

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 75 (2017)  
**Heft:** 400

**Artikel:** Welches Weltbild hätten wir heute ohne die Teleskope? : 400 Tonnen für ein Heureka  
**Autor:** Geiger, Hansjürg  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-897086>

### **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:** 28.04.2026

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

Welches Weltbild hätten wir heute ohne die Teleskope?

## 400 Tonnen für ein Heureka

■ Von Hansjürg Geiger

Gäbe es bei uns noch wirklich finstere Nächte, so könnten wir mit unseren Augen rund 6'000 Sterne am Himmel erkennen, einen Bruchteil dessen, was uns das Weltall zu bieten hat. Davon haben die Menschen aber erst nach der Erfindung der optischen Teleskope erfahren. Instrumente, die unsere Weltansicht um ungeahnte Grössenordnungen erweitert haben. Bereits die ersten, noch sehr primitiven Ferngläser des GALILEO GALILEI veränderten und prägten vor über 400 Jahren unser Weltbild radikal. Die bisherige Entdeckungsgeschichte soll aber, geht es nach den Plänen der grossen astronomischen Gesellschaften, erst der Anfang eines unvergleichlichen Abenteuers sein, an dessen Ende sie hoffen, unseren Platz im Universum besser verstehen zu können.

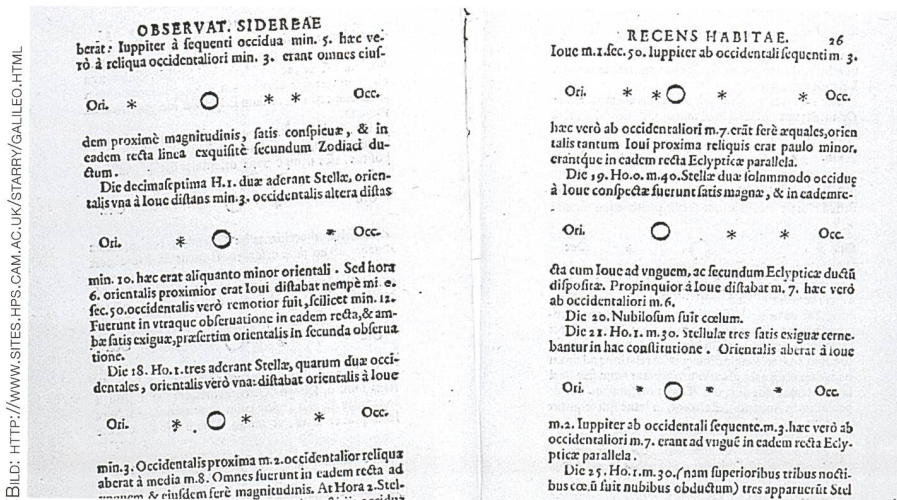


Abbildung 1: Zwei aus dem Werk «Sidereus Nuncius» von GALILEO GALILEI, auf denen er mit Skizzen die Position der vier von ihm entdeckten Jupitermonde festhält. Diese Beobachtungen waren mit entscheidend für die Durchsetzung des heliozentrischen Weltbildes.

In meiner Erinnerung ist es ein regnerischer Herbsttag, an welchem ALFRED WALDIS, der erste Direktor des Verkehrshauses der Schweiz in Luzern, zu einem Vortrag über die jüngsten Entdeckungen im Weltall lud. Ich weiss noch, wie ich mich als Jugendlicher etwas schüchtern un-

ter die ehrwürdigen Herren der Naturforschenden Gesellschaft mischte und gespannt auf den Beginn des Vortrages wartete. Diapositive waren es, die uns Herr WALDIS zeigte, eine heute schon fast vergessene Präsentationsform. Aber was für Bilder waren dies! Er zeigte uns

Farbfotos, Bilder, die dank einer damals neuen Kühltechnik der Wissenschaftler am Lowell Observatory in Flagstaff, Arizona, aufgenommen worden waren und erstmals in der Geschichte der Astronomie jedermann die subtile Farbenpracht des Weltalls erleben liess. Waldis schwärmte von den Möglichkeiten der grössten Teleskope. Speziell der 200 Zoll Reflektor auf dem Mt. Palomar in Kalifornien hatte es ihm angetan, ein Gigant, der mit seinem 5.1 m Spiegel das Licht aus den Tiefen des Universums einfangen konnte, wie vor ihm kein anderes Instrument.

