

50 Jahre
Sternfreunde Breisgau e.V.
1973-2023





Bild oben:

Observatorium der Sternfreunde Breisgau mit den beiden Kuppeln im Mauerring (hinten) und die Sonnentelkope des Leibniz-Instituts für Sonnenphysik (KIS) in den drei Spektroheliographentürmen im Vordergrund. Die Sternwarten befinden sich in 1240 m ü. NN nahe dem Gipfel des Schauinsland.

Nähere Erläuterungen siehe Beiträge auf den Seiten 10 und 28 dieser Festschrift.

Aufnahme im September 2020. Mit freundlicher Genehmigung von Julien Tilch und Joe Killi.

Bild Vorderseite Einband:

Auf der Beobachtungsplattform des Observatoriums der Sternfreunde Breisgau. Im Vordergrund das 14" Schmidt-Cassegrain-Teleskop (C14), links daneben die Westkuppel mit dem 152/1200 mm f/7,9 APM Refraktor. Aufnahme: Jakob Sahner am 09.10.2021.

50 Jahre

Sternfreunde Breisgau e.V.

1973-2023

Zum Geleit

Andreas Reichenbach (Vorsitzender)

Liebe Mitglieder,
Liebe Leserinnen und Leser,

50 Jahre ist die Gründung des Vereins nun her, der heute unter dem Namen Sternfreunde Breisgau e.V. bekannt ist. Vieles hat sich in den Jahren verändert und einiges ist gleich geblieben, wie Sie den Aufsätzen und Artikeln auf den nachfolgenden Seiten entnehmen können.

Unser Dank geht an die vielen Autoren, die in ihren Beiträgen aus der Geschichte der Sternfreunde erzählen, vom Vereinsleben berichten oder über unsere Herzensangelegenheit, die Astronomie, referieren.

Ebenso möchten wir Rainer Glawion danken, der unermüdlich die Erstellung der Festschrift vorangetrieben hat. Von der Akquise neuer Beiträge über die Zusammenstellung der Themen bis zum Layout hat Rainer eine hervorragende Arbeit geleistet.

Unseren Werbepartnern, die einige Anzeigen gesetzt haben, danken wir für ihre finanzielle Unterstützung beim Druck der Festschrift.

Wir hoffen, dass Ihnen die spannenden Beiträge Freude beim Lesen bereiten und einen guten Eindruck von uns und der Amateurastronomie geben. Diese Festschrift soll die Erinnerung an unsere Erfolge der Vergangenheit bewahren und Inspiration für die Zukunft geben.

Andreas Reichenbach

Vorsitzender



Editorial

Rainer Glawion (Redaktion)

Die Sternfreunde Breisgau e.V. feiern Geburtstag: 2023 blicken wir auf 50 Jahre Amateurastronomie im Freiburger Raum zurück. Aus diesem Anlass geben wir eine Festschrift heraus, die Sie, verehrte Leserin und verehrter Leser, gerade in den Händen halten.

Als Redakteur unserer traditionellen Vereinszeitschrift, die dreimal jährlich für unsere Mitglieder erscheint, habe ich auf Wunsch des Vorstands auch die Redaktion für die Festschrift übernommen. Gerne habe ich aus langjähriger Verbundenheit mit dem Verein diese Aufgabe wahrgenommen, auch wenn sie eine große Herausforderung darstellte. Aus der Fülle an Dokumentationen, Beobachtungsberichten und Astrofotografien unserer Mitglieder, die sich in 50 Jahren Vereinsgeschichte angesammelt haben, das Passende für die Zusammenstellung einer Festschrift auszuwählen, war nicht immer einfach.

An dieser Stelle möchte ich allen Autoren danken, die Beiträge für diese Festschrift geliefert haben. Die stolze Anzahl von 26 Autoren (siehe Seite 136 der Festschrift) zeugt davon, dass viele Mitglieder an diesem Projekt mitgewirkt haben. Mein Dank gilt außerdem den Lektoren Hartwig Nahme und Martin Federspiel, die durch sorgfältige und kritische Begutachtung und Durchsicht der Artikel an dem Gelingen dieser Schrift großen Anteil haben.

Die Redaktion hat sich alle Mühe gegeben, einen für Sie informativen und unterhaltsamen Querschnitt unserer Vereinsgeschichte zusammenzustellen. Herausgekommen ist eine Mischung von Originalartikeln, die speziell für diese Festschrift geschrieben wurden, und von Beiträgen, die – meist in gekürzter Form – aus unseren Vereinsmitteilungen entnommen wurden.

Um der bunten Vielfalt an Beiträgen eine Struktur zu geben, habe ich versucht, die Artikel nach übergeordneten Themenbereichen zu ordnen (siehe Inhaltsverzeichnis auf S. 8/9). Selbstverständlich gebührt dem Thema *50 Jahre Vereinsgeschichte und Ausbau unserer Sternwarte* der erste Platz, so dass Beiträge hierzu ganz vorne abgedruckt sind (S. 10-27). In diesem Kapitel haben sich unsere ehemaligen Vorsitzenden, Karl-Ludwig Bath, Martin Federspiel und Andreas Masche, dankenswerterweise bereit erklärt, aufschlussreiche Einblicke in unsere Vereinsgeschichte aus erster Hand zu geben. Aber auch die Erhaltungsarbeiten unserer einzigartigen Sternwarte auf dem Schauinsland dürfen nicht vernachlässigt werden. Hierüber berichten Andreas Reichenbach und Ulrich Schüly.

Unsere Mitglieder haben nicht nur bei den technisch aufwändigen Renovierungs- und Ausbauarbeiten der Sternwarte Hand angelegt, sondern betätigen sich auch wissenschaftlich in dem breiten Feld amateurastronomischer Forschung. Diesen Beiträgen ist ein weiteres Kapitel unserer Festschrift gewidmet: *Astronomische Fachbeiträge unserer Mitglieder* (S. 28-59). Bei der thematischen Gliederung aller Beiträge ist mir durchaus bewusst, dass auch weitere Beiträge der Festschrift diesem Themenbereich zugeordnet werden könnten; sie erscheinen aber teilweise in einem anderen Kapitel, weil sie auch zum dortigen Themenfeld gut passen.

Nach der z.T. herausfordernden Lektüre der Fachbeiträge hielt es die Redaktion für angebracht, zur Entspannung etwas Unterhaltsames zu bieten: *Rund um die Sternwarte – Verschiedenes* (S. 60-70) ist eine bunte Mischung aus Sternfreunde-Aktivitäten für die Öffentlichkeit und einer Betrachtung der Natur und Umwelt unseres wunderschönen „Hausberges“, dem Schauinsland. Ein spannender Diskurs zwischen den „Visuellen“ und den „Fotografen“ in der Amateurastronomie rundet das Thema in kurzweiliger Form ab.

Unsere Mitglieder betreiben ihr Hobby nicht nur auf dem Schauinsland, sondern sind weltweit unterwegs. Ihre Reiseziele, die im Themenbereich *Astronomische Reise- und Beobachtungsberichte* (S. 71-96) vorgestellt werden, umfassen unter an-





Die Sternwarte auf dem Schauinsland. - Foto: Rainer Glawion, 25.10.2020

derem Namibia, Australien, La Palma und Lapp-land. Auch gemeinsame Reisen unserer Vereinsmitglieder zum CERN, nach Frankreich und nach Namibia werden hier vorgestellt. Eindrucksvolle Bilder von Sonnen- und Mondfinsternissen, Polarlichtern und Deep Sky Objekten des südlichen Sternhimmels, die so bei uns nicht möglich sind, dokumentieren die astronomischen Erträge der Reisen.

Beobachtungen des Sonnensystems in der ganzen Vielfalt seiner Erscheinungsformen bildet einen Schwerpunkt unserer Vereinsaktivitäten. Im Themenkreis *Unser Sonnensystem im Blick der Sternfreunde Breisgau* (S. 97-112) geht die Reise zu Venus, Mars und Jupiter, zur Sonne und zu unserem Erdmond. Auch der Komet Neowise (C/2020) wird in einem spannenden Beobachtungsbericht ins Visier genommen. Ein weiterer Beitrag beschreibt die öffentliche Beobachtung der partiellen Sonnenfinsternis am 25.10.2022 in Freiburg, an der mehrere Hundert Passanten teilnahmen.

Zum Abschluss der Festschrift stellen überwiegend junge Mitglieder unseres Vereins ihre eindrucksvollen Astrofotos vor. Im Themenbereich *Deep Sky – die Hohe Schule der Astrofotografie* (S. 114-129) zeigen sie ihr Können in der modernen CCD-Astrofotografie und digitalen Bildbearbeitung. Tausende von Einzelbildern, die in diesen Projekten in monatelanger Arbeit aufgenommen wurden, werden gestackt und zu einem tief belichteten Gesamtbild oder einem großflächigen Mosaik zusammengefügt. Die Bilder zeigen Details, von denen damals die professionellen Astronomen des 5 Meter-Observatoriums auf dem Mt. Palomar nur geträumt hatten. Einige der Bilder sind mit ausführlichen Erläuterungstexten versehen, in denen auch die Probleme und Schwierigkeiten der Bildentstehung geschildert werden.

Die Angebote unseres Vereins gehen über die Bereitstellung der Sternwarte und ihrer Instrumente hinaus. Auf den monatlichen Vereinsabenden

stellen Mitglieder und auswärtige Referenten ein breites Spektrum astronomischer Themen in spannenden Vorträgen vor. Eine Auswahl dieser Vortragsthemen von 2012 bis 2023 finden Sie auf S. 132-135 dieser Festschrift. Weitere ehrenamtliche Angebote des Vereins an unsere Mitglieder und Gäste umfassen die Herausgabe einer Vereinszeitschrift, die drei Mal im Jahr erscheint, sowie einen Jahreskalender mit astronomischen Motiven unserer Mitglieder auf den Monatsblättern und eine attraktiv gestaltete Webseite mit einer Fülle von Beobachtungsdaten und aktuellen Informationen. Nähere Einzelheiten finden Sie auf S. 130-131.

Als Ergänzung sind einige Beiträge dieser Festschrift mit externen Medien unserer Mitglieder verlinkt. Schauen Sie sich den Ablauf einer Sonnenfinsternis, die Marsbedeckung durch den Mond, die Rotation von Mars und Jupiter, Polarlichterscheinungen und den Vulkanausbruch auf La Palma im Film an! Sie brauchen lediglich den in den Beiträgen abgebildeten QR-Code mit Ihrem Smartphone zu scannen und Sie sind direkt beim Video. Alternativ können Sie die ebenfalls angegebene URL in Ihren Webbrowser eingeben und die Videos auf dem PC-Monitor betrachten. Die meisten Filme sind mit unserer Vereinswebseite verlinkt:

www.sternfreunde-breisgau.de

Nun wünsche ich Ihnen viel Freude und gute Unterhaltung beim Stöbern in der Festschrift. Möge der Verein der Sternfreunde Breisgau weitere 50 Jahre wachsen und gedeihen!

Rainer Glawion
Redaktion



Grußwort zum 50-jährigen Bestehen der Sternfreunde Breisgau e.V.

Martin W. W. Horn

Oberbürgermeister der Stadt Freiburg



Der Blick hoch zu den Sternen hat die Menschen schon immer fasziniert. Dieser Blick kann ganz technisch sein, für die Navigation und Orientierung, oder aus naturwissenschaftlichem Interesse heraus – aber fast unvermeidbar weckt er auch tiefe Gefühle in uns. Die scheinbar unendliche Weite, die unvorstellbaren Entfernungen und Zeiträume, mit denen wir hier konfrontiert werden, bewegt die Menschen schon seit ihren Anfängen. Dieser Blick nach oben kann uns romantisch oder melancholisch stimmen, oder auch in ehrfürchtiges Staunen versetzen. Ein Blick in den magischen Raum, der unsere Erdkugel umgibt, regt auf besondere Weise die Phantasie an.

Auch ein Zitat des US-amerikanischen Autors Henry Ward Beecher sagt dazu ganz passend: „Eine Seele ohne Phantasie ist wie eine Sternwarte ohne Teleskop.“ In der Tat: Teleskope und weitere moderne Hilfsmittel haben die Sternenkunde immer weiter vorangebracht. In Freiburg sind es vor allem das Leibniz-Institut für Sonnenphysik, das Planetarium und die Sternfreunde Breisgau e.V., die sich intensiv mit der Astronomie befassen.

Seit mittlerweile 50 Jahren besteht der Verein, der seit Mitte der Achtziger Jahre sogar eine eigene Vereinssternwarte auf dem Schauinsland betreibt. Mit hochwertigen Instrumenten bewegt sich der Verein im Feld zwischen ambitionierten Amateurbeobachtungen und professioneller Wissenschaft. Rund zehn Vorträge jährlich, eine eigene Homepage und die dreimal jährlich erscheinenden Vereinsmitteilungen informieren die Mitglieder und weitere Interessierte aus der Region über aktuelle astronomische Themen.

Nicht zuletzt dank der guten Vernetzung des Vereins mit Forschungs- und Bildungseinrichtungen bündelt der Verein Sternfreunde Breisgau die Interessen, Kompetenzen und Begeisterung zu diesem faszinierenden Forschungsgebiet in und um Freiburg. Dafür und für Ihr großes Engagement meinen herzlichen Dank. Und einen ganz großen Glückwunsch zum runden Vereinsjubiläum!

Martin W. W. Horn
Oberbürgermeister der Stadt Freiburg

A handwritten signature in blue ink that reads "M. W. W. Horn".

Grußwort zum 50-jährigen Bestehen der Sternfreunde Breisgau e.V.

Dr. Thomas Presper

**Leiter des Planetariums
Freiburg im Breisgau**



Irgendwann im Alter von etwa zwölf Jahren hatte es mich nachhaltig erwischt. Fernsehsendungen über die Mondlandungen, aber auch naturwissenschaftliche Serien über die Erde oder das Weltall sowie das Verschlingen des die Serien begleitenden Schrifttums legten die Grundsteine für mein naturwissenschaftliches Interesse. Doch wie konnte es weitergehen? Fernsehen und Bücher alleine waren nicht genug – ich wollte mich mit anderen über diese Themen austauschen und meine Kenntnisse vertiefen. Und so fand ich in meiner Geburtsstadt Mainz den Weg zum dortigen astronomischen Verein. Dort konnte ich im Zusammenspiel mit anderen Astronomie-Begeisterten lernen, wie man mit Fernrohren umgeht, wie man Himmelsobjekte mit diesen auffinden kann und was es Interessantes über diese Objekte zu berichten gibt. Eine gute Schule für eine spätere naturwissenschaftliche Berufstätigkeit.

Einen solchen Verein gibt es natürlich auch hier in Freiburg: die Sternfreunde Breisgau e.V. Seit nunmehr 50 Jahren bieten sie interessierten Menschen aus der Region einen kompetenten Anlaufpunkt.

Sei es in deren Vortragsveranstaltungen oder den Beobachtungsabenden in der Vereinssternwarte auf dem Schauinsland: stets ist ein tieferer Einstieg in die Themenwelten der Astronomie möglich. Und natürlich: Das häufig etwas verniedlichend „Sternegucken“ genannte Beobachten des Himmels ist ein wichtiger Teil davon. Doch wer sich einmal näher damit beschäftigt hat, weiß, wie-

viel dazu gehört, sich am Himmel und unter den vielen Objekten zurecht zu finden. Das gemeinsame Beobachten mit Gleichgesinnten vermittelt eine tiefe Freude an der „oberen Hälfte“ der Natur. Auch gemeinsames Diskutieren über neueste Forschungsergebnisse oder das qualitative Einordnen von Multimediaangeboten mit astronomischem Bezug bringt Interessierte mit Sicherheit weiter als einsames Daddeln mit dem Smartphone.

Im Planetarium werden wir häufig gefragt, wo man sich in unserer Stadt noch weitergehend mit Astronomie beschäftigen kann. Und da verweisen wir gerne auf die Sternfreunde. Ein Verein wie die Sternfreunde Breisgau e.V. bettet sich ein in das Gewebe der vielen anderen Vereine und Institutionen, die sich der Freude an der Natur und der Vermittlung von naturwissenschaftlichen Kenntnissen verschrieben haben. Und gerade, weil ich auch selbst aus einem solchen Verein herausgewachsen bin, weiß ich, dass die Sternfreunde damit eine wichtige gesellschaftliche Funktion erfüllen: denn nur wenn die Menschen etwas über ihre Umwelt wissen und die Dinge einordnen können, müssen sie nicht alles glauben.

In diesem Sinne wünsche ich den Sternfreunden Breisgau e.V. noch viele weitere erfolgreiche Jahre Vereinstätigkeit, viele neue Mitglieder und allzeit klaren Himmel.

Thomas Presper

Inhalt

Zum Geleit	Andreas Reichenbach	1
Editorial	Rainer Glawion	2
Grußwort zum 50-jährigen Bestehen der Sternfreunde Breisgau e.V.	Martin Horn	5
Grußwort zum 50-jährigen Bestehen der Sternfreunde Breisgau e.V.	Thomas Presper	7
Inhalt		8
I. 50 Jahre Vereinsgeschichte und Sternwartenausbau		
Vom Elztal über den Kandel zum Schauinsland <i>Vereinsgeschichte von 1973-2000</i>	Karl-Ludwig Bath	10
Ein Jahrzehnt für den weiteren Ausbau der Sternwarte <i>Vereinsgeschichte von 2000-2010</i>	Martin Federspiel	14
Von hochfliegenden Träumen bis zur Modernisierung der Sternwarte <i>Vereinsgeschichte von 2011-2023</i>	Andreas Masche	18
Sternwarte ohne Sterne Gucken <i>Renovierungs- und Pflegearbeiten – ein Dauerthema</i>	Andreas Reichenbach	20
20 Jahre Regen, Frost und Schnee <i>Rückblick auf die Renovierungsarbeiten seit 2004</i>	Ulrich Schüly	22
Mein First Light am 150er Apo – Neuer Refraktor in der Westkuppel	Leo Bette	25
Spannende Nächte in der Ostkuppel <i>Astrofotografie auf der Sternwarte im Jahr 2010</i>	Ulrich Schüly	26
Allein auf der Sternwarte – Pleiten, Pech und Pannen im Jahr 2004	Karl-Ludwig Bath	27
II. Astronomische Fachbeiträge unserer Mitglieder		
Sonnenteleskope aus Freiburg <i>Vom Schauinsland über Capri nach Teneriffa</i>	Rolf Schlichenmaier und Wolfgang Schmidt	28
Spektroskopie – eine andere Sicht zu den Sternen	Peter Dietrich	34
Meteorite – Boten aus dem Sonnensystem	Gundo Klebsattel	41
Revolution in der (Amateur-)Astronomie <i>50 Jahre Innovationen vom Film bis zur digitalen Astrofotografie</i>	Martin Federspiel	47
Die Sonne – Eigenschaften, Aufbau und fotografische Beobachtung	Hartwig Nahme	50
III. Rund um die Sternwarte - Verschiedenes		
Sternschnuppennacht auf dem Feldberg am 12. August 2023	Rolf Eckert	60
Grillfest auf der Sternwarte am 22. Juli 2023	Andreas Reichenbach	61
Sehen ... staunen <i>Plädoyer für die Himmelsbeobachtung mit bloßem Auge</i>	Gerhard Herzog	62
Eine typische Nacht auf dem Schauinsland <i>und Liebeserklärung an die Astrofotografie</i>	Johannes Rodloff	63
Der Schauinsland – Natur und Umwelt unseres Hausberges	Gundo Klebsattel	64
Ein Sonnensystem für Freiburg <i>2,8 km von der Sonne zum Neptun entlang der Dreisam</i>	Christian Dombrowski	69
IV. Astronomische Reise- und Beobachtungsberichte		
Freiburger Planetenweg jetzt auch in Namibia <i>2 km durch die Savanne mit Zebras, Antilopen und Pavianen</i>	Rainer Glawion	71

Sternfreunde Breisgau besuchen das CERN - <i>Reise in die Welt der Teilchen</i>	Martin Federspiel	75
Polarlichter in Lappland	Andreas Masche	78
Sonnen- und Mondfinsternisse weltweit <i>Reisen nach Australien, Teneriffa und an den Persischen Golf</i>	Jörg Schoppmeyer	79
Sternfreunde entdecken unbekannte Mondberge <i>Sternfreundereise im Jahr 2001 nach Frankreich</i>	Martin Federspiel und Ana Nuñez-Ruiz	80
Mondaufnahmen bei Tageslicht	Hartwig Nahme	82
Sternfreunde Breisgau reisen nach Namibia <i>Kennenlernen eines faszinierenden Landes und des südlichen Sternenhimmels</i>	Rainer Glawion und Hartwig Nahme	84
Anstatt nach Namibia auf den Schauinsland?	Gundo Klebsattel	91
Milchstraßenpanorama über La Palma <i>99 Bildfelder zu einem 500 Megapixel-Mosaik zusammengesetzt</i>	Jakob Sahner	92
Roter Nachthimmel über La Palma <i>Der Vulkanausbruch im Herbst 2021 und seine Folgen für das European Northern Observatory auf dem Roque de los Muchachos</i>	Rainer Glawion	94
V. Unser Sonnensystem im Blick der Sternfreunde Breisgau		
Partielle Sonnenfinsternis für die Öffentlichkeit am 25.10.2022	Martin Federspiel	97
Im Bann von Komet C/2020 F3 (NEOWISE)	Andreas Masche	98
Wie kommt der Vollmond zur Ehrentrudiskapelle?	Gundo Klebsattel	100
Mond bedeckt Mars am 08.12.2022	Jörg Schoppmeyer	101
Verfinsterter Jupitermond bedeckt Stern <i>Remote-Beobachtungsbericht vom Ereignis 2022-06-19 Europa</i>	Karl-Ludwig Bath, Martin Junius und Michael Mushardt	102
Mars und Jupiter in Rotation – Animierte Planetenbilder	Peter Dietrich	105
Wie weit ist der Mond entfernt? <i>Parallaxenmessung bei der Mondfinsternis vom 3./4. März 2007</i>	Martin Federspiel	106
Venusphasen im Frühjahr 2020	Peter Dietrich	111
Totale Mondfinsternis am 27. Juli 2018	Peter Dietrich und Gundo Klebsattel	112
VI. Deep Sky – die Hohe Schule der Astrofotografie		
Mein erstes großes Astrofotografie-Projekt	Noa Kuhn	114
Großprojekt Cygnus-Mosaik <i>90 Mosaikteile, 3000 Einzelbilder, 250 Stunden Belichtung</i>	Jakob Sahner	116
Sichel-Nebel (NGC 6888) im Sternbild Schwan	Johannes Rodloff und Jakob Sahner	118
Sonnenblumengalaxie (M 63) in den Jagdhunden	Jakob Sahner	119
Markarjansche Kette im Sternbild Jungfrau	Jakob Sahner	120
Rosetten-Nebel im Sternbild Einhorn	Gundo Klebsattel	121
80 Stunden Belichtung auf M81/M82	Julian Shroff	122
Deep Sky Astrofoto-Galerie	<i>(verschiedene Bildautoren)</i>	124
Weitere Angebote des Vereins für seine Mitglieder	Rainer Glawion	130
Vorträge gehalten bei den Sternfreunden Breisgau		132
Unsere Autoren		136
Impressum		136

Vom Elztal über den Kandel zum Schauinsland

Vereinsgeschichte von 1973 - 2000

Karl-Ludwig Bath

Der Beginn

Im Sommer 1973 hatte ich an der Volkshochschule in Denzlingen bei Freiburg einen Astronomiekurs durchgeführt. Nichts Besonderes soweit. Im Herbst rief mich daraufhin ein Herr Franz Meise aus Oberwinden im Elztal an mit der Frage, ob wir nicht zusammen einen amateurastronomischen Verein gründen könnten. Ich fand die Idee gut. Obwohl, eigentlich hatte ich gar keine Zeit dafür. So gab es nach einem Aufruf in der Presse bereits im Oktober ein erstes Treffen in der Gaststätte Felsenkeller in Waldkirch. Etwa 15 Interessenten waren gekommen und schnell waren wir uns darüber einig, dass wir einen Verein gründen wollten. So wurden am 10. Oktober 1973 mit 17 statt der notwendigen 7 Mitglieder die Sternfreunde Elztal e. V. gegründet. Franz Meise, der Initiator, wurde Vorsitzender, ich sein Stellvertreter.

Beim nächsten Treffen saßen wir also gemütlich im Felsenkeller beisammen und jeder unterhielt sich mit seinem Nachbarn. Und nun? Das konnte nur ein- oder zweimal gut gehen und der Verein wäre schon wieder Geschichte. Deshalb schlug ich vor, bei jedem Treffen erzählt eines der Mitglieder etwas über seine astronomischen Tätigkeiten oder ein anderes astronomisches Thema. Und vor jedem Treffen sollte es ein Rundschreiben geben mit der entsprechenden Ankündigung sowie anderen astronomischen Informationen. Damit sollte der Kontakt auch zu denen bewahrt werden, die nicht regelmäßig kommen konnten.

Beide Einrichtungen haben sich mit geringen Änderungen bis zum heutigen Tage erhalten. Die meisten Vorträge werden nach wie vor von unseren Mitgliedern bestritten und ein- bis zweimal im Jahr haben wir auch

externe Referenten. Unser Blättchen, wie wir es immer noch nennen, hat sich von dem monatlich verschickten hektografierten Blatt zu einem ansehnlichen, 28-seitigen und auch außerhalb unseres Vereins geschätzten, farbigen Heft gewandelt (s. S. 130). Die Erscheinungsweise wurde nach und nach auf drei Ausgaben im Jahr reduziert. Das reicht vollständig. Bereits in der ersten Zeit waren wir dazu übergegangen, nur Artikel unserer Mitglieder in das Blättchen aufzunehmen, keine Artikel also aus anderen Quellen und keine astronomische Vorschau. Dies zur Reduktion des Aufwandes und in der Annahme, dass jeder von uns das KOSMOS-Himmelsjahr hat oder über ähnliche Quellen verfügt.

So weit, so gut. Im Februar 1974 bekam ich einen überraschenden Anruf von unserem Vorsitzenden Herrn Meise. Er tritt aus dem Verein aus. Ich fiel aus allen Wolken. Und jetzt? Ich habe nicht versucht, ihn umzustimmen, er wird sich das überlegt haben. Sollte sich der Verein bereits kurz nach seiner Gründung schon wieder auflösen? Also, in der nächsten Mitgliederversammlung wurde ich als neuer Vorsitzender gewählt und Karl-Friedrich Kürten, Physik- und Mathematiklehrer in Waldkirch, als Stellvertreter. Alles andere blieb wie gehabt. Zu betonen bleibt aber, dass Herrn Franz Meise die Ehre gebührt, unseren Verein initiiert zu haben. Ich glaube nicht, dass ich selbst die Initiative dazu aufgebracht hätte.

Tagungsorte

Die Astronomie ist ein spezielles Hobby, dem nur wenige frönen. Dadurch wanderte der Schwerpunkt der Mitgliederwohnorte im Laufe der üblichen Aus- und Eintritte immer weiter in Richtung Freiburg, dem regionalen Zentrum eben. Der geliebte Felsenkeller in

Abb. 1: Astronomen als Maulwürfe füllen den hohlen Untergrund unter der Sternwarte mit Beton aus.
V.l.n.r.: Günter Wein, Rudolf Brammer, Rolf Eckert.



Waldkirch war nicht mehr zu halten. Als nächstes Vereinslokal wählten wir den Grünen Baum in Denzlingen, den es inzwischen auch nicht mehr gibt. Dann über drei weitere Zwischenstufen das Kolpinghaus in Freiburgs Innenstadt. Endgültig in Freiburg angekommen, passte unser Name Sternfreunde Elztal e. V. wirklich nicht mehr. Wie also sollten wir uns künftig nennen? Sternfreunde Freiburg erschien uns zu eng gefasst und so heißen wir seitdem eben Sternfreunde Breisgau e. V. Das Kolpinghaus wurde uns zu teuer, sodass wir – für die nächsten 10 Jahre – in den Deutschen Kaiser in der Günterstalstraße umzogen. Schließlich hat der Deutsche Kaiser nicht mehr genug an uns verdient. Also fing die Suche wieder an. Es war unglaublich schwierig, ein Lokal zu finden, das einen genügend großen Nebenraum besaß und bereit war, uns zu annehmbaren Bedingungen aufzunehmen. So ist es nun seit 2010 die Gaststätte des Eisenbahner-Sportvereins in Freiburg-St. Georgen.

Apropos Fluktuation. Von den Gründungsmitgliedern der Sternfreunde Elztal bin ich der letzte. Das vorletzte Gründungsmitglied, Josef Vit, ist vor ein paar Jahren in die Eifel gezogen. So ist das Leben. Inzwischen sind wir 85 Mitglieder mit leicht steigender Tendenz. Insbesondere ist anzumerken, dass wir eine ganze Reihe sehr aktiver junger Mitglieder um die 25 Jahre haben. Nur die heute erwartete Frauenquote können wir nicht einhalten.

Eine eigene Sternwarte

Die Sternfreunde Elztal hatten keine eigene Sternwarte – natürlich. Beobachtungen fanden auf dem 1200 m hoch gelegenen Parkplatz des Waldkircher Hausbergs Kandel statt. Der Wunsch nach einer eigenen Beobachtungsstation war aber immer vorhanden. Ein erster Versuch war das Hotel auf dem Kandel. Dessen Eigentümer, ein Herr Hans Maisenbacher, war sogar damit einverstanden, dass wir für unsere Sternwarte sein Hoteldach öffnen. Weil dafür sogar der Dachfirst hätte unterbrochen werden müssen, wurde die Idee doch wieder fallen gelassen. Ein paar Jahre später ist das Kandel-Hotel abgebrannt. Zum Glück ohne unsere Sternwarte.

Einen zweiten Anlauf gab es auf meinem Gartengrundstück in Gundelfingen-Wildtal. Zu regelmäßigen Beobachtungen ist es dort indessen nie gekommen. Nur die gegossene Säule mit einem Kubikmeter Betonfundament in der Erde und der abfahrbaren Hütte sind immer noch dort.

Und der Schauinsland? Dort darf man – wie auch auf dem Kandel, da Landschaftsschutzgebiet – nicht ein-



Abb. 2: Karl-Ludwig Bath hält eine Rede zur Einweihungsfeier des Sternwarten-Gerüstbaus auf dem Schauinsland.

fach so eine Sternwarte errichten. Nun gab es aber dort oben auf dem Gelände des damaligen Fraunhofer-Instituts für Sonnenphysik einen alten Rundbau, ein Relikt aus dem 2. Weltkrieg. Das war ein leerer, 6 m hoher Mauerring mit 15 m Durchmesser.

