie, der Milchstrasse. Es gibt eine Ausnahme: Mit etwas Übung und Wissen über die Position ist sogar eine andere Galaxie zu sehen, nämlich die Andromedagalaxie. Sie ist das einzige mit dem «unbewaffneten Auge»<sup>3</sup> sichtbare Objekt, das nicht zu unserer Milchstrasse gehört. Um sie zu sehen, muss man allerdings einen kleinen Trick anwenden: Da unser Auge nachts nicht besonders gut sieht und vor allem nicht in Farbe, muss man den Blick etwas um das Objekt kreisen lassen, dann kann man es im Augenwinkel erkennen.

Dass da noch viel mehr zu sehen ist, weiss jeder, der die Fotos des Hubble-Teleskops kennt. Als Hobby-Astronom, und damit ist jeder gemeint, der sich für die Sterne interessiert, stehen einem die teuren Instrumente im Weltall nicht zur Verfügung. Es ist aber erstaunlich wenig Aufwand nötig, um selber schöne Fotos von den nächtlichen Objekten zu schiessen.

<sup>3</sup> Ausdruck unter Astronomen, wenn man ohne Fernglas oder Teleskop in den Himmel schaut.

## *Mondfotografie*

Das einfachste Objekt und auch das mit Abstand am leichtesten zu fotografierende ist der Mond. Das klingt vielleicht banal, wer aber den Mond schon einmal in seinen verschiedenen Phasen beobachtet hat, wird staunen, was auf einem Foto so alles erkennbar wird. Besonders interessant ist der Mond wenige Tage nach Neumond. Dann werden die Gebirgszüge und Krater nur von der Seite her beleuchtet und werfen sehr lange Schatten. Für solche Aufnahmen brauchen wir nur ein Stativ und eine Kamera. Prinzipiell kann mit jeder Kamera fotografiert werden, am besten geeignet sind jedoch digitale Spiegelreflexkameras, weil Fokus und Belichtung manuell gesteuert werden können. Ein Teleobjektiv ist sehr von Vorteil, weil der Mond auf dem Bildsensor sehr klein ist und damit nur wenige Pixel für die Abbildung genutzt werden. Ein «normales» Teleobjektiv hat eine Brennweite von etwa 100 mm bis 300 mm. Damit wird man den Mond nur relativ klein aufnehmen können, es reicht aber schon aus, um bei der Vergrösserung am PC viele Details der Mondoberfläche erkennen zu können. Um den Mond jedoch bildfüllend einzufangen, braucht es schon ein grösseres Teleobjektiv oder eben ein Teleskop mit einer Brennweite von ca. 1200 mm.

Um die Details in hoher Qualität zu fotografieren, müssen wirklich grosse Teleskope verwendet werden, wie sie auf dem Observatoriumsdeck der Sternwarte aufgestellt sind. Die zwei grossen Teleskope haben Brennweiten von über 2000 mm.

Für eine erste Aufnahme können wir den Automatikmodus verwenden. Jetzt können wir auch gleich den Unterschied zwischen unserer Wahrnehmung, d.h. unserem Auge, und der Kamera erkennen. Während wir den Mond mit blossem Auge immer scharf und deutlich sehen und auch noch den Himmel oder sogar Sterne daneben erkennen können, ist die Kamera dazu nicht «automatisch» in der Lage. Wahrscheinlich wird vom Mond nur seine Phase erkennbar sein, nicht aber die Details auf der Oberfläche. Die



Der zunehmende Mond

BILD: ROLF HÖPLI

Aufnahme ist überbelichtet, weil der Mond gegenüber seinem Hintergrund sehr hell ist. Unsere Wahrnehmung korrigiert solche Unterschiede automatisch, die Kamera kann das nicht. Das können wir ändern, indem wir mit dem manuellen Modus der Kamera etwas experimentieren. Um Details erkennen zu können, werden wir eine höhere Blendenzahl oder eine kürzere Belichtungszeit wählen (siehe Kästchen).

### *Sterne und Strichspuren*

Wenn uns so die ersten Aufnahmen vom Mond gelungen sind, können wir uns vielleicht schon an die Sterne wagen. Am besten schwenken wir dazu die Kamera möglichst weit weg vom Mond, in die dunkelste Ecke des Himmels. Jetzt werden wir mit einem kleinen, aber nicht ganz unbedeutenden Problem konfrontiert: Auf dem Sucher-Bildschirm ist fast nichts mehr zu sehen, wodurch wir auch nicht mehr gut scharf stellen können. Die Sterne sind Punkte, auch mit einem Teleobjektiv. Mit dem Auge sehen wir die Sterne sehr gut, warum also nicht mit der Kamera? Unser Auge hat einfach die «Blende», sprich die Pupille, weiter geöffnet. Die Kamera hat eine andere Möglichkeit, mehr Licht zu sammeln, nämlich mit einer längeren Belichtungszeit. Das kann unser Auge wiederum nicht. Wir «belichten» immer ca. 25 Bilder pro Sekunde, mehr kann unser Gehirn nicht verarbeiten. Deshalb werden auch im Kino etwas mehr als 25 Bilder pro Sekunde gezeigt, wodurch wir einen fortlaufenden Film sehen, der nicht flimmert. Beim Fotografieren von Sternen nutzen wir eine andere Technik als bei der Mondfotografie und machen uns die Fähigkeit der Kamera für Langzeitbelichtungen zu Nutze.

Für eine Langzeit-Belichtung ist es erforderlich, dass die Einstellung der Belichtungszeit auf «Bulb» steht. Da niemand für einige Minuten den Auslöser gedrückt halten möchte, sollte ein Kabel-Auslöser verwendet werden. Damit starten wir die erste Aufnahme und halten den Auslöser für ca. 20 Sekunden gedrückt. Schon kann man staunen, was alles auf dem Bild sichtbar wird, das mit dem unbewaffneten Auge nicht zu erkennen ist. Mit steigender Belichtungszeit kommen immer mehr Lichtquellen zum Vorschein. Die Sterne bleiben allerdings nicht punktförmig, sondern werden zu Strichspuren. Das kommt daher, dass sich die Erde dreht und sozusagen die Kamera unter dem Sternenhimmel wegzieht. Aufnahmen von Strichspuren faszinieren dadurch, dass sie die zeitliche Dimension des Nachthimmels sichtbar machen.



Die Sterne als Strichspuren mit dem Matterhorn im Vordergrund

BILD: ROLF HÖPLI

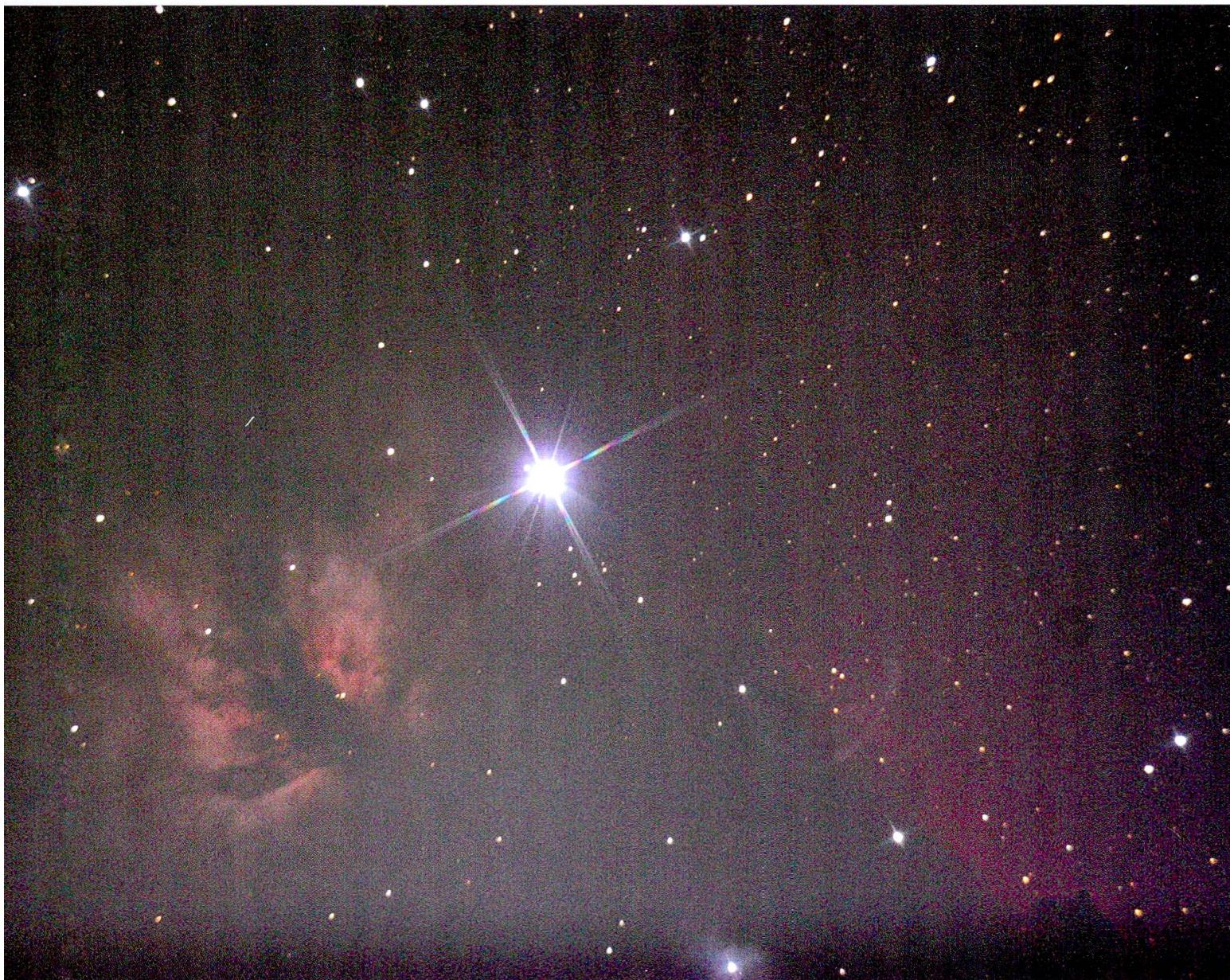
### *«Deep Sky»-Objekte*

Wer den Sternenhimmel ohne Strichspuren fotografieren möchte oder mit seiner Kamera noch tiefer ins Weltall blicken will, kann das nur mit einem nachgeführten Teleskop erreichen. Durch das Nachführen kann das Licht eines bestimmten Himmelsausschnitts über eine längere Zeit hinweg gesammelt werden. So entstehen keine Strichspuren, dafür kommen Objekte zum Vorschein, die von blossem Auge nicht sichtbar sind. Nebel und Galaxien können so auf detailreiche Weise sichtbar gemacht werden. Sterne bleiben aufgrund ihrer grossen Distanz von der Erde und ihrer kleinen Durchmesser – jedenfalls im Verhältnis zu Nebeln – auf Fotografien immer punktförmig.

Auf der Sternwarte sind die Teleskope auf solchen Nachführungen montiert, und einige davon können auch für die Fotografie genutzt werden. Für Astro-Amateure gibt es eine ganze Reihe von kleineren Nachführungen zu kaufen. Die sind je nach Investitionsmöglichkeit auch unterschiedlich umfangreich ausgestattet. Worauf man beim Kauf in erster Linie achten sollte, sind ein stabiler Stand und ausreichende Tragfähigkeit für die astronomische Ausrüstung. Neben einer guten Steuerung ist auch die Lagerung der Drehachsen von grosser Bedeutung. Für Einsteiger lohnt sich die Beratung durch erfahrene Astrofotografen.