Ich war völlig hingerissen, von dem was ich an diesem Abend erleben durfte. Herr WALDIS öffnete ein Fenster in eine mir unbekannt Welt und liess erkennen, dass auch ihm, dem Profi, diese Bilder einen Zugang zu neuen Dimensionen erschlossen. Es war wohl die definitive Initialzündung meiner Leidenschaft für die Astronomie.

### Revolution im Jahre 1610

Instrumente haben in der Geschichte der Astronomie immer eine entscheidende Rolle gespielt. Das begann schon mit den ersten Messgeräten, welche eine Orientierung nach den Sternen ermöglichten und – viel wichtiger noch für die Geschichte der wissenschaftlichen Entdeckungen – mit denen sich die Bewegung der Gestirne immer genauer erfassen liess. Aber was wäre gewesen und wie hätte sich unser Weltbild geformt, hätten nicht holländische Optiker die ersten, noch sehr einfachen Fernrohre erfunden? Wie hätten GALILEO GALILEI und seine Mitstreiter vor 400 Jahren die Macht der gesellschaftlichen Vorurteile um das geozentrische Modell brechen können? Wären die Ideen des KOPERNIKUS auch ohne die optischen Hilfen mehr als nur eine Randnotiz in den Lehrbüchern geworden?

Instrumente können noch so perfekt gebaut sein, sie liefern aber nur dann Resultate, wenn die Umstände dies auch erlauben. GALILEO GALILEIS Entdeckungen sind anlässlich der 400 Jahre-Gedenkanlässe vor kurzer Zeit ausführlich gewürdigt worden. Es ist aber kaum je diskutiert worden, dass seine Erkenntnisse nicht möglich gewesen wären, hätte er auf einem Planeten gelebt, welcher, der Venus ähnlich, durch kon-

stante Bewölkung den Blick ins Universum verwehrt. Wie hätte es ihm und den anderen Grössen der Wissenschaftsgeschichte auf einem wolkenverhangenen Planeten gelingen können, die alten Vorstellungen zu überwinden und sich von einem sehr lokal zentrierten, mittelalterlichen Weltbild zu lösen? Hätten wir unter diesen Voraussetzungen Medizin, Technik, weltweiten Handel und Landwirtschaft zur Ernährung von bald 7.5 Milliarden Menschen entwickelt? Wir können nur spekulieren. Sicher aber ist, dass unser modernes Verständnis der Rolle des Menschen ohne die Revolution in der Astronomie vor über 400 Jahren kaum möglich gewesen wäre.

## Triumph und Enttäuschung 1949

Wie stolz GALILEI auf seine selbstgebauten Fernrohre war, zeigt sich beispielsweise in seinem Kommentar zur Entdeckung der Jupitermonde. Gerade mal drei winzige Lichtpünktchen, zu denen sich wenig später auch noch der vierte Jupitermond gesellte, reichten aus, um ihn endgültig von der Richtigkeit der heliozentrischen Erklärung zu überzeugen.

300 Jahre später war die Technik soweit, nicht nur kleine Fernrohre bauen zu können. Der Hunger nach Licht aus dem All verlangte immer grössere Instrumente, bis hin zu einem weiteren Höhepunkt der Kunst des Teleskopbaus – dem Hale-Teleskop auf dem Palomar Mountain in Kalifornien. Das riesige Instrument blieb fast 30 Jahre lang das grösste Fernrohr der Welt und prägt auch heute noch die astronomische Forschung. Seine Geburtsstunde läutete im Jahre 1928, als der Astronom GEORGE ELLERY HALE den Präsidenten der Rockefeller-Stiftung vom Bau eines Teleskops der damals fast utopisch erscheinenden 5 m-Klasse überzeugte. Der Bau eines solchen Giganten war auch erst gerade wenige Jahre vorher in den Bereich des Möglichen gerückt, weil die amerikanische Firma Corning mit dem Pyrex-Glas einen neuen Werkstoff entwickelt hatte, welcher weitgehend unempfindlich auf Temperaturschwankungen war. Verzögert durch den zweiten Weltkrieg wurde das Teleskop allerdings erst 1947 fertiggestellt. Der Hauptspiegel selbst musste zweimal gegossen werden. Beim ersten Versuch lösten

BILD: [HTTP://ANNERMAN.BLOGSPOT.CH/2013/02/MYSTERY-HISTORY-SOLVED.HTML](http://annerman.blogspot.ch/2013/02/mystery-history-solved.html)