Dieses Rund, damals Hippodrom genannt, sollte einmal einen 650/10500 mm-Refraktor beherbergen. Der war noch im Krieg von Adolf Hitler als Geschenk für seinen Freund Benito Mussolini gedacht. Da Italien aber inzwischen von den Amerikanern besetzt war, wurde nichts daraus, und der Refraktor sollte ersatzweise auf dem Schauinsland installiert werden. Doch war der deutsche Osten inzwischen von den Russen besetzt und die brachten die fertig gestellte Zeiss-Optik als Reparation von Jena zur russischen Sternwarte Pulkowo südlich von St. Petersburg [1]. Pulkowo war durch die deutschen Truppen 1941 in Schutt und Asche gelegt worden [2]. Die für den Schauinsland gedachte hölzerne Kuppel war ebenfalls bereits fertig gewesen, blieb aber in den letzten Kriegstagen auf dem Weg nach oben unterwegs am Straßenrand liegen und diente den umliegenden Bauern als willkommenes Brennholz. Der Refraktor wurde zumindest bis 2015 noch für Doppelsternbeobachtungen genutzt [3].

Dieser Mauerring hatte es uns angetan, obwohl inzwischen mit Waldboden bedeckt und von kleineren Bäumen bestanden. Nun war ich Anfang der 70er Jahre am Kiepenheuer Institut beschäftigt und kam immer noch gelegentlich zu den Seminaren ins Institut, hatte also noch eine Verbindung dorthin. So fasste ich mir eines Tages ein Herz und fragte nach, ob wir, die Sternfreunde Breisgau, im Rundbau eine Amateur-Sternwarte einrichten durften. Der Institutsleiter, Professor Dr. Egon Horst Schröter, war unserem Ansinnen durchaus wohlgesonnen. Doch ansonsten gab es im Institut deut-



Abb. 3a (links): Das Unterteil der Westkuppel schwebt herab, gehalten von Volker Buß (links) und Bernd Morasch. – Abb. 3b: Volker Buß setzt die hölzerne Kuppel auf das Unterteil.

liche Widerstände. Das war nur eines der Probleme. Das ganze Institutsgelände auf dem Schauinsland gehört dem Land Baden-Württemberg und so hatten wir gleich mit zwei Ministerien zu tun, dem Kultusministerium und dem Finanzministerium. Hätten wir uns ein Mal eine Absage eingehandelt, wäre das Projekt tot. Also musste das erste Schreiben hieb- und stichfest sein. Das hat unser fähiger Jurist Klaus Benthin zuwege gebracht, wofür wir ihm auf immer dankbar sein müssen und sind.

Um 1984 war es dann soweit. Die Sternfreunde Breisgau standen vor der Entscheidung, bauen wir die Sternwarte? Ja oder nein? Die veranschlagten Kosten von 45 000 DM hatten wir natürlich nicht. 70% davon bekamen wir durch eine Umlage im Verein zusammen. Die hat uns mehrere Mitglieder gekostet („Hätte ich das gewusst ...“). Den Rest bekamen wir durch einen großzügigen 20 000 DM-Zuschuss der Stadt Freiburg und private Darlehen etlicher Mitglieder zusammen. Zu unserem Stolz haben wir die Darlehen über Spenden innerhalb von zwei bis drei Jahren zurückzahlen

Abb. 4: Die Sternwarte nähert sich ihrer Vollendung



können. Vermutlich hätten wir das nötige Geld auch durch Spenden zusammen bekommen, wie das in einem anderen Fall, der Sternwarte der IAS [4] auf Hakos in Namibia gelungen ist. Die endgültigen Kosten lagen wie üblich höher, bei 65 000 DM. Damit standen wir im Vergleich zu einigen öffentlichen Großprojekten noch ganz gut da.

Die Bauphase

Unter den immensen Anstrengungen vieler Mitglieder und unter der unermüdlichen Leitung von Volker Buß wurde unsere schöne Schauinsland-Sternwarte gebaut: das Gerüst mit der integrierten Hütte, drei Kuppeln aus Holz (die mittlere Kuppel haben wir wegen Platzmangels wieder verkauft), die drei am Mauerring verankerten Stahlkonsolen für die drei Teleskopsäulen. Die Gabelmontierungen für die beiden Kuppeln wurden von Richard Gierlinger in Schärding gefertigt. Sie tun noch heute ihren Dienst. In der Ostkuppel standen im Laufe der Zeit verschiedene Teleskope, in der Mitte steht seit Anbeginn das Celestron 14 von Klaus Benthin, das uns nach dessen Tod († 2017) dankenswerterweise von seinen Kindern überlassen wurde. Und in der Westkuppel stand lange Jahre meine Astrokamera (s. u.). Die Nachführelektronik dazu hat unser langjähriger Stellvertretende Vorsitzende Horst Schmidt entwickelt und realisiert († 1997). Seit ein paar Jahren haben wir in der Westkuppel einen modernen 15 cm-Refraktor.

Und sonst? Über die Jahre haben wir mehrere Ausstellungen ausgerichtet, in der Waldkircher Sparkasse, in Denzlingen und drei Mal im Freiburger Eugen-Keidel-Thermalbad. Hauptakteur dabei war unser langjähriges Mitglied Rudolf Brammer († 2016) mit seinen vielen gemalten Astrobildern und seinen ästhetisch gestalteten Eigenbauteleskopen. Ein paar ereignisreiche Exkursionen gab es auch. Unter anderem zu dem frei beweglichen 100 m-Radioteleskop in Effelsberg in der Eifel und zu den berühmten großen Meteoritenkratern, dem Nördlinger Ries und dem Steinheimer Becken.

Die Bath-Astrokamera in der Westkuppel

Nachdem ich mir in einem Winter die Spitze eines Skistocks in die Wade gerammt hatte, bot sich mir auf dem Sofa genügend Zeit, mich mit meinem neuen programmierbaren Taschenrechner TI 59 von Texas Instruments zu befassen. Mein erstes Projekt zielte auf einen Korrektor für Newton-Teleskope, mit dem man das Bildfeld einer Kleinbildkamera fehlerfrei ausleuchten können sollte. So etwas gab es damals noch nicht. Die eintausend möglichen Programmierschritte der assemblerähnlichen Programmiersprache reichten für bestenfalls fünf Flächen, auf keinen Fall aber für einen dreilinsigen Wynne-Korrektor. Auch erschienen mir die drei Linsen in der Herstellung als viel zu aufwändig. Also versuchte ich es mit zwei Asphären. Der Hauptspiegel und der zunächst einlinsige Korrektor erhielten deshalb je eine hyperbolische Fläche. Und das klappte hervorragend, im Rechner jedenfalls. Die vier

Hauptabbildungsfehler sphärische Aberration, Koma, Astigmatismus und Bildfeldkrümmung ließen sich tatsächlich auf Null bringen [5]. Und die Realisierung? Auf einer der Würzburger Frühjahrstagungen der VdS erzählte ich – Wes das Herz voll ist, des geht der Mund über – meinem Sitznachbarn von meinen Rechnungen. Der, ein mir damals unbekannter Wolfgang Rohr, sagte einfach: Das mach' ich Ihnen. Es folgte eine lange Geschichte und schließlich lieferte das nun Astrokamera genannte Gerät, für das 1985 sogar ein Patent erteilt wurde, viele schöne Bilder auf dem extrem feinkörnigen Schwarzweißfilm Kodak Technical Pan TP 2415 mit der damals phänomenalen Auflösung von 1/100 mm. Nachgeführt wurden die Aufnahmen mit der ST4 von SBIG, der ersten astronomisch genutzten CCD-Nachführkamera. Einige dieser dreistündigen Aufnahmen zierten fortan unseren Aufenthaltsraum auf der Sternwarte. Und heute? Das Bessere ist der Feind des Guten. Gegen die modernen 2,5 µm kleinen Pixel hatte die Astrokamera keine Chance mehr.

Auf unserer Sternwarte wird nach wie vor hauptsächlich Astrofotografie betrieben. Einen sehr schönen Artikel zu deren Geschichte gibt es von Volker Witt in [6]. Über die weiteren Aktivitäten, Sternspektroskopie und Sternbedeckungen durch Kleinkörper des Sonnensystems, wird an anderer Stelle berichtet (siehe die Seiten 34 und 102 in dieser Festschrift).

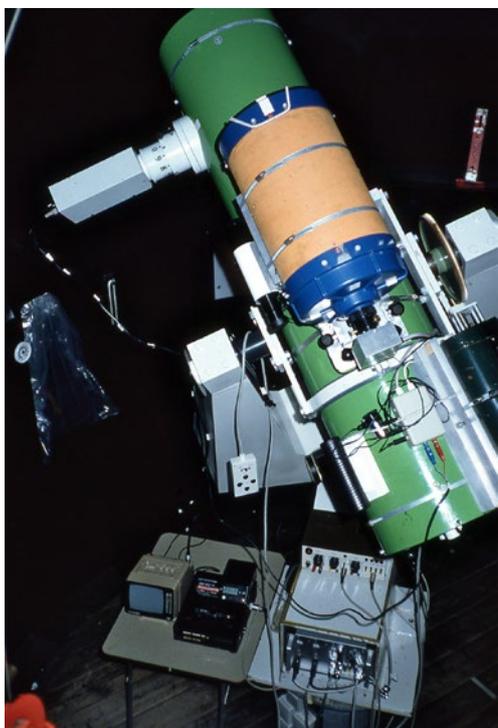


Abb. 5:
Die Bath-Astrokamera (AK1) in der Westkuppel.

Zum Schluss

26 Jahre lang war ich Vorsitzender unseres Vereins. Zu lange. Es hatte sich kein Nachfolger finden lassen. Im Jahr 2000 endlich konnte ich die Leitung an meinen Wunschnachfolger Dr. Martin Federspiel weitergeben. Mit dem ganz jungen Andreas Reichenbach haben wir im Jahr 2023 den fünften Vorsitzenden. Andreas steht

für eine ganze Reihe junger astronomiebegeisterter und aktiver junger Mitglieder. Der Generationenwechsel ist geglückt. Ein herzlicher Dank geht deshalb an alle, die sich in der Vergangenheit und der Gegenwart für unsere Sternwarte und für unseren Verein so sehr engagiert haben.



Abb. 6: Volker Buß bei seiner Lieblingsbeschäftigung auf der Sternwarte, dem Schneefräsen. Dahinter stehen Dieter Löffler und Bernd Morasch.

Ja, unser Verein lebt nach diesen 50 Jahren immer noch. Und nicht nur das. Wir haben eine immer weiter entwickelte wunderbare Sternwarte in 1240 m Höhe auf dem Schauinsland, dem Freiburger Hausberg. Wo gibt es in Europa noch eine Großstadt, von der aus man in einer halben Stunde auf eine 1240 m hoch gelegene Sternwarte fahren kann?

Referenzen

- [1] Ulrich Schüly, Der Pulkovo-Refraktor, Mitteilungen der Sternfreunde Breisgau, 2008-2
- [2] Volker Witt, Die Sternwarte Pulkowo – Der Stolz der russischen Astronomie, Sterne und Weltraum 11/2010, S. 92 – 99.
Im Internet: <http://www.schattenblick.de/infopool/natur/astronom/naber057.html>
Verifiziert 2023-08-31
- [3] Private Mitteilung: Olga Kiyayeva Sept. 2015. IV INTERNATIONAL Pro-Am MEETING on BINARY & MULTIPLE STARS Vilanova i la Geltrú (Barcelona).
- [4] Internationale Amateursternwarte e. V., <https://www.ias-observatory.org>
- [5] Karl-Ludwig Bath, Eine neue Astrokamera, Sterne und Weltraum 8-9/1997, S. 782 – 786.
- [6] Volker Witt, Lust und Frust der Astrofotografie, Sterne und Weltraum 8/2022, S. 60 – 67.

Ein Jahrzehnt für den weiteren Ausbau der Sternwarte

Vereinsgeschichte von 2000 - 2010

Martin Federspiel

Im Herbst 1984 kam ich zum Studium nach Freiburg. Ich kannte die Stadt nicht und war froh, dass mein Mentor Hans Vehrenberg, dessen Sternwarte in Falkau ich benutzen durfte, mich auf die Sternfreunde Breisgau e.V. hingewiesen und einen Kontakt zu Lutz Bath hergestellt hatte. Bald besuchte ich zum ersten Mal einen Sternfreundeabend und die damals gerade in ihren wesentlichen Teilen fertig gestellte Vereinssternwarte auf dem Schauinsland. Ich war schwer beeindruckt: Eine Sternwarte nahe der Großstadt und doch mit sehr guten Beobachtungsbedingungen, wie sie sonst in Mitteleuropa nur selten zu finden sind. Zwei Kuppeln, eine weitere feste Säule, Aufenthalts-, Lager- und Werkstatt Räume, alles in viel Eigenleistung geplant und gebaut. Dazu ein engagiertes Team mit vielen netten und kompetenten Leuten: Lutz Bath, das Ehepaar Karola und Klaus Benthin, Volker Buß, Wolfgang Steinicke, Rolf Eckert, Rudolf Brammer, Harald Thomas – um nur einige wenige zu nennen. Da wollte ich gerne mitmachen und gehörte bald schon zum engeren Kreis der Nutzer.

Nie zuvor hatte ich Beobachtungen und dann auch Aufnahmen ferner Galaxien oder des Zwergplaneten Pluto, des Kometen Halley im Herbst 1985 machen können. Dazu nutzte ich das Celestron 14 von Klaus Benthin, das bis heute auf der Sternwarte Dienst tut, und die damals innovative, weil im Rahmen der fotografischen Auflösung abbildungsfehlerfreie Astrokamera von Lutz Bath. Beiden Eigentümern kann nicht genug gedankt werden, diese beiden Instrumente bildeten jahrelang das Rückgrat der instrumentellen Ausstattung der Sternwarte. Damit zeichnete sich auch schon der nächste große Schritt für die Sternwarte ab: Nach der Aufbauphase der Gebäude wollte der Verein eigene Instrumente erwerben. Die Geräte in Privateigentum sollten nur für eine Übergangszeit dort stehen.

Bei Vorstandssitzungen war ich häufig zunächst als Gast dabei, um etwa beim Engagement der Sternfreunde bei der Landesgartenschau 1986 im Seepark oder beim Zeitschriftenprojekt „Schau-ins-All“ mitzuwirken. Später gehörte ich dem Vorstand zunächst als Beisitzer, ab 1996 auch als stellvertretender Vorsitzender an.

Nach 26 Jahren unter dem Vorsitz von Lutz Bath ging im Jahr 2000 für die Sternfreunde eine Ära zu Ende. Es war Zeit für einen Generationswechsel. Außerdem war Lutz eine wesentliche Kraft beim neuen Projekt „Internationale Amateursternwarte e.V.“ (IAS), dessen Ziel der Aufbau einer Amateursternwarte auf der Farm Ha-

kos in Namibia war. Lutz wollte für diese neue Herausforderung mehr Kapazitäten freihaben und kandidierte nicht mehr für den Vorsitz bei den Sternfreunden. Nachdem ich nach dem Studium eine Stelle am Planetarium Freiburg bekommen hatte und damit klar war, dass ich längerfristig in Freiburg bleiben würde, kandidierte ich und wurde zum neuen Vorsitzenden gewählt. Ich wusste ja: Ich übernehme einen wohlgeordneten Verein und kann mich auf ein gutes Team verlassen. Namentlich erwähnt seien Ulrich Schüly, Andreas Masche, Jens Lüdemann und Achim und Carolin Schaller-Tomasek, die in jener Zeit neu zum Verein gestoßen waren. Und Lutz war ja auch weiterhin für die Sternfreunde da, bis heute nimmt er regelmäßig an Vereinsabenden und beratend an Vorstandssitzungen teil.

Die großen Themen der Vorstandsarbeit waren – wie auch heute noch – der bauliche Erhalt und die instrumentelle Weiterentwicklung der Sternwarte. Die Substanz des Rundbaus stammt aus den 1940-er Jahren. An verschiedenen Stellen innen und außen bröckelte der Putz und musste im Laufe der Jahre immer wieder erneuert werden. An einigen Stellen wurden hinterlüftete Metallplatten montiert, damit das feuchte Mauerwerk trocknen kann. Die Lackierung der von den Sternfreunden in den Rundbau eingebrachten Sternwartenkonstruktion (ganz überwiegend aus Holz) leidet erheblich unter den harschen Witterungsbedingungen auf dem Schauinsland. Im Winter ist es feucht und kalt, im Sommer setzt die starke UV-Strahlung der Sonne dem Material zu. Alle zwei bis drei Jahre ist deshalb ein kompletter Neuanstrich fällig. Hinzu kamen Ausbesserungsarbeiten am Dach, der Austausch kleinerer morscher Balken, Arbeiten an der Kuppelmechanik, Baumarbeiten, um den Rundumblick zu erhalten usw. Die Liste ist lang. Ich bin dankbar, dass sich letztlich immer helfende Hände gefunden haben, die bei den Renovierungsarbeiten mit angepackt haben. Hier sind insbesondere Ulrich Schüly und Volker Buß hervorzuheben.

Das Projekt Ostkuppel

Sinn unserer Vereinssternwarte ist es ja, den Mitgliedern an einem ausgezeichneten Standort Zugang zu Instrumenten zu verschaffen, die die Möglichkeiten der meisten Privatpersonen übersteigen. Also sollte in der Ostkuppel ein relativ großes Amateurgerät installiert werden. Nachdem die Westkuppel noch vor der Jahrtausendwende mit einer großen und schweren Gabelmontierung ausgestattet worden war, schwebte uns eine ähnliche Montierung auch für die Ostkuppel vor.



Abb. 1: Das 15" Keller-Newton-Teleskop auf einer Gabel-Montierung in der Ostkuppel nach der Fertigstellung 2008.

Bei einem Kuppeldurchmesser von 3 m macht keine andere Montierungsart Sinn, weil das Instrument mit einer Gabelmontierung immer im Kuppelmittelpunkt steht und gut aus dem Kuppelspalt heraussehen kann. Außerdem entfällt das „Umschlagen“ des Instruments nach der Meridianpassage, wie es etwa bei deutschen Montierungen nötig ist. Eine passende Gabelmontierung „von der Stange“ gab es leider nicht zu kaufen. Also musste jemand gefunden werden, der so eine Montierung nach dem Vorbild der Montierung in der Westkuppel bauen konnte. Im September 2002, nach vier Jahren Bauzeit, lieferten die Gebrüder Kraska aus Burgpreppach in Mainfranken das ersehnte Teil endlich auf der Sternwarte an. Für die feinfühligere Nachführkorrektur in Deklination war eine ausgeklügelte und spielfreie Tangentialarmkonstruktion vorgesehen, wie sie sich schon in der Westkuppel bewährt hatte. Jetzt fehlte noch ein sehr präzises Schneckenrad mit entsprechender Schnecke für die hochgenaue Nachführung in Rektaszension. Die Ansprüche sind gewaltig: Die Nachführkorrektur muss besser als 1 Bogensekunde sein.

Wir beauftragten Richard Gierlinger aus Österreich mit der Lieferung einer entsprechend genauen Schnecke mit Schneckenrad. Leider konnten damit auch nach Nachbesserungen keine befriedigenden Ergebnisse erzielt werden – die Sterne auf den minutenlang belichteten Aufnahmen waren nicht rund, sondern kleine Striche. Abhilfe schaffte erst das genial konstruierte Bauer-Getriebe, auf das wir bei einer AME-Messe in Villingen-Schwenningen gestoßen waren. Allerdings hatte das auch einen stolzen Preis. Insbesondere diese Nachführprobleme in Rektaszension führten dazu, dass

das Projekt Ostkuppel erst 2008, also nach über 10 Jahren, zu einem befriedigenden Abschluss gebracht werden konnte.

Als Fernrohr wollten wir auf dieser Montierung ein möglichst großes und universell nutzbares Instrument haben. Die Wahl fiel auf eine Sonderanfertigung von der in Fachkreisen bekannten Firma Astro-Optik Philipp Keller: Ein Newton-Teleskop mit einem 370 mm (15“) Hauptspiegel der russischen Firma Lomo mit einer Eigenbrennweite von 1750 mm. Das Besondere: Das Instrument sollte sowohl visuell, als auch fotografisch nutzbar sein. Es gab also zwei sich gegenüber liegende Okularauszüge und einen umklappbaren Sekundärspiegel. Ich kann mich nicht erinnern, dass das Instrument tatsächlich auch für visuelle Beobachtungen genutzt wurde, aber der Druck der visuellen Beobachter war groß, auch ihre Anliegen angemessen zu berücksichtigen. Für die fotografische Nutzung sollten verschiedene Bildkorrektoren für ein ebenes und von Koma korrigiertes Gesichtsfeld mit verschiedenen Brennweiten sorgen.

Mit diesem Instrument sind seither viele wunderbare Aufnahmen entstanden. Klar, es waren – wie bei jedem technischen Projekt – zunächst viele Probleme zu lösen: Nachführgenauigkeit, Abbildungsqualität der Korrektoren, Verschmutzung der Spiegel usw., aber für den Verein war und ist dieses Instrument ein wesentlicher Bestandteil des Angebots auf der Sternwarte. Lutz Bath, Achim Schaller, Peter Dietrich, Andreas Masche und andere haben viel Zeit in die Optimierung des Geräts investiert. 2022 entschlossen wir uns zu einer Generalüberholung: Die Spiegel wurden neu belegt, der ungenutzte visuelle Okularauszug stillgelegt, der Tubus mit einer Holzkonstruktion gegen Verschmutzung geschlossen, die Montierung in Deklination goto-fähig gemacht usw. So hoffen wir, dass dieses Instrument noch viele weitere Jahre in der Ostkuppel gute Dienste tun wird.

Finanziell war die Realisierung des Projekts Ostkuppel für den Verein eine große Herausforderung, die nicht allein durch Mitgliedsbeiträge zu finanzieren war. 2002 ging der Vorstand von Kosten in Höhe von rund 35 000 DM aus. Am Ende dürfte es einiges teurer geworden sein, allein das Bauer-Getriebe schlug mit 6000 € zu Buche. Möglich wurde die Umsetzung trotzdem durch großzügige Spenden einiger Mitglieder und durch eine Projekt-Förderung der Stadt Freiburg in Höhe von 1432 €. Der krumme Betrag erklärt sich daraus, dass die Stadt uns zuvor jedes Jahr als Institution mit 2800 DM gefördert hatte, die institutionelle Förderung aber wegen der schweren Finanzkrise der Kommunen Anfang der 2000-er Jahre eingestellt hat.

CCD-Fotografie

In den 1990-er Jahren erlebten wir die digitale Revolution in der Fotografie. Digitale Sensoren ersetzen mehr und mehr die Filme auf chemischer Basis. Auch

für die Astro-Fotografie war das eine echte Innovation. Da versteht es sich von selbst, dass auch die Sternfreunde die neue Technik nutzen wollten. Unsere erste CCD-Kamera war die legendäre ST-4. Sie übernahm die Nachführkorrektur, die zuvor hochkonzentriert mit dem Auge am Fadenkreuz-Okular manuell oder über eine 4-Quadrantendiode (Selbstbau von Horst Schmidt) erfolgte. Außerdem konnte die ST-4 auch richtige Aufnahmen machen, mit sehr kleinem Chip und nur 8 bit Farbtiefe zwar, aber immerhin. Bald kamen weitere Modelle mit größeren Chips, 16 bit Farbtiefe und aktiver Kühlung auf den Markt, die allerdings auch recht teuer waren. Im Laufe der Jahre schaffte der Verein verschiedene Modelle an, etwa eine ST-7, eine ST-8 und eine ST-10. Die älteren Modelle wurden jeweils wieder verkauft, um die Finanzen nicht allzu sehr zu belasten. Mit diesen Kameras wurden hervorragende Aufnahmen gewonnen, wie zahlreiche Beispiele in den SFB-Veröffentlichungen der letzten gut 20 Jahre zeigen. Inzwischen sind astronomische Kameras mit CCD- oder CMOS-Sensor und Computer zur Steuerung und Bildverarbeitung wie viele andere Consumer-electronics-Produkte so vielfältig und günstig geworden, dass sie auch für Privatpersonen erschwinglich sind.

Dobson-Teleskope

Einige der aktiven Mitglieder, auch ich, haben die größte Freude daran, den Sternhimmel visuell mit Fernglas und Fernrohr ohne sehr viel Technik zu beobachten. Die Kraterwüsten auf dem Mond, die turbulenten Wolkenbänder des Jupiter oder ferne Sternhaufen, Gasnebel und Galaxien mit den eigenen Augen direkt im Teleskop zu sehen hat schon etwas Faszinierendes. Gerade für die sogenannten Deep Sky-Objekte braucht man Teleskope mit möglichst großem Lichtsammelvermögen, also großer Öffnung. Da sind Dobson-Teleskope eine gute Wahl: Sie sind von der Optik her Newton-Teleskope mit Hauptspiegeln ab ca. 25 cm Durchmesser, ihr Tubus und ihre Montierung sind mechanisch einfach und relativ leicht gehalten. Trotz der großen Öffnung sind sie noch gut transportabel und einfach bedienbar.

Abb. 2: Die Studentinnen des „Naturwissenschaft und Technik“- Seminars setzten mit großer Begeisterung den 16" Vereinsdobson zusammen.



Für die Gruppe der visuellen Beobachter wurde 2001 ein 20“-Dobson, 2005 ein kommerzieller 12“-Dobson, und 2009 ein 16“-Dobson (Selbstbau von Reiner Vogel) angeschafft. Die Nutzung der Dobson-Teleskope schwankte mit den Jahren, je nachdem, wie viele „Visuelle“ gerade im Verein aktiv waren. Den 20“-Dobson haben wir übrigens wieder verkauft, weil er zu umständlich zu handhaben, seine Optik nicht perfekt war und er deshalb nicht mehr benutzt wurde.

Öffentlichkeitsarbeit

Die Sternfreunde wollen ihr Wissen, ihre Instrumente, ihre Begeisterung für die Astronomie mit der Öffentlichkeit teilen. So steht es auch in der Satzung, deshalb sind sie steuerbefreit. Zur Öffentlichkeitsarbeit zählen die 10 öffentlichen Vereinsabende mit attraktiven Vorträgen, unsere Präsenz auf Messen wie der AME in Villingen-Schwenningen, aber auch Veranstaltungen auf dem Schauinsland, bei denen die Besucher astronomische Beobachtungen durch unsere Fernrohre machen können. Einige Jahre lang gab es im Sommer sonntags gemeinsame „Tage der offenen Tür“ mit dem Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik (KIS). Ab 2003 rief die Vereinigung der Sternfreunde e.V. (VdS) einen jährlichen Astronomietag aus, an dem sich auch die Sternfreunde beteiligten. Legendär ist der erste Astro-



Abb. 3: Astronomietag auf dem Schauinsland. Zum Einsatz kam der 16" Vereinsdobson.

nomietag im Spätsommer 2003, als der Mars der Erde besonders nahe stand. Die Marsopposition war in den Medien gehypt worden und so strömten bei bestem Wetter Hunderte von Besuchern zu uns in die Schauinsland-Sternwarte. Ein Jahr später, am 8. Juni 2004, ereignete sich ein sehr seltener Venusdurchgang vor der Sonne, der auch in Kooperation mit dem KIS für die Öffentlichkeit beobachtet wurde. Weitere Astronomietage folgten, allerdings nicht immer bei günstigem Wetter. Bei Sonnen- oder Mondfinsternissen (wenn sie zu günstiger Nachtzeit stattfinden) probieren die Sternfreunde immer, ein öffentliches Beobachtungsangebot zu machen.

Hochfliegende Träume

Träumen darf man immer. Nach diesem Motto denken

wir bei den Sternfreunden immer mal wieder darüber nach, wie die Sternwarte weiter ausgebaut werden könnte. Ein Planetenweg auf dem Schauinsland, ein 1 m-Teleskop, weitere Plattformen für Montierungen und Teleskope im Rundbau und auf den Mauernischen – schön wär's, aber leider haben wir diese Projekte bislang nicht realisiert. Meistens scheitert es an zwei Dingen: an den finanziellen Ressourcen und an der Manpower. Aber wir können ja weiterhin davon träumen, und wer weiß...

Lokal für Sternfreunde-Abende

Die Sternfreundeabende sind ein wichtiger Bestandteil des Vereinslebens. Viele Mitglieder und Gäste kommen gerne, um interessante Vorträge zu hören und um sich mit Gleichgesinnten auszutauschen. Viele Jahre lang fanden diese Treffen im Gasthaus „Deutscher Kaiser“ an der Günterstalstraße in der Wiehre statt. Dort gab es einen Nebenraum, der zu den Vereinsabenden für uns reserviert war. Diejenigen, die etwas essen wollten, fanden dort ein gutes kulinarisches Angebot vor. Ab 2010 mussten wir uns umgewöhnen: Der Pächter im „Deutschen Kaiser“ wechselte und es standen erst mal Renovierungsarbeiten an. Die Suche nach einem neuen Lokal gestaltete sich schwierig. Nur wenige haben einen geeigneten Nebenraum, für den meist auch noch eine Umsatzgarantie/Miete verlangt wird. Zudem wollen die Wirte sich den Raum nicht für 10 Abende im Jahr mit einer Veranstaltung mit eher bescheidenen Umsätzen blockieren, sondern spekulieren darauf, dass umsatzstärkere Familien- und Firmenfeiern den Raum füllen. Schließlich wurden wir beim Eisenbahnersportverein (ESV) in Freiburg-St. Georgen fündig. In der ESV-Gaststätte hat man uns freundlich aufgenommen. Für das leibliche Wohl ist auch gesorgt. Bei attraktiven Vorträgen kann es schon mal ein wenig enger werden, was vor Corona kein Problem war.

Vereinsausflug nach Stuttgart und Welzheim

Ein Vereinsausflug ist ein Highlight im Leben eines jeden Vereins. Im Juli 2008 machten sich 17 Sternfreunde auf den Weg zu einem zweitägigen Ausflug ins Schwäbische. Wir waren in der glücklichen Lage, dass unser damaliges Vereinsmitglied Jürgen Gottschall den kleinen Reisebus fahren und zu günstigen Konditionen von seinem Arbeitgeber mieten konnte. Zunächst ging es nach Stuttgart, wo wir das Zeiss-Planetarium (unter der Führung von Hans-Ulrich Keller) und die Schwäbische Sternwarte (unter der Führung von Otto Farago und Andreas Eberle) besichtigten und Kontakte mit den dortigen Kollegen knüpften und pflegten. Dann ging es weiter in den Schwäbischen Wald nach Welzheim, wo wir die dortige Sternwarte (unter der Führung von Stefan Seip) kennenlernten und uns im Limes-Museum in die Geschichte der Römer in Germanien einführen ließen. Alle Teilnehmenden waren von diesem Wochenende sehr angetan und wünschten sich weitere Ausflüge. Wenn das nur nicht mit so viel Organisationsaufwand verbunden wäre...



Abb. 4: Vereinsausflug im Juli 2008 zur Schwäbischen Sternwarte in Stuttgart.

Abschiede

Von einigen, für den Verein wichtigen Personen mussten wir uns verabschieden. 2001 verstarb Josef Roth. Ihm verdankt der Verein zahlreiche größere Geldspenden. Josef Roth war passionierter Sonnenbeobachter, lebte sehr bescheiden und zurückgezogen, kam aber regelmäßig aus Waldkirch zu den Sternfreundeabenden nach Freiburg. Er besaß zwei H α -Sonnenfilter der Firma DayStar, die er dem Verein vermacht hat, wo sie noch heute genutzt werden können.