Für gute Fotos von «Deep Sky»-Objekten stehen viele Hobby-Astronomen nicht selten ganze Nächte am Teleskop. Hier arbeiten wir mit Belichtungszeiten von mehreren Minuten bis zu wenigen Stunden. Um zum Beispiel den Pferdekopfnebel im Sternbild Orion (in der Nähe des linken Gürtelsternes) einigermassen erkennbar einzufangen, haben 75 Sekunden Belichtung mit einem 30 cm-Spiegelteleskop gerade gereicht. Das nebenstehende Foto zeigt links den Flammennebel, rechts unten ist der Pferdekopfnebel zu erkennen. Für so lange Belichtungszeiten muss die Nachführung sehr exakt sein, damit das Bild nicht verwackelt.

Die hier genannten Beispiele sollen als Anregung dienen, sich auch selbst an die Astrofotografie heranzuwagen. Wer den Sternenhimmel auf diese Weise erleben möchte, ist herzlich zu einem Besuch der Sternwarte eingeladen, wo wir gerne mit Rat und Tat zur Seite stehen. Und Achtung: Die Freude an der Astrofotografie ist zwar keine Krankheit, aber ansteckend kann sie trotzdem sein.



Der Flammennebel im Sternbild Orion

BILD: TORLAF POPP

Es vereinfacht das Fotografieren bei Nacht, wenn man die Kamera so gut beherrscht, dass man sie im Dunkeln «blind» bedienen kann. Wenn man in den Genuss einer klaren Nacht kommt, dann möchte man tolle Bilder fotografieren und die Zeit nicht mit Manipulationen an der Kamera verlieren. Die Vorbereitung der Kamera bei Tageslicht vermeidet Fehler und trägt zum Gelingen bei.

Dazu gehört:

- Auswahl und Montage des Objektives,
- Fokussieren des Objektives,
- Montage der Kamera auf dem Stativ.
- Positionierung des Stativs an der Position, wo in der Nacht fotografiert wird.
- Kamera in den manuellen Modus einstellen und alle Einstellungen vornehmen.
- Volle Akkus einsetzen.
- Kabelauslöser montieren und Funktion testen.
- Wird die Kamera während der ganzen Nacht betrieben, so empfiehlt es sich einen Zusatz-Akku anzuschliessen, eine Tauheizung für das Objektiv und einen Regenschutz für die Kamera zu verwenden.
- Wenn immer möglich weit entfernt von Lichtquellen fotografieren.

Die folgenden Einstellungen der Kamera haben sich bewährt:

- **Manuelle Aufnahme:** Mode **M.** (Manuelle Wahl der Blende und Belichtungszeit)
- **Manueller Weissabgleich/White Balance (WB):** Automatik ausschalten. Wert manuell zwischen 3200 und 3800 Kelvin (K) einstellen.
- **Manueller Fokus:** Autofokus ausschalten und Kamera auf **manuellen Fokus (M)** stellen. Bei Kameras mit eingebautem Bildschirm den «LiveView» einschalten. Mit den «+» Tasten im «LiveView» auf den maximalen Zoom gehen. Nun im «LiveView» das Objektiv manuell langsam scharf auf einen Stern fokussieren. Dies braucht viel Geduld – langsam am Objektiv drehen. Objektiv mit Klebeband fixieren um versehentliches Verstellen zu vermeiden.
- **Blende einstellen:** Mit der kleinsten Blende (z.B. «f2.8») beginnen. Je nach Objektiv muss eventuell «abge-blendet» werden um die beste Schärfe erhalten zu können (Abblenden: Von Blende f2.8 schrittweise auf z.B. Blende f8 einstellen, bis die Sterne scharfe Punkte sind).
- **Kabelauslöser:** Um Erschütterungen zu vermeiden lohnt es sich einen Kabelauslöser zu verwenden. Alternativ kann die **Spiegelvorauslösung (Mup)** an der Kamera eingestellt werden: Nach Betätigung des Auslösers vergeht eine gewisse Zeit bis die Aufnahme gestartet wird.

**Die Belichtungszeit** ist abhängig vom Motiv und dem eingesetzten Objektiv:

- **Mond:** 300/500 mm Objektiv, ISO 100, Blende 5.6/8, Belichtungszeit 1/30 – 1/200 sec.
- **Saturn:** 500 mm Objektiv, ISO 3200, Blende 5.6, Belichtungszeit 1/3 sec.
- **Sterne:** 300 mm Objektiv, ISO 1600, Blende 2.8, Belichtungszeit < 8 sec.
- **Sternspuren (Star Trails):** 10 – 20 mm Objektiv, ISO 1200, Blende 2.8, Belichtungszeit 30 sec. Ein Intervall-timer steuert die Kamera und macht Bild an Bild. Für eine Sternspuren-Aufnahme werden ca. 100 – 1000 Bilder à je 30 sec Belichtungsdauer benötigt. Die Bilder werden am PC mit der StarStax Software zu Sternspuren zusammengerechnet. Überbelichtete Bilder werden dabei nicht berücksichtigt.

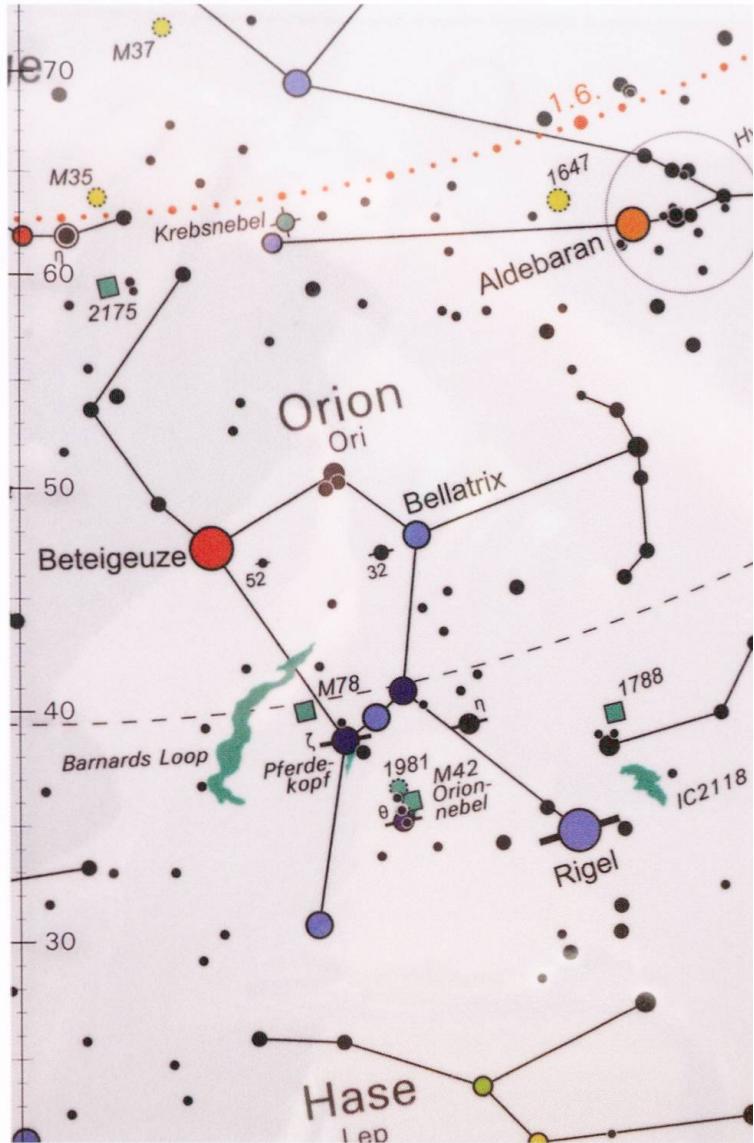
## Ein Foto vom Orion-Nebel: Ein Erlebnisbericht

KLAUS MESTEL

Der Orion ist eines der bekanntesten Sternbilder des Winterhimmels. Er dominiert dann jeweils den südlichen Abendhimmel. Unter dem Gürtel des griechischen Jägers befindet sich sein Schwert, bestehend aus drei Sternen, die schon mit blossem Auge gut sichtbar sind. Beim Beobachten mit dem Fernglas oder einem kleinen Teleskop erkennt man, dass sich der mittlere der drei Sterne in ein kleines, weisses Wölkchen auf löst. Es handelt sich um einen Gasnebel, in dem neue Sterne entstehen. Seine detailreichen Strukturen und Farben werden aber erst auf Fotografien sichtbar.

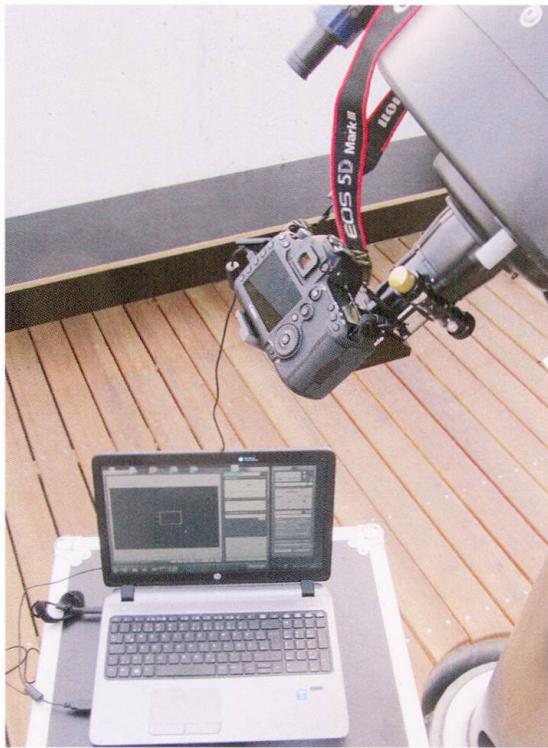
Genau so ein Foto des Orion-Nebels möchte ich heute Nacht machen. Es ist zwar empfindlich kalt, aber der Himmel ist klar und ohne Bewölkung. Auch ist der Mond so kurz nach Neumond schon längst untergegangen. Zuerst justiere ich das Teleskop und norde es genau ein. Es hat zwar eine GoTo-Steuerung und kann so jedes Himmelsobjekt selbstständig auffinden, aber da ich für das beabsichtigte Foto das Teleskop mehrere Minuten lang zusammen mit der Kamera nachführen muss, ist die möglichst exakte Ausrichtung von grosser Wichtigkeit. Sonst wird das Foto unscharf, die Sterne und Himmelsobjekte werden strichförmig.

Nach dem beschriebenen Einnorden des Teleskops befestige ich meine Kamera am Teleskop. Dazu entferne ich das Okular und ersetze es durch einen entsprechenden Adapter, der dann anstatt des Kameraobjektivs an den



Der Orionnebel auf einer Sternkarte

BILD: STERNWARTE SCHAFFHAUSEN.



Links: Eine Kamera ist am Schmidt-Cassegrain-Teleskop montiert und mit einem Laptop verbunden. Rechts: Ein erster Versuch

BILDER: KLAUS MESTEL

Fotoapparat angeschlossen wird. Zusätzlich wird die Kamera mit dem Trageband am Teleskop gesichert. Zum Fotografieren benütze ich eine handelsübliche Spiegelreflexkamera EOS 5D Mark III der Marke Canon. Diese Kamera hat einen sogenannten Live-View, d. h. alle Kameraeinstellungen können über den kameraeigenen Bildschirm vorgenommen werden. Auch das Fotografieren erfolgt dann über das aktuelle Bild auf dem Schirm, ähnlich wie bei einer Videokamera.