Abbildung 2: Der 5 m Spiegel auf seiner Reise von Upstate New York nach Kalifornien im Frühling 1936. Der Transport per Extrazug war für die damalige Zeit eine echte Herausforderung.

sich Teile der Gussform in der immensen Hitze des flüssigen Glases und schwammen an dessen Ober-

fläche. Aber auch der zweite Spiegel wäre beinahe zerstört worden, als während der Monate dauernden Ab-

BILD: [HTTP://WWW.ASTRO.CALTECH.EDU/PALOMAR/ABOUT/HISTORY.HTML](http://www.astro.caltech.edu/palomar/about/history.html)



Abbildung 3: Endlich war es soweit. Nach jahrelangen Schleifarbeiten, unterbrochen durch den 2. Weltkrieg, wurde der Spiegel im November 1947 per Autotransport zum Palomar Mountain gefahren. Dazu waren zwei Lastwagen nötig, einer zog, der andere schob den 14 t schweren Glasklotz.

kühlung die Heizungen ausfielen. Überschwemmungen des Chemung-Rivers, an dessen Ufer sich die Corning Werke im Bundesstaat New York befinden, legten die Stromversorgung der Fabrik lahm. Auch der Transport nach Kalifornien muss ein Abenteuer gewesen sein. Dazu wurde der Spiegel aufrecht in einen speziell hergestellten Stahl-Container eingesetzt und mit einem Extra-Zug der Santa Fe-Gesellschaft langsam nach Pasadena überführt. Bei einer maximalen Reisegeschwindigkeit von knapp 40 km/h dauerte die Fahrt mehrere Wochen. Von dort ging es mit zwei Lastwagen zum Schleifwerk des California Institute of Technology. Und jetzt ging der Stress erst richtig los! Mehr als 5.5 t Material mussten von dem ursprünglich 20 t wiegenden Glas weggeschliffen werden, eine Präzisionsarbeit, die über 13 Jahre dauerte! Aber dann, am 26. Januar 1949 war es soweit. Auf einem 400 t schweren Fundament ruhend, konnte die erste Aufnahme mit dem Riesenteleskop geknipst werden. EDWIN

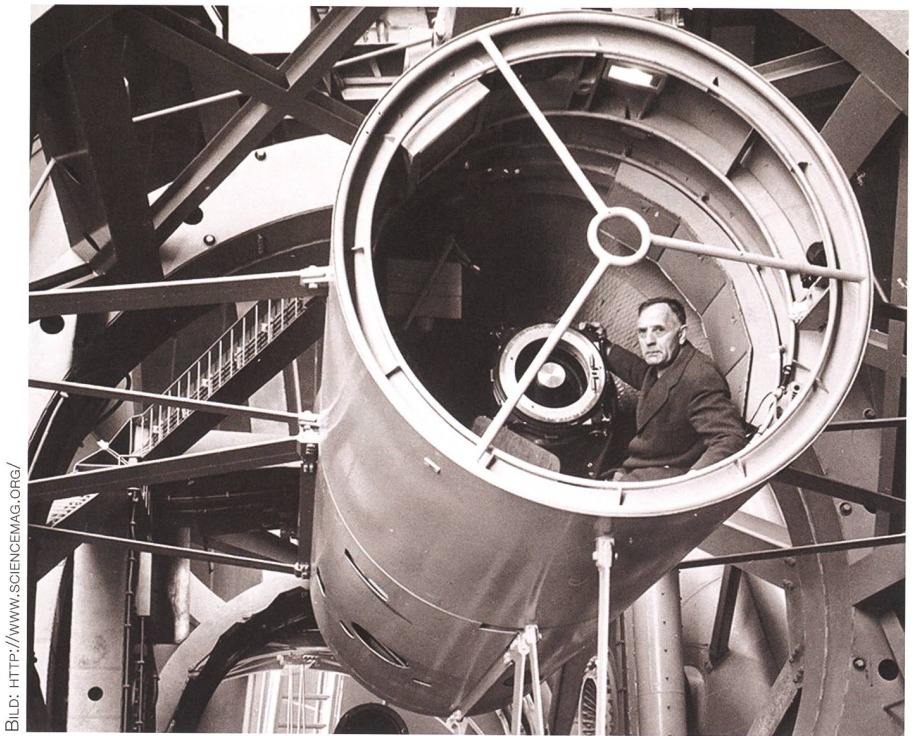


BILD: [HTTP://WWW.SCIENCEMAG.ORG/](http://www.sciencemag.org/)

Abbildung 4: EDWIN HUBBLE bei den Justierungsarbeiten im «Beobachterkäfig» des Hale Teleskopes auf dem Palomar Mountain. Die Konstruktion ist derart massiv gebaut, dass ein Mensch problemlos im Sekundärfokus arbeiten kann.