Karola Benthin war zusammen mit ihrem Mann Klaus eine zentrale Figur in der Aufbauphase der Sternwarte. Sie wirkte einige Jahre im Vorstand mit, konnte sehr gut organisieren, knüpfte viele Kontakte und war gewinnend gegenüber Politikern und Sponsoren. Sie verstarb leider viel zu früh nach schwerer Krankheit.

Klaus Benthin hatte wesentlichen Anteil an der Entstehung der Sternwarte. Als Jurist hat er mit den entsprechenden Behörden und Institutionen Verhandlungen geführt und Verträge abgeschlossen. Er bestach durch sein breites astronomisches Wissen und hat bei zahlreichen astronomischen Projekten mitgewirkt. Er hat immer sehr groß gedacht und hatte visionäre Ideen für die Sternwarte, die die Möglichkeiten der Sternfreunde teilweise überforderten. Noch heute profitieren die Sternfreunde von seinem Celestron 14-Teleskop, das seit vielen Jahren auf der mittleren Säule im Einsatz ist. Er verstarb unerwartet 2017.

Stabübergabe

Nach 11 Jahren als Vorsitzender war für mich Anfang 2011 der Zeitpunkt gekommen, den Stab des Vorsitzenden weiterzugeben. Ich wollte mehr Zeit für mein ehrenamtliches Engagement außerhalb der Sternfreunde haben. Ich bin sehr dankbar, dass Achim Schaller, einer der aktivsten Beobachter des Vereins und jahrelanges Mitglied im Vorstand, zuletzt als stellvertretender Vorsitzender, sich bereit erklärt hat, das Amt des Vorsitzenden zu übernehmen. Für mich sind die Sternfreunde ein wichtiger Teil meines Lebens geblieben. Gerne bringe ich mich seither weiterhin im Rahmen meiner Möglichkeiten im Verein ein und hoffe, dass er noch lange Zeit die Adresse für Amateurastronomie in Freiburg bleibt.

Von hochfliegenden Träumen bis zur Modernisierung der Sternwarte

Vereinsgeschichte von 2011 - 2023

Andreas Masche

„Hochfliegende Träume“ – so hat Martin Feder-
spiel im vorangegangenen Beitrag auf Seite 16
die Ideen zur Weiterentwicklung der Sternwarte auf
dem Schauinsland genannt.

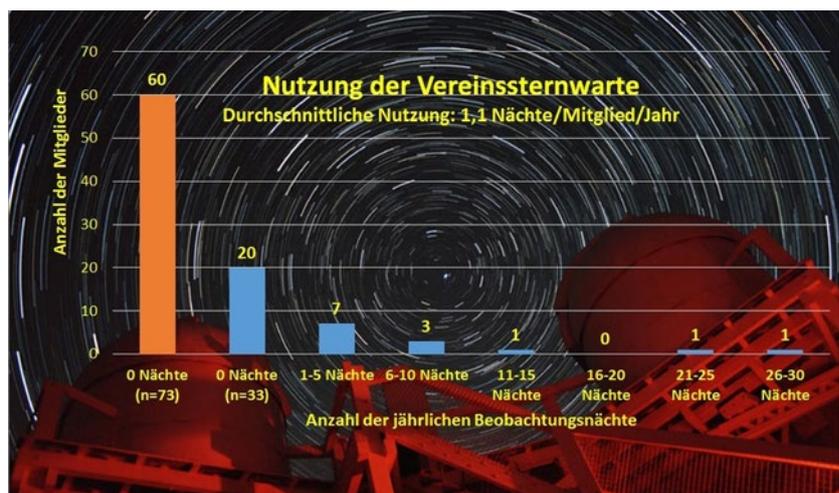
In den Jahren zwischen 2011 und 2017 gab es dazu viele Überlegungen und viele Diskussionen: Sollen wir eine zusätzliche Teleskopsäule auf einer der Außenplattformen des Rundbaus aufstellen oder alternativ auf einem neu zu errichtenden Podest in der Mitte des Rundbaus? Der Aufwand für eine neue Beobachtungsplattform im Rundbau wäre hoch, aber vielleicht gerechtfertigt, wenn nicht eine, sondern vier weitere Teleskopsäulen errichtet werden könnten. Die Idee war faszinierend und die Pläne hierfür wurden konkreter: Es wurden bereits Grundrisse gezeichnet und über die Menge des benötigten Materials und seine Beschaffung diskutiert. Sogar potenzielle Lieferanten, etwa für Stahlbauteile, wurden angesprochen. Damit drängten sich aber weitere Fragen unvermeidlich in den Vordergrund: Wer kann die Arbeiten durchführen, wie viel können wir selbst beitragen, welche Anteile müssen in Auftrag gegeben werden und was kostet das? Ein Kostenvorschlag wurde eingeholt – und der ließ manche Träume platzen: 55.000 Euro für die Errichtung einer weiteren Plattform im Rundbau für bis zu vier weitere Teleskopsäulen. Das lag weit außerhalb unserer Möglichkeiten.

Also das ganze etwas kleiner planen und mehr Eigenarbeit? Die Diskussion wurde grundsätzlicher: Was ist für den Verein eigentlich leistbar? Parallel zu den Plänen für die Erweiterung der Sternwarte musste ja auch gewährleistet sein, dass die vorhandenen Einrichtungen gewartet und wenn notwendig repariert wurden. Auf einer Klausur des Vorstands im Oktober 2017 wurde die Idee geboren, zunächst einmal den bisher eigentlich nur vermuteten Bedarf für weitere Beobachtungsplätze auf der Sternwarte genauer zu ermitteln: Eine Mitgliederumfrage sollte die nötige Klarheit bringen. Es ging ja nicht nur um eine Baumaßnahme, sondern letztlich um die zukünftige Ausrichtung des Vereins. Wie sollte der Verein seine begrenzten Ressourcen so einsetzen, dass er alle Aktivitäten weiter ausüben kann und gleichzeitig attraktiv bleibt für Mitglieder und zukünftige Interessenten? Neben dem Angebot von Beobachtungsmöglichkeiten auf der Sternwarte sind die „Sternfreunde-Abende“ in der Gaststätte des Eisenbahner-Sportvereins (ESV) der

zweite wichtige Bestandteil des Vereinslebens. Auch für die Organisation attraktiver Vorträge für unsere Vereinsabende, aber beispielsweise auch die regelmäßige Erstellung unserer Vereinsmitteilungen ist nicht nur Geld notwendig, sondern auch „Manpower“, die anderweitig dann nicht mehr verfügbar ist.

Rainer Glawion entwickelte federführend das Konzept für die Umfrage. Durchgeführt wurde sie im Februar 2018 und Rainer Glawion hat sie anschließend auch ausgewertet.

Das Ergebnis war eindeutig: Mit ganz wenigen Ausnahmen nutzten die Mitglieder, die sich an der Umfrage beteiligten, die Sternwarte aus den unterschiedlichsten Gründen eher selten (im Durchschnitt nur 1,1 Nächte pro Jahr, siehe Abbildung). Die meisten dieser Mitglieder würden die Sternwarte nach einer Erweiterung mit zusätzlichen Beobachtungsplattformen auch nicht häufiger nutzen. Dringlicher war in vielen Rückmeldungen der Wunsch nach anderen Angeboten des Vereins wie Ausflüge, attraktive Vortragsangebote auf den Sternfreunde-Abenden (etwa mit externen Referenten), zusätzliche Sternfreundetreffen, Workshops (z.B. zur Astrofotografie), aber auch eine deutlich vereinfachte, auch visuelle Nutzungsmöglichkeit der vorhandenen Beobachtungsplätze.



Das Fazit, bezogen auf die Sternwarte: Die größten Hürden für die Nutzung waren die Komplexität der Instrumente und damit einhergehend der Umstand, dass die Einrichtungen nicht mehr auf der Höhe der Zeit waren. Eine Optik mit einer für Astrofotografie auf Film (ja, so fotografierte man früher!) hinreichenden Auflösung, genügte den Anforderungen moderner digitaler Astrokameras mit ihren winzigen Bildelementen

(„Pixel“) nicht mehr. Auch zwei bis drei Stunden Vorbereitung am manuell per Star-Hopping auf das Zielobjekt auszurichtende Teleskop klang nicht mehr wie ein attraktives Angebot. Standard ist heute vielmehr mindestens eine Go-To-Montierung, wenn nicht sogar eine Remote-Steuerung. Teleskope lassen sich heutzutage schließlich ganz bequem aus dem heimischen Wohnzimmer bedienen, auch wenn sie auf einem anderen Erdteil stehen. Aber auf unserer Sternwarte musste die Aufnahmesteuerung weiterhin direkt neben dem Teleskop erfolgen.

Das war der Hintergrund, vor dem wir beschlossen, dass eine Modernisierung der vorhandenen Einrichtungen Vorrang hat vor einer möglichen Erweiterung. Zum Glück kamen einige sehr engagierte neue Mitglieder in den Verein, die sich der Sache annahmen.

Volker Buß, seit 2017 der Beauftragte für die Sternwarte, hat als erstes dafür gesorgt, dass die Zufahrt zum Rundbau befestigt wurde. Seit Ende 2017 kann der Rundbau wenn nötig auch mit schweren Baufahrzeugen erreicht werden. Außerdem hat er zusammen mit vielen anderen Vereinsmitgliedern die Sternwarte gründlich aufgeräumt, den Müll entsorgt, einen Baumschnitt um die Sternwarte herum durchgeführt und in den folgenden Jahren in zahlreichen Arbeitseinsätzen Instandsetzungs- und Renovierungsarbeiten auf der Sternwarte durchgeführt (siehe folgende Beiträge).

Parallel dazu hat sich federführend Peter Dietrich um die Modernisierung der Westkuppel-Einrichtungen gekümmert. Als erstes wurden Encoder installiert, um das Aufsuchen von Objekten zu vereinfachen. Nach langer und ausführlicher Diskussion hat sich der Vorstand schließlich entschieden, die traditionsreiche, aber doch in die Jahre gekommene, nur fotografisch nutzbare „Bath-Astrokamera“ in der Westkuppel durch einen großen Refraktor zu ersetzen. Umgesetzt wurde der Beschluss auf der Astronomie-Messe (AME) in Villingen-Schwenningen am 14. September 2019: Dort haben wir unseren neuen 152 mm f/7,9 Refraktor erworben. Die Installation des Refraktors in der Montierung und alle anfallenden Arbeiten, um ihn in Betrieb zu nehmen, hat Peter Dietrich durchgeführt und koordiniert. Seit 2020 steht der sehr einfach zu bedienende Refraktor für fotografische und für visuelle Beobachtungen zur Verfügung.

Dann kam Corona. Die Covid-19-Pandemie sollte die Vereinsaktivitäten in den nächsten zwei Jahren deutlich prägen. Erstmals im Frühjahr 2020 wurden öffentliche Veranstaltungen behördlicherseits untersagt, unsere Mitgliederversammlung musste vom Februar auf den Juni des Jahres verlegt werden. Ab November 2020 wurde die ESV-Gaststätte dann erneut geschlossen, so dass keine Vereinsabende mehr stattfinden konnten. Um das Angebot aufrecht zu erhalten, haben wir die Vereinsabende dann online durchgeführt. Eine Zoom-Konferenz (benannt nach einer Konferenz-Software, die in dieser Zeit sehr schnell sehr populär wurde) ist

natürlich nicht zu vergleichen mit einem persönlichen Treffen in der ESV-Gaststätte. Aber in Pandemiezeiten war es zumindest eine kleine Möglichkeit für die Vereinsmitglieder, miteinander in Kontakt zu bleiben. Die Mitgliederversammlung des Jahres 2021 wurde auf den September verlegt.

Nicht gehindert hat uns das Virus aber an den weiteren Modernisierungen auf der Sternwarte. Als nächstes war nämlich die Ostkuppel an der Reihe. Hier wurden die Arbeiten weitgehend von Volker Buß koordiniert, er hat die umfassende Modernisierung der Einrichtungen in der Ostkuppel angestoßen: Zunächst sollte die dort vorhandene Gabelmontierung durch die Installation eines Schneckenrades für den Deklinationsantrieb aufgerüstet werden, so dass eine vollumfängliche Go-To-Steuerung möglich wäre. Der Auftrag hierfür wurde an die seit 1996 bestehende renommierte italienische Firma Gemini Telescope Design (GTD) vergeben. Leider ist der Firmeninhaber Herr András Dán im Sommer unerwartet verstorben, so dass der Auftrag nicht fertig gestellt werden konnte. Daher werden aktuell Möglichkeiten geprüft, wie wir alternativ und mit vertretbarem Aufwand zu einem Schneckenrad-Antrieb für die Deklinationsachse der Ostkuppel-Montierung kommen.

Hartwig Nahme hat derweil den defekten Tubus des Ostkuppel-Newton saniert und mit einer Vollverkleidung aufgerüstet. Parallel dazu wurde der Hauptspiegel des Newton durch eine polnische Firma neu verspiegelt und ist jetzt wieder in einem neuwertigen Zustand.

Die Modernisierung unserer Einrichtungen ist damit aber bei weitem noch nicht abgeschlossen. „Hochfliegende Träume“ gibt es auch heute. Sie sind Voraussetzung dafür, dass sich Mitglieder engagieren und sich um die Weiterentwicklung nicht nur unserer Sternwarte, sondern des Vereins insgesamt verdient machen. Vielleicht war die Entwicklung der letzten Jahre nur folgerichtig: Kann ein fortgesetztes Wachstum das Ziel der Sternfreunde Breisgau sein? Die Zeitläufte scheinen gerade etwas anderes anzumahnen: Wir müssen als Gesellschaft insgesamt, aber eben auch als Verein, wieder Bescheidenheit lernen. Ressourcen werden allgemein knapper, Energie muss gespart werden, unser derzeitiger Lebensstil muss sich sehr dramatisch ändern, wenn wir unsere Lebensgrundlagen weltweit erhalten wollen. Auf das Niveau unseres Vereins und der Sternwarte auf dem Schauinsland bezogen bedeutet dies: vielleicht haben wir rein quantitativ bereits eine Endausbaustufe erreicht, die wir nicht überschreiten sollten. Wir sollten womöglich gar nicht anstreben, größer zu werden. Was wir aber sehr wohl fragen können und fragen müssen: Wie können wir in diesem Rahmen, in den gesetzten Grenzen, besser werden? Wie können wir, anstatt quantitativ zu wachsen, die Qualität des Erreichten verbessern? Wie können wir Ressourcen schonen und dennoch unser Hobby, die Astronomie, mit Begeisterung ausüben? Davon zu träumen, lohnt sich allemal.

Sternwarte ohne Sterne Gucken

Renovierungs- und Pflegearbeiten – ein Dauerthema

Andreas Reichenbach

Die Sternfreunde Breisgau betreiben seit Mitte der 80er Jahre im Rundbau auf dem Schauinsland erfolgreich eine Amateursternwarte. Hier werden seit Jahren anspruchsvolle Astrofotografien erstellt; die Bilder in unserem Jubiläumskalender, der Festschrift und den anderen Publikationen sprechen für sich. Aber wir bieten auch für interessierte Besucher Sternführungen an. Dazu muss die Sternwarte andauernd gepflegt und aufgerüstet werden. An Teleskopen und Montierungen müssen Wartungen durchgeführt und nicht zuletzt auch alte Systeme modernisiert oder ausgetauscht werden.

Aber nicht nur die instrumentelle Ausstattung der Sternwarte muss auf einem hohen Niveau gewährleistet sein. Auch die generelle Instandhaltung der Sternwarte zählt seit Baubeginn zu den anspruchsvollsten Aktivitäten, die engagierte Mitglieder, handwerklichen Sachverstand und nicht zuletzt ausreichende Finanzmittel benötigt.

Die Arbeiten auf der Sternwarte zeichnen sich durch ihre Vielfältigkeit aus, vom Baumschnitt zu feinmechanischen Arbeiten, Verputzen, Erdbewegung oder Zimmermannsarbeit, Blechnern und Streichen. Aber auch saisonale und alltägliche Aufgaben wie Sturmsicherung, Müllentsorgung oder Schneeräumung; auf der Sternwarte kommt nichts zu kurz. Denn sowohl Gerüst als auch Kuppeln wurden nicht als fertiges Produkt gekauft, sondern in Eigenarbeit konstruiert.

Renovierungen sind ein Dauerthema auf der Sternwarte. Bereits Anfang der 2000er Jahre wurde der Zustand

Abb. 1: Sanierung der Sternwarte 2019. Die alte Farbe auf den Kuppeln wird abgeschliffen.

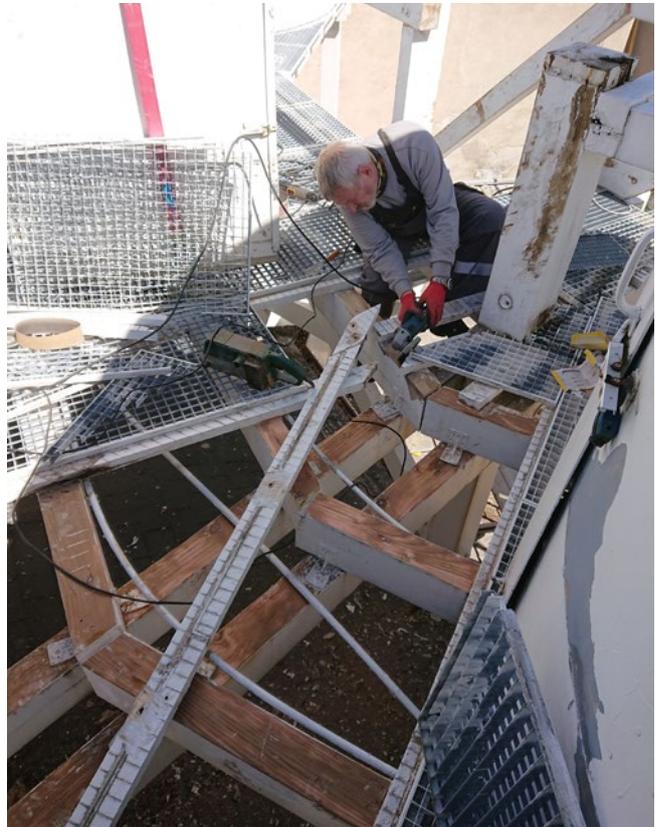


Abb. 2: Sanierung der Sternwarte 2019. Das Holzgerüst wird abgeschliffen.

des Rundbaus zum Anlass genommen, Renovierungen durchzuführen. Die dazu erforderliche Fachkompetenz im Bereich Malerei, Mauern und Zimmermannsarbeit stellt den Verein immer wieder vor Herausforderungen, weil einem Verein oftmals die finanziellen Mittel fehlen, diese Arbeiten in Auftrag zu geben. Gerade deswegen sind die privaten Engagements in Form von Spenden und besonders in Form fachlicher Hilfe und Mitarbeit bei Umbauten eine Standsäule des Sternwartenbetriebs.

Renovierungsarbeiten sind in den Jahren 2004, 2006, 2011 und 2013 erfolgt. 2014 musste das Dach des Schutzbaus komplett erneuert werden. Durch Witterung verrottete Dachbalken mussten ersetzt sowie das gesamte Dach neu mit Schindeln gedeckt werden. 2015 erfolgte ein kompletter Neuanstrich mit Wetterschutzfarbe, welche aufgrund der Witterung am Schauinsland dringend benötigt wird. Ulrich Schüly berichtet im folgenden Artikel (siehe S. 22-24) über einige Arbeiten der genannten Periode. Über die weiteren Arbeiten ab dem Jahr 2019 kann ich aus eigener Erfahrung berichten.

Renovierung Rundbaugerüst 2019

Im Jahr 2019 wurde von den Sternfreunden das Gerüst, auf dem unsere Kuppeln stehen und das komplett aus Holz besteht, aufwendig saniert. Über mehrere Sommermonate hinweg wurde morsches Holz ausgetauscht und repariert. Zudem mussten große Teile der Holzbalken vor einem Neuanstrich abgeschliffen werden, da sich über die Jahre eine immer dickere Farbschicht durch jeden Anstrich gebildet hatte. Das Abtragen alter Farbe stellte sich als äußerst zeitaufwendig dar, war aber dem Zustand des Gerüsts geschuldet. Nach monatelangen Arbeiten wurden das gesamte Holzgerüst sowie die Kuppeln neu gestrichen. Letztere wurden mit spezieller Zwei-Komponenten-Farbe gestrichen, die eine deutlich höhere Beständigkeit besitzt als normale Wetterschutzfarbe. In exponierter Lage sind die Kuppeln der Witterung komplett ausgesetzt.

Bodensanierung im Rundbau auf der Sternwarte 2021

Der Rundbau ist in den letzten Jahren deutlich verwildert. Erdeintrag durch Wind und Bewegung sorgten für einen ausreichenden Nährboden für allerlei Pflanzenwachstum, das wiederum den Beton schwächt und ebenfalls zu neuem Material kompostiert. Zusätzlich dazu hatten sich viele Betonreste und allgemeiner Bau-schutt angesammelt, und freigelegte Betonkanten sorgten für zusätzliche Stolperfallen.

Höchste Zeit, den Rundbau grundsätzlich aufzuwerten. Deswegen wurde im Herbst 2021 der Schutt entfernt und der Rundbau gleichmäßig mit einer Forstmischung aufgefüllt. Diese Kiesmischung unterschiedlicher Körnungsgrößen verdichtet sich bei Belastung und sorgt für eine feste Oberfläche. Um das Pflanzenwachstum zu hemmen, wurde ein spezielles Vlies darunter eingearbeitet. Durch diese Kraftanstrengung, an einem Samstag 20 Tonnen Material händisch zu bewegen, ist der Rundbau nun dauerhaft in einem ordentlichen Zustand.

Mehr Arbeit als Astronomie?

Bei all diesen Berichten über die Anstrengungen, die bereits in die Sternwarte gesteckt wurden, stellt sich irgendwann die Frage: Ist das nicht mehr Arbeit als Astronomie? Und das kann mit einem entschiedenen Nein beantwortet werden. Phasenweise macht sich die Arbeit durchaus bemerkbar. Das Ergebnis ist aber durchweg ein lohnendes. Die Bedingungen auf dem Schauinsland sind mit anderen Standorten kaum zu vergleichen. Hier sind vor allem die eigentlichen Beobachtungsbedingungen zu nennen, der (immer noch) vergleichsweise dunkle Nachthimmel, obwohl die Sternwarte in relativer Nähe zu einer Großstadt und einem Dorf liegt und auch infrastrukturell gut angebunden ist. Wir haben bis zum Tor des Kiepenheuer-Instituts eine asphaltierte Straße, die auch im Winter geräumt wird. Gerade dann spielt auch der beheizbare Schutzbau eine wichtige Rolle. Bei manchmal zweistelligen Minusgraden sind die Nächte besonders lang. Ein großer Vorteil ist natürlich auch die Stromversorgung, die das kostspielige Anschaffen von mobilen Stromspeichern überflüssig macht.

All diese Aspekte fassen aber noch nicht die persönlichen Erfahrungen zusammen, die sich durch gemeinsame Beobachtungsabende, beim gegenseitigen Unterstützen mit neuer Ausrüstung oder gewohnten Problemen ergeben. Und auch die Arbeiten an sich tragen dazu bei. Also bleiben Sie gespannt, es gibt noch viel zu tun!

Referenzen

Buß, Volker: Vereinssternwarte Renovierung 2.0, in: Vereinsmitteilungen 3/2019 (September bis Dezember 2019), S. 2-3

Reichenbach, Andreas: Bodensanierung auf der Sternwarte, in: Vereinsmitteilungen 1/2022 (Januar bis April 2022), S. 23-24



Abb. 3: Bodensanierung im Rundbau der Sternwarte 2021. Eine Kiesmischung wird aufgetragen und verdichtet.

20 Jahre Regen, Frost und Schnee

Rückblick auf die Renovierungsarbeiten seit 2004

Ulrich Schüly

Wir schreiben das Jahr 2004. Ich bin seit vielen Jahren Mitglied bei den Sternfreunden Breisgau und überglücklich, diese wunderbare Einrichtung hoch über Freiburg und nur eine halbe Stunde entfernt nutzen zu dürfen. Dieses Privileg haben nicht viele deutsche Sternengucker, mit einer Sicht auf die Sterne wie in den Alpen. Aber dieses Privileg hat natürlich auch seinen Preis. Extreme Witterungsverhältnisse auf nahezu 1300 m Höhe, das raue Bergklima, Regen, Hitze, Frost und Stürme setzen dem Bau zu. Die Sternwarte auf dem Schauinsland ist nun 15 Jahre alt und damit langsam in die Jahre gekommen. Alle sorgfältigen Anstriche und kleineren Reparaturen der letzten Jahre haben nicht verhindern können, dass grundlegende Erneuerungsarbeiten und Modernisierungen stattfinden müssen, welche im kommenden Jahrzehnt und wohl darüber hinaus angegangen werden sollen. Sie betreffen die baulichen Gegebenheiten und die Landschaft um die Sternwarte herum. Baulich müssen wir an vielen Stellen für Ersatz sorgen (Holzbalken, Dachkonstruktionen, Wege, Plattformen...). Was die unmittelbare Umgebung der Sternwarte angeht, so wachsen wir allmählich zu, und wir werden tatsächlich ins Gespräch mit dem Förster gehen müssen, um hohe Bäume auszulichten und zu entnehmen. Diese Aufgaben und Arbeiten sollten uns während etlicher Jahre ordentlich beschäftigen, aber wir nehmen diese Aufgaben sehr gerne wahr, angesichts klarer Sternennächte und wunderbarer Fotos. Ich möchte im Folgenden einige unserer Anstrengungen etwas näher beleuchten und in Erinnerung rufen. Da dies lange her ist, habe ich mich dazu auch der Mitteilungen der Sternfreunde Breisgau bedient.

2004 im Frühling

Der Rundbau, in den unsere Sternwarte eingelassen ist, stammt ja, wie man weiß, bereits aus den 30er/40er Jahren des letzten Jahrhunderts. Mit wachsender Skepsis hatten wir so manche Rissbildung und Bröckelei an der runden Mauer beobachtet und beschlossen, dass ein Fachmann uns über ihren Zustand aufklären muss. Wir holten kurzerhand den Statiker vom Hochbauamt auf den Schauinsland.

Nach eingehender Untersuchung stellte er fest, dass der Rundbau auf Felsen steht und daher keinerlei größere Risse und Setzungen drohen. Die Standfestigkeit des Rundbaus wird auch in Zukunft nicht beeinträchtigt sein. Eine erste gute Nachricht. Aber: Das Mauerwerk war feucht, der Putz bröckelte stellenweise ab. Die Feuchtigkeit drang bei Regenwetter in den ungeschützten Beton-Ringanker ein. Da der vorhandene Putz nicht

diffusionsoffen war, konnte das Mauerwerk auch nicht mehr austrocknen. Eine komplette Erneuerung kam jedoch für den Verein nicht in Frage, da hierzu der finanzielle und der Arbeitsaufwand zu groß gewesen wären.

Auf jeden Fall mussten aber die Blechabdichtungen, welche den Übergang zwischen Ringanker und Mauerwerk bilden, repariert werden. Zusätzlich sollten die geschädigten Putzstellen mit einem geeigneten Putz ausgebessert werden.

Damit kein weiteres Wasser mehr eindringen konnte, wurde der komplette Ringanker mit hinterlüfteten Blechen abgedeckt. Diese Arbeiten wurden während des Sommers erledigt.



Abb. 1: Baumschnitt auf dem Kiepenheuer-Gelände im Spätherbst 2018.

2006 Mai bis Dezember

Beim letzten Gesamtanstrich der Gebäude in Holzbauweise hatten wir eine besonders hochwertige und witterungsbeständige Farbe verwendet, die starken Temperaturschwankungen und der intensiven Sonneneinstrahlung besonders gut standhält. Dieser letzte Gesamtanstrich lag jetzt jedoch schon wieder fünf Jahre zurück und die Farbe war inzwischen verwittert. Eine Inspektion im Herbst zuvor hatte so starke Verwitterung und offenes Holz gezeigt, dass die schlimmsten Stellen noch vor dem Winter notdürftig übermalt worden waren. Ein umfassender Anstrich des gesamten Holzkörpers war jedoch in diesem Sommer dringend erforderlich.

Die Dächer der Westkuppel und der Ostkuppel waren in besonders schlechtem Zustand. Vor allem auf der sonnenzugewandten Seite bestanden großflächige Abblätterungen, die dringend abgeschliffen und mit spezieller Farbe doppelt gestrichen werden mussten, damit die Sonneneinstrahlung die darunterliegende Struktur aus glasfaserverstärktem Kunststoff nicht zersetzen konnte. Also frisch ans Werk! Dies hielt uns bis fast in den Herbst in Atem.

Glücklicherweise gab es Ende Juni und im Juli eine Schönwetterperiode, in der die Hauptarbeiten an insgesamt fünf Wochenenden mit unterschiedlichen, tatkräftigen Helfern durchgeführt werden konnten. Wie befürchtet, fanden sich in der Oberfläche der Ostkuppel unter der abblätternden Farbe weitere Löcher, die mit Kohlefasermatten verschlossen wurden. Rätselhaft blieb, warum die Verwitterung der Farbe und damit auch des Untergrundes bei der Ostkuppel erheblich fortgeschrittener war als bei der Westkuppel, obwohl beide Kuppeln nach Aussage derjenigen, die beim Kuppelbau vor gut 20 Jahren mitgeholfen hatten, mit gleichem Material und gleicher Sorgfalt gebaut worden waren.

Bei der Westkuppel waren die Holzteile der Klappe, die die Kuppel unterhalb des Schiebers in geschlossenem Zustand nach unten abschließt, völlig verrotten. Bald stellte sich heraus, dass nur die Klappe als Ganzes ersetzt werden könnte. Es wurde eine passende Ersatzklappe gebaut und im Wettlauf mit den Gewitterwolken eingebaut. Auch der Holzverschlag, der die Werkstatt im Betonring über dem Dach des Flures abschließt, war völlig verrotten und wurde komplett ersetzt. Zahlreiche weitere „Kleinigkeiten“, die hier gar nicht alle aufgezählt werden können, mussten zum Teil mit viel Liebe zum Detail erledigt werden. Wir konnten damals froh darüber sein, dass die Holzkonstruktion des Sternwartengebäudes insgesamt in einem guten Zustand war. Die tragenden Holzbalken waren tadellos trocken. Ein paar wenige kleinere Latten, die aber keine tragende oder sicherheitsrelevante Funktion haben, wurden ersetzt oder sollten gelegentlich noch ausgetauscht werden.



Abb. 2: Baumschnitt mit Motorverlängerungssäge auf dem Kiepenheuer-Gelände.

Sommer 2011

Für dieses Jahr wurde eine Pflege der hohen Bäume auf der Wiese des Kiepenheuer-Geländes beschlossen, die von den Sternfreunden für die visuelle Beobachtung genutzt wird. Mit großem Aufwand wurden hohe Bäume gefällt, Büsche gestutzt. Dann begann der Aufbau eines 12 m hohen Gerüsts. Bäume wurden mit Motorsägen beschnitten, auch eine Motorverlängerungssäge kam zum Einsatz, um die hohen Äste zu erreichen. Das Ergebnis konnte sich sehen lassen: Vor allem war nun auch die Sicht in Richtung südlichem Horizont wesentlich erweitert. Diese neuen Möglichkeiten konnten ab jetzt von allen Hobbyastronomen genossen werden, die auf der Wiese beobachten wollten.