Da der Bildschirm der Kamera ziemlich klein ist, habe ich den Fotoapparat über ein USB-Kabel mit einem Laptop verbunden. Dies hat den zusätzlichen Vorteil, dass nun alle Kameraeinstellungen (ISO-Werte, Belichtungszeit etc.) über den Computer ferngesteuert werden können, ohne die Kamera selbst berühren zu müssen. So wird ein Verwackeln der Fotos beim Auslösen vermieden.

Der Live-View-Modus ist besonders für den nächsten Schritt, das Scharfstellen der Kamera, hilfreich. Dazu richte ich das Teleskop zunächst auf einen Stern aus. Am Himmel ist zurzeit der Stern Aldebaran gut sichtbar, und ich zentriere ihn mittels der Teleskopsteuerung von Hand. Dann wird das Tele-



Das Ergebnis einer langen Nacht

BILD: KLAUS MESTEL

skop fokussiert, d. h. scharf gestellt. Am Bildschirm der Kamera beobachte ich, wie sich die Ausdehnung des Sternes beim Fokussieren verändert. Sobald er punktförmig ist, stimmt die Einstellung. Manchmal klappt es auf Anhieb, manchmal muss noch ein zweiter Stern zur Überprüfung der Einstellung fokussiert werden. Nun steuere ich das Teleskop zurück auf den Orion-Nebel. Beim Fotografieren von astronomischen Objekten ist es ratsam, eine ganze Reihe von Aufnahmen zu machen und dabei den ISO-Wert der Aufnahme (beginnend mit 320 ISO) und die Belichtungszeit (beginnend mit einer Minute) schrittweise zu verändern.

Nach jeder Aufnahme berücksichtigt meine Kamera das sogenannte Dunkelbild. Mit seiner Hilfe werden fehlerhafte Pixel im Foto (z. B. durch Wärmestrahlung) automatisch ausgeglichen. Anschliessend kann ich das Ergebnis jeder Aufnahme am Laptop begutachten. Wegen der Kälte muss ich den Ladezustand des Kamera-Akkus im Auge behalten. Aber für alle Fälle habe ich einen zweiten, vollen Akku dabei.

Beim Fotografieren hoffe ich, dass die länger belichteten Aufnahmen nicht durch störende Lichteinflüsse von aussen unbrauchbar werden. Diese störenden Lichter in der Sternwarte stammen vor allem vom Flugverkehr um den Flughafen Zürich sowie von Autoscheinwerfern. Um das Risiko solcher Störungen zu minimieren, mache ich derartige Langzeitbelichtungen möglichst nach Mitternacht. Damit während den langen Belichtungszeiten keine Langeweile aufkommt, beobachte ich nebenher mit einem anderen Teleskop oder dem Binokular. Zusätzlich läuft im Hintergrund meine Lieblingsmusik.

Nach einigen Versuchen über mehrere Stunden hinweg gelingt mir schliesslich ein Foto, mit dem ich zufrieden bin. Falls ich es weiter verbessern möchte, kann ich es mit dem Programm Photoshop bearbeiten, z. B. durch eine Intensivierung der Farben oder das Herausarbeiten einzelner Details. Um dieses Nachbearbeiten der Fotos zu vereinfachen, lassen sich die Aufnahmen im RAW-Format abspeichern. Diese Nacharbeiten mache ich aber später zu Hause; jetzt wird es langsam sogar mir zu kalt.

### 3.3 Astronomische Ausflugsziele

MARTIN HÄGELE

Was kann unternommen werden, wenn unterm Tag keine Sterne sichtbar sind und man gerne welche sehen möchte? Keine Angst, es gibt auch am helllichten Tag interessante Möglichkeiten, Sterne und Planeten zu erkunden. So kann z. B. ein Planetarium oder bei schönem Wetter ein Planeten- oder Astroweg besucht werden.

#### *Planetenwege*

Bei einem Planetenweg werden typischerweise die Sonne und die Planeten unseres Sonnensystems an verschiedenen Posten in ihrer massstäblich verkleinerten Größe, Form und Distanz gezeigt (z. B. 1:1 Mia.). An den Posten werden zudem in Kurzform spannende Informationen zu den jeweiligen Planeten vermittelt. Bei einem Größenverhältnis von 1:1 Mia wird die Distanz von der Sonne zu Pluto auf 5.9 km verkleinert. Die Sonne hat dann noch eine Größe von rund 1.4 m, die Erde von nur noch 12.8 mm. In diesem Verhältnis sind auch die Planetenabstände aufgeteilt, d. h. die inneren Planeten folgen in kurzen Abständen von wenigen Metern aufeinander, und die äusseren sind mehrere hundert Meter von einander entfernt.

Um einen solchen Planetenweg vollständig zu absolvieren, ist eine Wanderzeit von mindestens zwei Stunden einzurechnen, je nach Verweilzeit an den einzelnen Posten. Für in Schaffhausen oder der nahen Umgebung wohnhafte Personen und Familien wird der Besuch eines Planetenwegs somit rasch zu einem Tagesausflug. Als lohnende Ziele können die Planetenwege auf dem Jurahügelzug Weissenstein bei Solothurn und auf dem Üetliberg oberhalb Zürichs empfohlen werden.

#### *Erlebnisbericht: Planetenweg Weissenstein bei Solothurn*

Der Weissenstein hoch über Solothurn wirbt mit diversen Aktivitäten und Attraktionen – so auch mit einem Planetenweg. Deshalb machten wir uns an einem sonnigen Wochenende auf, um als ganze Familie den Geheimnissen der Planeten unseres Sonnensystems auf den Grund zu gehen. Nach knapp



*Martin Hägele* ist als Elektroingenieur im Bereich der Sicherheitstechnik tätig. Zur Sternwarte kam er durch seinen Freundeskreis, zu dem mehrere Demonstratoren gehören. Als Ingenieur faszinieren ihn vor allem die Gesetzmässigkeiten, denen die Dinge in den Weiten des Weltalls unterworfen sind, sowie die Modelle, mit denen die Wissenschaft diese Gesetze nachzuvollziehen versucht.



Die Sonne als Ausgangspunkt auf dem Planetenweg Weissenstein

BILD: MARTIN HÄGELE

zwei Stunden Autofahrt von Schaffhausen her erreichten wir den Fuss des Weissensteins. Wir schnappten unsere Siebensachen und liessen uns von der supermodernen Gondelbahn auf die fast 1300 Höhenmeter hinauftragen. Nach dem Aussteigen erreichten wir nach wenigen Minuten den Start des Planetenwegs, wo uns die Sonne auf einem Sockel begrüsste, und damit den Ausgangspunkt markierte.

Wir lasen die verschiedenen Informationen zur Sonne und marschierten anschliessend los in Richtung des ersten Planeten, Merkur. Diesen erreichten wir bereits nach wenigen Dutzend Metern und sahen, dass er nur noch einige Millimeter gross war. Dieser Vorgang wiederholte sich mit Venus, Erde, Mars, Jupiter und Saturn, wobei die Grössen und Abstände zwischen den Planeten variieren.

Nach rund einer Stunde erreichten wir den Gasthof «Hinter Weissenstein». Mit unseren kleinen Kindern begaben wir uns nach einem schmackhaften Mittagessen wieder auf den Rückweg und absolvierten nicht den ganzen Planetenweg.

Vom Restaurant aus würde der Planetenweg weiter in Richtung Grenchner Berge führen. Die Abstände zwischen den Planetenposten werden analog den wirklichen Abständen im Weltall immer grösser, sodass die Fortsetzung des Weges im Wesentlichen einer normalen Wanderung mit wenigen Planeten-Highlights geglichen hätte. Dieser Abschnitt des Weges punktet dafür mit nicht-astronomischen Aspekten, wie der grossartigen Aussicht auf Solothurn, die



Der Saturn in verhältnismässiger Grösse

BILD: MARTIN HÄGELE

Aare und die nahegelegene Alpenkette, oder den wildromantischen Wäldern mit idyllisch gelegenen Grillstellen.

Die Wanderung auf dem Planetenweg Weissenstein hat uns sehr gut gefallen. Die Planetenposten waren leider ein bisschen vergilbt und die Informationen nicht sehr ausgiebig. Zusammen mit allen anderen Erlebnissen ist der Weg aber auf jeden Fall eine Reise wert.

### *Ausflugtipp: Planetenweg Felsenegg – Üetliberg*

Ein weiterer klassischer Planetenweg befindet sich auf dem Üetliberg. Der schöne Ausflug startet in Adliswil. Von dort kann man mit der Seilbahn auf die Felsenegg fahren und von der Bergstation in etwa eineinhalb Stunden zum Üetliberg spazieren. Die Planeten sind gut zu finden, und in der näheren Umgebung des Üetliberg-Restaurants gibt es verschiedene Möglichkeiten, weiter mit oder ohne Kinder zu verweilen.

### *Astrowege*

Astrowege beschäftigen sich nicht nur mit Planeten, sondern mit verschiedenen Gesichtspunkten der Astronomie. So gibt es z.B. Sonnenmodelle zu bestaunen, aufgeschnittene Sterne zu begutachten, oder es werden die benachbarten Fixsterne dargestellt.

Ein Geheimtipp ist der Astroweg «Astro Pléiades» oberhalb von Vevey mit Blick auf den Lac Léman, dessen Pate der Schweizer Astronaut Claude Nicollier ist. Der Weg hat vier Posten, die interaktiv gestaltet sind. Jeder davon greift ein anderes astronomisches Thema auf (siehe Bild auf S. 74). Die Webseite des Astrowegs stellt ein sehr spannendes Anleitungs-Handbuch zur Verfügung, auch auf deutsch (zu finden unter [www.astropleiades.com](http://www.astropleiades.com)).

Es gibt natürlich noch weitere Planeten- und Astrowege, so auch in der näheren Umgebung von Schaffhausen und im nahegelegenen Grenzgebiet. Mit der Hilfe des Internets können ziemlich rasch viele astronomische Ausflugsideen gefunden werden, die eine Reise wert sind. Eine Auswahl davon bietet die untenstehende Tabelle. Und wer weiß, vielleicht gibt es ja demnächst auch bei uns in Schaffhausen einen Astroweg. Erste Ideen dazu sind auf jeden Fall bereits vorhanden ...