BILD: [HTTP://WWW.ASTRO.CALTECH.EDU/PALOMAR/ABOUT/HISTORY.HTML](http://www.astro.caltech.edu/palomar/about/history.html)

Abbildung 5: Eröffnungsfeier für das Hale-Teleskop am 3. Juni 1948. Die unter der Teleskopstruktur versammelten fast 1'000 Gäste geben eine Vorstellung von der Grösse des Instrumentes.

HUBBLE, einer der bekanntesten Astronomen des frühen 20. Jahrhunderts war bei den Einstellungsarbeiten dabei und nahm das erste Bild auf, natürlich von «seinem» Nebel, dem NGC 2261, besser bekannt als «HUBBLES veränderlicher Nebel». HALE, der Initiator des Observatoriums, erlebte das «Erste Licht» nicht mehr. Er war fast elf Jahre vorher verstorben. Das Teleskop, sein Kind, erhielt seinen Namen.

Aber welche Enttäuschung! Die ersten Bilder waren kaum schärfer, kaum detailreicher, als mit einem durchschnittlichen, heutigen Amateurfernrohr aufgenommen! Was war schief gelaufen nach all den Jahren harter Arbeit? Die Probleme lagen in der komplizierten Geometrie des Spiegels. Zunächst stellte sich heraus, dass sich das Glas durchgebogen hatte, was relativ schnell durch Nachjustieren der 36 Stützen der Spiegelfassung korrigiert werden konnte. Aber dann kamen viel schwieriger zu behebbende Fehler zum Vorschein. Trotz des Spezialglases machte der Spiegel die Temperaturschwankungen im Tagesverlauf nicht gleichmässig mit, sondern verformte sich abschnittsweise. Mehr noch, der Rand des Spiegels erwies sich als etwa einen millionstel Millimeter zu hoch. Das Gerät war in diesem Zustand unbrauchbar. «Die Zeit» kommentierte damals: «Nach den ersten triumphalen Meldungen wirken diese Nachrichten ernüchternd. Sie zeigen, dass der Mensch derart überdimensionierten Instrumenten praktisch noch gar nicht gewachsen ist und dass es eine Grenze gibt für den Bau von Riesenteleskopen.»

## Brillengläser für die alternden Riesen

Die ersten Schwierigkeiten waren trotz aller Unkenrufe bald überwunden, Kinderkrankheiten eben, wie sie bei jedem technischen Gerät auftauchen können. Trotzdem war mit diesem Instrument eine Grenze erreicht, die sich mit damaliger Technik kaum mehr überwinden liess. Die Spiegel der Teleskope konnten noch so perfekt geschliffen und montiert sein, hätten aber trotz ihrer Grösse, ihrer überlegenen Fähigkeit Licht zu sammeln, keine schärferen Bilder mehr geliefert. Das Problem ist jedem Amateur bekannt, es ist die unruhige Atmo-

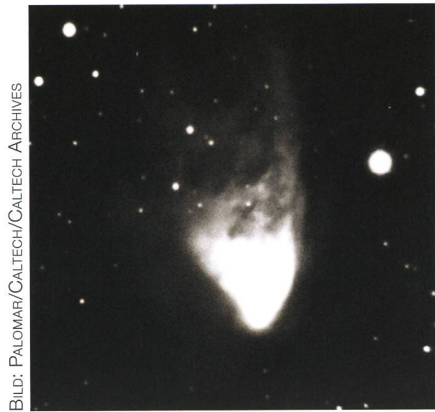


BILD: PALOMAR/CALTECH/CALTECH ARCHIVES



BILD: NASA / HST

Abbildung 6: Die erste «offizielle» Aufnahme mit dem neuen-Spiegel. Abgebildet ist NGC 2261, HUBBLES Veränderlicher Nebel. Die Aufnahme ist ein gutes Beispiel für die Unschärfen der Bilder aus der Frühzeit des neuen Teleskopes. Zum Vergleich ein Bild des HST.