2012 und 2013

In diesen Jahren stand wieder das sorgfältige Anstreichen der Sternwarte im Vordergrund. Die UV-Strahlen und das raue Gebirgsklima nagten Jahr für Jahr am Gebälk.

Balken und Ostkuppel wurden neu gestrichen. Doch der frische Anstrich der Westkuppel wurde im August durch starken Regen wieder heruntergewaschen, dies war sehr bedenklich angesichts des vorangeschrittenen Sommers. Danach gab es kein passendes Wetter mehr, denn es muss wegen der Farbe anhaltend trocken und warm sein. Es gibt auf dem Schauinsland nur ein knappes Zeitfenster im Jahr, bei der das Anstreichen sinnvoll ist, da nur dann die Farbe gut verarbeitet und ordentlich durchtrocknen kann. Wir waren daher in diesem Jahr schon zeitig unterwegs gewesen. Eine besondere Fleißarbeit war es, die vielen Winkel und Ecken im tragenden Gebälk anzustreichen. Jene Balken, an denen sich die Gitter nicht abnehmen ließen, mit kleinen Pinseln durch das Gitter hindurch anzustreichen, war eine echte Geduldssprobe.

Sommer 2014

Ab dem 12. April 2014 kam die vollständige Erneuerung des Dachs der Sternwarte an die Reihe, nachdem es 25 Jahre gut durchgehalten hatte, ein Mammutprojekt.

Dies ging nicht ohne Bau eines Gerüsts. Die alten Schindeln wurden mit Spaten von der Dachoberfläche abgelöst. Beim alten Bitumen musste mit einem Flammenwerfer nachgeholfen werden. Zwischen Dach und Mauerwerk wurde ein Spalt geschaffen, der verhindert, dass weitere Feuchtigkeit von der Mauer in die Dachkonstruktion zieht. Die Schäden waren stellenweise eklatant, viele Holzlatten waren schon ziemlich vermodert. Teilweise waren richtige Löcher in das Holz gefressen, das unbedingt ersetzt werden musste. Gefühlt 20000 Nägel haben wir aus dem Holz gezogen, damit der neue Dachbelag nicht verletzt wurde.

Zum Teil fanden die Arbeiten im prasselnden Regen statt. Wir mussten das Dach provisorisch mit Plastikplanen abdecken.

Wir haben auch Schäden an beiden Kuppeln behoben, der Kurbelmechanismus der Westkuppel wurde überholt, größere Teile der Ostkuppel mit GFK belegt, zwei Lagen Glasgewebe mit Epoxidharz laminiert. Als Abschluss kam noch Zwei-Komponenten-Bootslack obendrauf. Das machte sie nun hoffentlich für die nächsten Jahre wetterfest. Die Arbeiten haben mehr als 10 anstrengende Samstage gedauert.

August 2015

Wiederum wartete ein kompletter Anstrich aller Balken auf uns, diesmal bei abgeschraubten Metallgittern. Die Hitze der Tage war ziemlich unerträglich und kostete jede Menge Schweiß.

Im Jahr 2016

Wir haben uns vorgenommen, durch Lichten des Waldes auch die Sicht von der Sternwarte selbst nach Süden zu verbessern. Auch diese Bäume waren in den Jahrzehnten des Bestehens der Sternwarte zu hoch ge-

worden. Insbesondere die tief stehenden Objekte der Milchstraße in den Sternbildern Schütze und Skorpion im Süden, wenn sie am höchsten stehen, waren in der Sternwarte kaum noch fotografisch erreichbar, da sie in den Bäumen früh untergingen. Es wurden die visuellen Bedingungen aus den Zeiten der Gründung der Sternwarte angestrebt. Wir hatten einen Termin mit dem zuständigen Förster des Geländes verabredet. Er markierte diejenigen Bäume, die wir fällen durften. Dies war notwendig, denn die Sternwarte liegt im Naturschutzgebiet. Im Oktober und November desselben Jahres wurden an fünf Terminen angrenzend an das Gelände also in Richtung Süden und Südwesten mehrere Bäume gefällt.

Herbst 2017

In diesem Jahr befestigten wir den Weg zur Sternwarte, was einem Wegeneubau zur Sternwarte gleichkam. Der alte Weg war ein kleiner und etwas holperiger Fußweg durch Bäume und Gebüsch hindurch gewesen, für neue Besucher manchmal schwer zu finden, vor allem im Dunkeln. Wurzeln und Äste bildeten Stolperfallen. Es war früher auch schwierig gewesen, mit einem Fahrzeug direkt an den Rundbau zu gelangen.

30 Tonnen Schotter wurden auf dem Schauinsland angeliefert. Wir liehen eine schwere Rüttelplatte mit Dieselmotor aus, die wir mit einem Anhänger hochschafften. Der neue Weg sollte die Zufahrt auch für zukünftige Bauarbeiten ermöglichen.

Herbst 2018

Wir unternahmen endlich die spektakuläre Fällung unserer drei „Problembäume“ direkt am Rand unserer Sternwarte. Die drei großen Buchen konnten nicht ohne schweres Gerät gefällt werden, die Gefahr für die Gebäude der Sternwarte war zu groß. Mit einem Traktor wurden mit Stahlseilen und Leitern die drei überkragenden Bäume so gefällt und gezogen, dass an den Gebäuden der Sternwarte kein Schaden entstehen konnte. Gleichzeitig haben wir weitere Bäume eingekürzt, die in das Gesichtsfeld der Sternwarte zu wachsen drohten. Es dauerte zwei lange, arbeitsreiche Tage, die erst endeten, wenn das Licht nachließ und allen schon das Kreuz schmerzte. Kurz nach unserer Arbeit fiel Schnee.

Ab 2019

Hier enden meine Aktivitäten der Renovierungen und Instandsetzungsarbeiten für die Sternwarte. Andreas Reichenbach hat weitere, hierauf folgende Arbeitseinsätze in seinem vorangehenden Artikel (siehe S. 20-21) beschrieben.

Diese eindrücklichen Beispiele zeigen, dass für uns Sternfreunde zur Freude der Beobachtung und des Fotografierens stets auch viel und teils schwere körperliche Arbeit zur Mitgliedschaft hinzugehört. Dies wird wohl auch so bleiben und macht nach überstandenen Strapazen für uns diesen Ort nur umso wertvoller.

Abb. 3: Sanierungsarbeiten 2019



Mein First Light am 150er Apo

Neuer Refraktor in der Westkuppel

Leo Bette

„Alles neu macht der Mai“ – es war Sonntag, der 17. Mai 2020, als ich ihn zum ersten Mal in seinem neuen Zuhause bewundern durfte. Der neue Refraktor der Sternfreunde Breisgau saß fertig montiert auf der neu lackierten Gabelmontierung in der frisch renovierten Westkuppel. Peter Dietrich hat ein großes und sehr schönes Stück Arbeit vollbracht.

Rund um das Teleskop und die Montierung kümmerte sich Peter auch um viel Detailarbeit. Ebenfalls erneuert wurde die gesamte Elektrik, insbesondere das Netzteil und die Achsen-Encoder der in die Jahre gekommenen Montierung. Der Gesamteindruck auf mich wirkt hochprofessionell und für mein Auge ist nicht zu unterscheiden, wo das APM-Produkt aufhört und wo Peters Handwerkskunst anfängt. Wie man es mir sicherlich anmerkt, war ich schwer beeindruckt und konnte es kaum abwarten, einen ersten Blick durch diesen edlen Refraktor zu werfen.

Peter hatte die Venus im Okular eingestellt. So hatten wir die Möglichkeit, noch bei Tageslicht das Sucherteleskop, den Leuchtpunktsucher und die zweite Prismenklammer parallel zum Refraktor auszurichten. Die Venus war an jenem Tag nur zu etwa 9% beleuchtet. Ich hatte bisher noch nie eine so schmale und schöne Venussichel gesehen. Dank der hervorragenden chromatischen Korrektur des Refraktors gab es keinerlei störende Farbsäume.

An den beiden hellen Sternen Regulus und Arcturus testeten wir nun die neuen Encoder der Montierung. Die Handsteuerbox der FS2 gibt präzise Rückmeldung über Rektaszension und Deklination der eingestellten Position. Die Koordinaten zahlreicher Sterne und Deep-sky-Objekte sind fest in der Steuerung gespeichert, so dass man sich mittels Push-To, also durch manuelles schieben und drehen des Teleskopes den gewünschten Himmelsausschnitt leicht einstellen kann.

Zu späterer Stunde und endlich dunklerem Himmel nahmen wir den Kugelsternhaufen M3 sowie ein paar Galaxien ins Visier. Der Kugelsternhaufen zeigte sich fein aufgelöst und M51 war ein prächtiger Anblick, der mir in Erinnerung bleiben wird. Das Bild war überzeugend scharf und kontrastreich, so wie man es von einem sehr guten Refraktor erwartet.

Zum Refraktor gehört ein eigener, umfangreicher Zubehörkoffer, u. a. mit einem großen Sucherfernrohr, dem Flattener sowie einem 0,75x Reducer für die fotografische Nutzung. Peter hat auf sehr übersichtlichen Plänen dokumentiert, wie die Adaption der Optik an die ALCCD8-Kamera der Sternfreunde zu erfolgen hat. Es

gibt außerdem Pläne für Canon- und Nikon-DSLR-Kameras sowie auch für CCD-Kameras.

Beim Versuch zu fotografieren hatten wir mit Softwareproblemen zu kämpfen. Das Guiding lief zunächst sehr präzise mit einer Nachführgenauigkeit von unter einer Bogensekunde. Dann kam es aber zu unerklärlichen Abstürzen der eingesetzten Guidingsoftware, so dass unser Versuch, in dieser Nacht noch eine Aufnahme zu machen, leider nicht glücken sollte. Die Eindrücke der Nacht waren dennoch erfüllend. Nachtigallen sorgten für eine verzaubernde Geräuschkulisse. Ich war sehr froh, nach langer Zeit einmal wieder eine Nacht auf der Sternwarte verbracht zu haben und kehrte mit vielen schönen Eindrücken nach Hause zurück.

Eine große Erleichterung beim Auf- und Abbau in der Westkuppel stellt übrigens die von Peters Hand geschneiderte Hülle aus Fallschirmstoff dar. Sie bleibt dauerhaft an der Kuppeldecke aufgehängt und lässt sich auch von einer müden Person bequem rund um das Teleskop und die Montierung legen, ohne dabei auf einer Leiter balancieren zu müssen.

Peter Dietrich sei an dieser Stelle großer Dank ausgesprochen für seine sehr durchdachte, sorgfältige und insgesamt überaus gelungene Arbeit. Ich denke, dass der neue Refraktor damit vielen Sternfreunden schöne Beobachtungsnächte und Astrofotos auf der Sternwarte bescheren wird.

(Aus: Vereinsmitteilungen der Sternfreunde Breisgau, Heft 3 (Sept.-Dez.) 2020, S. 16-18, gekürzt)

Peter Dietrich beim ersten Test mit Sternenlicht.



Spannende Nächte in der Ostkuppel

Astrofotografie auf der Sternwarte im Jahr 2010

Ulrich Schüly

An zwei aufeinander folgenden Tagen verbrachte ich die Nacht auf dem Schauinsland, um im Sternbild Canes Venatici (CVn) NGC 4656 und NGC 4631 (Wal-Galaxie) aufzunehmen. Grundlage dieses Textes ist eine Notiz, die ich an einen Astro-Freund geschrieben habe. Kamera war die ST10E mit 2 m Brennweite am Keller-Newton-Teleskop.

In der ersten klaren Nacht hatte ich NGC 4656 aufgenommen, aber mit Problemen am Rektaszensions-Encoder. In der zweiten Nacht fuhr ich trotz Wolken auf den Schauinsland, weil ich mir sagte, ich will jetzt nach dem Rektaszensions-Encoder sehen und ihn, wenn möglich, reparieren. Dann bin ich auf jeden Fall nicht umsonst hochgefahren, auch wenn es keine Astro-Nacht werden sollte. Als ich um 20:15 Uhr oben war, hatten die Wolken noch zugenommen. Oh je, das wird nie eine Astro-Nacht – na ja, Hauptsache, ich schaue mal nach dem Encoder.

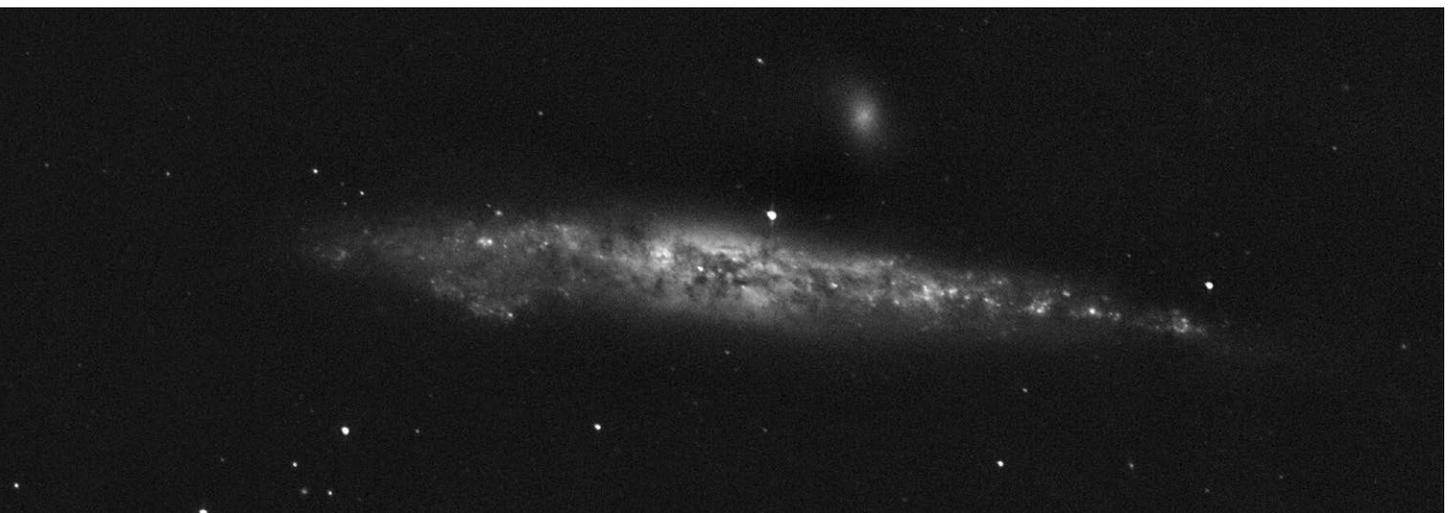
Ich wollte trotz der vielen Wolken, Bedeckung nahezu 100%, die Dunkelheit abwarten, um in einer Wolkenlücke die Funktion des Encoders prüfen zu können. Dann habe ich an Regulus, der jetzt sichtbar wurde, durch Einstellen, Wegfahren und wieder Hinfahren geprüft. Geht wunderbar – jetzt fahre ich heim. Ich gehe vor die Sternwarte und traue meinen Augen nicht – keine Wolken mehr. Dabei war doch eben noch alles zu. Ich wusste ja, dass es von der Wettervorhersage und der Wetterlage her hätte sein können, dass es klar wird. Aber so extrem – erst alles zu, und kaum ist es dunkel, alles frei – das habe ich noch nie erlebt. Der Schauinsland ist nach wie vor für Überraschungen gut.

Innerlich vor Jubel jauchzend bin ich also ab 21:30 Uhr an NGC 4631 gegangen. Diese Wal-Galaxie steht direkt neben NGC 4656, sodass ich den Weg dahin ja nun

schon kannte und mit dem nun funktionierenden Encoder auch schnell wieder dorthin fand. Der Wal ist heller und bietet mir mit der ST10 bei 2 m Brennweite einen helleren Nachführstern, ist also komfortabler aufzunehmen. Die Galaxie macht in den Originalbildern mit ihren Strukturen schon ordentlich Eindruck. Es blieb windstill, ohne Tau, mit einer Kuppeltemperatur von 10° C, die sich im Lauf der Nacht auf 5° C abkühlte. Das Seeing war besser als am Tag davor, die Durchsicht wohl wieder bei 6 mag. Alles prima, doch der Mond war ja schon fünf Tage alt und damit recht hell. In zwei Tagen ist schon Halbmond. Ich fragte mich, ob das noch gehen würde – es ging!

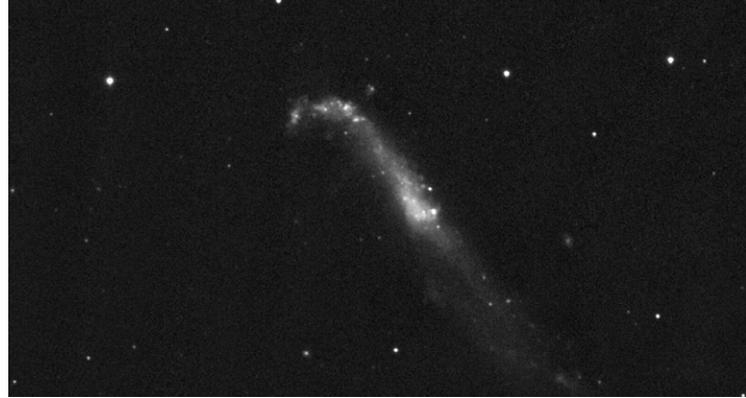
Am Tag vorher hörte ich einen Waldkauz, diesmal zwei, einen am Gipfel, den anderen wieder nördlich von mir. Sie riefen die ganze Nacht. Ich habe mir also eine weitere ganze Nacht um die Ohren gehauen. Die Montierung ist leider wie üblich nach dem Meridian ausgestiegen. Diesmal zweimal, aber mit der Sternbewegung in die andere Richtung als gestern. Oha. Das erste Mal konnte ich noch reagieren, aber dann verschwand der Nachführstern sehr schnell, sodass die Galaxie völlig weg war und ich sie nicht wiederfand, sie nochmals völlig neu von Eta UMA ausgehend aufsuchen musste. Das ging aber schnell, der Weg war mir ja nun gut bekannt. Ich bin inzwischen der Überzeugung, dass die Montierung selbst irgendwo in der Nähe der Meridianstellung hängt, das konnte ich auch beim Bewegen von Hand fühlen. Ich werde das weiterverfolgen. Glücklicherweise hatte ich zu Beginn der Aufnahmen das Bild des Autoguiders abgespeichert, sodass ich nachsehen konnte, wo genau im Bild der Nachführstern steht. Damit gelang es, das Teleskop wieder so einzustellen, dass die Verschiebung zu den Bildern vor dem Aussteiger sehr klein ist. Ich sollte wirklich immer

NGC 4631 (Wal-Galaxie): Mag 13.0; 18 s/w Bilder je 5 Minuten; Ostkuppel. Sehr groß und hell; stark elongiert; feine Struktur. – Foto: Ulrich Schüly



zu Beginn das Autoguiding-Bild abspeichern.

Ein zweites Mal innerhalb von zwei Tagen habe ich also die Nacht auf dem Schau verbracht und den Sternen über mir bei ihrer „Wanderung“ zugeschaut, die Kuppel dem Objekt von ganz Ost bis ganz West hinterhergedreht und die auftauchenden und absinkenden Sternbilder verfolgt. Morgens kann man schon den Delphin sehen, Schwan und Adler sowieso und damit die Milchstraße. Skorpion steht eindrucksvoll im Süden und macht Lust auf Fotos, aber er steht so tief, dass seine Sterne immer flackern, das Seeing also nie so toll ist.



NGC 4656: Mag 10.7; 16 s/w Bilder je 6 Minuten.
Eine besonders lange Edge-on-Galaxie.
Foto: Ulrich Schüly

Allein auf der Sternwarte

Pleiten, Pech und Pannen im Jahr 2004

Karl-Ludwig Bath

Eine Sternwarte kann ein gefährlicher Ort sein. So ist – was uns nicht passieren kann – einmal ein Astronom aus dem Beobachtungskorb eines Großteleskops fast herausgefallen, weil er die Tür hinter sich zu schließen vergessen hatte. Menschliches Versagen eben. Mit letzterem können wir allerdings auch dienen.

Einmal habe ich mich eingesperrt. Vor Jahren, als wir noch kein Telefon auf der Sternwarte hatten, kam ich in einer kalten Winternacht fast nicht mehr aus dem Rundbau, weil sich das Gittertor nicht öffnen ließ. Der Schlüssel verweigerte seinen Dienst, indem er sich im Schloss immer weiterdrehte. Nach einer halben Stunde klappte es schließlich doch noch. Seitdem klappe ich das Gittertor *n i e* mehr zu, sondern lehne es nur an.

Einmal habe ich mich ausgesperrt. Im September 2003 brachte ich Sachen schon mal zum Auto und lehnte – die Hände mit Gepäck beladen – das Gittertor mit der Schulter an. Ein kleines Bisschen zu viel und klapp, ich stand draußen. Und der Sternwartenschlüssel? Der steckte, damit ich ihn ja nicht verlegen möge, im Schloss der Hüttentür. Die stand jetzt noch offen, das Licht brannte und der Spiegel der Astrokamera mit seiner Halterung, die ich zum Überarbeiten mit nach Hause nehmen wollte, lagen noch im Vorraum. Wenigstens hatte ich die Heizung schon ausgeschaltet, und wenigstens hatte ich den Autoschlüssel in der Tasche und sogar den Hausschlüssel. So wartete ich auf Achim, der vielleicht noch auf die Sternwarte kommen wollte. Nach einiger Zeit kam unser Mitglied Dirk Bausch (noch ohne Sternwartenschlüssel) mit seinem 30-cm-Newton, der das Warten verkürzte. Die Zeit verging, aber Achim kam nicht und auch sonst keiner, der die Sternwarte wieder hätte aufschließen können. So blieb mir nichts anderes übrig, als nach Hause zu fahren und am nächsten Morgen mit geliehenem Schlüssel wieder

zur Sternwarte zu fahren. Was ich daraus lernte, wieder einmal? Wenn schon alleine auf der Sternwarte, sollte man den Schlüssel *n i e* aus der Hand legen.

Einmal habe ich mich angepflockt. In der Anfangszeit unserer Sternwarte stand mein 18-cm-Schiefspiegler (R.I.P.) auf der mittleren Konsole. Um die Säule der Schiefspieglermontierung auszurichten, ging ich hinunter aufs Hüttendach und schraubte sie los. Wegen des nicht bedachten Ungleichgewichtes legte sich die Säule zur Seite und klemmte mir die linke Hand am Laufgitter fest. Sehr fest. Ich schob mit der rechten Hand an der schweren Säule. Der Hebelarm war zu kurz und es tat sich nichts. Ich zog die eingeklemmte Hand, es tat sich nichts. Sollte ich so angepflockt bis zum Morgen warten, bis meine Frau nach mir suchen würde? Vielleicht würde ich inzwischen ohnmächtig? Und dann? Sollte ich die Hand mit Gewalt herausziehen und Knochenbrüche oder einen Riss der Arterie riskieren? Käme ich dann noch bis zur Klinik? Ich riskierte es. Zum großen Glück habe ich mir die Hand dabei nur unwesentlich verletzt. Es hätte aber auch schlimmer kommen können. Ich schwor mir, *n i e* mehr alleine auf die Sternwarte zu gehen.

Alleine auf der Sternwarte. Bei einer solchen Gelegenheit hatte ich einmal ein so beeindruckendes Erlebnis, dass ich mich noch heute daran erinnere. Im Rundbau lag meterhoch der frische Pulverschnee. Man hörte nichts, keinen Kauz, kein Blätterrauschen und nicht die Autos in Freiburg. Es war so ruhig, dass ich meinen Atem hören konnte. Da atmete ich langsamer, versuchte, so langsam zu atmen, dass ich den Atem nicht mehr hören würde, was nur mit Mühe gelang. Derart leise habe ich es zu Hause noch nie erlebt: Autos, Nachbarn, das Summen des Kühlschranks und das Ticken der Uhren sorgen immer für einen akustischen Hintergrund.

Sonnenteleskope aus Freiburg

Vom Schauinsland über Capri nach Teneriffa

Rolf Schlichenmaier und Wolfgang Schmidt

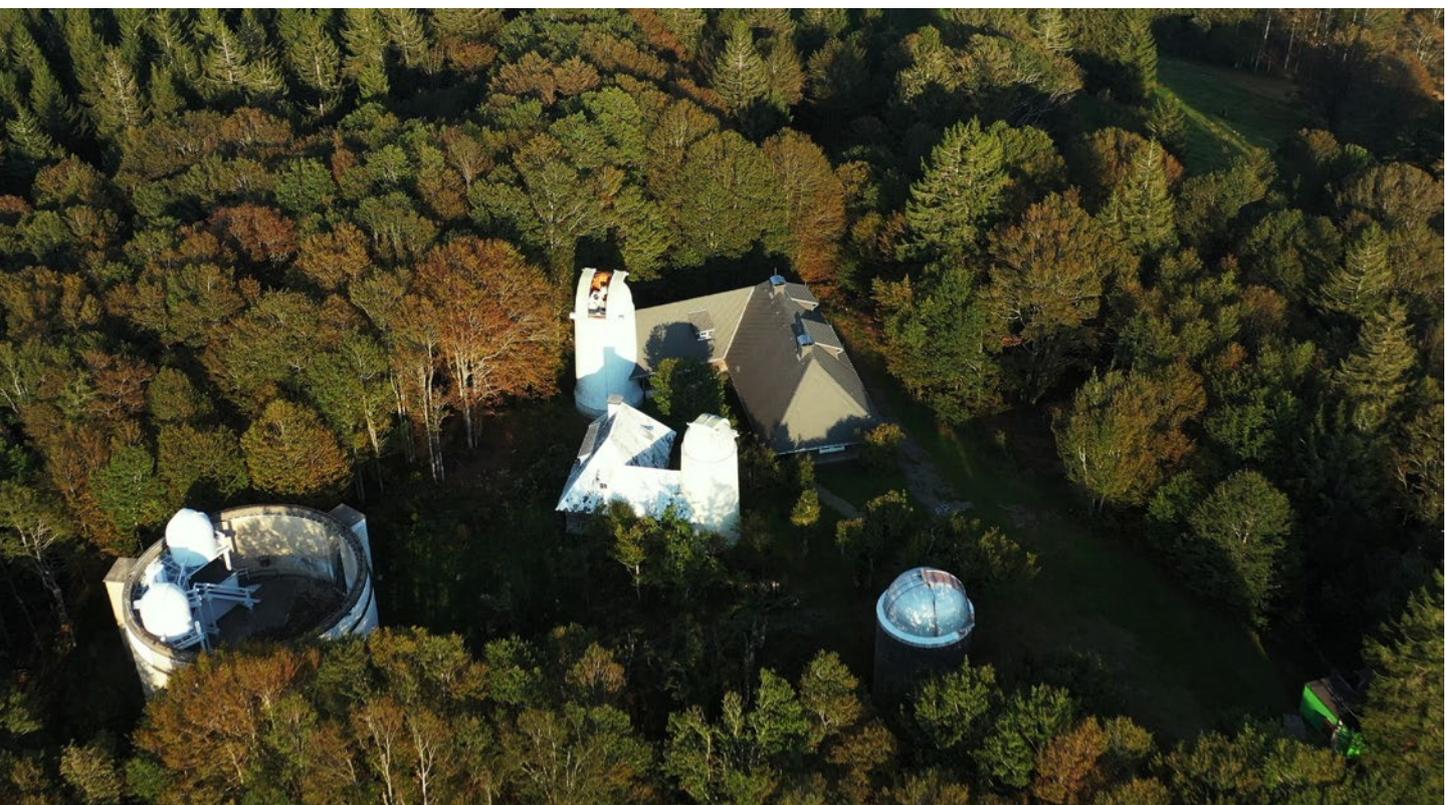
Die Sternfreunde Breisgau e.V. gibt es nun seit 50 Jahren, und seit 40 Jahren betreibt der Verein Teleskope auf dem Gelände des Sonnenobservatoriums auf dem Schauinsland. Unter der Leitung von Dr. Hans Plendl gründete die „Reichsstelle für Hochfrequenzforschung e.V.“ im Jahr 1943 das Sonnenobservatorium auf dem Schauinsland [1, Seiler in 2]. Die Leitung des Observatoriums und der zugehörigen Dienststelle zur „Erforschung und Überwachung von solaren Erscheinungen und deren Einfluss auf die Ausbreitung elektrischer Wellen“ wurde Dr. Karl-Otto Kiepenheuer übertragen. Das Institut wurde unter dem Namen „Fraunhofer-Institut“ geführt, und wurde nach 1970 als Institut der „Blauen Liste“ von Land und Bund finanziert. Wegen der Namensverwechslung mit der Fraunhofer-Gesellschaft wurde es 1978 in „Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik (KIS)“ umbenannt. Die „Blaue Liste“ ging im Jahr 2000 in die Leibniz-Gemeinschaft über, und seit 2018 wird der Name „Leibniz-Institut für Sonnenphysik (KIS)“ verwendet.

In den 80 Jahren Sonnenphysik auf dem Schauinsland und in Freiburg wurden vom KIS eine Reihe von Son-

nenteleskopen gebaut und entwickelt, welche wir hier vorstellen wollen, wobei wir uns auf die bodengebundenen Teleskope beschränken. Begonnen hat es mit drei Teleskoptürmen auf dem Schauinsland, die 1943 gebaut wurden [1] und in Abbildung 1 in einer Aufnahme vom Herbst 2020 zu sehen sind:

1. Ein Sonnenturm, in dem ein Coelostat das Sonnenlicht einfängt und über eine Linse und einen Umlenkspiegel in das geräumige Optiklabor auf den Spektrographen-Spalt abbildet, um kleinräumige Strukturen der Sonnenoberfläche zu untersuchen. Dieses Teleskop ist schematisch in Abbildung 2 dargestellt. Mit diesem Teleskop und seinem leistungsfähigen Spektrographen konnten Grossmann-Doerth, Kneer, und von Uexküll [3] in den 1970er Jahren mit Spektren der Ca II K Linie nachweisen, dass die Chromosphäre dynamisch ist. Da die Aufhellungen in der Ca II K Linie räumlich, zeitlich und spektral variabel waren, haben sie schon damals vermutet, dass die Chromosphäre durch akustische Stoßwellen geheizt wird. Das Schauinsland-Teleskop und sein Spektrograph sind auch

Abb. 1: Das Gelände des Sonnenobservatoriums auf dem Schauinsland im Herbst 2020. Links im Bild der Ring mit den Teleskopen der Sternfreunde Breisgau. Die obere geöffnete Kuppel gehört zum Coelostatenteleskop mit Spektrographen im Haupthaus. Unten rechts die Kuppel, in der sich der Refraktor befand. In der Bildmitte die Kuppel mit Haus des Spektroheliographen.
(Mit freundlicher Genehmigung von Julien Tilch und Joe Killi)



heute noch voll funktionsfähig und wurden in den letzten Jahrzehnten für Ausbildungszwecke (z.B. Astronomiepraktika für Physikstudierende) und für Öffentlichkeitsarbeit genutzt. In den Praktika wurden unter anderem die Rotation und die differentielle Rotation der Sonne vermessen sowie die Feinstrukturaufspaltung von Quecksilber mit Emissionslampen nachgewiesen. Auch für die Vermessung der Durchlassbereiche von optischen Filtern für moderne Instrumente wird das Teleskop und der Spektrograph immer wieder mal benötigt.