Ein Modell des Sonnensystems auf dem Astroweg «Astropliéades» oberhalb Vevey

BILD: S. BRASEY

## *Sternwarten und Planetarien in der Umgebung von Schaffhausen*

Name / Ort	Observatorium	Planetarium	Homepage
Sternwarte Bülach	x		<a href="http://www.sternwarte-buelach.ch">www.sternwarte-buelach.ch</a>
Sternwarte Kreuzlingen	x	x	<a href="http://www.avk.ch">www.avk.ch</a>
Sternwarte Eschenberg, Winterthur	x		<a href="http://www.eschenberg.ch">www.eschenberg.ch</a>
Sternwarte Rotgrueb, Rümlang	x		<a href="http://ruemlang.astronomie.ch">ruemlang.astronomie.ch</a>
Sternwarte Uitikon auf der Allmend	x		<a href="http://www.uitikon.ch">www.uitikon.ch</a>
Urania Sternwarte, Zürich	x		<a href="http://www.urania-sternwarte.ch">www.urania-sternwarte.ch</a>
Mobiles Planetarium, Zürich		x	<a href="http://www.plani.ch">www.plani.ch</a>
Sternwarte AVT, Wattwil	x		<a href="http://avt.astronomie.ch">avt.astronomie.ch</a>

## *Astro- und Planetenwege in der Umgebung von Schaffhausen*

Name / Ort	Länge	Homepage
Kreuzlingen Nord/Süd	je 5.9 km	<a href="http://www.planetarium-kreuzlingen.ch/planetenweg">www.planetarium-kreuzlingen.ch/planetenweg</a>
Bülach	1.2 km	<a href="http://sternwarte-buelach.ch/sternwarte">sternwarte-buelach.ch/sternwarte</a>
Regensberg	5.9 km	<a href="http://www.planetenweg-laegern.ch">www.planetenweg-laegern.ch</a>
Üetliberg, Zürich	5.9 km	<a href="http://aguz.astronomie.ch/Planetenweg/news_planeten">aguz.astronomie.ch/Planetenweg/news_planeten</a>
Effretikon	5.9 km	<a href="http://www.zuerioberland-tourismus.ch/de">www.zuerioberland-tourismus.ch/de</a>
St. Gallen	5.9 km	<a href="http://www.stadt.sg.ch/home/freizeit-tourismus/ausflugstipps/themenwege-wanderwege/themenwege/planetenweg">www.stadt.sg.ch/home/freizeit-tourismus/ausflugstipps/themenwege-wanderwege/themenwege/planetenweg</a>
Weissenstein, Solothurn	5.9 km	<a href="http://www.pro-weissenstein.ch/planetenweg">www.pro-weissenstein.ch/planetenweg</a>
Engen, D		<a href="http://www.planetenlehrpfad-engen.de">www.planetenlehrpfad-engen.de</a>

Weitergehende Informationen zu Sternwarten, Planetarien, sowie Planeten- und Astrowegen erhalten Sie auf folgenden Webseiten:  
[www.astronomie.ch/obs/obspublic.d.html](http://www.astronomie.ch/obs/obspublic.d.html)  
[www.sag-sas.ch/index.php/de](http://www.sag-sas.ch/index.php/de)

### 3.4 Eine Sternkarte am Handgelenk: Portugieser<sup>4</sup> «sidérale scafusia» GION LETTA



Gion Letta ist Uhrmachermeister und arbeitet bei der IWC Schaffhausen im Bereich Qualitätsverbesserung.

Von der Astronomie ist er schon seit der Berufsschule fasziniert. Mit diesem Interesse ist er in seiner Familie nicht alleine – sein Vater, ebenfalls Uhrmacher, erfüllte sich im hohen Alter den Traum, eine astronomische Uhr zu bauen.

Als ich 2007 wieder zurück in die IWC kam, wusste ich noch nicht, dass unser kleines Entwicklungsteam seit ca. sechs Jahren im Verborgenen an einem aussergewöhnlichen Projekt arbeitete. Es sollte dabei nicht nur um ausserordentliche uhrmacherische Herausforderungen gehen, sondern auch um eine ganz spezielle astronomische Anzeige. Mein erster Kontakt mit diesem Projekt entstand dann auch gerade wegen der Anzeige auf der Rückseite dieser Uhr. Zuerst stelle ich aber das Produkt dieser zehnjährigen Entwicklungszeit vor.

#### Das Gesicht

Das schlichte Zifferblatt enthält die Anzeige der Stunden und Minuten und auf einer separaten, unscheinbaren 24-Stunden-Anzeige, die Sternzeit. Auf der Erde und für die uns bekannte Zeitrechnung beziehen wir uns auf den mittleren Sonnentag. Für die Beobachtung der Sterne hingegen ist der siderische Tag (lat. sidus: der Stern) von Bedeutung. Die beiden Tage weisen eine unterschiedliche Dauer auf. Der mittlere Sonnentag dauert genau 24 Stunden und bemisst die durchschnittliche Zeit der Sonne für zwei aufeinanderfolgende Meridiandurchgänge. Ein siderischer Tag bezieht sich

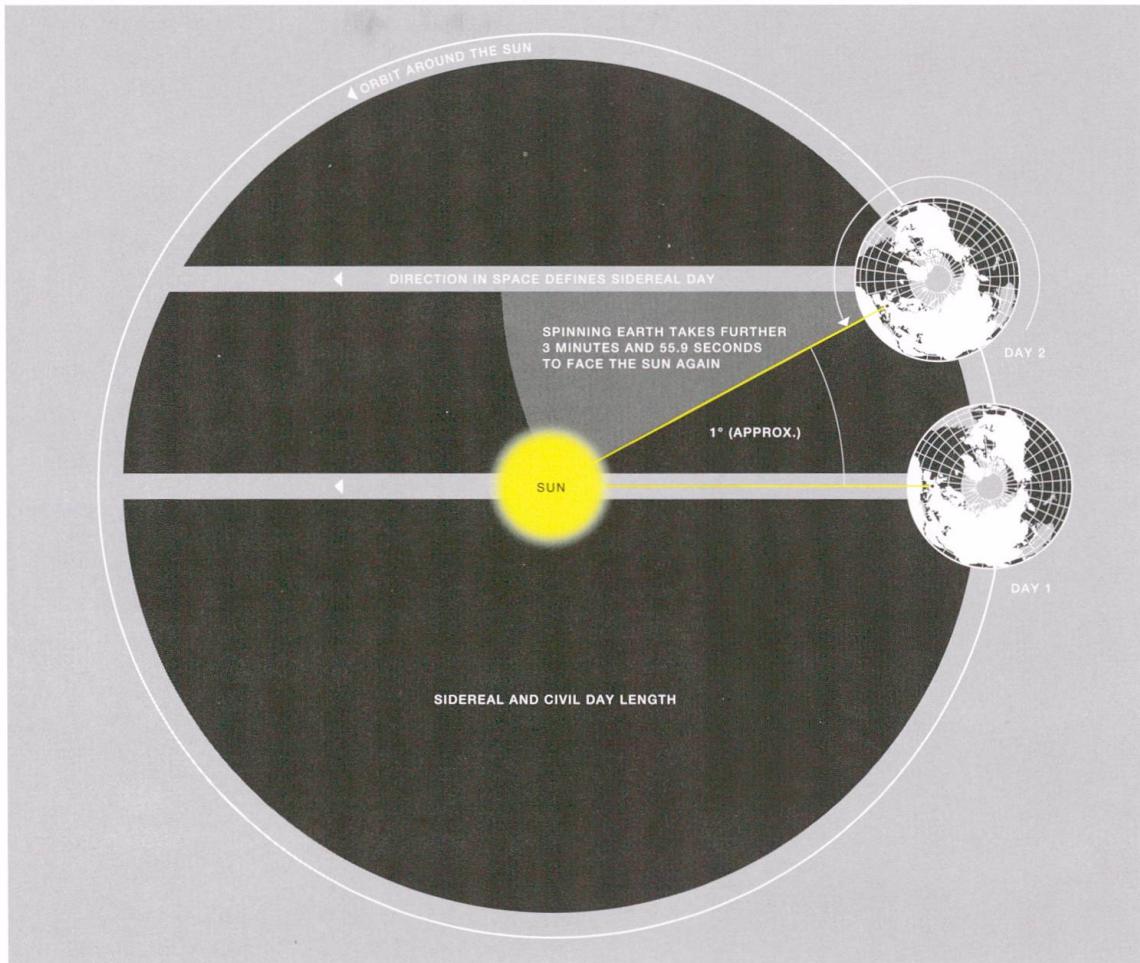


Die Frontseite der Portugieser Sidérale Scafusia

BILD: IWC SCHAFFHAUSEN

auf einen unendlich weit entfernten Stern, der am Anfang und am Ende einer bestimmten Beobachtungsperiode senkrecht über dem Beobachtungspunkt steht. Damit beschreibt er eine ganze Umdrehung der Erde um die eigene

<sup>4</sup> Die Portugieser hat ihren Namen von einer Taschenuhr, die in den 1920er-Jahren für eine portugiesische Handelsgesellschaft entwickelt wurde, und mit der sie wichtige Designmerkmale teilt.



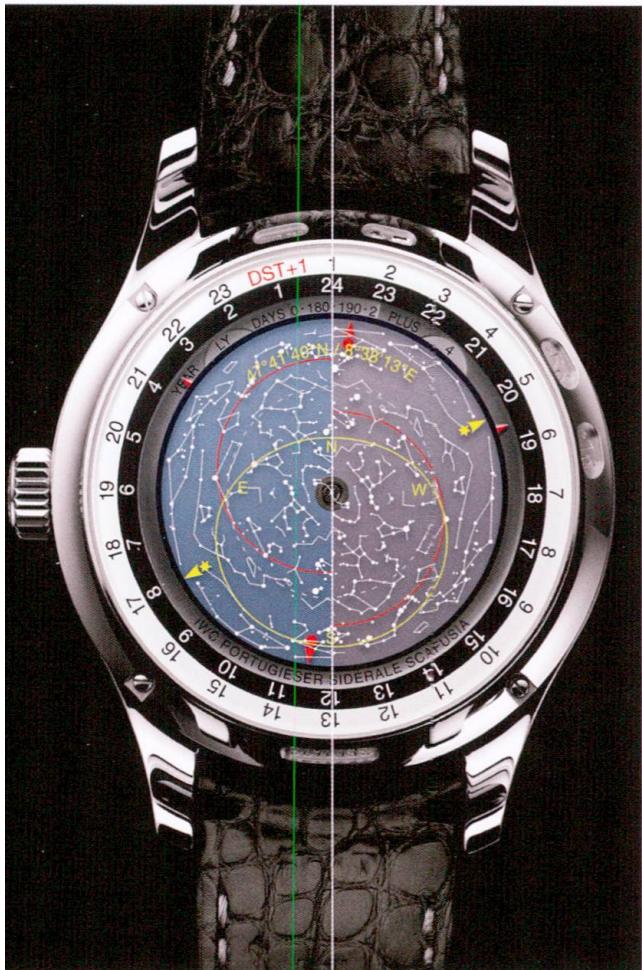
Das siderische Jahr

BILD: IWC SCHAFFHAUSEN

Achse. Weil die Erde sich nicht nur um die eigene Achse dreht, sondern auch noch einen Bogen um die Sonne beschreibt, ist ein siderischer Tag rund vier Minuten kürzer als ein mittlerer Sonnentag. Der Antrieb dieser mittleren Sternzeit erfolgt durch ein eigenes Getriebe, ein sogenanntes Räderwerk, welches von der wahren Sternzeit nur um 11.5 Sekunden im Jahr abweicht.