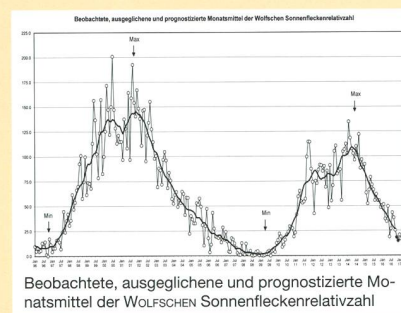
sphäre, welche die feinen Lichtpunktchen aus dem All zittern oder verschwimmen lässt und die Bilder damit unscharf macht. Viele ältere Aufnahmen mit dem 5 m-Giganten sehen deshalb verwackelt aus. Unbrauchbar für wissenschaftliche Zwecke.

Damit gaben sich die Wissenschaftler und Ingenieure natürlich nicht zufrieden, sie wollten möglichst

perfekte Lichtpunktchen auf ihren Bildern. Die Sterne wackeln? Ok, dann hält man sie einfach ruhig! Was einfach klingt, setzt innovative Spiegeltechnik und enorme Rechenleistung voraus. Damit ist es aber in den letzten Jahren immer wieder gelungen, die Fähigkeiten der alten Riesenteleskope zu erweitern und ihre Leistung zu steigern. Das Prinzip an sich ist recht einfach. Wenn

## Swiss Wolf Numbers 2017

Marcel Bissegger, Gasse 52, CH-2553 Safnern



### März 2017 Mittel: 15.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
41	49	35	4	6	23	-	0	-	0	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
12	13	11	12	13	25	40	45	49	48	48

### April 2017 Mittel: 26.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
62	81	75	75	47	38	16	0	6	12
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12	20	19	16	0	11	0	17	24	28
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
32	30	46	43	36	24	23	39	33	21

3/2017	Name	Instrument	Beob.
	Barnes H.	Refr 76	12
	Bissegger M.	Refr 100	4
	Ekatodramis S.	Refr 120	21
	Enderli P.	Refr 102	4
	Erzinger T.	Refr 90	1
	Erzinger T.	Refr 90	19
	Friedli T.	Refr 40	6
	Friedli T.	Refr 80	6
	Früh M.	Refl 300	21
	Käser J.	Refr 100	23
	Meister S.	Refr 150	5
	Menet M.	Refr 102	5
	Mutti M.	Refr 80	11
	Niklaus K.	Refr 126	4
	Schenker J.	Refr 120	7
	Tarnutzer A.	Refl 203	16
	Trefzger C.	Refr 150	2
	Weiss P.	Refr 82	16
	Willi X.	Refl 200	9
	Zutter U.	Refr 90	20

4/2017	Name	Instrument	Beob.
	Barnes H.	Refr 76	12
	Ekatodramis S.	Refr 102	13
	Enderli P.	Refr 102	7
	Erzinger T.	Refr 90	23
	Friedli T.	Refr 40	11
	Friedli T.	Refr 80	11
	Früh M.	Refl 300	17
	Käser J.	Refr 100	23
	Meister S.	Refr 150	10
	Menet M.	Refr 102	4
	Mutti M.	Refr 80	9
	Niklaus K.	Refr 126	2
	Schenker J.	Refr 120	7
	Tarnutzer A.	Refl 203	13
	Trefzger C.	Refr 150	4
	Weiss P.	Refr 82	15
	Willi X.	Refl 200	9
	Zutter U.	Refr 90	16

«Am 7. Januar dieses Jahres 1610, zur ersten Stunde des folgenden Tages, als ich die Sterne mit dem Fernrohr ansah, zeigte sich mir Jupiter; und weil ich ein wirklich ausgezeichnetes Instrument gebaut hatte, sah ich nahe bei dem Planeten drei Sterne, zwar klein, aber sehr hell.»