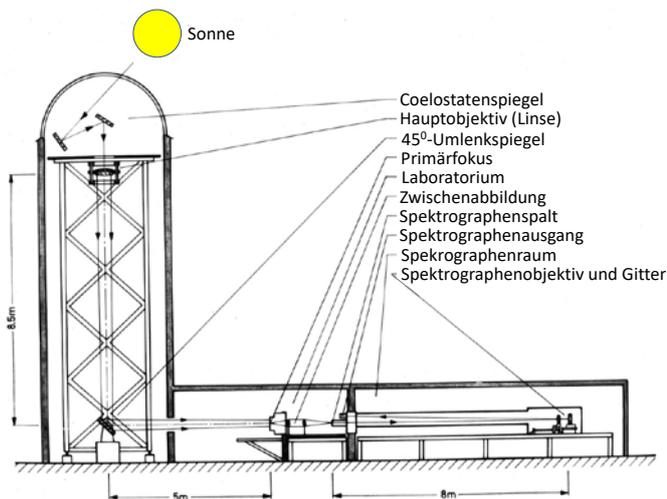


Abb. 2: Schematische Zeichnung des Coelostaten und des Spektrographen im Hauptgebäude des Sonnenobservatoriums Schauinsland (Zeichnung KIS, bearbeitet von den Autoren).

2. Ein Spektroheliograph, mit dem die magnetische Aktivität der ganzen Sonnenscheibe mit schmalbandigen Bildern in den Kalziumlinien (Ca II H & K) und der Wasserstoff-Balmerlinie (H α) fast täglich über mehrere Sonnenzyklen und Jahrzehnte kartografiert wurden [Wöhl, in 2].
3. Eine Beobachtungskuppel, in der mit einem 15cm Zeiss Refraktor das integrale sichtbare Licht der Sonnenscheibe abgebildet werden konnte, um die Sonnenfleckenrelativzahl zu bestimmen. Dieser Refraktor steht heute als Museumsstück im Freiburger Planetarium.

Der Ring, der links in Abbildung 1 zu sehen ist, wurde gegen Ende des 2. Weltkrieges gebaut [Seiler in 2, Seite 217f]. Es sollte der Unterbau eines 60 cm großen Zeiss Refraktors für die Nachtbeobachtung werden, welchen Hitler eigentlich Mussolini zum 60. Geburtstag schenken wollte. Das Teleskop sollte in der Nähe von Rom (bei Tuscolo) aufgestellt werden. Nachdem die Italiener Mussolini entmachteten und Frieden mit den Alliierten schlossen, haben sich Plendl und Kiepenheuer um das Teleskop bemüht. Die Kuppelteile wurden sogar noch vor Kriegsende auf den Schauinsland gebracht, aber der Refraktor von Zeiss Jena wurde

von der dortigen russischen Besatzungsmacht konfisziert und wird heute noch im Pulkovo Observatorium bei St. Petersburg betrieben.

Vom Schauinsland nach Capri

In den Physikalischen Blättern von 1956 [4] findet sich ein Artikel von Karl-Otto Kiepenheuer, in welchem er die Anfänge des Sonnenobservatoriums auf der Insel Capri im Jahr 1955 beschreibt. Dem Geist der damaligen Zeit entsprechend, war das erste Instrument ein H α -Teleskop, bestehend aus einem 11-cm Refraktor mit 1,65 Metern Brennweite und einem Lyot-Filter mit einer Durchlassbreite von 65 pm für die rote Wasserstofflinie bei 656.3 nm. Die Belichtungszeiten für diese Aufnahmen lagen im Bereich von Zehntelsekunden, ein enormer Fortschritt gegenüber den mehrminütigen Messzeiten von Spektroheliographen. Schon damals waren die Sonnenbeobachter gut vernetzt: die Station auf Capri arbeitete zusammen mit den Observatorien Kodaikanal (Indien), Sydney, Tokio, Sacramento Peak (USA), Kanzelhöhe (Österreich), Wendelstein, Potsdam und Schauinsland. Die geographische Verteilung dieser Stationen ermöglichte eine fast ununterbrochene Beobachtung der Sonne. Ab dem 1. Januar 1956 wurden anhand dieser Daten vom Freiburger Fraunhofer-Institut die täglichen Sonnenkarten veröffentlicht.

Das Observatorium entstand an der Nordwestecke der Insel, etwa 130 über dem Meer, direkt über der Blauen Grotte. Seine Lage oberhalb eines mit Büschen bewachsenen, nach Norden abfallenden Hangs war für Sonnenbeobachtung sehr günstig, weil dieser Hang vormittags nie von der Sonne beschienen wurde und man – im Gegensatz zum Schauinsland-Observatorium - keine aufsteigende Warmluft befürchten musste.

Mit dem Bau des kuppellosen Coudé-Refraktors Anfang der 60er Jahre wurden die Beobachtungsmöglichkeiten auf Capri wesentlich erweitert. Das Design ohne Kuppel war ein Novum in der Sonnenforschung, mit dem man das Problem des sogenannten Kuppel-Seins loswerden wollte. Ein Gitterspektrograph und ein Magnetograph mit elektromechanischer Steuerung und rechnergesteuerter Datenerfassung wurden für den 30-cm Refraktor gebaut. Ein rechnergesteuerter Doppler-Kompensator ermöglichte genaue und zeitlich hoch aufgelöste Messungen von Linienverschiebungen. Dieses Gerät wurde vom Freiburger Wissenschaftler Franz Deubner entwickelt, und er stellte mit seinen Beobachtungen Anfang der 1970er Jahre fest, dass die 5-Minuten-Oszillationen der Sonne nicht radiale Eigenschwingungen sind. Das war sicher die bedeutendste Messung, die mit dem Capri-Teleskop gemacht wurde. Er bestätigte damit eine theoretische Vorhersage, die 1970 von Roger Ulrich gemacht worden war. Diese Wellen ermöglichten es, den inneren Aufbau der Sonne zu ergründen. Deubner war damit einer der Mitbegründer der Helioseismologie. Es ist erwähnenswert, dass Deubner die 5-Minuten-Oszillationen schon Jahre zuvor als Doktorand in seinen Messdaten vom Schauins-

land fand, seine Entdeckung aber als instrumentellen Effekt deutete, verursacht durch die 5-minütige Periodizität des Stundenantriebs.

Das Observatorium Capri wurde im Jahr 1988 geschlossen, als das neue Sonnenobservatorium im „Observatorio del Teide“ auf der Insel Teneriffa in Betrieb ging. Der Versuch, es an die Universität Neapel zu verkaufen, scheiterte leider, so dass die Gebäude und Teleskope seither verlassen sind und langsam verfallen. In den ersten Jahren des 21. Jahrhunderts wurde das Gelände an einen örtlichen Bauunternehmer verkauft. In Abbildung 3 ist ein Foto aus dem Jahr 2016 zu sehen, auf dem das rostige Teleskop zu sehen ist.



Abb. 3: Kuppelloser Coudé-Refraktor auf Capri im Jahr 2016, 29 Jahre nach Schließung des Observatoriums (Mit freundlicher Genehmigung von Hubertus Wöhl).

Von Capri nach Teneriffa

Schon bald nach der Inbetriebnahme des kuppellosen Refraktors auf Capri hatte sich herausgestellt, dass die Transmission des Teleskops im blauen Bereich des sichtbaren Spektrums sehr gering war, so dass die stärksten Spektrallinien im Sonnenspektrum, Kalzium H und K (bei 396.8 und 393.6 nm) nicht beobachtbar waren. Die Beobachtung der solaren Chromosphäre im Licht dieser Spektrallinien war seinerzeit ein wichtiger Forschungszweig des Instituts, dementsprechend groß war die Enttäuschung. Ursache war die für das Primärobjektiv verwendete Glassorte. Bei der wissenschaftlichen Spezifikation hatte man auf die Bedeutung der Wasserstofflinie H α für Filteraufnahmen hingewiesen, und auf die grüne Eisenlinie bei 525 nm für Magnetfeldmessungen. Daraufhin hatte die Fa. Zeiss als Primärobjektiv einen dreilinsigen Apochromaten gebaut, mit gleicher Fokusslage für die genannten Linien – mit den oben beschriebenen Folgen für den blauen Spektralbereich.

Um die Beobachtungen im blauen Spektralbereich fortzuführen, wurde das Teleskop auf dem Schauinsland umgebaut, jedoch begannen schon Ende der 1960er Jahre die ersten Überlegungen für den Bau eines Turmteleskops mit einer Spiegeloptik, die keine chromatischen Effekte hat.

Da der Schauinsland keine optimalen Beobachtungsbedingungen hatte, weil die Winter kalt und schneereich waren und es im Sommer regelmäßig lokale Wolken gab während unten in der Rheinebene strahlender Sonnenschein herrschte, hat man zeitweise sogar überlegt, ein neues Turmteleskop in der Rheinebene in der Nähe von Mengen zu errichten. Eine gute Entscheidung, weil die Sichtbedingungen („Seeing“) sicherlich katastrophal schlecht gewesen wären.

Stattdessen hat man sich auf europäischer Ebene vernetzt, um geeignete Beobachtungsstandorte zu suchen. Im Rahmen einer europäischen Initiative, der *Joint Organisation for Solar Observations (JOSO)*, mit Teilnehmern aus Deutschland, Frankreich, Griechenland, Italien, den Niederlanden, Norwegen, Schweden, und der Schweiz, begannen Anfang der 1970er Jahre optische Tests in über 40 Orten im Mittelmeerraum. Bei diesen Site Tests, wurden unter anderem die Homogenität der Lufttemperatur mit speziellen Sensoren von einem Sportflugzeug aus gemessen – gesteuert vom Institutsdirektor Kiepenheuer selbst. Bald konzentrierte man sich nur noch auf die kanarischen Inseln, insbesondere auf La Palma und Teneriffa. Dort wurden Teleskope zu Testzwecken aufgebaut, um die lokalen Seeing-Bedingungen zu vermessen.

Letztlich kristallisierte sich der 2400 m hoch gelegene Bergrücken Izaña auf der Insel Teneriffa als bester Standort heraus, und dort wurde in den Jahren 1983 bis 1988 das Vakuum-Turm-Teleskop (VTT) gebaut. Der Coelostat oben auf dem Turm ist in Abbildung 4 gezeigt. Das Instrument wurde im Zeitraum 1973 bis 1979 im Fraunhofer-Institut (ab 1977 Kiepenheuer-

Abb. 4: Coelostat des Vakuum-Turm-Teleskops. Im Vordergrund der parallaktisch montierte Primärspiegel, oben der Sekundärspiegel, der das Sonnenlicht senkrecht nach unten in das Teleskop reflektiert. Das obere Ende des Vakuumtanks ist in der rechten unteren Bildhälfte zu sehen. Die flachen Coelostaten-Spiegel haben einen Durchmesser von 80 cm (Aufn. W. Schmidt).



Institut für Sonnenphysik) gebaut, die sperrigen Teile (Vakuumtanks und Coelostat) in Betrieben in Emmendingen und Eimeldingen.

Der Bau der Sonnentelkope auf Teneriffa wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziert. Außer dem Freiburger Vakuum-Turm-Teleskop wurde auch das Sonnentelkop der Universitätssternwarte Göttingen von Locarno in ein neues, 6-geschossiges Gebäude ins Observatorio del Teide verlegt. Die Gesamtkosten des Vorhabens beliefen sich auf rund 25 Millionen DM (ca. 13 Mio Euro).

Mit dem *first light* im Jahr 1988, nach fünf turbulenten Jahren des Aufbaus wurde der Traum von einem großen Turmteleskop mit einer achromatischen Spiegeloptik wahr. Der gewaltige vertikale Echelle-Spektrograph mit seinen 15 Metern Brennweite (auch mit reiner Spiegeloptik) erlaubte es, die Balmerlinien $H\alpha$ bis $H\delta$ (zw. 656 und 410 nm) gleichzeitig zu beobachten, und natürlich auch die Kalzium H- und K-Linien im blauen Wellenlängenbereich. Teleskop und Spektrograph sind in einem insgesamt 55 Meter hohen Turm untergebracht, davon 17 Meter unterirdisch und 38 Meter über Grund. Abbildung 5 zeigt den Beobachtungsraum im Erdgeschoss, wo das Licht vom Teleskop in den vertikalen Spektrographen abgebildet wird.



Abb. 5: Beobachtungsraum des VTT mit dem oberen Ende des Spektrographen (gelb und grün). Der schwarze Kasten beherbergt ein 3-Kanal-Kamerasystem für Spaltbilder, mit 2 Lyot-Filtern für $H\alpha$ und für Ca-K sowie einem Interferenzfilter für den grünen Spektralbereich (Aufn. W. Schmidt).

Wie schon in Capri wollte man den Effekt des Kuppel-Seeings (Turbulenz infolge der Aufheizung des Kuppelraums durch die Sonnenstrahlung) vermeiden und baute daher eine Kuppel in Form eines Halbzylinders mit 3 Segmenten auf jeder Seite, die weggeklappt werden konnte, so dass die Coelostatenspiegel im Freien waren und der Wind für Luftkühlung der Plattform sorgte.

Der eigentliche wissenschaftliche Durchbruch für das VTT kam aber erst um die Jahrhundertwende, als das Teleskop mit einer im Institut entwickelten adaptiven Optik ausgestattet wurde, mit der Bildunschärfe, statische Aberrationen und Bildwackeln mit hoher Regelbandbreite korrigiert werden konnten.

Zur gleichen Zeit wurde von den spanischen Partnern ein Polarimeter in den VTT-Spektrographen integriert, mit dem alle Polarisationsrichtungen des Lichtes, also nicht nur das zirkular, sondern auch das linear polarisierte Licht spektroskopisch vermessen werden konnte (Abbildung 6).

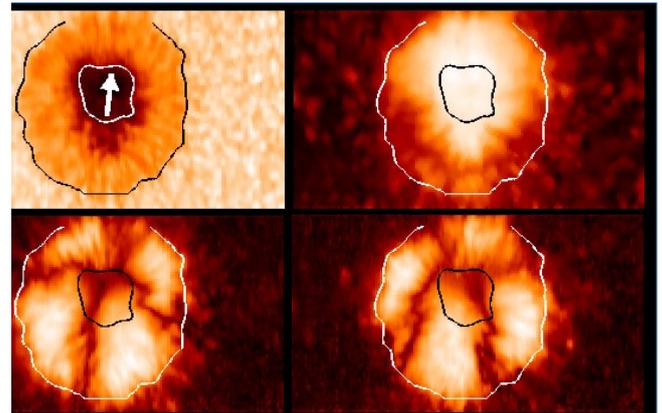


Abb. 6: Sonnenfleck im spektral integrierten polarimetrischen Licht in Einheiten der sogenannten Stokes-Parameter in der Linie Fe I 1564.8 nm. Oben links die Intensitätskarte, oben rechts und unten links die beiden Richtung der linearen Polarisation (Stokes Q und U), und unten rechts die Karte der Zirkularpolarisation (Stokes V) aufgenommen mit dem „Tenerife Infrared Polarimeter (TIP)“ am VTT im November 1999. Der Pfeil zeigt die Richtung zur Sonnenmitte [5].

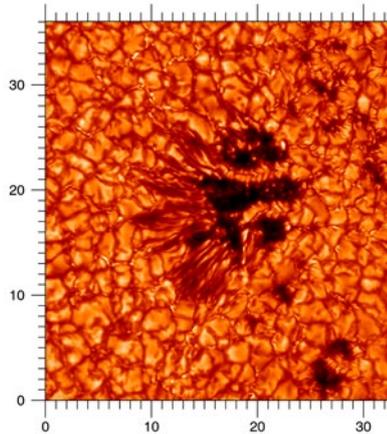
Diese beiden Neuerungen ermöglichten die Rekonstruktion der Topologie des Magnetfeldvektors bei hoher räumlicher Auflösung was in den Folgejahren dazu führte, dass sich das VTT zu einem der produktivsten Sonnentelkope weltweit entwickelte.

GREGOR

Der Hauptspiegel des VTTs hat einen Durchmesser von 70 cm womit man im sichtbaren Licht eine beugungsbegrenzte räumliche Auflösung von ca. 0,2 Bogensekunden erreichen kann. Diese wurde mithilfe der adaptiven Optik und Bildrekonstruktionsmethoden mit kurz belichteten Aufnahmen auch erreicht. Da diese Auflösung jedoch nicht ausreicht um die solare Feinstruktur aufzulösen, wurden und werden Teleskope mit größeren Öffnungen geplant und gebaut. In Teneriffa wurde unter Leitung des damaligen KIS-Direktors Prof. Dr. Oskar von der Lühe das Göttinger Gregory-Teleskop mit parallaktischer Montierung durch ein Wind-offenes Sonnentelkop mit azimuthaler Montierung ersetzt: Bei

GREGOR ist die erste optische Fläche ein abbildender Spiegel mit einem Durchmesser von 1,5 m. Nach zwei weiteren abbildenden Spiegeln wird das Lichtbündel über die Elevationsachse ausgekoppelt und in das ortsfeste Optiklabor gebracht. Die Axialsymmetrie von GREGOR hat den großen Vorteil, dass die polarimetrischen Eigenschaften des gesamten Strahlengangs mit hoher Präzision kalibriert werden können. So ist es möglich, die fundamentalen magnetischen Plasmaprozesse der solaren Feinstruktur zu untersuchen. GREGOR wurde 2012 in Betrieb genommen. Abbildung 7 zeigt einen Sonnenfleck, der am 9. Juni 2013 aufgenommen wurde. Das dargestellte Bildfeld hat eine Größe von 36 Bogensekunden im Quadrat. Die kleinsten Strukturen, die aufgelöst werden sind knapp unterhalb von 0,1 Bogensekunden. Dies entspricht einer räumlichen Auflösung von ca. 70 km auf der Sonnenoberfläche. Im Vergleich dazu hat die ganze Sonne einen Durchmesser von 1,4 Millionen Kilometer, was einem Winkeldurchmesser von 1900 Bogensekunden entspricht.

Abb. 7: Sonnenfleck aufgenommen mit GREGOR (589 nm) [6]. Das Bild wurde aus 100 Einzelbildern mithilfe der Speckle-Rekonstruktionsmethode gewonnen. Die Einheiten der Achsen sind Bogensekunden.



Wie geht es weiter mit der hochauflösenden Sonnenforschung?

Seit den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts wurden regelmäßig leistungsfähigere Sonnentelkope mit immer größerer Öffnung gebaut, die vor allem eine bessere räumliche Auflösung boten und somit das Studium immer kleinerer Objekte und Phänomene auf der Sonne ermöglichten. Mit Teleskopen der Halbmeter-Klasse ging es los, Ende des 20. Jahrhunderts kamen Teleskope mit Öffnungen bis zu einem Meter dazu, gefolgt von solchen mit bis zu 1,6 Meter Spiegeldurchmesser. Die steigende räumliche Auflösung ging einher mit einem immer kleineren Gesichtsfeld, das heute einen Winkeldurchmesser von weniger als einer Bogenminute umfasst. Den bisherigen Höhepunkt der Entwicklung bildet das US-amerikanische Daniel K. Inouye Solar Telescope (DKIST) mit einer Öffnung von 4 Metern im 3000 Meter hoch gelegenen Haleakalā-Observatorium auf der Hawaii-Insel Maui [7]. Es wurde ab 2012 gebaut und ging im Jahr 2021 in Betrieb. Es ist bemerkenswert, dass bei der Realisierung und beim Betrieb des DKIST eine Reihe von Physikerinnen und Physikern beteiligt sind, die im Sonnenobservatorium auf

dem Schauinsland gelernt haben, wie Spektroskopie funktioniert. Auf europäischer Seite gibt es Pläne und Studien für ein ebenso großes „European Solar Telescope (EST)“ [8]. Es soll auf der Kanareninsel La Palma gebaut werden, seine Finanzierung ist jedoch bis heute noch nicht gesichert. Mit Teleskopen der 4-Meter-Klasse hofft man, die dynamischen magnetischen Kopplungsmechanismen zwischen Photosphäre, Chromosphäre, Übergangsschicht und Korona zu verstehen.

Man muss kein Prophet sein, um vorauszusagen, dass in der Zukunft nicht ständig größere Sonnentelkope gebaut werden können. Das eine grundsätzliche Problem ist die enorme Wärmebelastung: Die Sonne strahlt mit einem Kilowatt pro Quadratmeter. Bei vier Metern Durchmesser sind das 12,5 Kilowatt, die weggekühlt werden müssen, ohne dass sich die Luft vor dem Spiegel und bei der Fokalebene aufwärmt. Die Temperaturdifferenzen müssen weniger als ein halbes Grad Celsius betragen, um sicherzustellen, dass die Bildschärfe erhalten bleibt. Größere Temperaturschwankungen führen zu Spiegel- bzw. Teleskop-Seeing.

Das andere große Problem besteht darin, dass die Flächenhelligkeit der Sonne konstant ist. Das bedeutet, dass je kleiner das Auflösungselement ist, desto weniger Licht zur Verfügung steht. Da wir eine hohe spektrale Auflösung von idealerweise $\lambda/\Delta\lambda = 200000$ oder mehr benötigen und die schwachen Magnetfelder der Sonne das Licht nur im Promillebereich polarisieren, sind und werden alle Messungen der solaren Feinstruktur immer durch die Anzahl der Photonen limitiert sein. Längere Belichtungszeiten lösen dieses Problem nicht, weil die Sonne gerade auf den kleinen räumlichen Skalen sehr dynamisch ist. Die kleinsten photosphärischen Strukturen, magnetische Elemente im intergranularen Raum, die mit GREGOR beobachtet wurden, entwickeln sich signifikant über eine Zeit von 12 Sekunden [9].

Die Bedeutung der dynamischen Feinstrukturen in Photosphäre und Chromosphäre, und der magnetischen Kopplung der verschiedenen Atmosphärenschichten wird man deshalb nur in Verbindung mit realistischen „beobachtungsnahen“ Computersimulationen der magneto-hydrodynamischen Prozesse und deren Wechselwirkung mit der Strahlung verstehen können. Solche Simulationen ermöglichen es die nicht-beobachtbaren kleinen Skalen aufzulösen, und mit den größeren Skalen der Beobachtung zu vergleichen. Neueste Entwicklungen verwenden beobachtete Daten dabei nicht mehr nur als statische Rand- oder Anfangsbedingung, sondern sind in der Lage die zeitliche Entwicklung der beobachteten Daten in konsistenter Weise in der numerischen Simulation nachzubilden [10]. Auf diese Weise wird es vielleicht möglich sein, sowohl die Heizung der äußeren Atmosphärenschichten der Sonne als auch die Entladungsprozesse in Flares und koronalen Massenauswürfen, welche das Weltraumwetter gestalten, zu verstehen.

Sonnenforschung mit synoptischen Teleskopen

Neben den räumlich hochauflösenden Teleskopen werden auch weiterhin die synoptischen Beobachtungen der Sonne wichtig sein, um verstehen zu können, was die Ursache des solaren Magnetfeldes ist, wie der solare Dynamo funktioniert, und wie die Entwicklung der Magnetfelder auf großen räumlichen und langen zeitlichen Skalen in aufeinanderfolgenden Aktivitätszyklen vonstatten geht. Was in den 1940er Jahren als Sonnenüberwachung begann, wird heute und in Zukunft als *synoptische Sonnenforschung* fortgesetzt werden, mit Teleskopen der 10- bis 50-Zentimeter Klasse, welche die ganze Sonnenscheibe, oder einen großen Teil davon simultan erfassen können. Sie messen Plasmabewegungen und Magnetfelder in der Sonnenatmosphäre und ermöglichen durch ihr großes Gesichtsfeld Einblicke in großräumige Wechselwirkungen, die entscheidend sind für das Verständnis der Sonnenaktivität. Dieser Forschungszweig hat sehr stark von den Weltraumobservatorien SOHO und SDO profitiert, die seit den 1990er Jahren praktisch ohne Unterbrechung Intensität, Materiebewegungen und Magnetfelder messen und somit eine äußerst wertvolle Datenbasis aufgebaut haben. Diese Messungen werden ergänzt durch die bodengebundene ‚Global Oscillation Network Group‘ (GONG), welche an sechs erdumspannenden Standorten identische Teleskope betreibt, um die Sonne möglichst ununterbrochen zu beobachten. Mit diesen synoptischen Daten werden nicht nur die großskaligen Magnetfelder und Plasmabewegungen an der Sonnenoberfläche in der Photosphäre kartographiert, diese Daten liefern mittels der Helioseismologie auch einen Einblick in die Struktur des Sonneninneren, was wiederum wesentlich ist für das Verständnis des solaren Dynamos, der die Magnetfelder erzeugt und die Aktivitätszyklen verursacht. Das Nachfolgeprojekt zu GONG ist ein Projekt namens SPRING (Solar Physics Research Integrated Network Group), welches ein globales Netzwerk von Teleskopen für die synoptische spektropolarimetrische Messungen vorsieht [11]. Das Design wird derzeit unter anderem im Rahmen des Europäischen Infrastrukturprojektes SOLARNET („Integrating High Resolution Solar Physics“, <https://solarnet-project.eu/>) erstellt, und ein Teleskop-Prototyp soll an der Landessternwarte Thüringen in Tautenburg aufgebaut und getestet werden.

Quellenverzeichnis:

- [1] Sailer, Michael: „Kommandosache >>Sonnengott<<: Geschichte der deutschen Sonnenforschung im Dritten Reich und unter alliierter Besatzung“, Acta Historica Astronomiae Vol. 31, Verlag Harri Deutsch, 2007, ISBN 978-3-8171-1797-0
- [2] Wittmann, Axel D.; Wolfschmidt, Gudrun; Duerbeck, Hilmar W. (Editoren): „Development of Solar Research. Entwicklung der Sonnenforschung“, Proceedings of the Colloquium in Freiburg, September 15, 2003., Acta Historica Astronomiae Vol. 25, Verlag Har-

ri Deutsch, 2005, ISBN 3-8171-1755-8.

Darin: Seiler, Michael: „Solar research in the Third Reich“, S. 199-228, und Wöhl, Hubertus: „Die Archive solarer Integralaufnahmen und von Spektroheliogrammen des früheren Fraunhofer-Instituts in Freiburg und ihre teilweise Auflösung“, S. 299-239

[3] Grossmann-Doerth, U.; Kneer, F.; von Uexküll, M.: „Properties of the solar Ca II K line at high spatial resolution“, Solar Physics 37, 85, 1974

[4] Kiepenheuer, Karl-Otto: „Ein Observatorium des Fraunhofer Instituts auf der Insel Capri“, Physikalische Blätter, Vol. 12, Issue 3, p. 122, 1956 <https://doi.org/10.1002/phbl.19560120305>

[5] Schlichenmaier, Rolf; Collados, Manuel: „Spectropolarimetry in a sunspot penumbra. Spatial dependence of Stokes asymmetries in Fe I 1564.8 nm“, Astronomy & Astrophysics 381, 668, 2002, doi: 10.1051/0004-6361:20011459

[6] Schlichenmaier, Rolf; von der Lühe, Oskar; Hoch, Sebastian et al.: „Active region fine structure observed at 0.08 arcsec resolution“, Astronomy & Astrophysics 596, A7, 2016, doi:10.1051/0004-6361/202244640

[7] Rimmele Thomas; Warner, Mark; Keil, Stephen et al.: „The Daniel K. Inouye Solar Telescope – Observatory Overview“, Solar Physics 295, 172, 2020, <https://doi.org/10.1007/s11207-020-01736-7>

[8] Quintero Noda, Carlos; Schlichenmaier, Rolf; Bellot Rubio, Luis et al.: „The European Solar Telescope“, Astronomy & Astrophysics 666, A21, 2022, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202243867>

[9] Schlichenmaier, Rolf; Pitters, Daniel; Borrero, Juan Manuel & Schubert, Matthias: „Effects of solar evolution on finite acquisition time of Fabry-Perot-Interferometers in high resolution solar physics“, Astronomy & Astrophysics 669, A78, 2023

[10] Chen, Feng; Cheung, Mark; Rempel, Matthias; & Chintzoglou, Georgios: „Data-driven radiative Magnetohydrodynamics Simulations with the MURaM code“, eingereicht bei Astrophysical Journal, arXiv:2301.07621, 2023

[11] Gosain, Sanjay; Roth, Markus; Hill, Frank et al.: „Design of a next generation synoptic solar observing network: solar physics research integrated network group (SPRING), Proc. SPIE 10702, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy VII, 107024H (6 July 2018); doi: 10.1117/12.2306555

Autoren:

Rolf Schlichenmaier (*1967): Wissenschaftler am Leibniz-Institut für Sonnenphysik (KIS) seit 1997, Promotion an der LMU München 1997.

Wolfgang Schmidt (*1953): Wissenschaftler am Leibniz-Institut für Sonnenphysik (KIS) von 1979 bis 2019, Promotion 1981, Habilitation 2001, apl. Prof. an der Universität Freiburg seit 2010.

Spektroskopie – eine andere Sicht zu den Sternen

Peter Dietrich

Die Anfänge der Astronomie waren ursprünglich rein visueller Natur, entweder nur durch Beobachtungen oder mit einfachen Geräten zur Vermessung des Sternenhimmels. Später ging der Blick mit Teleskopen und Photographien immer weiter in den Nachthimmel, aber das Wissen über die Objekte die man beobachtete war immer noch sehr begrenzt. Dies änderte sich 1817 mit Joseph Fraunhofer und der Spektroskopie, der das Sonnenspektrum und deren Linien darin dokumentiert hat. Deren Bedeutung wurde später von Robert Bunsen und Robert Kirchhoff entschlüsselt. Sie entdeckten, dass jede Absorptionslinie einem Atom oder Molekül zugeordnet werden kann, und so eröffneten sich die Geheimnisse der fernsten Welten für uns. Plötzlich war es möglich, etwas über deren Chemie und Physik zu erfahren, Temperaturen, Geschwindigkeiten und Magnetfelder waren fortan messbar.

Ich wollte wissenschaftlichen Entdeckungen auf den Grund gehen und versuchen sie nachzuvollziehen, so bot die Spektroskopie eine gute Möglichkeit dafür. Mein Ziel war es, die Instrumente dafür selber zu bauen, denn so lernt man sehr viel über die Theorie dahinter und deren Aufbau. Damit sollte das Licht der Objekte untersucht werden um natürlich so viel Informationen wie möglich daraus abzuleiten. Es zeigte sich, dass damit sehr vielfältige Messungen durchgeführt werden können, die im Ergebnis für mich mehr als zufriedenstellend waren.