### *Zahlen, Pfeile, Punkte und Striche*

Für uns Hobbyastronomen ist vor allem die Rückseite interessant. Unter dem grossflächigen Saphirglas liegt ein blauer Sternenhimmel, eingefasst durch zwei grosse Zahlenringe. Ein paar digitale Ziffern und gelbe Pfeile befinden sich am Rand der Sternkarte. Was bedeuten diese Zahlen, farbigen Striche und Pfeile? Zuerst einmal ist in diesem Modul ein Kalender mechanisch programmiert. Er dient hauptsächlich zur Synchronisierung der Sternkarte. Der Kalender ist in Form eines Kreisausschnitts dargestellt und zählt die Tage des



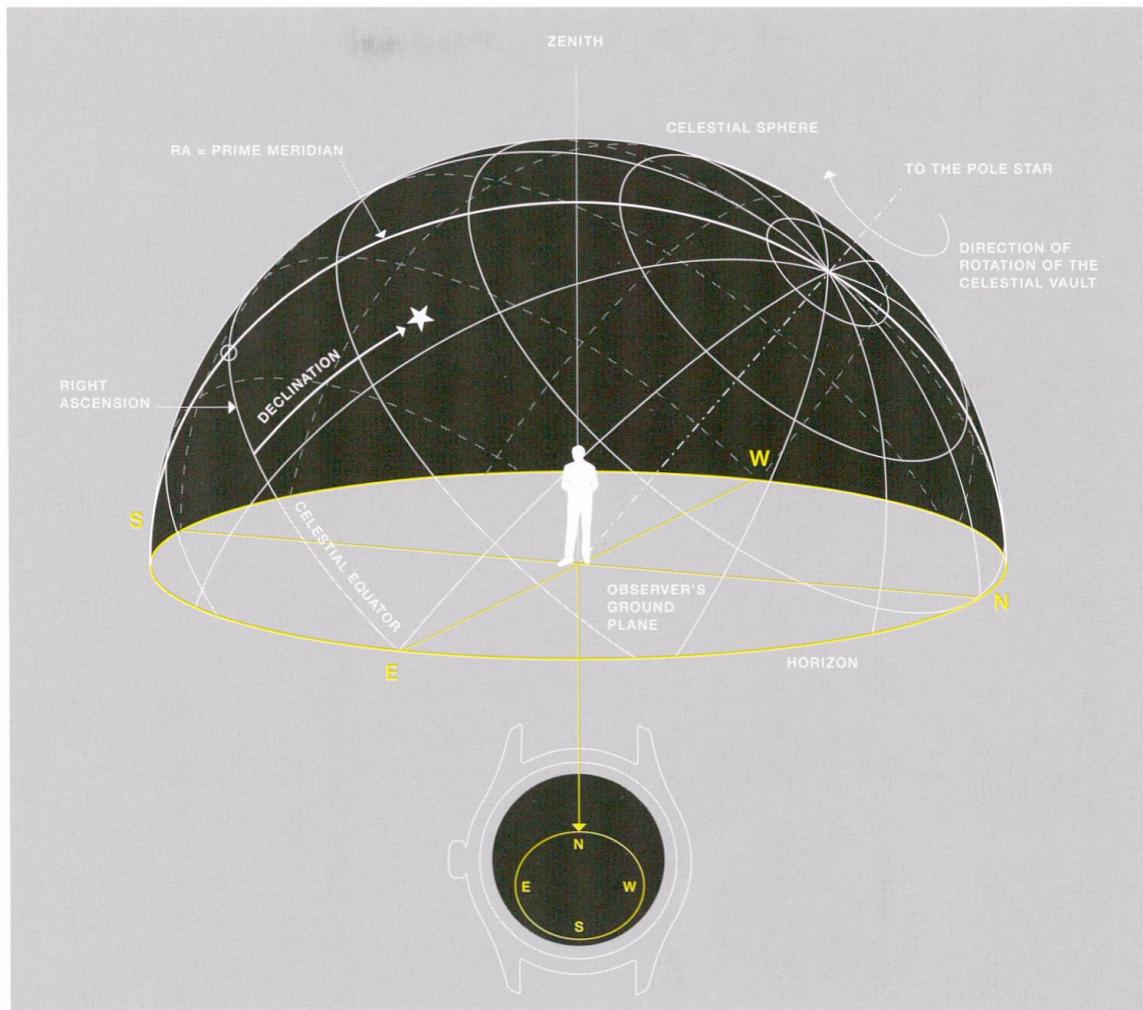
Die Sternkarte auf der Rückseite der Uhr, links bei Tag, rechts bei Nacht

BILD: IWC SCHAFFHAUSEN

Jahres fortlaufend: Der 1. Januar ist also Tag 1, der 31. Dezember Tag 365. Bei einem Schaltjahr, das mit LY (engl. leap year: Schaltjahr) gekennzeichnet ist, ist er Tag 366. Dazu gesellt sich am Rand des Gehäusebodens eine weitere Anzeige, welche die aktuelle Tageszeit, die siderische Zeit sowie den Sonnenauf- und -untergang mit Pfeilen im 24-Stunden-Rhythmus anzeigt.

Im Zentrum schliesslich steht der Sternenhimmel. Der gelb eingravierte Horizont umfasst die Sternkarte, die den Himmel an einem vom Besitzer bestimmten Standort präsentiert. Die Kurvenscheiben für die Auf- und Untergangsanzeige der Sonne werden aufgrund des Winkels vom Standort des Betrachters zur Erdachse individuell berechnet. Die Anzeige erfolgt mittels der beiden kleinen dunkelroten Dreieckszeigern links und rechts des Kalenders in Bezug zum weissen Zahlenring. Der rote Pfeil mit dem Punkt zeigt die mittlere Sonnenzeit an, der gelbe Pfeil mit dem Stern, wie auf der Vorderseite, die Sternzeit. Der Horizont bleibt stationär, während sich drei hauchdünne Saphirscheiben unter ihm hindurchbewegen.

Daran gekoppelt ist auch der Hintergrund des Sternenhimmels, der dank eines Polarisationsfilters tagsüber blau und nachts grau erscheint. Befindet sich der gewählte Standort auf der südlichen Halbkugel, müssen die Anzeigen im Zusammenhang mit der Drehung des Sternenhimmels im Uhrzeigersinn verlaufen, auf der nördlichen Hemisphäre im Gegenuhrzeigersinn. Die rote Linie zeigt die Ekliptikebene, auf der sich die Erde um die Sonne dreht und auf der die Sonne scheinbar durch das Firmament zieht. Die grau gestrichelte Linie ist die verlängerte Kreisfläche des Erdäquators. Sie teilt die Himmelskugel in eine nördliche und eine südliche Halbkugel. Diese Funktionen werden alle mechanisch durch ein komplexes Getriebe mit kleinen Hebeln und Scheiben zweidimensional dargestellt.



Der Betrachter kann alle Sterne, die er zu einem gegebenen Zeitpunkt am Himmel sieht, innerhalb des gelben Kreises auf der Sternkarte der Uhr ablesen. Die Sterne verschieben sich durch die Rotation der Erde. Auf der Uhr wird diese Bewegung durch den gelben Kreis dargestellt

BILD: IWC SCHAFFHAUSEN

### *... und die Sternenfreunde*

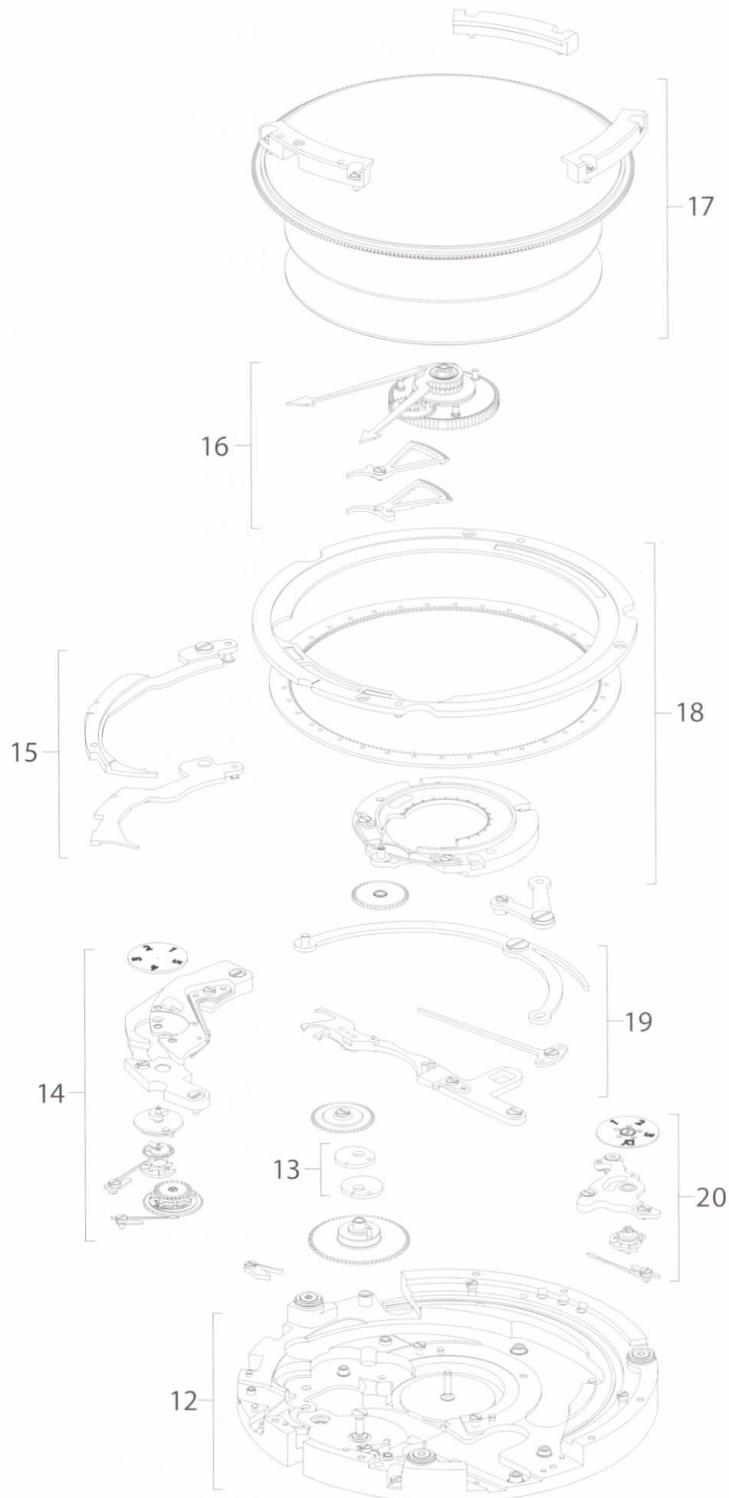
Wie können denn so viele Punkte von einer Sternkarte auf eine so kleine Fläche mit 30 mm Durchmesser, und erst noch klar ablesbar, projiziert werden? Diese Frage stellte sich bei der Realisierung der Anzeigescheiben des Sternenhimmels. Bis zu diesem Zeitpunkt war die Entwicklung nur einem kleinen Personenkreis bekannt. Eines Tages wurde ich vom Projektleiter darauf angeprochen, ob ich jemanden kenne, der in der Lage sei, eine lesbare Miniatursternkarte zu berechnen. Das war mein erster Kontakt mit dieser Uhr. Dank der Erfahrung einiger Demonstratoren des Sternwarteteams entstanden ein paar Vorschläge, welche in die Darstellung und Berechnung der

Karte einflossen. So sind z. B. die Punkte der Sterne unterschiedlich gross. Die Hauptsterne der Sternbilder werden dadurch besser ersichtlich und eine Orientierung anhand bekannter Muster einfacher. Die Berechnung der dreidimensionalen Ansicht des Himmelsgewölbes auf eine flache Scheibe birgt etliche Herausforderungen. Damit für den Beobachter kein zu stark verzerrtes Bild entsteht, musste eine geeignete Projektion des Sternenhimmels gewählt werden.

### *Das Herz*

Besonders ist auch das Innenleben der Uhr. Wie schafft man es, eine Sternkarte mit Sternzeitumdrehung anzutreiben und gleichzeitig Auf- und Untergangsanzeigen in normalen Stunden anzuzeigen? Die Lösung ist ein speielles Planetengetriebe im Zentrum (16) und darüber die Sternkarte, die von aussen über einen feinen Zahnkranz angetrieben wird (17). Der Zahnkranz hat eine direkte Verbindung durch die komplette Werkhöhe zur Sternzeitanzeige auf der Zifferblattseite. Die Saphirscheibe mit dem Sonnenpfeil in Rot dreht sich darunter einmal in 24 Stunden. Um die polarisierte zweite Scheibe für die Dämmerung zur rechten Zeit gegenüber der oberen Scheibe zu drehen, ist eine Kombination der 24-Stunden-Zeit mit der Steuerung der breitenabhängigen Auf- und Untergangszeit nötig. Durch die beiden Exzenter (13) auf dem Jahresrad werden die Zahnsegmente alle fünf Tage positioniert. Die beiden Scheiben (16) unter den roten Zeigern mit je einem Zahn sind somit gegenüber dem drehenden 24-Stunden-Rad ebenfalls positioniert. Jedes Mal, wenn das Planetenrad am Abend an einem der Zähne vorbeikommt, wird es um  $90^\circ$  gedreht und am Morgen durch den anderen Zahn nochmals um  $90^\circ$ . Eine schöne Ergänzung zum Jahresrad mit den Exzentern (13) weist die Räderkette (14) auf. In diese integriert ist ein Jahrestag-Zählwerk, welches in den Schaltjahren (LY) den Schalttag dazu zählt (20). Somit kann die Sternkarte genau auf das Datum eingestellt werden. Zum Synchronisieren der Tageszahl mit dem Datum wird ein zusätzlicher Stellmechanismus (15 und 19) verwendet.