GALILEO GALILEI (1564-1642)  
Sidereus Nuncius, März 1610

bekannt ist, wie stark und in welche Richtung das Untersuchungsobjekt wackelt oder verschwimmt, dann lassen sich seine Bewegungen durch Veränderungen an der Spiegelgeometrie ausgleichen. Das Problem ist allerdings sehr oft, dass die Bildmotive der Astronomen extrem lichtschwach sind, ein Zwergplanet in unserem Sonnensystem etwa oder eine Galaxie in extremer kosmologischer Distanz. Für solche Ziele braucht es eine Hilfe in Form eines helleren «Leitsterns» möglichst nahe am eigentlichen Zielobjekt. Wenn die Optik sehr schnell die Bewegungen dieses «Führers» ausgleichen kann, so wird das benachbarte, das eigentliche Untersuchungsobjekt, von den Anpassungen profitieren und ebenfalls scharf abgebildet. Heutige Riesenteleskope, wie das «Extremely Large Telescope» (ELT), welches gegenwärtig in der chilenischen Atacamawüste gebaut wird, lösen das Problem, indem sie die Geometrie der Spiegelflächen ständig ändern. Beim ELT werden dies fast 800 (oder 2 x 400!) sechseckige Spiegelemente sein, die zusammen eine Lichtsammelfläche von unglaublichen 39 m ergeben. Einige der Spiegel werden mit adaptiver Optik ausgerüstet sein, das Herzstück wird von etwa 6'000 kleinen, ziehenden und stossenden Motoren bis zu 1'000 Mal pro Sekunde verformt und in die optimale Form gedrückt. Damit dies möglich ist und auch Gewicht gespart werden kann, sind die Spiegel nur noch etwa 5 cm dick. So etwas lässt sich mit den alten, dicken und unbeweglichen Glaskolossen der Vergangenheit natürlich nicht bewerkstelligen. Deshalb lassen die Optiker den 5 m Spiegel des Hale-Teleskops brav Licht sammeln und setzen ihm danach einfach eine Brille auf, eine



BILD: [HTTP://PALOMARSKIES.BLOGSPOT.CH](http://PALOMARSKIES.BLOGSPOT.CH)

Abbildung 7: PALM-3000, die adaptive Optik, die wie eine variable Brille unter dem Hauptspiegel des Hale-Teleskopes montiert worden ist. Das Gerät kann die atmosphärischen Störungen zu einem enorm hohen Teil ausgleichen. Dafür sorgen 3'388 kleine «Aktuatoren», die einen plastischen Spiegel ständig neu verformen. Es soll u. a. für die Jagd nach extrasolaren Planeten eingesetzt werden.

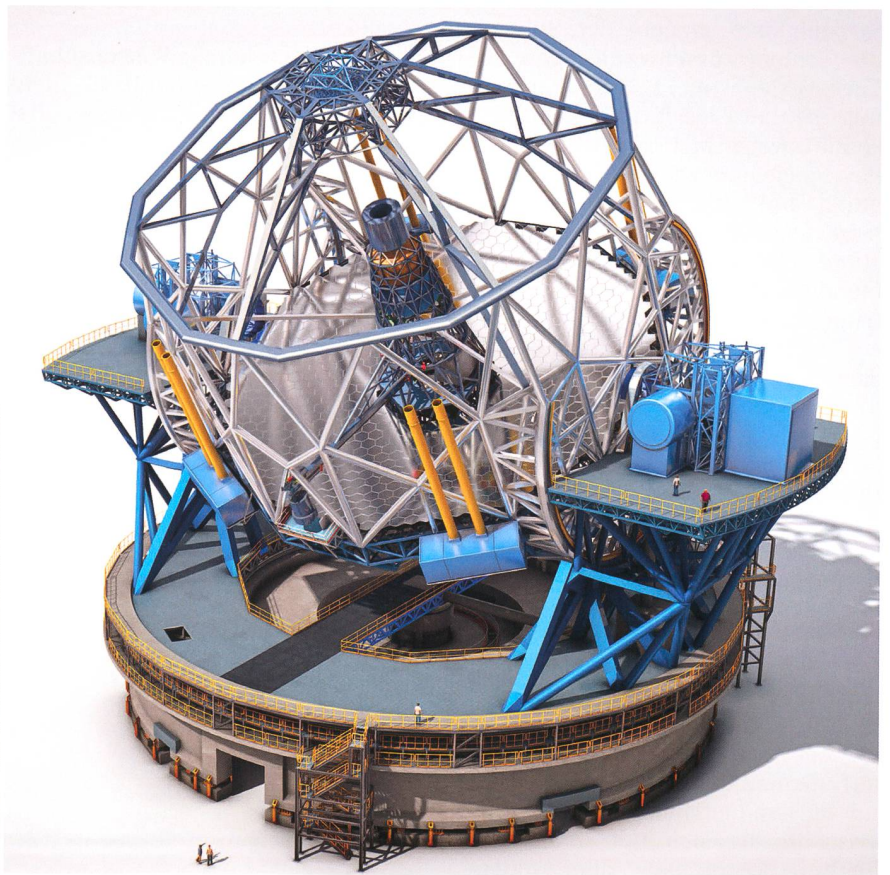


BILD: ESO – [HTTP://WWW.ESO.ORG/PUBLIC/IMAGES/ANN12096A/](http://WWW.ESO.ORG/PUBLIC/IMAGES/ANN12096A/)