Weißes Licht ist eine Mischung aus verschiedenen Farben. Mithilfe der Spektroskopie kann man das Licht in seine Spektralfarben zerlegen. Da den Farben physikalisch gesehen verschiedene Wellenlängen entsprechen, kann man Spektroskopie auch als Zerlegung des Lichts in seine Intensität in Abhängigkeit von der Wellenlänge beschreiben. Dies kann man entweder mit einem Prisma (durch Lichtbrechung) oder einem Gitter (durch Lichtbeugung) bewerkstelligen. Anhand dieser Spektren können Sterne über die Fraunhoferlinien klassifiziert werden, man bekommt Informationen über Art und Anzahl der chemischen Elemente und Verbindungen. Über den Dopplereffekt bekommt man auch Hinweise über die Geschwindigkeiten der untersuchten Objekte. Aber nicht nur Sterne, auch planetarische Nebel, Galaxien, Planeten und vieles mehr können untersucht werden. Die Spektroskopie beschränkt sich auch nicht nur auf sichtbares Licht, im Prinzip können Bereiche jeder Wellenlänge, also auch Radio-, Infrarot- oder UV-Strahlen spektroskopiert werden.

Der Aufbau meines ersten Spektrographen besteht ne-

ben dem drehbaren Gitter, das ich aus einem Stück CD geschnitten habe, aus einem Spalt und einer Kollimationslinse. Eingebaut in einen alten Zenit Spiegel, in Verbindung mit einer Planetenkamera und einem C-Mount Objektiv, ist das Gerät noch relativ einfach aufgebaut. Mit zwei Stellschrauben lässt sich der Wellenlängenbereich des Spektrums genau justieren, indem man den Neigungswinkel des Gitters zur optischen Achse verstellt. Die Kollimationslinse erzeugt einen parallelen Strahlengang, der auf das Gitter fällt, dieses hat einen Spurbstand von 1,6µm und entspricht damit etwa 625 Linien/mm. Das 25mm Objektiv auf einer monochromen ASI120-Kamera hat etwa einen maximalen Bildwinkel von 14°. Anhand dieser Werte bekomme ich für die Sensorgröße von 4,8 mm einen Wellenlängenbereich von 380 nm bis 730 nm abgebildet, was optimal im sichtbaren Lichtspektrum liegt. Mit diesem Instrument lassen sich schon gut Übersichtsspektren anfertigen. Nicht nur die Fraunhofer Linien der Sonne, sondern auch die von hellen Sternen werden sichtbar, was schon einfache Klassifizierungen der Sternklassen ermöglicht (Abb. 1).



Abb. 1: Erste Version des Spektrographen, links der Spiegel mit Spalt

Nach diesem ersten Versuch ermutigten mich die Ergebnisse dazu, ein besseres Gerät anzufertigen. Dafür besorgte ich mir zwei professionelle Spektralgitter, diese ermöglichten mir die Konstruktion eines hochauflösenden Spektrographen mit der Möglichkeit, Übersichtsspektren, aber auch hochauflösende Spektrenkurven zu bekommen. In letzterem Fall hat das Gitter 1800 Linien/mm und ich erreiche damit eine Auflösung

von weit unter einem Ångström (\AA), das entspricht 0,1 nm in der Wellenlänge des Lichts. Damit sollte es auch möglich sein, Dopplerverschiebungen von sich schnell bewegenden Objekten zu erkennen. Der Spalt wurde, wie beim ersten Instrument, wieder aus einem kleinen Spiegel gemacht, indem ich mit einer feinen spitzen Klinge dessen Rückseite vorsichtig eingeritzt habe. Das hat den Vorteil, dass ich ein Sucherokular auf das Spiegelbild richten kann um die Möglichkeit zu bekommen, den Stern optimal auf den Spalt zu richten. Der Spalt ist zusätzlich noch von hinten beleuchtbar, er ist so beim Einstellen des Objekts im Sucher besser zu erkennen (Abb. 2 und 3).

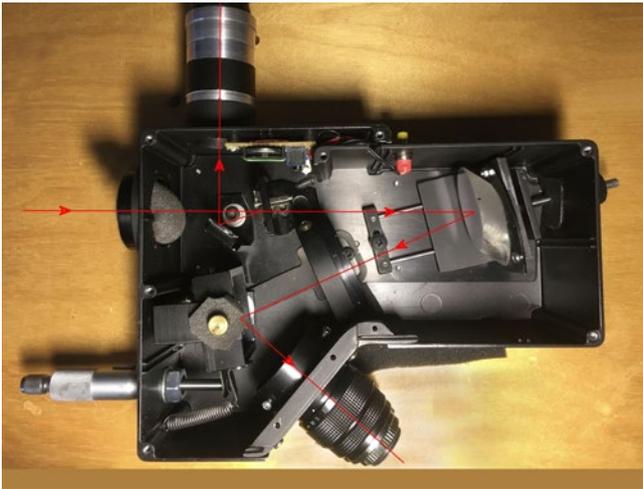


Abb. 2: Zweiter Spektrograph mit Lichtweg

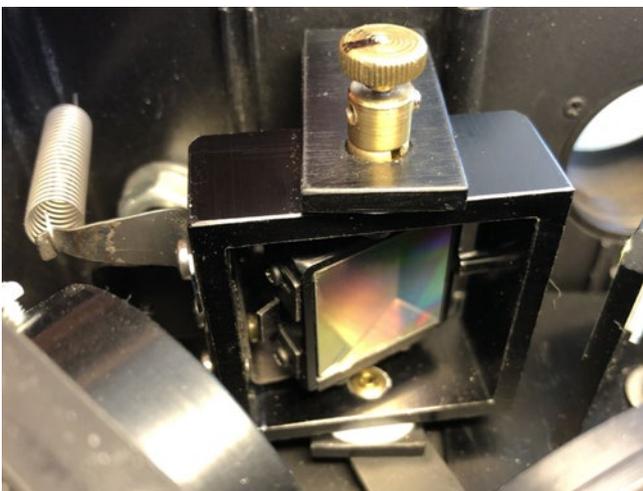


Abb. 3: Zwei wählbare Reflexionsgitter

Das beste Teleskop für die Beobachtung ist ein größeres, langbrennweitiges GoTo-Teleskop, bei dem die Sternensuche auf ein Minimum reduziert werden kann. Optimal dafür ist das vereinseigene C14 auf der GM 2000 Montierung auf dem Schauinsland. Die Nachführung ist so präzise, dass fast keine Korrekturen nötig sind. Und tatsächlich, helle Objekte lassen sich mit 5s Belichtungszeit gut aufnehmen, dunklere Objekte mit bis zu einer Minute Belichtungszeit sind auch noch gut

machbar. Dann sind aber schon Darks, Flats und eventuell noch eine Kühlung an der Kamera nötig, sie steigern die Bildqualität erheblich. Längere Belichtungen erfordern schon eine gekühlte Astrokamera, das wäre bei dunkleren Objekten wie Galaxien, schwächeren Sternen und Nebel der Fall.

Die Aufnahmen der Sternenspektren wurden mit der Software, dem BASS Projekt (Basic Astronomical Spectroscopy Software) bearbeitet. Zunächst habe ich die Aufnahmen mit Pixinsight bearbeitet, gedreht und ausgeschnitten. Nach dem Laden des Spektumbildes in BASS hat man die Möglichkeit, beliebig viele Kalibrierpunkte bekannter Linien zu definieren, um im Spektrum die Wellenlängen zu definieren. Diese Kalibrierung kann auch abgespeichert und für andere Spektren verwendet werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit, das Licht einer Referenz-Energiesparlampe zeitnah aufzunehmen, deren Emissionslinien sind in der Software eingespeichert und müssen nur noch definiert werden. Sofort werden die Wellenlängen im Diagramm angezeigt. Zusätzlich kann ein Referenzspektrum einer Stern-Spektralklasse geladen werden, zur Verfügung stehen Spektren aller Spektralklassen in allen Reihen. Auch ausführliche Datenbanken von Spektrallinien der Elemente sind verfügbar, somit lassen sich die Wellenlängen der Linien direkt vermessen (Abb. 4).

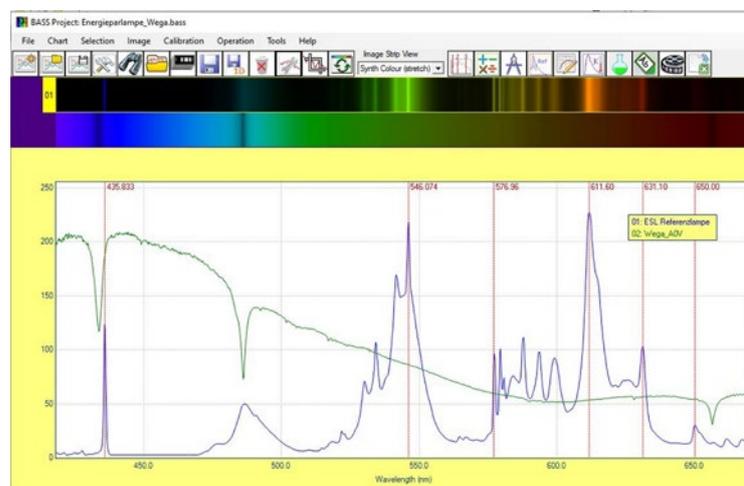


Abb. 4: Wellenlängenkalibrierung des Spektrums anhand einer Energiesparlampe als Referenz

Kontinuierliches Spektrum und Sterntemperatur

Ein Kontinuum ist ein Spektrum, dessen Verlauf durch die Temperatur bestimmt wird. So wie sich die Farbe eines glühenden Metalls bei steigender Temperatur vom dunklen kirschrot über orange nach gelb verändert, beeinflusst sie auch die Farbe eines Sterns. Dies wird im Strahlungsgesetz von Max Planck beschrieben und erklärt, warum heiße „Schwarze Körper“ bei steigender Temperatur ihr Strahlungsmaximum in Richtung blau, also in Richtung kürzerer Wellenlängen verschieben. Ein entsprechendes Modul ist in BASS enthalten wo-

mit direkt eine Sterntemperatur bestimmt werden kann. Dazu muss eine Flusskalibrierung durchgeführt werden, d.h. die Kalibrierung der Intensitäten der einzelnen Wellenlängen. Das geschieht mit Hilfe eines helleren Sterns mit bekannter Spektralklasse, dessen Intensitätsverlauf mit dem eines Referenzspektrums dieser Klasse kalibriert werden kann. Einmal abgespeichert, können weitere Spektren damit kalibriert werden, und die Sterntemperatur anhand der Planck'schen Strahlungskurve direkt in BASS bestimmt werden (Abb. 5).

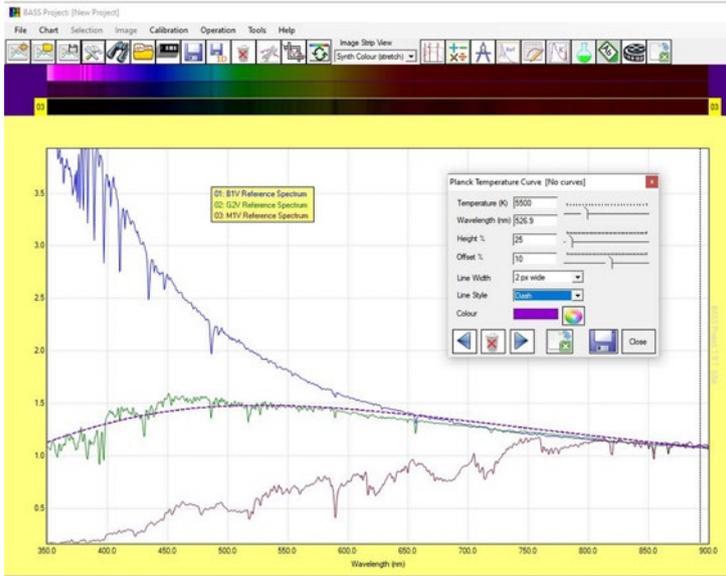


Abb. 5: Temperaturbestimmung eines Sterns anhand der Planck'schen Strahlungskurve

Absorptionslinienspektrum

Da das Licht, das von der Stern- oder Sonnenoberfläche abgestrahlt wird, durch deren Chromosphäre hindurch muss, regt es die Atome und Moleküle dieser Sternatmosphäre an. Daher werden bestimmte Bereiche, die den Energieniveaus der Anregungszustände entsprechen, aus dem Spektrum entnommen, und es entstehen die bekannten Fraunhofer-Linien. Im Sonnenspektrum sind da z.B. die ersten zwei Linien des Wasserstoffs der Balmer Serie (C und F), die Doppellinien des einfach ionisierten Kalziums Ca II (K und H) und die des Natriums (D1, D2), deren Doppelnatur einen ersten Hinweis auf den Elektronenspin gab. Weiterhin finden sich Linien von Magnesium und Eisen (E und G). Die Linien A und B stammen nicht von der Sonne, sondern vom Sauerstoff in der Erdatmosphäre, genauso wie die von H₂O dazwischen (Abb. 6).

Wasserstofflinien

Das einfachste Atom, das Wasserstoffatom mit einem Elektron, liefert auch die einfachsten Spektrallinien. Diese werden in Serien eingeteilt, das sind Gruppen von Elektronenübergängen zwischen einem Energieniveau und allen darüber liegenden. Die Balmer Serie, ausgehend von der zweiten Elektronenschale, ist am interessantesten, da sie mit ihren Wellenlängen zwi-

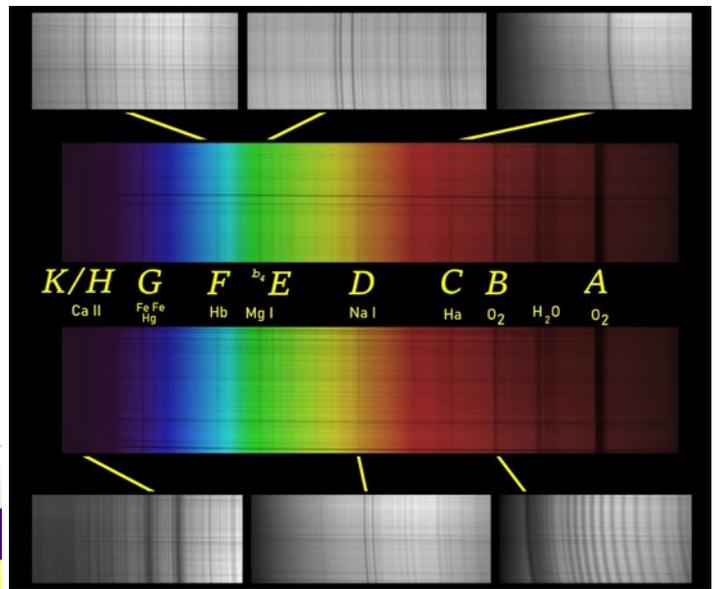


Abb. 6: Sonnenspektrum: in Farbe das Übersichtsspektrum mit 150 Linien/mm, in SW hochauflösende Ausschnitte mit 1800 Linien/mm

schen 656 nm und 364 nm fast komplett im sichtbaren Lichtspektrum liegt. Da Sterne und Emissionsnebel hauptsächlich aus Wasserstoff bestehen, sind diese Linien, zwar abhängig von deren Temperatur, oft sehr ausgeprägt vorhanden. Diese Linien sind für Amateure daher sehr attraktiv, weil sie mit einfachen Mitteln gut detektierbar sind (Abb. 7).

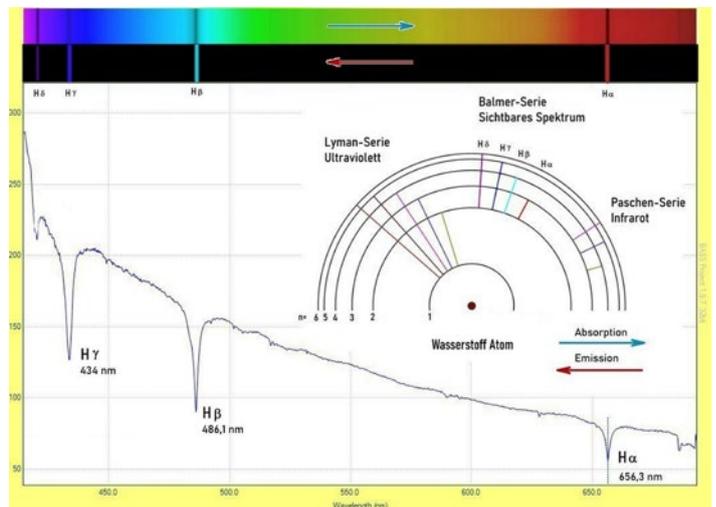


Abb. 7: Balmer Serie des Wasserstoffs, oben in Absorption am Beispiel des Sterns Regulus (α LEO), unten in Emission (graphische Darstellung)

Emissionslinienspektrum

Genauso wie Atome durch Licht angeregt werden und somit ganz spezielle Wellenlängen aus dem Spektrum herausgenommen werden, kann die gleiche Energie wieder in Form von Photonen ausgesendet werden, wenn Elektronen aus dem angeregten Zustand wieder in einen energetisch niedrigeren Zustand zurückfallen. Ein gutes Beispiel dafür ist eine Leuchtstoffröhre, deren genau definierten Emissionslinien gut zur Wellen-

längenkalibrierung genutzt werden kann (s.o.).

Emissionsnebel sind demnach Wolken interstellaren Gases, das durch energiereiche Strahlung, ausgesendet von sehr heißen Sternen im Inneren des Nebels, in verschiedenen Farben leuchten kann. Im Beispiel von Messier M42, dem Orionnebel, wird dessen Gas vom heißesten und hellsten der Trapezsterne im Zentrum zum Leuchten angeregt. Dieser hat eine Temperatur von 45 Tausend Kelvin und emittiert die meiste Energie als sehr energiereiches UV-Licht. Anhand der Wellenlängen der Emissionslinien der Gase in M42 lassen sich unter anderem chemische Elemente wie Sauerstoff, Wasserstoff, Schwefel (sie entsprechen den drei Farben blau, grün und rot in der Hubble Palette) und Helium nachweisen (Abb. 8).

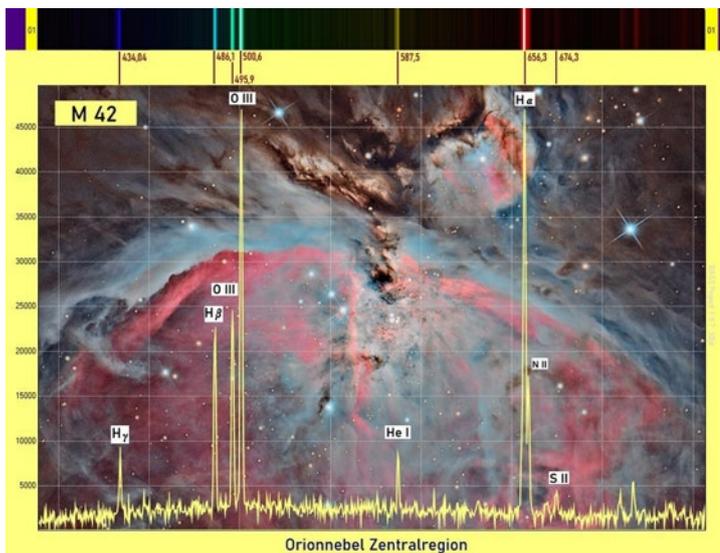


Abb. 8: Emissionslinienspektrum des Zentralbereichs von Messier 42 (Orionnebel). Ganz oben: Emissionslinienspektrum; gelbe Kurve: spektraler Intensitätsverlauf; Hintergrundbild: HDR Aufnahme mit dem 15" Keller-Newton auf dem Schauinsland.

Grobe Bestimmung der Spektralklasse

Die Anzahl, Art und Stärke der Absorptionslinien hängen sehr stark von der Sterntemperatur ab. Anhand dieser Temperaturen wurden die Sterne nach der Harvard Klassifikation in Klassen eingeteilt, und zwar mit Buchstaben O B A F G K M, von den heißesten mit einigen zigtausend Kelvin, über die sonnenähnlichen mit 5 - 6 Tausend zu den kältesten Sternen mit 2-3 Tausend Kelvin. Jede Klasse wird noch in zehn Unterklassen unterteilt, angegeben mit einer Zahl hinter dem Buchstaben. Zusätzlich gibt eine römische Zahl dahinter noch an, ob es sich um Hauptreihensterne (V), einen der unterschiedlichen Riesensterne (I - IV) oder weiße Zwerge handelt (VI - VII).

Genauer als die Temperaturbestimmung über die Planck-Kurve, geht eine Sternklassifizierung über die Art der Absorptionslinien. Die heißesten Sterne der

Klassen O, B und A zeigen hauptsächlich Wasserstofflinien der Balmer Serie, bei ganz extremen Temperaturen werden diese schwächer und Heliumlinien treten auf. Die Spektren sonnenähnlicher Sterne der Klassen F und G haben eine Vielzahl feiner Absorptionslinien unterschiedlicher Atome. Diese werden bei den K und M Sternen durch das Auftreten von Molekülbanden immer breiter, und scheinen das Spektrum richtiggehend aufzufressen. Dies führt dazu, dass die kontinuierliche Spektralkurve zunehmend nicht mehr eindeutig zu erkennen ist. Abb. 9 zeigt Beispiele der sieben Sternklassen, γ CAS ist allerdings der heißeste Stern den ich aufgenommen habe, er liegt mit seiner Spektralklasse B0 aber ziemlich nahe an einem O-Stern.

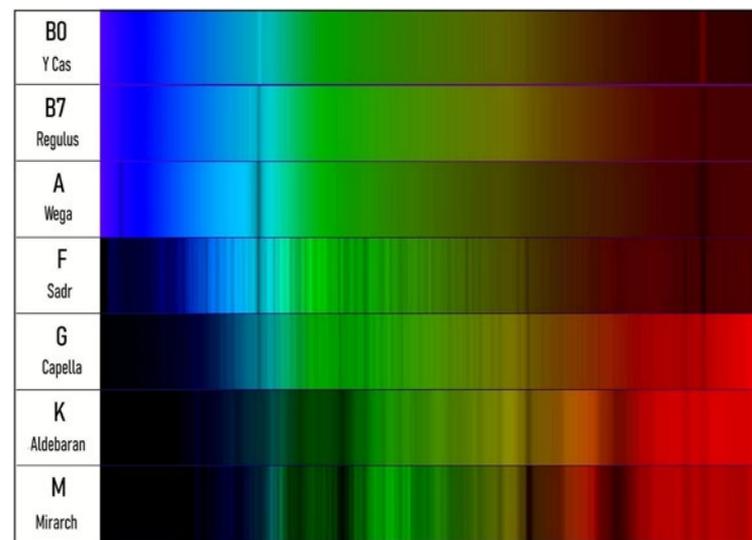


Abb. 9: Die Sternspektren von Gamma CAS (B0V), Regulus (B7V), Wega (A0V), Sadr (F8I), Capella (Doppelstern G8III + G0III), Aldebaran (K5III) und Mirarch (M0III) mit von oben nach unten nach abfallenden Sterntemperaturen.

Spektroskopische Doppelsterne

Beim Dopplereffekt spaltet sich eine Linie auf, wenn sich, z.B. bei einem Doppelstern, eine Komponente von uns weg bewegt, die andere aber auf uns zukommt. Dieser Effekt kommt zustande, wenn Lichtwellen durch radiale Geschwindigkeiten (d.h. in Blickrichtung) gestaucht oder gedehnt werden. Dann verändert sich die Wellenlänge des beobachteten Lichts, die im Spektrum sichtbar gemacht werden kann (Abb. 10).

Spektroskopische Doppelsterne sind immer interessante Observationsziele. Das Paradeobjekt dafür ist der Stern Menkalinan im Sternbild Fuhrmann (β Aur) direkt neben Capella (lat. kleine Ziege) mit einer Helligkeit von 1,9 mag. Die Umlaufperiode von 3,96 Tagen ist sehr gut bekannt und lässt eine gute Planung der Beobachtungszeiten zu. Nach zehn Nächten hatte ich eine Reihe von Messwerten in verschiedenen Phasen gesammelt. Abb. 11 zeigt im oberen Bereich fünf Aufnahmen zu unterschiedlichen Zeiten, im unteren die da-

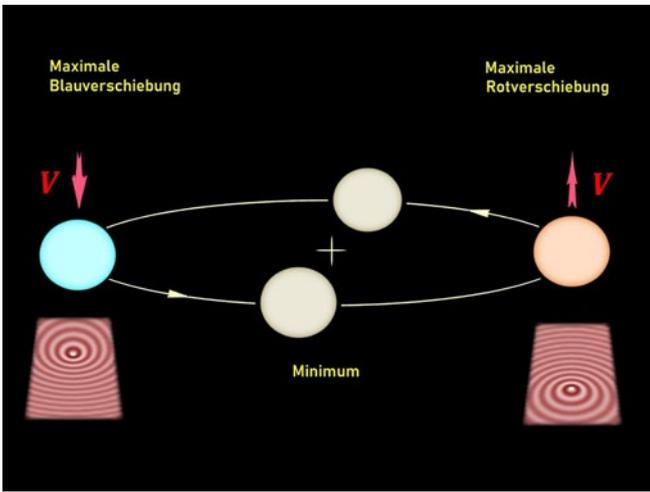


Abb. 10: Dopplerverschiebung, durch Geschwindigkeiten auf den Betrachter zu oder von ihm weg

zugehörigen Spektralkurven. Untersucht hatte ich ursprünglich nur die H β Linie der im optischen Bereich liegenden Balmer-Serie bei 486,1 nm. Sie entsteht, wenn Elektronen im Wasserstoffatom von der zweiten auf die vierte Elektronenschale (oder besser Energieniveau) oder wieder zurück springen. Aber auch ein paar schwächere Nebenlinien zeigten ein deutliches Signal der Dopplerverschiebung, womit sich die Anzahl der verfügbaren Messwerte vervielfachte (Abb. 11 und 12).

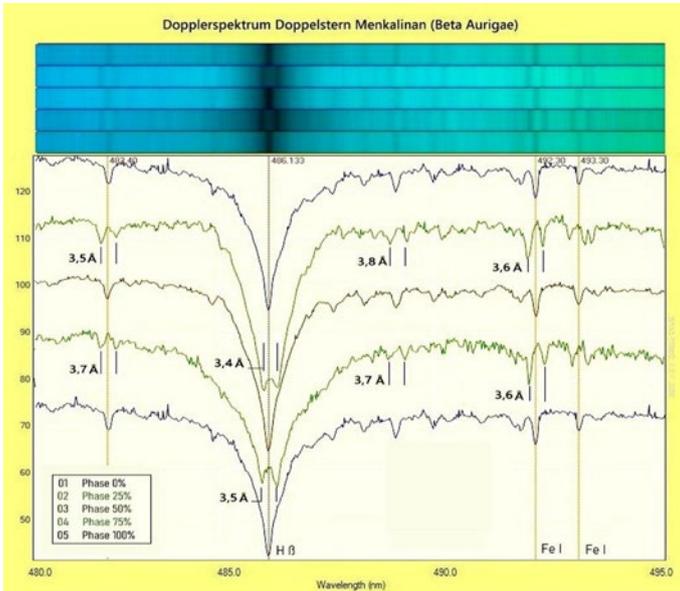


Abb. 11: H-Beta Linie der Balmerserie, hochaufgelöst in einem Bereich von 25 nm. Die Spektren 02 und 04 (Phasen 0,25 und 0,75) zeigen die maximale gemessene Aufspaltung der Spitzen.

Alle Messwerte habe ich in ein kleines Daten-Analyseprogramm eingegeben, das mir daraus eine Näherungsgleichung berechnet hat. Die Amplitude dieser Sinuskurve entspricht der (halben) maximalen Aufspaltung der Spektrallinie und resultiert aus 40 Messwerten (Abb. 13).

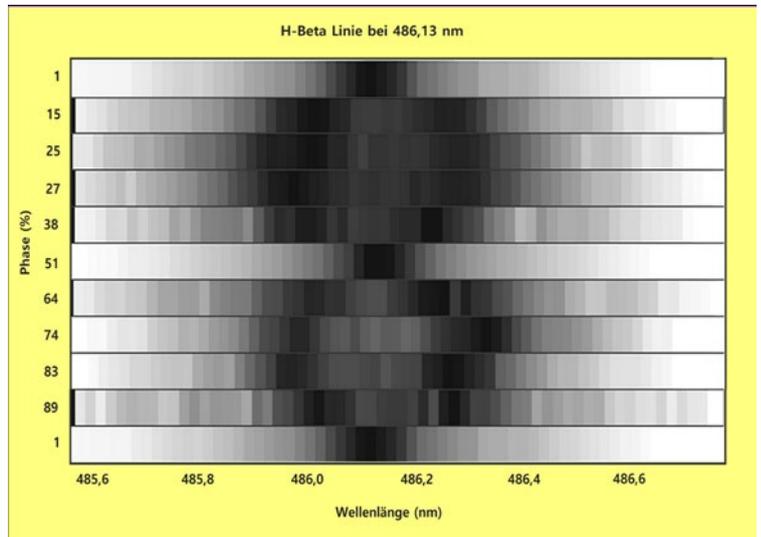


Abb. 12: Eine Umlaufphase des Doppelsternsystems, sichtbar durch die Aufspaltung der H-Beta Linie bei 486,1 nm durch den Dopplereffekt

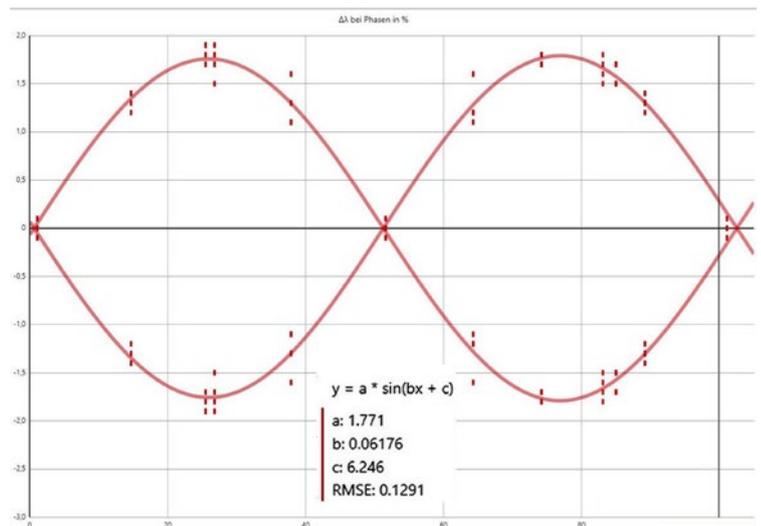


Abb. 13: Dopplerverschiebung in Angström in Abhängigkeit von der Umlaufphase. Aus den Messwerten abgeleitete Näherungsgleichung ergibt einen sehr genauen Wert der maximalen Amplitude der Kurve.