Damit ist in groben Zügen der komplexe Modulmechanismus für die Rückseite der Uhr erklärt. Das Herzstück bildet die Art der Darstellung des Sonnendurchgangs im theoretischen Horizont des Betrachters in Kombination mit der Sternkarte. Die Herausforderungen, die das Herstellen und Dekorieren, das Zusammenbauen, Positionieren und Justieren der zum Teil sehr feinen und filigranen Räder und Hebel stellt, können nur in der Einzelanfertigung bewältigt werden.

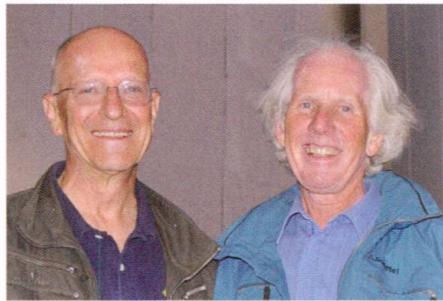


Das Astro-Modul der Uhr besteht aus zahlreichen feinsten Teilchen

BILD: IWC SCHAFFHAUSEN

### 3.5 Weltraumobservatorien: Ein Interview mit Prof. Dr. h. c. Claude Nicollier

BEAT KELLER

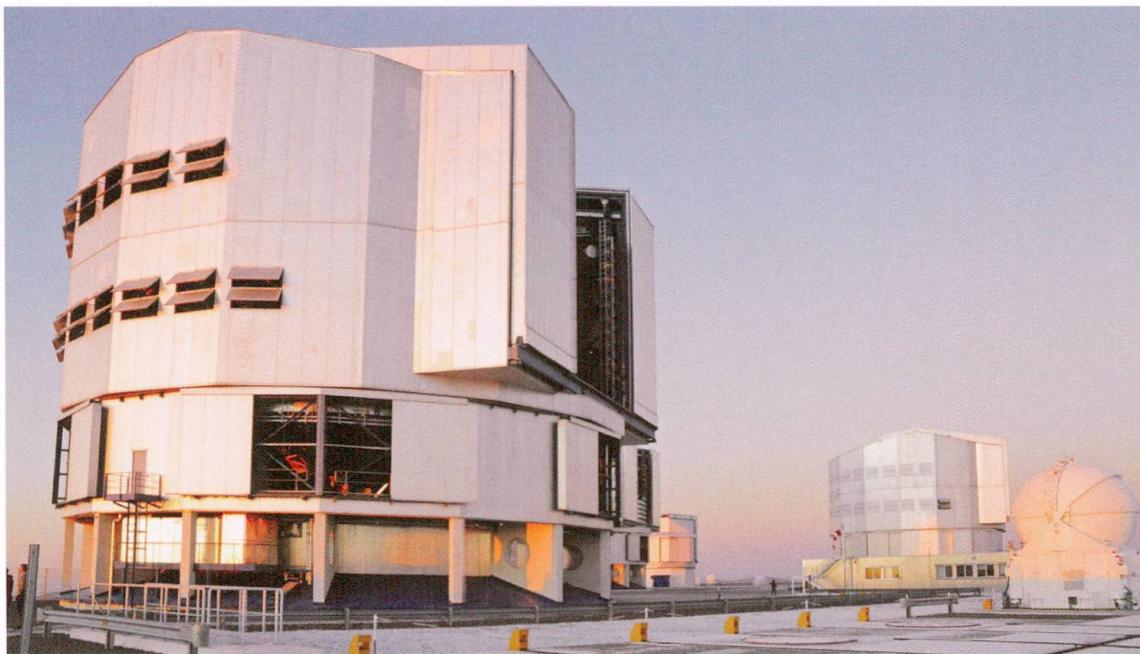


*Beat Keller (rechts)* ist pensionierter Maschineningenieur. Er war schon als Kind an den Sternen interessiert, bastelte sich eine Sternkarte und hat sich am Fernrohr-Selbstbau versucht – leider erfolglos. Seit seiner Pensionierung nutzt er die neu gewonnene Zeit um sich wieder vermehrt seiner Faszination für das Weltall zu widmen.

*Claude Nicollier* ist Professor für Astrophysik an der ETH Lausanne und ehemaliger Astronaut. Er flog auf vier Space Shuttle Missionen, wo er unter anderem an der Reparatur und Wartung des Hubble-Teleskops beteiligt war.

In der Sternwarte Schaffhausen sind wir Hobby-Astronomen und unsere Besucher für die Himmelsbeobachtung auf gutes Wetter mit einem dunklen Nachthimmel angewiesen. Aber auch dann können uns eine hohe Luftfeuchtigkeit als Dunst und die Lichtverschmutzung über der Stadt noch die Sternbeobachtung erschweren. Professionelle Astronomen und Astrophysiker sind auf beste Bedingungen in allen Belangen angewiesen, um brauchbare Bilder machen zu können. Es gibt zwei Möglichkeiten, die Bedingungen zu optimieren: Entweder man baut ein Observatorium auf einem hohen Berg in einer trockenen Klimaregion mit minimaler Bewölkung, z. B. in den Chilenischen Anden (Bild Seite 83), oder man konstruiert ein Teleskop als unbemannter Satellit und schickt diesen auf eine Kreisbahn um die Erde oder um die Sonne ausserhalb unserer Atmosphäre.

Dies ist in den vergangenen Jahrzehnten schon mehrfach gemacht worden. Das grösste und bekannteste dieser Observatorien im Weltall ist das im Jahr 1990 gestartete und seither um die Erde kreisende Hubble-Teleskop. Es hat einen Spiegeldurchmesser von 2.4 m und kann somit ca. 36-mal soviel Licht einfangen wie das grösste Spiegelteleskop in unserer Sternwarte. Der Schweizer Astronaut Claude Nicollier war bei zweien seiner total vier Shuttle-Flüge zwischen 1992 und 1999 massgeblich an der Korrektur eines Fertigungsfehlers und dem Unterhalt



Das Observatorium «Very Large Telescope Array» (VLT) auf dem Cerro Paranal in der Chilenischen Atacamawüste in der Nähe von Antofagasta, betrieben von der Organisation «European Southern Observatory» ESO. Das Observatorium besteht aus vier grossen Teleskopen in separaten Gebäuden, die mit Spiegeln von 8.2 m Durchmesser ausgerüstet sind. Ein spezielles und vier verschiebbare, kleinere Hilfsteleskope ergänzen die Anlage. Das Teleskopgebäude im Vordergrund ist geöffnet für die Beobachtung. Die Klappen an den Aussenwänden dienen zur Reduktion der Luftströmungen im Innern und zum Temperaturausgleich

BILD: BEAT KELLER

des Weltraum-Teleskops beteiligt. Als Nachfolger des Hubble-Teleskops ist zurzeit ein noch viel grösseres Teleskop im Bau. Es wird «James Webb Space Telescope» (kurz JWST) genannt. Claude Nicollier hat mir Auskunft gegeben über Weltraum-Sternwarten im Allgemeinen und das JWST im Speziellen.

*Claude, du bist unter anderem durch deine Weltraum-Arbeiten am Hubble-Teleskop bekannt geworden. Mit diesem unterdessen 25-jährigen Teleskop kann man zeitlich und distanzmässig in unvorstellbare Fernen blicken, fast zurück zum Urknall. Und doch will man immer noch weiter entfernte Objekte entdecken und damit den Beginn unseres Universums erforschen. Was erhofft man zu finden am Rande unseres Universums?*

Mit dem Hubble-Teleskop kann man etwas weiter als zehn Milliarden Lichtjahre blicken. Den Urknall selbst wird man nie sehen können, weil während den ersten ca. 300 000 Jahren das Weltall undurchsichtig war. Man möchte aber etwa 13.5 Milliarden Lichtjahre weit sehen – dorthin, wo sich die ersten Sterne und die ersten Galaxien gebildet haben. Von diesen Vorgän-

gen weiss man noch gar nichts. Was war zuerst? Die Sterne, oder Galaxien aus interstellarer Materie? Die Bilder vom Hubble-Teleskop für diese Distanzen sind unscharf und trüb. Wegen der Expansion des Weltalls sind die Wellenlängen des Lichts in diesem äussersten Bereich unseres Universums grösser geworden, sie haben sich in den Infrarot-Bereich verschoben. Das macht das Licht für unsere Augen unsichtbar, bringt aber auch Vorteile: Die Genauigkeit der Optik des Teleskops inklusive Spiegel darf etwas weniger hoch sein als bei den Wellenlängen im sichtbaren Bereich des Lichts, ohne dass die Bildqualität verringert wird.

*Wenn man solche Sterne oder Galaxien der ersten Generation sehen kann, was für Erkenntnisse kann man daraus gewinnen?*

Das weiss man nicht, das ist Forschung. Was beim Urknall und in der kurzen Zeit danach passierte, das versteht man heute, das ist reine Physik. Aber über die danach folgende Zeit weiss man nichts. Die Chemie der ersten Sterne war ganz anders als heute. Es gab nur die leichten Elemente Wasserstoff und Helium. Die schwereren Elemente wie Eisen, Stickstoff oder Kohlenstoff bildeten sich erst im späteren Leben der ersten Sterne. Das unterscheidet die Entstehung der ersten Sterne von derjenigen der späteren Generationen, welche sich aus der kalten interstellaren Materie bilden, die heute im ganzen Universum zu finden ist und viel mehr Elemente umfasst als am Anfang. So stammt auch unsere Sonne nicht aus der ersten Generation, sondern entstand später aus Überresten von früheren Sternen.

*Wann hat die Bildung der ersten schwereren Elemente begonnen, nach 2 oder 3 Milliarden Jahren?*

Wahrscheinlich früher, schon in der Endphase der Sternentwicklung. Die Sterne werden dann zu einem nuklearen Ofen, in welchem neue Elemente durch Kernfusion gebildet werden.