Abbildung 8: Modellskizze des neuen Giganten unter den Teleskopen, das europäische Extremely Large Telescope. Es ist gegenwärtig im Bau und wird ab 2024 die Suche nach erdähnlichen Planeten aufnehmen. Möglich machen dies fast 798 «kleinere» Spiegel von 1.4 m Durchmesser, teilweise mit adaptiver Optik ausgerüstet, die zu einer Fläche von 39 m zusammenschaltet werden. Allein der Sekundärspiegel wird 4.2 m Durchmesser aufweisen, fast so gross wie der Hauptspiegel des alten Hale-Teleskopes.

«Die Neugier steht immer an erste Stelle eines Problems, das gelöst werden will.»

GALILEO GALILEI (1564–1642)  
zugeschrieben

etwas spezielle Brille natürlich, die sich ständig den atmosphärischen Bedingungen anpasst, neu ausrichtet und so die atmosphärischen Turbulenzen ausgleicht. Eines der neuesten derartigen Wundergeräte am

Hale-Teleskop heisst PALM-3000. Es kann mit einem Leitstern arbeiten, der gerade mal eine scheinbare Helligkeit von  $18^{\text{mag}}$  besitzt, ähnlich einem Zwergplaneten im äusseren Sonnensystem, Eris etwa. PALM-3000 ist mit dem erklärten Ziel gebaut worden, extrasolare Planeten beobachten zu können, ein Unterfangen, welches bis vor kurzer Zeit unvergleichlich teureren Weltraumteleskopen vorbehalten schien. Und all dies erst noch auf der Erde, wo Wartungen und Reparaturen recht einfach durchgeführt und neue Zu-

satzinstrumente ganz einfach angebaut werden können. – Wozu die neuen Giganten, wie das ELT, fähig sein werden, lässt sich heute erst abschätzen. Das ELT soll 2024 sein «Erstes Licht» erleben. Ob seine Bilder zukünftige Generationen junger Menschen die Welt in einer nochmals ganz neuen Perspektive zeigen werden, so wie dies bisher alle neuen Kategorien von Teleskopen taten? Wird es ihm gelingen, erdähnliche Planeten in der lebensfreundlichen Zone zu finden? Die Chancen stehen gut! ■

## Kommentar

### Analemma-Tower

Wenn das absurde Projekt nicht schon lange vor dem 1. April auf der Website des New Yorker Architekturbüros Clouds AO präsentiert worden wäre, hätte man es für einen gelungenen Aprilscherz gehalten. OBELIX pflegte jeweils zu sagen: «Die spinnen, die Römer.» Doch jetzt scheinen die amerikanischen Architekten mit ihrer verrückten Idee eines an einem Asteroiden befestigten Wolkenkratzers den Vogel gänzlich abzuschiesen! Als hätte man im Westen keine anderen, nicht minder fragwürdigen Projekte in petto; denken wir nur an den Mauerbauenden Mann in Washington! Wie man einen Asteroiden einfangen und auf eine geostationäre Bahn bringen will, gehört, zumindest vorderhand, ins Reich der Science Fiction. Noch mehr fragt sich, wie es je möglich sein sollte, ein 32'000 m hohes Gebäude an einem zigtausend Kilometer langen Kabel zu befestigen, das dann in einer Analemmaform über der Erdoberfläche schwebt. Ganz zu schweigen davon, wie man ein solches Monument überhaupt bauen würde. Glücklicherweise beschreiben selbst Experten das utopische Projekt als spekulativ. Dennoch frage ich mich, warum die Menschheit immer wieder solche verrückten Ideen hat, als ob es auf unserem Planeten keine wichtigeren Probleme anzugehen gäbe. ■



BILD: CLOUDS ARCHITECTURE OFFICE

# ASTRONOMISCHE THEMENHEFTE

lernen – lösen – wissen

**JETZT BESTELLEN**  
[ORIONMEDIEN.CH](http://ORIONMEDIEN.CH)  
 071 644 91 95

Themenheft 1  
**Die Sonne**

Themenheft 2  
**Unser Mond**

Themenheft 3  
**Planeten**