Die Wellenlängenverschiebung von 1,77 Å (0,177 nm) entspricht der Dopplerverschiebung einer Komponente des Doppelsternsystems. Damit ließ sich jetzt die relative Geschwindigkeit berechnen, mit der sich ein Stern auf uns zubewegt, und der andere von uns weg. Dabei ist das Verhältnis der Wellenlängenänderung zur Wellenlänge ($d\lambda / \lambda$) gleich dem Verhältnis der Sternengeschwindigkeit zur Lichtgeschwindigkeit (v / c). Diese Gleichung gilt für kleinere Geschwindigkeiten wie man sie hier noch hat. Zur Vereinfachung habe ich angenommen, dass die Umlaufbahnen der Sterne kreis-

förmig, deren Rotationsachse idealerweise mit 90° zur Blickrichtung geneigt ist, und beide Sterne die gleichen Massen haben. Aus diesen Werten konnte ich nun die Geschwindigkeit mit $109,2 \text{ km/s}$ berechnen. Wikipedia gibt Werte von professionellen Observatorien an, die bei 108 km/s und 111 km/s für jeweils eine der Komponente liegen.

Anhand dieser Bahngeschwindigkeit und der Umlaufperiode von 95 Stunden lassen sich, bei einer angenommenen Kreisbahn, der Bahnumfang mit $37,4 \text{ Mio km}$ und der Bahnradius mit $5,9 \text{ Mio km}$ berechnen. Aus diesen Werten, dem 3. Keplerschen Gesetz (in verallgemeinerter Form von Isaac Newton) und o.g. Annahmen, konnte ich die Summen der Masse beider Sterne mit $4,3 \text{ Sonnenmassen}$ bestimmen. (Wikipedia: $4,71 \text{ Sonnenmassen}$)

Wenn ich ehrlich bin, kann der Wert der Radialgeschwindigkeit sicher als glücklicher Volltreffer bezeichnet werden. Aber sicher ist, dass die Genauigkeit mit der Anzahl der Messwerte zunimmt. Die Rotationsachse des Doppelsternsystems ist um 15° zu uns geneigt, was einen Fehler von nur $3,4\%$ ausmacht. Die Abweichungen der resultierenden Sternmassen kommen daher wahrscheinlich aus meinen vereinfachten Annahmen über das Doppelsternsystem. Die Geschwindigkeit die das System bezüglich der Erde hat kann damit allerdings nicht erfasst werden, da ich keine absoluten Dopplerverschiebungen gemessen habe, sondern nur die relativen der zwei Sterne untereinander.

Und sie drehen sich doch

Die Bestimmungen der Rotation von Planeten, zumindest die der großen Gasriesen, sind eine weitere Herausforderung. Die Umlaufgeschwindigkeiten sind da zwar um einiges geringer als bei Merkur, allerdings kommen da zwei Effekte zu Hilfe, die die Messungen etwas vereinfachen.

Die Rot- bzw. Blauverschiebung wirkt einmal doppelt, da es sich nicht um eine bewegte Lichtquelle, sondern um eine Reflexionsfläche handelt. Das heißt, es gibt einen Effekt beim Eintreffen des Lichts auf die Planetenoberfläche und ein weiteres Mal bei der Reflexion

davon. Weiterhin findet die Geschwindigkeitsmessung zwischen dem Ost- und Westrand des rotierenden Planeten statt. Da sie aber in Bezug zum Planetenschwerpunkt gelten soll, halbiert sich dieser Wert, wie bei den Doppelsternen, abermals.

Trotzdem sollte die Messung möglichst mit einer Genauigkeit von unter $0,1 \text{ \AA}$ erfolgen was sicher an die Grenzen des Systems stößt. Sehr wichtig dabei ist, dass das Abbild des Planeten gut fokussiert auf den Spalt trifft, da ich jetzt zusätzlich zur spektralen- eine räumliche Auflösung benötige. Das ist sehr wichtig, da die maximale Radialgeschwindigkeit am Planetenrand zu erwarten ist, und eine Unschärfe das Ergebnis verfälschen würde (Abb. 14).

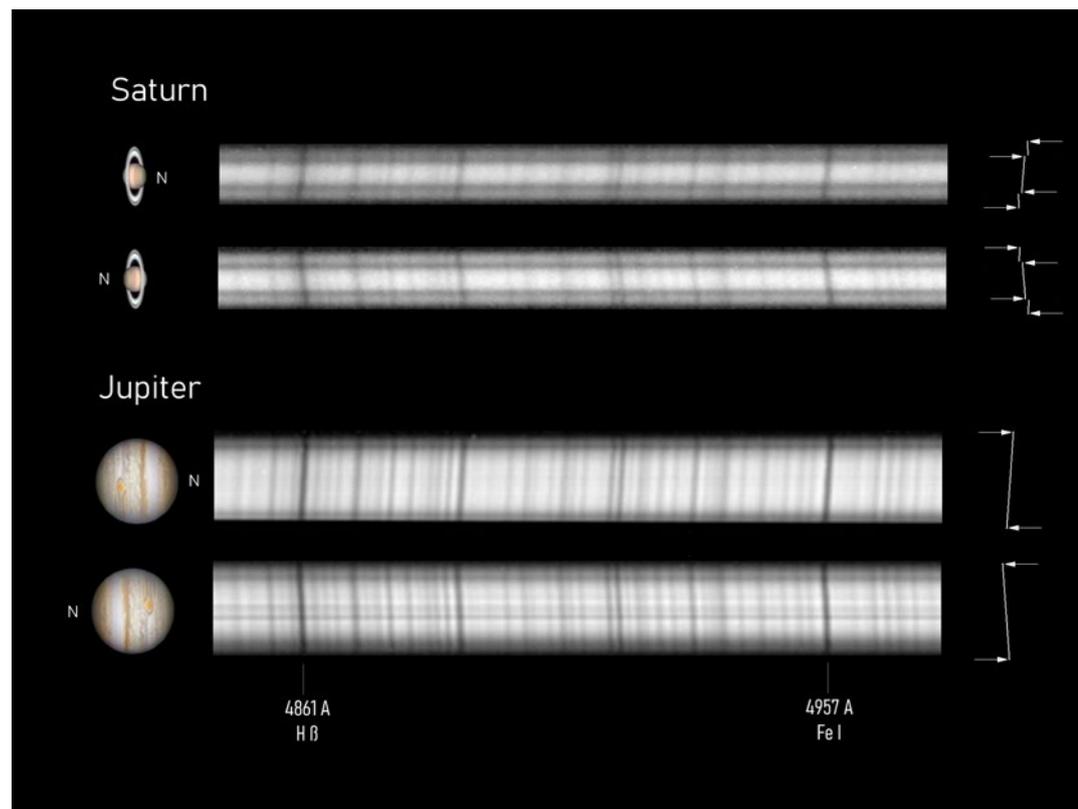


Abb. 14: Hochaufgelöste Rohspektren von Saturn und Jupiter mit den durch den Dopplereffekt verzerrten Spektrallinien

Saturn

Die hellsten Ringe des Saturn, die A- und B- Ringe, haben eine Rotationsgeschwindigkeit zwischen $16,7 \text{ km/s}$ und $20,3 \text{ km/s}$ vom Außen- bis zum Innenrand. Um systematische Gerätefehler zu minimieren, habe ich zwei Messungen, mit jeweils um 180° gedrehtem Spektroskop gemacht, und die Werte gemittelt. Auf den Spektren sind sehr gut die dunklen Zwischenräume zwischen dem Ring und dem Planeten zu sehen. Auch sieht man die durch den Dopplereffekt hervorgerufene Neigung der Spektrallinien, durch die gedrehte Apparatur sind sie einmal nach rechts und einmal nach links geneigt. Theoretisch könnte man in den Ringbereichen noch die differenzielle Geschwindigkeit des Innen- und Außenbereichs durch eine leicht entgegengesetzte Schrägstellung der Absorptionslinien erkennen, da die

Außenbereiche ja langsamer sind. Ich konnte das nicht auflösen, aber zumindest erkennt man, dass die Ringe schneller rotieren als der Planet selbst.

Unter Berücksichtigung der Bahnachsenneigung von Saturn zum Aufnahmezeitpunkt von 15° und der Viertelung der Werte (s.o.), kam ich auf 16 km/s. Das liegt etwas unter den tatsächlichen Werten, aber immerhin sehr nahe dran. Mögliche Fehler könnten durch Unschärfen des Planetenabbilds am Spalt kommen. Auch hat der Spalt eine gewisse Breite, so dass auch Bereiche mit aufgenommen werden, die sich nicht direkt auf uns zu oder von uns weg bewegen.

Jupiter

Jupiters Durchmesser am Äquator beträgt 142.984 km, seine Rotationsperiode 9h 50min 30s, die Rotationsachsenneigung ist mit maximal 87° fast ideal und kann vernachlässigt werden. Die resultierende Rotationsgeschwindigkeit aus diesen Werten ist 12,68 km/s. Da das Spektrum sehr viele Linien aufweist die bestimmbar sind, bekomme ich wieder einiges an Messwerten geliefert. Die mittlere Wellenlängenverschiebung lag so im Bereich zwischen $0,7 \text{ \AA}$ und $0,8 \text{ \AA}$, was einer Rotationsgeschwindigkeit zwischen 10,8 km/s und 12,3 km/s entspricht. Erneut ist das Ergebnis ziemlich in der Nähe des wirklichen Wertes, aber wieder etwas zu niedrig.

Resümee

Es zeigte sich, dass nicht unbedingt sehr teure Instrumente angeschafft werden müssen, um gute Ergebnisse zu bekommen. Natürlich sind gekaufte Geräte oftmals viel präziser, aber meine Erwartungen wurden auf jeden Fall mehr als übertroffen. Auch wenn dies nur einen Teil der Möglichkeiten darstellt, zeigte es mir vor allem, wie viele Phänomene der Natur durch die Wissenschaft entdeckt und entschlüsselt wurden. Und einen besonderen Reiz macht es aus, wenn einige davon mit eigenen Instrumenten nachvollzogen werden können.

Quellen:

Wikipedia: www.wikipedia.org

Wischnewski, Erik: *Astronomie in Theorie und Praxis*. 7. Auflage, Kaltenkirchen 2016

Walker, Richard: *Beitrag zur Spektroskopie für Astroamateure* 8.7 von 07/2013

01.12.2022: <https://www.yumpu.com/de/document/read/19770301/beitrag-zur-astrospektroskopie-87-ur-susmajor>

Alle Abbildungen in diesem Beitrag: Peter Dietrich

Anzeige

Sternstunde für dein neues Lieblingsteleskop.



Was brauche ich? Wie schraube ich es zusammen? Wer ist Ritchie Kretin? info@teleskop-service.de +49 89 - 99 22 875 0

Ihr seid nicht allein da draußen:
Folgt uns auf

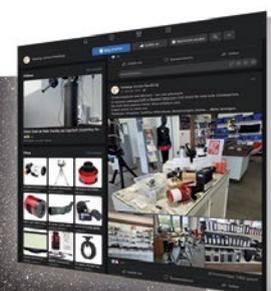


teleskop_service TeleskopServiceRansburg teleskop-service TeleskopService



www.teleskop-express.de

Teleskop-Service
Faszination Weltall & Natur



Meteorite –

Boten aus dem Sonnensystem

Gundo Klebsattel

Einführung

Ein Meteorit ist ein Festkörper kosmischen Ursprungs, der die Erdatmosphäre durchquert und den Erdboden erreicht hat. Er besteht meist überwiegend aus Silikatmineralien oder einer Eisen-Nickel-Legierung. Aufgrund ihrer Herkunft und ihres Alters ermöglichen Meteorite wertvolle Einblicke in die Frühzeit des Sonnensystems.

Meteorite können theoretisch überall gefunden werden. Aufgrund ihrer Ähnlichkeit zu irdischen Gesteinen sind sie aber nicht leicht von diesen zu unterscheiden, weshalb sie meist nur zufällig gefunden werden. Systematisch werden sie seit den 1980er Jahren in der Antarktis und in einigen heißen Wüsten, die dafür günstige Voraussetzungen bieten, gesucht und (in großer Zahl) gefunden. Während Meteorite aus der Antarktis ausschließlich der Wissenschaft vorbehalten bleiben, gelangen Meteorite aus den heißen Wüsten in den Handel und können z. B. auf Mineralienbörsen erworben werden.

Als Meteoroiden bezeichnet man den Ursprungskörper, solange er sich noch im interplanetaren Raum befindet. Beim Eintritt in die Erdatmosphäre erzeugt er eine Leuchterscheinung, die als Meteor bezeichnet wird. Kleinere Meteoroiden verglühen vollständig in der Erdatmosphäre, größere erreichen als Meteorit den Boden.

Meteoroiden, die aus dem Sonnensystem stammen (andere sind bisher nicht bekannt), haben im Bereich der Erdumlaufbahn eine maximale heliozentrische Geschwindigkeit von etwa 42 km/s. Da die Bahngeschwindigkeit der Erde etwa 30 km/s beträgt, sind Relativgeschwindigkeiten von maximal 72 km/s oder 260.000 km/h möglich.

Je nachdem, ob der Fall eines Meteoriten beobachtet wurde oder ob der Meteorit bereits früher unbeobachtet gefallen ist und nur aufgefunden wurde, wird ein Meteorit als „Fall“ oder „Fund“ eingeteilt.

In einer älteren Einteilung wird je nach Anteil der Silikate bzw. des Eisens recht anschaulich zwischen Steinmeteoriten, Eisenmeteoriten und Steineisenmeteoriten unterschieden. Abb. 1 zeigt einen Steinmeteoriten aus der Sahara mit den für Meteorite charakteristischen Merkmalen: ein dunkler Gesamteindruck, oft gerundete Formen und eine dunkle Schmelzkruste.

Beim Eintritt in die Erdatmosphäre werden die Meteoroiden sehr stark abgebremst. Dabei werden sie erhitzt, wodurch sie an der Oberfläche schmelzen bzw. verdampfen. Das geschmolzene Material wird ständig



Abb. 1: Steinmeteorit Marokko

von der Luft davon gerissen, so dass am Ende eine sehr dünne Schmelzkruste mit einer Dicke kleiner als 1 mm verbleibt. Da der Sturz durch die Erdatmosphäre nur einige Sekunden dauert, kann sich das Innere vor allem größerer Meteorite nicht nennenswert erwärmen. Erst nach dem Aufschlag kann die an der Oberfläche entstandene Reibungswärme in das Innere des Meteoriten durch Wärmeleitung abgegeben werden. Da das Volumen der erhitzten Oberfläche im Verhältnis zum Gesamtvolumen jedoch meist klein ist, bleibt das Innere relativ kühl und unverändert.

Als Folge der extrem starken Beanspruchung beim Eindringen in die zunehmend dichter werdenden Luftschichten zerbrechen Meteorite sehr häufig und gehen als regelrechte Meteoritenschauer aus hunderten oder tausenden Fragmenten nieder.

Eine neuere Kategorisierung betrachtet die Entwicklung der Meteorite und unterteilt in undifferenzierte und differenzierte Meteorite. Undifferenzierte Meteorite haben sich seit ihrer Entstehung nicht (oder kaum) verändert. Differenzierte Meteorite stammen überwiegend von größeren Asteroiden, bei denen durch Schmelzprozesse eine Materialtrennung erfolge konnte, bei der sich die leichteren Silikate in den äußeren Bereichen anreicherten, während das schwere Eisen zur Mitte absank. Dieser Vorgang wird Differentiation genannt.

Undifferenzierte Meteorite

Undifferenzierte Meteorite werden aufgrund ihrer charakteristischen Struktur auch als Chondrite bezeichnet. Chondrite sind durch Aggregation von sogenannten Chondren entstanden. Dabei handelt es sich um aus dem solaren Nebel durch schnelle Abkühlung kondensierten Tröpfchen, die überwiegend aus Olivin oder Py-

roxen bestehen. Undifferenzierte Meteorite stammen von kleineren Asteroiden, die nie so stark erhitzt wurden, dass es zu Schmelzprozessen mit Trennung von Metall- und Silikatphase und Ausbildung von einem metallischen Kern und einem silikatischen Mantel in dem Körper kam. Alternativ stammen undifferenzierte Meteorite aus den äußeren Bereichen von mehr oder weniger stark differenzierten, größeren Körpern. Sie repräsentieren deshalb primitive, kaum veränderte Materie aus der frühen Phase unseres Sonnensystems aus der Zeit vor ungefähr 4,56 Milliarden Jahren. Chondrite sind die häufigste Meteoritenklasse, sie machen 86,9% der Fälle aus. Neben den silikatischen Mineralien enthalten Chondrite auch einige Prozent metallisches Eisen. Auch dies ist ein Unterscheidungsmerkmal zu irdischen Gesteinen, die Eisen immer nur in einer oxidierten Form enthalten.

Bei den Chondriten unterscheidet man, neben drei weiteren relativ seltenen Gruppen, insbesondere gewöhnliche Chondrite und kohlige Chondrite.

Gewöhnliche Chondrite

Als ein erstes Beispiel für einen gewöhnlichen Chondriten zeigt Abb. 2 eine Scheibe des Chondriten NWA 869 L4-6, der 2000 in der Sahara gefunden wurde.



Abb. 2: Chondrit NWA 869 L4-6 Nordwestafrika; Fund 2000

Normalerweise werden Meteorite nach ihren Fundorten (z. B. nach der nächstgelegenen Stadt oder nach einer geografischen Besonderheit) bezeichnet. In der Sahara gibt es weit mehr Meteorite als Städte, weshalb hier die Sammelbezeichnung NWA (North West Africa) in Verbindung mit einer laufenden Nummer als Name vergeben wird. Ähnliche Abkürzungen gibt es auch für andere Wüsten. Die offizielle Benennung erfolgt durch die Meteoritical Society.

Gewöhnliche Chondrite werden entsprechend ihres Eisengehaltes in drei Gruppen (H, L und LL) unterteilt. H steht für einen hohen Eisengehalt (high), L kennzeichnet einen geringen Eisengehalt (low) und LL für

einen geringen Gesamteisengehalt und geringen Anteil an metallischem Eisen.

Die arabischen Ziffern kennzeichnen, etwas vereinfacht ausgedrückt, das Ausmaß der Veränderung und damit die Erhaltung der Chondren. Eine Ziffer 3 steht dabei für „sehr deutlich ausgebildet“, Ziffern 4, 5 bis 6 kennzeichnen die zunehmende „Undeutlichkeit“ der Chondren, deren Ursache Umwandlungsprozesse infolge Erwärmung sind.

Der Chondrit NWA 869 ist also ein eisenarmes Exemplar, bei dem die Chondren durch eine Erwärmung etwas umkristallisiert sind und dadurch teilweise ihre ursprüngliche kugelige Form verloren haben. Kleine glänzende Eisenpartikel zwischen den Chondren sind aber gut erkennbar. Ein Paradebeispiel für sehr schön ausgeprägte Chondren ist der Chondrit NWA 13213 L3 (Abb. 3), der 2019 in der Sahara gefunden wurde.



Abb. 3: Chondrit L3 NWA 13213; Sahara; Fund 2019

Chondritische Meteorite repräsentieren das älteste Material in unserem Sonnensystem. Es wird angenommen, dass die anderen Objekte des Planetensystems letztlich aus chondritischem Material gebildet wurden. Deshalb ist es wichtig, ihre Bildung zu verstehen, wenn man die Entstehung des Planetensystems nachvollziehen will. Bekannt ist heute, dass Chondren sich aus Vorgängermaterial gebildet haben, das sehr rasch erhitzt wurde und dabei schmolz. Die Schmelzkügelchen kühlten sich danach innerhalb von Stunden wieder ab. Die genauen Prozesse, die zur Bildung der Chondren führten, sind immer noch nicht bekannt.

Kohlige Chondrite

Eine besondere Gruppe unter den Chondriten stellen kohlige Chondrite dar, die sich durch relativ hohe Gehalte an Kohlenstoff auszeichnen. In ihnen wurden auch organische Verbindungen gefunden.

Einer der bekanntesten kohligen Chondrite ist der Meteorit Allende (Abb. 4): Sein Fall wurde am 8. Februar 1969 nach dem Ort Pueblito de Allende in Mexiko beobachtet. Insgesamt konnte 1,5 Tonnen Material geborgen werden. Er ist vom Typ CV3. Das ist einer von 6

Typen, die bei kohligen Chondriten unterschieden werden. Das C steht dabei für kohlig und das V für Vigarano, dem Namen es Prototypen dieser Klasse.

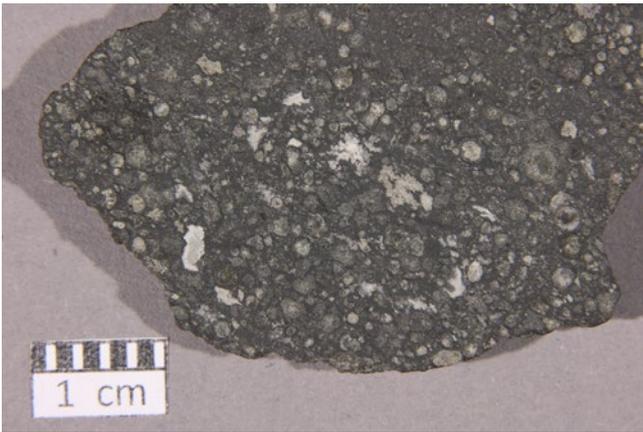


Abb. 4: Kohliger Chondrit Allende CV3; Pueblito de Allende; Fall 8. Februar 1969

Neben den sehr deutlich erkennbaren kleinen Chondren finden sich in diesem Meteoriten weiße, millimeter- bis zentimetergroße Einschlüsse. Diese sind calcium- und aluminiumreich und werden nach ihrer engl. Bezeichnung (Calcium-Aluminium-rich inclusions) CAIs genannt. Diese Mineralien haben sehr hohe Schmelzpunkte in der Größenordnung von 2000 Kelvin und waren somit wahrscheinlich die ersten festen Körner, die sich aus dem heißen solaren Urnebel gebildet haben. Altersbestimmungen von Conolly et al. an diesen CAIs (mit der Uran-Blei-Methode) lieferten Werte von 4567,32 +/- 0,42 Mio. Jahre. Sie bestätigen damit, dass es sich bei den CAIs um die älteste feste Materie unseres Sonnensystems handelt. Die Chondren sind etwas jünger und weisen ein Alter um 4,560 Milliarden Jahren auf.

Differenzierte Meteorite

Differenzierte Meteorite haben sich, wie die Bezeichnung differenziert schon zum Ausdruck bringt, durch Schmelzprozesse gegenüber ihrem Ursprungszustand stark verändert. Es lassen sich in drei Gruppen unterscheiden:

- Eisen-Meteorite, die überwiegend aus einer Eisen-Nickel-Legierung bestehen und die aus dem Kern (größerer) Asteroiden stammen.
- Stein-Eisen-Meteorite, deren Ursprung man im Übergangsbereich zwischen Kern und Mantel vermutet.
- nichtchondritische Steinmeteorite, die man auch Achondrite nennt. Sie repräsentieren Material aus dem Mantel der Asteroiden.

Eisenmeteorite

Eisenmeteorite bestehen im Allgemeinen zu über 90% aus Nickel-Eisen-Legierungen. Hauptphasen in Eisen-

meteoriten sind Nickel-haltiges alpha-Eisen, das als Kamacit bezeichnet wird (Ni-Gehalt 4 - 7,5%), und Taenit, gamma-Nickelisen mit Ni-Gehalten von etwa 20 - 45%. Neben Einschlüssen von Silikaten treten in Eisenmeteoriten auch Graphit, Troilit, Cohenit, Schreibersit, Diamant und einige weitere Minerale auf.

Eine alte Klassifizierung teilt die Eisenmeteorite nach ihrer Struktur in Hexaedrite, Oktaedrite und Ataxite ein.

Oktaedrite sind die häufigsten Eisenmeteorite. Verwachsungen von Kamacit und Taenit bilden hier die Widmannstättenschen Figuren. Diese sehr charakteristischen Strukturen werden sichtbar, wenn man den Meteoriten durchsägt, die Schnittfläche poliert und schließlich diese polierte Oberfläche mit Salpetersäure anätzt. Die räumliche Anordnung dieser Verwachsungen folgt den Flächen eines Oktaeders. Die Oktaedrite wurden früher näher nach der Breite der Kamacit-Bänder unterteilt. Widmanstättensche Figuren bilden sich bei Ni-Gehalten zwischen etwa 5 - 15% und Abkühlungsraten von wenigen °C pro Million Jahren im Bereich zwischen 700 und 400° C.

Hexaedrite bestehen im Wesentlichen aus Kamacit, der Nickel-Gehalt liegt unter 7,5%. Widmanstättensche Figuren sind nicht vorhanden.

Ataxite bestehen hauptsächlich aus Taenit. Auch sie zeigen im Anschliff nach dem Ätzen keine Widmanstättenschen Figuren.

Der Eisenmeteorit Muonionalusta (Abb. 5) ist ein feiner Oktaedrit IVA, der 1906 bei Norrbotten in Schweden gefunden wurde. Man nimmt heute an, dass der Meteorit auf einen Gletscher der letzten Eiszeit gefallen ist und die heutigen Funde nicht mehr die eigentliche Distributionsellipse wiedergeben, sondern erst nach einem längeren Gletschertransport in den Moränen zu liegen kamen. Muonionalusta ist für seine scharf ausgeprägten Widmanstättenschen Muster bekannt, die in einer selten zu findenden Geradlinigkeit und Geometrie vorliegen.



Abb. 5: Eisenmeteorit Muonionalusta Oktaedrit IVA Norrbotten Schweden

Eine Gruppierung der Eisenmeteorite in 17 chemische Klassen erfolgt nach ihrer Zusammensetzung. Dabei werden die Gehalte an Gallium, Germanium, Iridium und Gold berücksichtigt. Die Klassen werden mit römischen Ziffern in Verbindung mit den Buchstaben A bis F bezeichnet. Bei Meteoriten einer Klasse ist eine Herkunft von einem Mutterkörper bzw. eine Bildung unter ähnlichen Bedingungen anzunehmen. Etwa 15% der Eisenmeteoriten lässt sich keiner der bekannten Klassen zuordnen. Sie werden als ungruppiert bezeichnet. Es wird geschätzt, dass die bisher gefundenen Eisenmeteorite über 60 verschiedene Mutterkörper repräsentieren.

Steineisenmeteorite

Steineisenmeteorite stammen von größeren, differenzierten Körpern. Es handelt sich um eine recht heterogene Klasse, deren Merkmal etwa gleich große Anteile von Silikat und Nickeisen sind. Die Steineisenmeteorite werden in Mesosiderite und Pallasite unterteilt. Steineisen-Meteorite sind selten und machen nur 1,5% der Fälle aus.

Mesosiderite bestehen aus Ni-Fe-Metall und meist stark brekziiertem Silikatmaterial. Es sind jedoch auch nicht brekziierte Mesosiderite bekannt. Bei dem silikatischen Anteil handelt es sich um ein differenziertes magmatisches Gestein, das überwiegend aus Pyroxen und Plagioklas aufgebaut wird.

Besonders attraktive Steineisenmeteorite sind die Pallasite, die bräunliche Silikat-Einschlüsse, meist große Olivin-Kristalle, in einer Ni-Fe-Metall-Matrix aufweisen. Abb. 6 zeigt den Pallasiten Brahin, der 1807 in Russland gefunden wurde.



Abb. 6: Pallasit Brahin; Russland; Fund 1807

Ursprünglich wurde angenommen, dass Pallasite aus dem Grenzbereich von Kern und Mantel von größeren, differenzierten Körpern stammen. Problematisch ist jedoch, dass sie wesentlich häufiger sind, als es bei so einer schmalen Grenzschicht zu erwarten wäre. Eine aktuelle Theorie geht deshalb davon aus, dass die Pal-

lasite das Produkt von größeren Impakten bzw. Kollisionen sind, bei dem silikatisches Mantelmaterial in einen flüssigen Eisenkern eingepresst wurde und dieses Gemisch recht schnell erstarrt ist. Es bestehen enge Beziehungen verschiedener Pallasite zu Gruppen von Eisenmeteoriten.

Achondrite

Achondrite sind eine sehr heterogene Klasse von Steinmeteoriten, die keine Chondren aufweisen. Sie stammen von differenzierten Körpern, auf denen es durch Schmelzprozesse zu einer Trennung von Kern und Mantel gekommen ist.

Ihr Chemismus entspricht etwa dem der Chondrite, jedoch wurde die chondritische Textur durch teilweises Schmelzen oder Metamorphose komplett oder nahezu komplett überprägt. Primitive Achondrite stammen von kleineren Asteroiden, die recht schnell erstarrt sind, ohne dass eine vollständige Differentiation erfolgte. Die differenzierten Achondrite stammen von mittelgroßen bis großen Asteroiden. Etwa 7,8% der Meteoritenfälle sind Achondrite.

HED

Es gibt eine Gruppe von Achondriten, die in chemisch-mineralogischer Hinsicht einige Ähnlichkeiten aufweisen und die man entsprechend ihren Anfangsbuchstaben in der HED-Gruppe (Howardit, Eukrit, Diogenit) zusammenfasst.

Im Jahr 2005 wurden in Marokko mehrere Steine mit einem Gesamtgewicht von 950 g gefunden. Es handelte sich um einen Eukrit, der die Bezeichnung NWA 4039 erhielt (Abb. 7). Er hat eine grobkörnig basaltische Textur und besteht überwiegend aus Pyroxen und Plagioklas.



Abb. 7: Eukrit NWA 4039; Marokko, Fund 2005

Die Meteorite der HED-Gruppe stammen offensichtlich von einem differenzierten, größeren Mutterkörper. Untersuchungen der spektralen Absorption deuten auf den Asteroiden (4) Vesta als Mutterkörper hin. Vesta ist mit 560 x 544 x 448 km Abmessung der drittgrößte Körper im Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter.

Sie weist eine basaltische Kruste, einen ultramafischen Mantel und einen Eisen-Nickel-Kern auf, wie man aus ihrer Dichte folgern kann. Die geologische Aktivität auf Vesta, verursacht durch die beim Zerfall von ^{26}Al freiwerdende Wärme, war nur von kurzer Dauer und endete vor etwa 4,4 Mrd. Jahren.

Mond

Lange hatte man gerätselt, ob es wohl Mondmeteorite geben würde, also Meteorite, deren Ursprung der Mond ist. Sie sollten durch den Einschlag eines Asteroiden aus dem Mond herausgeschlagen, in den Weltraum geschleudert und durch Zufall auf der Erde gelandet sein.

Der erste Nachweis der lunaren Herkunft eines Meteoriten gelang an dem 1981 in der Antarktis gefundenen Exemplar Allan Hills 81005. Danach kamen weitere Funde aus der Antarktis und aus den trockenen Regionen Nordafrikas hinzu. Durch Vergleich der chemischen Zusammensetzung, der Mineralogie und von Isotopenhäufigkeiten zwischen Mondmeteoriten und Proben von Mondgesteinen, die von den Apollo-Missionen genommen wurden, ist der Mond als Ursprungs-ort eindeutig gesichert.

Die Mondmeteoriten sind eine wertvolle Ergänzung zu den Mondproben, die von den US-amerikanischen und sowjetischen Mondmissionen mitgebracht wurden, da diese Mondproben der Apollo- und Luna-Missionen nur von einigen wenigen Landepunkten stammen.