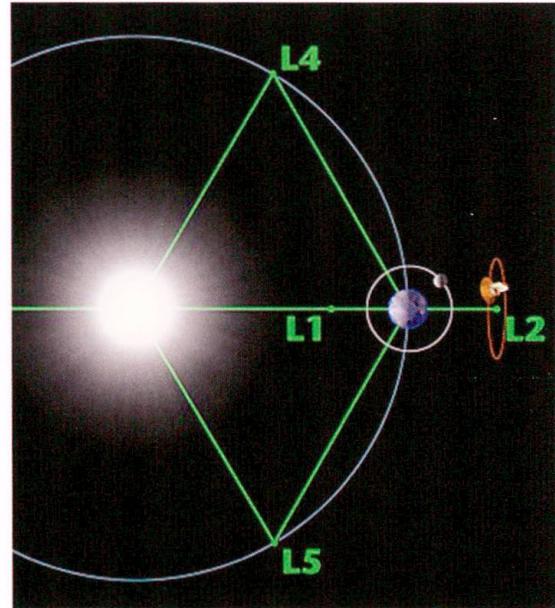
*Für diese Forschung zur frühen Phase der Stern- oder Galaxienbildung nach dem Urknall ist ein viel grösserer Nachfolger des Hubble-Teleskops im Bau, nämlich das «James Webb Space Telescope». Es soll 2018 ins Weltall geschickt werden. Was sind die Aufgaben des JWST?*

Es sind drei Hauptaufgaben, welche mit dem JWST angepackt werden sollen: Erstens die Forschung zur Stern- oder Galaxienentstehung in der Frühzeit des Universums, wie wir sie eben diskutiert haben. Zweitens will man die Entstehung von Sternen in der heutigen Zeit in unserer Milchstrasse untersuchen, z. B. die Geburt eines Sterns im Orionnebel, der ca. 7000 Lichtjahre entfernt ist. Dieser 7000 Jahre alte Zeitraum, den wir beobachten können, ist astronomische Neuzeit. Neue Sterne entstehen dort aus sehr kalter

interstellarer Materie, also nicht nur aus Wasserstoff und Helium. Viele Beobachtungen sind schon mit dem Hubble-Teleskop im sichtbaren Licht gemacht worden, mit dem JWST soll auch der Infrarotbereich untersucht werden. Die Untersuchung der Infrarotstrahlung eignet sich gut für kalte Nebel oder Objekte. Drittens sollen die Atmosphären von extrasolaren Planeten (oder kurz Exoplaneten) erforscht werden. Exoplaneten sind Planeten, welche um andere Sterne als unsere Sonne kreisen. Für diese Aufgabe ist das JWST mit Infrarotkameras und Spektrometern ausgerüstet. Mit der Kenntnis der chemischen Gaszusammensetzung kann man folgern, ob die Atmosphären auf den Exoplaneten Leben ermöglichen.

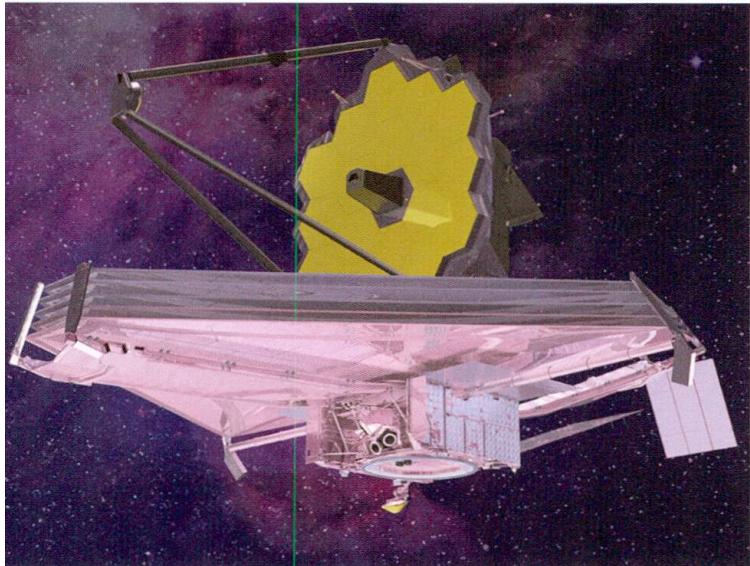
*Das JWST wird nicht auf eine Erdumlaufbahn geschickt, sondern wird unsere Erde als Sonde auf einer eigenen Umlaufbahn um die Sonne begleiten. Welche technischen Probleme sind dabei zu lösen?*

In der Bahnebene eines um die Sonne kreisenden Planeten, in unserem Fall der Erde, gibt es fünf Punkte mit einer speziellen Eigenschaft: Wenn sich ein kleiner Körper, also z.B. ein Satellit, in einem dieser sogenannten Lagrange-Punkte befindet, benötigt er für den Umlauf um die Sonne genau gleich lang wie die Erde, nämlich ein Jahr. Einer dieser Punkte, genannt L2, befindet sich 1.5 Mio. Kilometer von der Erde weg, weiter draussen im Weltall. Die Umlaufbahn eines Satelliten, der dort um die Sonne kreist, ist also länger als die Erdumlaufbahn. Aber dieser Satellit spürt nicht nur die Anziehungskraft der Sonne, sondern zusätzlich auch diejenige der Erde. Das bedingt, dass er etwas schneller fliegen muss, um auf seiner Umlaufbahn zu bleiben. Somit kreist der Satellit, in unserem Fall das JWST, von der Sonne aus gesehen auf dem gleichen Radialstrahl wie die Erde und gleich lang um die Sonne, aber weiter draussen im Weltall. Aus dem folgenden Grund eignet sich dieser Punkt am besten für das JWST: Die zu untersuchende Infrarotstrahlung ist von der Erde abgestrahlt und wird vom Satelliten aufgefangen. Das ist eine optimale Infrarotschutzwirkung.



Die Erde auf der Umlaufbahn um die Sonne und der die Erde begleitende Punkt L2. Das JWST wird nicht genau im Punkt L2 platziert, sondern leicht seitlich davon. Zusätzlich zu seiner Bahn um die Sonne kreist das JWST also auch um den Punkt L2, womit eine optimale Infrarot-Schutzwirkung erzielt wird

BILD: NASA



Zeichnung des JWST mit dem Infrarot-Schutzschild und dem offenen Teleskop. Der Schutzschild blockiert die Wärmestrahlung von Sonne, Erde, Mond und von der Elektronik

BILD: NASA

daher mit einem grossen Infrarot-Schutzschirm geschützt. Auf der Sonne, Erde und Mond zugewandten Seite dieser Schutzfolie befindet sich dann auch die gesamte Elektronik, denn auch die gibt störende Wärmestrahlung ab. Das Teleskop ist offen, damit es der Kälte des Weltraums von etwa 3° Kelvin ausgesetzt ist und keine Wärme aufnehmen kann. Diese komplizierte Sonde mit dem Teleskop, welches einen 18-teiligen Hauptspiegel hat, mit der gesamten Funktions- und Kommunikationselektronik und der Schutzfolie muss in einem zusammengefalteten Zustand in seine Sonnenumlaufbahn gebracht und aufgeklappt werden. Dort draussen kann sie dann von Menschen nicht mehr besucht und repariert oder gewartet werden wie 1993 das Hubble-Teleskop. Die Platzierung des JWST an diesem mit der Erde mitfliegenden Ort L2 vereinfacht die Kommunikation zwischen der Erde und dem JWST in hohem Masse.

*Gehen wir nochmals zurück zur Erforschung des jungen Universums. Welche Überraschungen könnten da noch zum Vorschein kommen? Beim Alter des Universums? Bei der Expansion des Universums?*

Der Spiegel des JWST ist etwa achtmal so gross wie der Spiegel des Hubble-Teleskops. Man wird also sehr viel mehr Details sehen können. Aber was man finden wird, das weiss man nicht. Das Alter wird sich wahrscheinlich nicht stark verschieben. Die Expansion des Universums hat mit der dunklen

rotstrahlung aus den entferntesten Weiten des Weltalls ist extrem schwach. Jede Störung von einer anderen Infrarotquelle, also Wärmequelle, würde sie überdecken und unbrauchbar machen. In der Umgebung der Sonne gibt es aber drei wichtige Störquellen: Es sind dies die Sonne selbst, die Erde und der Mond. Alle drei strahlen Wärme ab. Wenn man nun das JWST ausserhalb der Erde und des Mondes auf einem Radialstrahl «parkiert», dann befinden sich diese drei Störquellen von der Sonde aus gesehen immer ungefähr am gleichen Ort, und man kann sie abschirmen. Das offene Teleskop, also ein Teleskop ohne Rohr, wird

Materie zu tun, diesem geheimnisvollen Medium, von dem man nicht weiss, was es ist und wo es ist, von dem es aber im Weltraum mehr hat als alle sichtbaren Sterne. Es ist nicht ausgeschlossen, dass man mit den Resultaten vom JWST auch zur Lösung des Rätsels der dunklen Materie etwas beitragen kann.

*Das JWST soll nur den Infrarot-Wellenlängenbereich erforschen. So wird es wohl keine spektakulären Bilder für die Laien-Bevölkerung geben wie beim Hubble-Teleskop?*

Doch, doch, ich denke schon. Die zu erforschenden Infrarot-Wellenlängen sind nicht so weit vom sichtbaren Licht weg. Ein gutes Beispiel ist eine Hubble-Aufnahme vom Pferdekopf-Nebel im Infrarotbereich. Die Struktur dieses Nebels im sichtbaren Bereich ist ganz anders, aber das Infrarotbild ist ebenso schön.

*Bei diesen teuren Projekten wird es immer schwieriger, der Bevölkerung einen praktischen Nutzen zu erklären. Was ist deine Meinung dazu?*

Das JWST wird von den Raumfahrtorganisationen NASA (USA), ESA (Europa) und CSA (Kanada) entwickelt. Es ist schon so – alleine betrachtet ist das JWST über acht Milliarden Dollar teuer, etwa viermal soviel wie das Hubble-Teleskop. Aber man muss das relativ sehen. Das Verteidigungsbudget der USA ist mehr als eine Milliarde Dollar pro Tag, und es werden hunderte Milliarden Euro bezahlt, um eine schlecht regierte Nation zu retten. So gesehen sind die Kosten für das JWST unbedeutend. Kommt dazu, dass mit diesem Projekt für viele Jahre tausende von Arbeitsplätzen geschaffen wurden, ein grosser Teil der Kosten sind also Saläre. Der praktische Nutzen dieser Forschung ist sicher anfänglich sehr gering, die Erweiterung unseres Wissens über die Entstehung unseres Universums gehört in das Gebiet der Kultur. Längerfristig ergibt sich aber durch die Weiterentwicklung der Technik oft auch ein Nutzen für den Allgemeingebräuch im Alltag.

*Claude, ich danke dir für diese sehr interessanten Ausführungen.*

## 3.6 Sphärenharmonie – Musik des Universums

### *Überlegungen zu einer Methodik des Unmöglichen*

WERNER BÄRTSCHI



*Werner Bärtschi* ist freischaffender Musiker. Er arbeitet hauptsächlich als Pianist und Komponist, gelegentlich auch als Dirigent. Die Freude an der Himmelsbeobachtung hat sein Interesse an der Astronomie geweckt. Er hilft gelegentlich als Demonstrator auf der Sternwarte aus.

wesen sein, sie zu vernehmen, jener Pythagoras, der auch die bedeutungsvolle Verwandtschaft zwischen Längenverhältnissen und musikalischen Intervallen entdeckt und formuliert haben soll.

Wir glauben nicht mehr an Kristallsphären, die sich um die Erde drehen. Doch der Gedanke, unser Kosmos, die Welt, in der wir leben, klingt unaufhörlich aus sich selbst heraus, fasziniert noch heute: Ein ewiger Klang, eine unendliche Musik, immer gleich und dennoch in jedem Augenblick einzigartig und neu. Diesen Klang, diese Musik möchten wir gerne hören! Wenn man aber Musiker ist, möchte man ihn nicht nur hören, sondern auch spielen, auch komponieren können.

Doch das ist offensichtlich unmöglich!

Man kann ja nichts Unendliches komponieren, allein schon aus praktischen Gründen, vor allem aber auch, weil Musik in der Zeit und dank der Zeit lebt, weil sie die Zeit nutzt und in einer hochdifferenzierten Weise gliedert. Sie muss anfangen, wechselnde Gestalt annehmen und zuletzt enden, wie auch immer sie das im Einzelnen macht. Würde sie das nicht, könnten wir sie nicht wahrnehmen. Musik braucht Gliederung, braucht Strukturen, sonst bleibt sie unverständlich.

Deshalb durfte ich, als Komponist freundlichst angefragt, ein solches Werk zu schreiben, keinesfalls zusagen. Es geht ganz einfach nicht.

Dennoch: Die Vision einer Sphärenharmonie regt auch heute noch unsere Phantasie an. Und ich selbst habe noch einen persönlicheren Grund, mich für die unmögliche Idee zu interessieren:

Früher glaubte man an die Sphärenharmonie, beneidenswerte alte Zeiten! Sphärenharmonie – welch klangvoller Name! Doch wer hat sie je gehört? Niemand oder vielleicht ein Einziger! Der Mythos sagt, dass Sonne, Mond, Planeten und Sterne sich auf je eigenen Kristallsphären in je eigener Geschwindigkeit um die Erde drehen. Dabei entsteht ein Zusammenklang, die Sphärenharmonie eben, die aber für den Menschen unhörbar bleibt. Einzig Pythagoras soll in der Lage

Es hat mich immer fasziniert, wie aus Regelmässigkeit und Wiederholung laufend neue Gestalten entstehen können. Die Natur macht uns das eindrücklich vor. Das Universum aber, nach heutiger Vorstellung seit über 13 Milliarden Jahren in ständiger Ausdehnung begriffen, bringt ebenfalls die unterschiedlichsten Gestalten hervor, zum Beispiel die Sonne und die Erde und dich und mich und übrigens auch das, was ich soeben Natur genannt hatte. Jede Erscheinung darin ist einzigartig und neu, zugleich aufgehoben in einem Ganzen, das man den Inbegriff von Kreativität nennen dürfte, wenn wir Menschen diesen Begriff nicht längst für unsere eigenen kleinen Einfälle usurpiert hätten.

Jede Erscheinung einzigartig und neu, oft genug von wundersamer Bedeutung – man spricht nicht umsonst von Sternstunden! Denn wenn die Sterne einmal ganz besonders zueinander stehen, soll sich auch ganz Besonderes zutragen. So glaubte man es einst und auch heute hoffen Viele auf die Magie des besonderen Moments, lasse er nun die grosse Liebe beginnen oder bringe er einen Lotteriegewinn. Dabei – wir wissen es im Grunde alle – gibt es in jeder Sekunde unzählige Sternstunden und ist ohnehin jede Erscheinung einzigartig. Sind denn Sonne und Erde und du und ich und das, was ich soeben Natur genannt hatte und überhaupt ALLES, was ich hier schon gar nicht anzu-deuten versuchen will nicht Beweis genug dafür?

Um aber zu meinem spezifischen Fach und zugleich zur so freundlich gestellten Aufgabe zu kommen: In vielen Meisterwerken der Musik erkenne ich verwunderlicherweise eben genau dieses gleiche Phänomen wieder. Aus unscheinbarsten Keimen entwickelten grossen Komponisten seit je einen Reichtum an einzigartigen und neuen Gestalten, der umso mehr erstaunen muss, als er sich ganz einfach und organisch entfaltet. Ich habe dem selber in meinen Werken auch nachgeifert. Das ist professionell. Das Anliegen, als Musiker einer Sphärenharmonie nahe zu kommen oder gar die Musik des Universums zu komponieren, fasziniert mich also durchaus und liegt mir sogar nahe.

Aber die Aufgabe ist zu gross. Sie ist unrealistisch. Ich muss sie auf menschliches Mass herunterholen, muss sie auf einer nur assoziativen Ebene ansiedeln. Den Finger, der auf den Mond zeigt, darf ich nicht mit dem Mond verwechseln. Die Musik kann nur der Finger sein. Dies einmal akzeptiert, darf ich frei mit den Elementen spielen, darf mich auf das konzentrieren, was Musik tatsächlich leisten kann.

Also: Ich suche eine Musik, die den Anschein erweckt, ewig zu dauern (was sie natürlich nicht tut). Ich suche eine Musik, die aufgrund einfachster

Voraussetzungen ständig Neues hervorbringt. Ich suche eine Musik, die vollständig unvorhersehbar ist, aber in jedem Augenblick einer inneren Gesetzmässigkeit folgt. Diese Gesetzmässigkeit soll dem Hörer erfahrbar werden, auch wenn er sie nicht nachvollziehen kann.

Ich denke, dass das Stück langsam sein muss. Sonst wird man nie von seinem inneren Fortgang auf die Ewigkeit schliessen wollen.

Acht Sphären sollen es bei der Sphärenharmonie gewesen sein. Nehm' ich doch acht Stimmen oder Schichten! Damit erreiche ich jedenfalls eine für unser Hören ausreichende Vielschichtigkeit.

Ich gebe jeder Stimme oder Schicht einen Zentralton. Dazu verwende ich Töne aus der Obertonreihe. Sie eignet sich als einfaches Naturphänomen gut für solche Zwecke. Da ihre höheren Töne aber zur Hälfte Oktavierungen und damit in gewissem Sinne Tonwiederholungen sind, wähle ich nur diejenigen aus, deren Ordnungszahl eine Primzahl ist. Dadurch wirkt jeder Ton neu. Die achtstimmige Harmonie, die sich daraus ergibt, wird reich und vielschichtig klingen.

Am wichtigsten ist wohl, wie in einer solchen Musik die Zeit vergehen soll. Ich brauche eine Regelmässigkeit, einen ruhigen, sogar sehr ruhigen Puls, der aber von den Klängen (den Erscheinungen) jederzeit frei umspielt wird. Ein heikles Element, das ich mit Vorteil meinem spontanen kompositorischen Zugriff überlassen sollte.

Die kostbare Einsicht, dass in Wahrheit jeder Augenblick eine Sternstunde sei, hilft mir leider gar nicht weiter. Im Gegenteil: Die Sternstunden müssen in diesem Stück seltene, unvorhersehbare Momente sein, an denen sich Klänge zu einer einzigartigen Konstellation fügen, an denen sich eine seltenste Wunderblume öffnet, an denen ein unerwarteter Lichtblitz den Blick auf eine sonst unsichtbare und unüberblickbare Landschaft ermöglicht. Dazu kann ich nochmals die Primzahlen verwenden, und zwar in diesem Falle ihre Produkten, also die Faktorzerlegung. Wenn ich mir die Takte wie üblich nummeriert vorstelle, sind niedrige Faktoren wie die 2, die 3 oder auch noch die 5 fast omnipräsent. Entsprechend einfach stelle ich mir ihren Einfluss auf die Auswahl meiner Klänge vor. Ausgesuchte Faktorkombinationen hingegen (ich nenne als beliebiges Beispiel den Takt  $187 = 11 \times 17$ ) sollten zu ausserordentlichen, magischen Augenblicken führen. Sie sind selten und werden (welch glücklicher Umstand!) nach und nach sogar immer seltener. Sie sollen ja gerade selten sein, und ihre Seltenheit spiegelt ganz richtig unsere Sicht auf das Universum. Denn, nicht wahr, Sonne und Erde und du und ich und das, was ich oben Natur genannt hatte und überhaupt ALLES, was ich schon

vorhin gar nicht anzudeuten versucht hatte ist zwar fugenlos in ein grosses Ganzes integriert, ist aber einzigartig für mich, einzigartig aus meiner kleinen lokalen Sicht, und natürlich auch aus deiner, weil wir beide vor allem das uns Naheliegende erleben und beachten, mit uns selbst mittendrin als Zentrum.

Wie lange aber soll die musikalische Darstellung der Ewigkeit denn überhaupt dauern? Das klingt nach Scherzfrage, braucht aber in diesem Falle eine Antwort. Unendlich dauern kann sie nicht. Also braucht es eine Zeitdauer. Sind es knappe fünf oder zehn Minuten? Fünfzehn Minuten, eine Dauer, bei der ungeübte Hörer bereits Schwierigkeiten bekommen? Oder noch mehr? Oder gar strapaziöse zwei oder fünf oder siebzehn Stunden? Mit solcher Länge komme ich wohl der Unendlichkeit nicht näher.

Doch es gibt durchaus genuin musikalische Gründe für die richtige Zeitdauer. Sie ergeben sich aus der Notwendigkeit, irgendwann aufzuhören, abzuschliessen. Aber gerade «schliessen» soll die Ewigkeit ja nicht. Stattdessen muss eine solche Musik sich entfernen, sich auflösen, sich sozusagen in der Weite des Alls verlieren. Ihre Erscheinungen müssen nach und nach immer vereinzelter werden, immer grössere Pausen müssen dazwischendringen. Sie werden zunehmend noch das Gewöhnlichste zum seltenen Ereignis werden lassen. Ich muss also die Regelmässigkeit des Zeitablaufs durch Aussetzer zuerst selten, dann aber häufiger unterbrechen. So kann ich ein Ende oder richtiger gesagt eine Art des Aufhörens finden, die eben gerade nicht wie ein Schluss klingt.

Zum Schluss dieser Überlegungen aber gibt's nochmals eine letzte Nuss zu knacken: Musik muss ja gespielt oder gesungen werden. Erst so wird sie konkret und wahrnehmbar. Singstimmen oder Streichinstrumente scheinen mir für dieses Vorhaben zu menschlich, zu persönlich, zu subjektiv. Aber welche Instrumente kann ich sinnvoll verwenden? Da das Ganze ohnehin utopisch ist, brauche ich in dieser Frage keine praktischen Rücksichten nehmen.

Klänge, die wie bei einem Klavier von selbst allmählich verklingen, bieten sich als Erstes an, da sie sich ja von selbst in die Stille verlieren, während ein gehaltener Ton wie etwa von einer Trompete stets ein vom Spieler gewolltes und gemachtes Ende haben muss. Ein Klavier wäre in jedem Falle nützlich, da es auch einen grossen Tonumfang hat und ohne Schwierigkeiten mehrstimmig spielen kann. Aber ich brauche auch kontrastierende Farben. Der Klang einer Bassmarimba wäre wertvoll, körperlicher und wärmer als der Klavierton, mit dem er sich aber auch gut verbinden kann. Dazu vielleicht ein Vibraphon? Dieses heute etwas in Verruf geratene Instrument, das einst mit seinem leider allzu mechanischen Vibrato Erfolge feierte, könnte die perfekte

Ergänzung sein zu Klavier und Marimba. Der Clou daran ist, dass eben gerade der simple Vibratoeffekt hier zu einem unerwarteten Glanzauftritt kommt, denn wirkungsvoller als durch plötzliches Umkippen ins Vibrato kann wohl mit Instrumenten die Seltenheit eines besonderen Moments kaum noch herausgestellt werden.

Aber zu diesen Instrumenten, deren Ton verklingt, muss nun natürlich auch noch eine Gegenwelt kommen. Ich brauche auch Instrumente mit ausgehaltenem Ton, Bläser, am besten eine Flöte mit ihrem kühlen, klaren Klang und ihrer erstaunlichen Beweglichkeit, dazu eine Klarinette, die so unvergleichlich Noten aus dem Nichts heraus anspielen kann, womit sie das Gegenstück zum Verklingen eines Klaviertons bildet. Da Bläser einstimmig spielen, brauche ich mehrere, zwei mindestens, besser wohl drei. Also vielleicht auch noch ein Blechblasinstrument, vielleicht das flinke Euphonium, mit seinem runden, warmen Ton «aus dem Bauch heraus». Überblicke ich die entstandene Liste von inzwischen sechs Instrumenten, so gefällt mir, dass die Zusammenstellung völlig exotisch ist. Sie erinnert in keiner Weise an die Standardformationen unseres Musiklebens. Gut so! Das sind wir der Sphärenharmonie und dem Universum schuldig.

Und nun? Ist der Schreibtisch aufgeräumt? Sind die wichtigsten Prämissen angedacht? Soll ich das Unmögliche wagen?

# Herzlichen Dank unseren Sponsoren

## Hauptsponsoren



## JC Fischerstiftung



## Co-Sponsoren



Jakob + Emma Windler-Stiftung



Prix Vision



Dr. von Moos AG  
Geotechnisches Büro  
Beratende Geologen und Ingenieure