Lunare Meteorite werden nach ihrer chemischen bzw. mineralogischen Zusammensetzung in fünf Klassen unterteilt:

- feldspatreiche (anorthositreiche) Meteorite,
- Meteorite aus lunarem Basalt,
- Mischungen, die aus beiden Gesteinstypen bestehen,
- KREEP-Meteorite (KREEP ist eine geochemische Komponente verschiedener Gesteine des Erdmondes. KREEP steht für einen erhöhten Gehalt an sogenannten inkompatiblen Elementen, d. h. chemischen Elementen, deren Einbau in das Ionengitter der für Mondgestein allgemein typischen Minerale Olivin, Pyroxen und Plagioklas aufgrund eines dafür ungünstigen Ionenradius bei der Kristallisation aus dem flüssigen Mondinneren während der geologischen Frühgeschichte des Mondes stark gehemmt war),
- Meteorite aus Olivingabbro.

Da die Mondoberfläche einem permanenten meteoritischen Bombardement ausgesetzt ist, sind die meisten oberflächennahen Gesteine – unabhängig von ihrer Zusammensetzung – durch Impakte brekziiert worden, wobei man drei unterschiedliche Strukturtypen unterscheiden kann:

- monomikte fragmentierte Gesteine (fragmented breccias), die aus einem bestimmten Gesteinstyp

bestehen;

- Regolithbrekzien (regolith breccias), die Mischungen aus unterschiedlichen Gesteinen oder Meteoritenfragmenten bestehen;
- Brekzien mit Impaktschmelzanteil (impact-melt breccias), bei denen die Matrix der Brekzie aus erstarrender Gesteinsschmelze besteht.

Der Mondmeteorit Tisseritine 001 (Abb. 8) wurde 2019 in Mali gefunden. Die Meteoritical Society klassiert ihn als „Lunar meteorite (feldspathic breccia)“. Es handelt sich um eine Brekzie, bei der Anorthit, Olivin, Augit und Pyroxen (und einige andere Komponenten) in eine feinkörnige Matrix eingebettet sind.



Abb. 8: Mondmeteorit Tisseritine 001 (feldspathic regolithic breccia); Mali; Fund 2019

Mars

Zu den achondritischen Steinmeteoriten gehören auch eine Gruppe von Meteoriten, bei denen es sehr starke Hinweise gibt, dass sie vom Mars stammen: Die SNC-Meteoriten, benannt nach den drei Untergruppen Shergottite, Nakhilite und Chassignite.

Obwohl der erste SNC-Meteorit bereits 1815 in Chassigny in Frankreich gefunden wurde, erkannten die meisten Meteoritenforscher erst seit Anfang der 1980er Jahre die Herkunft vom Mars an.

Bereits 1979 wurde argumentiert, dass die damals bekannten SNC-Meteoriten, anders als die meisten anderen Meteoriten, nicht von Asteroiden stammen können. Das gemessene Kristallisationsalter einiger dieser SNC-Meteoriten, die offensichtlich vulkanischen Ursprungs sind, lagen teilweise bei 1,3 Milliarden Jahren. Asteroiden sind hingegen bereits verhältnismäßig kurz nach ihrer Entstehung vor 4,5 Milliarden Jahren erkaltet und zeigen seitdem keinen Vulkanismus mehr. Daraufhin wurde gefolgert, dass außer der Erde nur der Mars und die Venus in Frage kämen, da diese vor 1,3 Milliarden Jahren noch Vulkanismus zeigten; der Vulkanismus auf dem Jupitermond Io war 1979 noch nicht bekannt.

Der Gedanke, dass die besagten Meteoriten vom Mars

stammen könnten, setzte sich ab 1983 durch, als gezeigt wurde, dass die Isotopenhäufigkeit von Argon in schockgeschmolzenen Glaseinschlüssen in Shergottiten den Messungen entsprach, die von der Viking-Sonde in der Atmosphäre des Mars gemacht wurden. Später wurden auch die Häufigkeiten anderer Edelgase sowie von Kohlendioxid und Stickstoff in diesen Glaseinschlüssen bestimmt, die ebenfalls mit den Daten von Viking übereinstimmten.

Ein weiteres starkes Indiz für eine Herkunft vom Mars wurde durch die Opportunity-Mission geliefert, die einen Bounce Rock genannten Stein entdeckte und untersuchte, dessen chemische Zusammensetzung den basaltischen Shergottiten, gleicht.

Der 1998 in Libyen gefundene Marsmeteorit DaG 476 (Abb. 9) ist ein Shergottit. Namensgebend für diese Untergruppe ist ein Meteorit, der am Vormittag des 25. August 1865 in Shergotty (heute Sherghati im indischen Bundesstaat Bihar) einschlug und kurz darauf von Augenzeugen geborgen wurde. Der Meteorit DaG 476 hat eine porphyrische Struktur und besteht zu größeren Teilen aus Olivin, der in eine feinkörnige Matrix aus Klinopyroxen und Glas eingebettet ist.



Abb. 9: Marsmeteorit DaG 476 Shergottit; Libyen; Fund 1998

Zum Schluss

Aus der Datenbank der Meteoritical Society noch einige aktuelle Daten zum gesamten aktuellen Bestand an Meteoriten (Stand 07.02.2023):

Einträge – gesamt	78557
davon außerhalb der Antarktis	31055
Fälle – gesamt	1371
Fälle – Eisenmeteorite	49
Meteorite vom Mond	587
Meteorite vom Mars	347
Meteorite aus Deutschland	57
davon Fälle	38

Meteorite sind faszinierende Objekte, die sich von allen anderen Objekten der Astronomie dadurch unterscheiden, dass man sie nicht nur aus der Ferne beobachten, sondern tatsächlich in die Hand nehmen, im Detail betrachten und untersuchen kann.

Ich würde mich freuen, wenn der Beitrag den einen oder anderen Leser dazu animieren würde, sich mit Meteoriten zu beschäftigen.

Bewusst habe ich darauf verzichtet, spektakuläres Bildmaterial aus dem Internet zu verwenden und es vorgezogen, nur einige Stücke aus meiner kleinen Sammlung zusammenzustellen.

Die präsentierten Informationen stammen im Wesentlichen aus den folgenden Quellen: (1.) Wikipedia liefert einen schnellen Überblick. (2.) Homepage des Sammlers Thomas Witzke präsentiert in einer klaren Gliederung praktisch alle Arten von Meteoriten. (3.) Schultz / Schlüter – ein kleines, sehr schönes, reich bebildertes und sehr empfehlenswertes Buch zum Thema. (4.) Norton – The Cambridge Encyclopedia of Meteorites ist das unübertroffene Standardwerk. (5.) Conelly – erstaunlich genaue Altersbestimmungen. (6.) Meteoritical Society – ist die entscheidende Institution bei der Benennung von Meteoriten und pflegt eine umfassende Datenbank, die sehr viele Informationen zu allen Meteoriten enthält.

Quellen

1. Wikipedia
2. Homepage von Thomas Witzke: <https://www.strahlen.org/tw/meteorite.html>
3. Ludolf Schultz, Jochen Schlüter: Meteorite. 2. Auflage, Konrad Theiss Verlag 2015
4. O. Richard Norton: The Cambridge Encyclopedia of Meteorites. Cambridge University Press 2002
5. James N. Connelly, Martin Bizzarro, Alexander N. Krot, Åke Nordlund, Daniel Wielandt, Marina A. Ivanova: The Absolute Chronology and Thermal Processing of Solids in the Solar Protoplanetary Disk. - In: Science, Band 338, 2012, S. 651–655
6. Datenbank der Meteoritical Society: <https://www.lpi.usra.edu/meteor/>

Alle Fotos in diesem Beitrag: Gundo Klebsattel

Revolution in der (Amateur-)Astronomie

50 Jahre Innovationen vom Film bis zur digitalen Astrofotografie

Martin Federspiel

In den letzten 50 Jahren, seit die Sternfreunde Breisgau bestehen, haben technische Innovationen unseren Alltag und unser Hobby gravierend verändert. Amateur-Astronomen können heute auf einem Niveau unterwegs sein, das früher undenkbar gewesen wäre.

Ich gehöre zu den Menschen, die nur ungern etwas wegwerfen. Kürzlich blätterte ich einen alten Ordner mit Prospekten von Teleskopanbietern und Astro-Verlagen durch. Meine Güte, wie sich die Zeiten geändert haben. Als ich 1976 mit meinem ersten kleinen Refraktor mit 50 mm Öffnung anfang, waren ein 100 mm-Refraktor oder ein 150 mm-Reflektor schon größere Amateurgeräte. Ein Motor zur Nachführung in Rektaszension zählte zur Luxus-Ausstattung. Zweilinsige Fraunhofer-Objektive waren Standard bei Refraktoren, in Newton-Teleskopen fanden sich meist Parabolspiegel, bei preisgünstigen Geräten oft Kugelspiegel. Um ein Objekt am Himmel aufzufinden, suchte man sich im meist zu kleinen Sucherteleskop einen helleren Stern und hangelte sich von dort aus Sternchen für Sternchen mit Hilfe eines Sternatlas' oder einer Aufsuchkarte zum gewünschten Objekt vor („star hopping“).



Abb. 1: Typisches Amateur-Linsenteleskop mit 10 cm Öffnung auf parallaktischer Montierung (ohne Motorantrieb) wie es um 1980 von der Firma Manfred Wachter angeboten wurde.

Heutzutage gibt es eine große Auswahl an Optiken, die für alle möglichen Anwendungen optimiert sind: kurz- und langbrennweitige Refraktoren mit 2- oder 3-linsigen Objektiven aus hochbrechenden Spezialgläsern für hohe Farbreinheit, natürlich gegen Reflexe und Geisterbilder vergütet, Spiegelteleskope mit Korrektoren und anspruchsvolleren optischen Systemen,

die z.B. Hyperbolspiegel beinhalten. 15 cm Öffnung für einen Refraktor sind nicht ungewöhnlich, bei Reflektoren sind Spiegeldurchmesser um die 30 cm für Amateurgeräte normal. Wer sein Teleskop fest aufstellen kann, ist oft mit deutlich größeren Geräten dabei. Kleine Computer steuern die Montierungen, stellen per Goto-Funktion automatisch Planeten, Kleinplaneten, Sterne und tausende Deep-Sky-Objekte ein. Mitunter muss der Beobachter noch nicht einmal seinen Standort oder die Uhrzeit wissen.

Haben Sie sich auch schon mal darüber geärgert, dass interessante und seltene Himmelserscheinungen wie Supernovae oder Kometen bei uns nicht zu sehen sind? Etwa weil das Wetter wochenlang schlecht ist oder weil sie tief am Südhimmel leuchten. Wer möchte, kann heute über das Internet ein geeignetes Fernrohr unter klarem Himmel mieten und steuern, das die ersehnten Aufnahmen vom gewünschten Objekt macht; wenn es sein muss, auf einem anderen Kontinent. Ferngesteuerte Beobachtungen sparen hohe Reisekosten, aber das unmittelbare, eigene Erleben des fernen Landes und des Himmels gehen verloren.

Gute Himmelsatlanten, die all das zeigten, was man mit seinem Fernrohr sehen konnte, waren rar. Die drehbare Sternkarte half bei der groben Orientierung. Antonín Bečvářs Atlas Coeli war mit Sternen bis 7.75 mag und vielen Deep-Sky-Objekten ein großer Fortschritt, später lösten ihn dann Will Tirions Sky Atlas 2000 (8.5 mag) und seine dreibändige Uranometria 2000 (bis 9.5 mag) ab. Hans Vehrenberg setzte mit seinen beiden fotografischen Atlanten Falkauer Atlas (1962, bis 13 mag) und Atlas Stellarum (1970, bis 14.5 mag) neue Maßstäbe. Da sie im Offset-Verfahren gedruckt wurden, konnten sie keine Graustufen darstellen – ein großer Nachteil bei Deep-Sky-Objekten. Als non plus ultra galt der Palomar Observatory Sky Survey (POSS), der mit dem großen Schmidt-Teleskop am legendären Mt. Palomar-Observatorium aufgenommen wurde. Professionelle Sternwarten und Institute konnten sich Abzüge oder Kopien der Originalaufnahmen leisten, für Amateure war er unerschwinglich.

Heute ist der POSS in seinen verschiedenen Varianten (POSS I und II, rot und blau, ergänzt durch ähnliche fotografische Durchmusterungen für den Südhimmel, die in Australien und bei der ESO in Chile entstanden sind) nur ein paar Klicks im Internet entfernt. Jeder kann ihn nutzen, z.B. über Aladin, ESA Sky u.a.m. – und das auch noch kostenlos. Seither gab es viele weitere Himmelsdurchmusterungen, die auch online verfü-

bar sind (SDSS, 2MASS, Surveys in allen möglichen Spektralbereichen,...). Ein Klick auf ein Objekt und schon bekommt man viele Informationen dazu angezeigt. Himmelssimulationsprogramme wie Stellarium sind populär, frei und äußerst leistungsfähig. Auf dem Laptop und selbst auf dem Smartphone kann jeder den digitalen Himmel stets bei sich haben.

Für manche Beobachtungen, etwa für Sonnenfinsternisse oder Sternbedeckungen (siehe Beitrag „Sternfreunde entdecken unbekannte Mondberge“ in dieser Festschrift), ist es nötig, dass man die Koordinaten seines Standorts auf der Erde auf wenige Meter genau kennt. Das bedeutete früher, dass man eine ganze Bibliothek kleinmaßstäblicher topographischer Karten aus dem In- und Ausland haben musste. Die Karten waren nicht immer einfach zu beschaffen und teuer. Jedes Land hat zudem seine eigenen Grundlagen der Landvermessung und so musste man sich in die verschiedenen Koordinatensysteme und ihre Umrechnung einarbeiten. Im Zeitalter von GPS/Glonass/Galileo/Beidou hat sich das Problem weitgehend erledigt. Praktisch jedes Smartphone verfügt über einen GPS-Empfänger und zeigt die eigene Position mit einer typischen Genauigkeit von 3 m horizontal und 5 m vertikal an. Mit Karten und Satellitenbildern von Google Maps, Google Earth, Open Street Map usw. lassen sich Beobachtungen überall gut planen und nachbereiten. Nur ob ein Feldweg vielleicht privat und die Durchfahrt verboten ist, sieht man so nicht immer im Voraus.

Wer möchte und das nötige Hintergrundwissen hat, kann von Zuhause aus auf professionellem Niveau arbeiten. Die Daten des Hubble Space Telescope, des James Webb Telescope, vieler weiterer Satellitenprojekte und Surveys sind frei zugänglich und können von jedermann und jederfrau ausgewertet werden. Auch Veröffentlichungen in den meisten wichtigen Fachzeitschriften sind mittlerweile kostenlos einsehbar („open access“; als möglicherweise noch ungeprüfter Vorabdruck bei <https://arxiv.org/archive/astro-ph> oder über <https://ui.adsabs.harvard.edu/classic-form>). Was steht da der Wissenschaftskarriere noch im Weg?

Besonders drastisch hat sich die Astrofotografie verändert. Minutenlange, mitunter sogar stundenlange Belichtungen waren erforderlich, um schwache astronomische Objekte auf einem Zelluloidstreifen, genannt Film, sichtbar zu machen. Dabei konnte allerhand schief gehen, etwa bei der Fokussierung oder bei der Stabilität des Systems Fernrohr-Montierung-Stativ. Oder wenn man unkonzentriert nach langem Starren auf den Leitstern im Fadenkreuzokular versehentlich den falschen Knopf bei der Nachführkorrektur drückte, war die Aufnahme ruiniert. Beim Einlegen, Entwickeln oder bei der Vorbehandlung des Films mit Gas drohten Lichteinfall und Verkratzen der Filmschicht.

Ach ja, die Vorbehandlung des Films durch Hypersensibilisierung mit einem Gas... Fotoemulsionen hatten die Eigenschaft, dass nur bei sehr kurzen Belichtun-

gen im Bereich von Sekundenbruchteilen nach doppelter Belichtungszeit auch das doppelte Bildsignal vom Film registriert wurde. Bei Langzeitbelichtungen musste man viel länger als doppelt so lange belichten, um das doppelte Signal auf dem Film zu haben. Dieser sogenannte Schwarzschildeffekt bei Filmemulsionen konnte durch Hypersensibilisieren abgeschwächt werden. Die Prozedur war aufwändig: Der Film musste vor der Belichtung für einige Zeit einer Mischung aus Wasserstoff- und Stickstoffgas bei bestimmten Temperatur- und Druckverhältnissen ausgesetzt werden. Im Fachhandel waren hypersensibilisierte Filme (etwa der Serie Kodak 103a mit verschiedenen Farbempfindlichkeiten oder Kodak TP2415) erhältlich, die ihre günstigen Eigenschaften für einige Wochen behielten, wenn sie im Tiefkühler aufbewahrt wurden. Trotz aller Kniffe registrierten Filme letztlich aber nur wenige Prozent aller ankommenden Lichtteilchen.

Dann kam der spannende Moment, ob die Aufnahme etwas geworden war, wenn man den Film selbst entwickelt hatte oder beim Fotolabor abholte, was mit zusätzlichen Risiken wegen der Unerfahrenheit des Laborpersonals in der Astrofotografie verbunden war. Einzelne Mitglieder bei den Sternfreunden hatten das Verfahren gut im Griff und erzielten wunderbare Ergebnisse, etwa Lutz Bath mit seinen Aufnahmen vom Pferdekopfnebel oder vom Rosettennebel (Abb. 2). Allerdings waren diese Spitzenbilder das Ergebnis jahrelanger Arbeit und vieler Fehlversuche.



Abb. 2: Aufnahme des Rosettennebels NGC 2237/2238/2239 und des darin liegenden offenen Sternhaufens NGC 2244 mit der Bath-Astrokamera (Newton 250/1050 mm, Korrektor) am 09.02.1997. 3 Stunden (!) Belichtung auf Kodak TP2415 (hypersensibilisiert) mit IR- und UV-Sperrfilter. Mit dieser Kombination Kamera/Film konnten im Rahmen der Filmauflösung bis in die Ecken scharfe Aufnahmen im Kleinbildformat erzielt werden. - Foto: Lutz Bath

In den 1990er Jahren kam dann die digitale Revolution auch in der Amateurastronomie und insbesondere in der Astrofotografie an. CCD-Sensoren lösten innerhalb weniger Jahre die Fotoemulsionen als Detektoren ab. Immer leistungsfähigere Computer hatten parallel für viele Alltagsanwendungen den Markt erobert. Mit ihnen konnte man die Bilder von der CCD-Kamera anschauen, verarbeiten und speichern. Die zu Anfang kleinen Sensoren wurden bald durch immer größere abgelöst, die auch immer mehr Intensitätsstufen registrieren konnten. Heute gibt es s/w- und Farbkameras mit CCD- und immer häufiger CMOS-Sensoren für alle möglichen Anwendungen und Geldbeutel.

Die digitale Fotografie hat viele Vorteile: Digitale Kameras zeigen keinen Schwarzschildeffekt und haben eine Quanteneffizienz von bis zu 80%. Damit verkürzen sich die Belichtungszeiten bzw. sehr schwache Objekte gelangen überhaupt erst in Reichweite. Nach einer Aufnahme kann man unmittelbar am Bildschirm die Qualität beurteilen und ggf. die Einstellungen für die nächste Aufnahme optimieren. Die ganze Chemie in der Dunkelkammer entfällt. Am Computer lassen sich mit immer leistungsfähigerer Hard- und Software auch sehr komplexe Bildverarbeitungsoperationen erledigen, um ein gutes Resultat zu bekommen. Zahlreiche Beispiele auch in dieser Festschrift zeigen die atemberaubenden Möglichkeiten.

Natürlich haben digitale Kameras auch Nachteile. Bei langen Belichtungen macht sich das Rauschen des Sensors bemerkbar, das aber durch Kühlen verringert werden kann. Die Kühlung geschieht meist elektrisch durch Peltier-Elemente und frisst nicht wenig Strom, den man am Beobachtungsort erst mal haben muss. Außerdem besteht bei hoher Luftfeuchtigkeit die Gefahr des Vereisens des Eintrittsfensters. Die anfallenden Datenmengen sind riesig, die Anforderungen der Bildverarbeitungssoftware an die Rechenleistung auch. Es muss also schon ein besserer und daher teurerer Computer sein...

Die Liste der technischen Verbesserungen der letzten Jahrzehnte für Amateurastronomen ist lang. Vieles möchte man definitiv nicht mehr missen. Eines aber ist für die meisten von uns schlimmer geworden: die Lichtverschmutzung. Die Sterne und die Milchstraße schaffen es immer weniger, gegen das Lichtermeer unserer Zivilisation anzuleuchten. Ob die Städte-, Straßen- und Häuslebauer eines Tages verstehen werden, dass weniger Licht oft mehr ist? Auch für die Tiere und Pflanzen? Auch der erdnahe Weltraum wird zunehmend mit Satelliten verschmutzt. Kaum ein Astrofoto, das nicht von durchfliegenden Satelliten kontaminiert wird. Pläne von künftigen Mega-Satellitenkonstellationen wie Starlink lassen nichts Gutes ahnen. Aber wer weiß schon, wie die Entwicklung weitergeht? Vielleicht kann zum 100-jährigen Bestehen der Sternfreunde berichtet werden, dass Amateurastronomen ihre eigenen Weltraumteleskope haben, die sie remote aus dem Wohnzimmer nutzen können.



Abb. 3a-c: Beispiele für frühe CCD-Aufnahmen bei den Sternfreunden Breisgau, die Mitte der 1990er-Jahre aufgenommen wurden. Die im Vergleich zum Kleinbildformat anfänglich kleinen CCD-Sensoren boten zunächst nur ein vergleichsweise kleines Bildfeld.

Abb. 3a: die staubreiche Galaxie NGC 4631 (mit LcCCD11-Kamera).

Abb. 3b: die Spiralgalaxie M 100 im Virgo-Galaxienhaufen (mit ST-7-Kamera).

Abb. 3c: Der planetarische Nebel M 27 (eine der ersten CCD-Farbaufnahmen; ST-7-Kamera mit RGB-Farbfiltersatz).

Die Sonne

Eigenschaften, Aufbau und fotografische Beobachtung

Hartwig Nahme

O bwohl unsere Sonne ein in jeder Hinsicht durchschnittlicher Stern ist (Größe, Zusammensetzung, Alter...), ist sie für uns einzigartig, denn durch ihre Energieabstrahlung ermöglicht sie überhaupt erst das Leben auf der Erde.

Wegen des geringen Abstandes zwischen Sonne und Erde lassen sich mit den größten Sonnentelaskopen Details auf der Sonnenoberfläche beobachten, die nur eine Ausdehnung von 50-70 km (1) oder sogar 20 km (2) aufweisen. Selbst mit den Mitteln von Amateuras-tronomen ist es möglich, Strukturen von weniger als 1000 km und ihre z.T. innerhalb von Minuten ablaufenden, sehr dynamischen Veränderungen zu beobachten und aufzuzeichnen.

Dieser Beitrag besteht aus zwei großen Teilen. Im zweiten Teil werden fotografische Ergebnisse von Sonnenbeobachtungen mit Amateurmitteln (Weißlicht, Ca II, Ha) präsentiert, alle dort gezeigten Bilder stammen vom Autor. Zuvor sollen jedoch einige Fakten über die Sonne zusammengestellt und beschrieben werden, die für das Verständnis der Vorgänge auf der Sonne wichtig sind.

Zur Energieerzeugung der Sonne

In Tabelle 1 sind eine Reihe von Daten über die Sonne zusammengestellt.

Alter	4,567*10 ⁹	Jahre
Durchmesser	1391400	km
Masse	2*10 ³⁰	kg
Leuchtkraft	3,85*10 ²⁶	W
Kerntemperatur	15,7*10 ⁶	K
Oberflächentemperatur	5778	K
Durchschnittsdichte	1,4	g/cm ³
Kerndichte	150	g/cm ³
Druck im Kern	2*10 ¹⁶ 2*10 ¹¹	Pa bar

Während einige dieser Werte bereits lange bekannt waren, blieb die Art und Weise, wie die Sonne (und natürlich generell alle Sterne) die von ihr abgestrahlte Energie erzeugt, lange Zeit unbekannt. Theorien dazu reichten von der Verbrennung von Kohle bis zur Auf-

heizung des Sonneninneren durch Kontraktion unter der eigenen Schwerkraft und Abstrahlung der dabei erzeugten Wärme. Alle vorstellbaren Energieerzeugungsmechanismen lieferten jedoch Energie nur für einige 10 Mio Jahre und waren nicht mit dem Alter der Erde in Einklang zu bringen.

Das korrekte Verständnis der Energieerzeugung in der Sonne ist heute eng verknüpft mit den Erkenntnissen der Atom- und Kernphysik. Die heutige Vorstellung ist, dass in der Sonne Kernprozesse ablaufen, bei denen aus jeweils 4 Wasserstoffkernen (=Protonen) ein Heliumkern, bestehend aus 2 Protonen und 2 Neutronen entsteht. Die Masse von 4 einzelnen Protonen zusammen ist um etwa 0,7% größer als die Masse des Heliumkerns. Nach Einsteins berühmter Formel

$$E = m c^2$$

liefert diese Massendifferenz die Energie, die die Sonne letztendlich abstrahlt.

Die folgende Beschreibung soll die dabei ablaufenden Vorgänge schematisch illustrieren.

Der Kern der Sonne ist eine Kugel aus Wasserstoff (und mittlerweile auch Helium) von 340000 km Durchmesser mit einer Dichte von ca. 150 g/cm³ (10-fache Dichte von Blei) (zusammengepresst durch die Gravitation) und einer Temperatur von etwa 15*10⁶ K. Bei dieser Temperatur liegt alles Gas in ionisierter Form als Plasma vor, insbesondere haben alle Wasserstoffatome ihr jeweils einziges Elektron verloren (3,4,5). Die verschiedenen, bei der Energieerzeugung nacheinander ablaufenden Prozesse sind in Tabelle 2 aufgeführt und in Abbildung 1 noch einmal grafisch dargestellt.

Bei der Verschmelzung von zwei freien Protonen zu einem Deuteriumkern konkurrieren zwei Grundkräfte miteinander: die elektromagnetische Kraft, auf Grund derer sich die positiv geladenen Protonen gegenseitig abstoßen sowie die starke Kernkraft mit einer Reichweite in der Größenordnung von einigen 10⁻¹⁵ m, die Atomkerne trotz der elektromagnetischen Abstoßung der positiv geladenen Protonen zusammenhält. Die Protonen im Kern der Sonne bewegen sich mit hoher Geschwindigkeit von einigen 100 km/s bei vergleichsweise großem gegenseitigen Abstand durcheinander. Ein Größenvergleich verdeutlicht, dass das Sonneninnere trotz der Dichte von 150 g/cm³ eigentlich weitgehend leer ist. Hätte ein Proton die Größe des Punktes am Ende des Satzes, so hätte das Proton im Mittel einen Abstand von 5 m bis zum nächsten Proton.

Tabelle 2: Prozesse der Energieerzeugung auf der Sonne

Reaktionsschritt	Gleichung	Durchschnittliche Dauer	Energie
Initialreaktion	$p + p \rightarrow {}^2\text{D} + e^+ + \nu_e$	$1,4 \cdot 10^{10}$ Jahre	0,42MeV (-0,262MeV)
	$e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$	sofort	1,022MeV
	${}^2\text{D} + p \rightarrow {}^3\text{He} + \gamma$	1,4 s	5,493MeV
PP1 (91%)	${}^3\text{He} + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + p + p$	$1 \cdot 10^6$ Jahre	12,86MeV
PP2 (9%)	${}^3\text{He} + {}^4\text{He} \rightarrow {}^7\text{Be} + \gamma$	$9,7 \cdot 10^5$ Jahre	1,59MeV
	${}^7\text{Be} + e^- \rightarrow {}^7\text{Li} + \nu_e$	140 Tage	0,862MeV
	${}^7\text{Li} + p \rightarrow {}^4\text{He} + {}^4\text{He}$	10 min	17,35MeV
PP2' (0,1%)	${}^3\text{He} + {}^4\text{He} \rightarrow {}^7\text{Be} + \gamma$	$9,7 \cdot 10^5$ Jahre	1,59MeV
	${}^7\text{Be} + p \rightarrow {}^8\text{B} + \gamma$	65 Jahre	0,14MeV
	${}^8\text{B} \rightarrow {}^8\text{Be} + e^+ + \nu_e$	1 s	18MeV (-6,75MeV)
	${}^8\text{Be} \rightarrow {}^4\text{He} + {}^4\text{He}$	sofort	

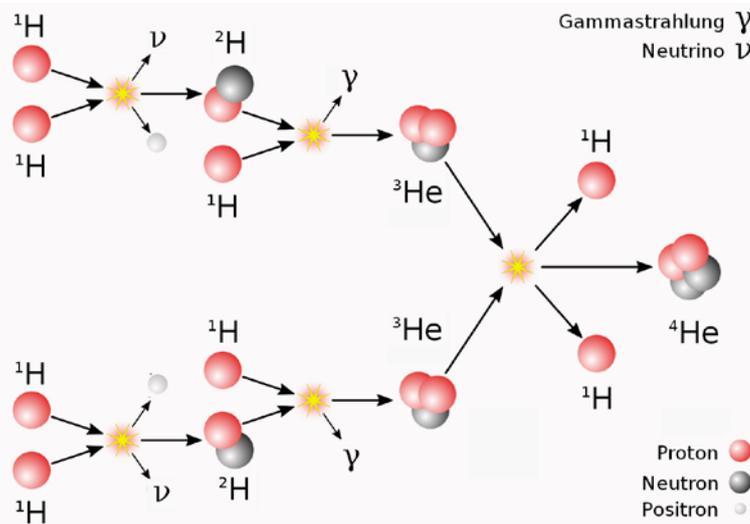


Abb. 1: Ablauf der Energieerzeugung auf der Sonne

Ein individuelles Proton wird daher erst nach im Mittel $1,4 \cdot 10^{10}$ Jahren so zentral und mit so hoher Geschwindigkeit mit einem anderen Proton zusammenstoßen, dass es zu einer Kernreaktion der beiden Protonen kommt, bei der eines der Protonen in ein Neutron umgewandelt wird und mit dem anderen Proton einen Deuteriumkern bildet. Selbst die schnellsten Protonen haben allerdings auch bei solch einem zentralen Stoß keine ausreichende kinetische Energie, um die Coulomb-Abstoßung zu überwinden. Dass es trotzdem zu einer Verschmelzung kommt, ist auf den quantenmechanischen Tunneleffekt zurückzuführen, der es den Protonen ermöglicht, die hohe abstoßende Potentialbarriere quasi zu „durchtunneln“. Da die beiden Protonen jeweils eine positive elektrische Ladung tragen, und bei allen Kernreaktionen der Erhalt der Ladungen gewährleistet sein muss, entsteht bei dieser Reaktion ein Positron und zusätzlich ein Elektron-Neutrino. Das Elektron-Neutrino hat nahezu keine Wechsel-

wirkung mit anderer Materie, verlässt die Sonne praktisch ungehindert und nimmt seine kinetische Energie mit. Das positiv geladene Positron, ein Antimaterieteilchen, reagiert nahezu sofort mit einem der freien Elektronen (e^+ und e^- ziehen sich an). Dabei werden die beiden Teilchen vernichtet und ihre Energie (Ruheenergie+kinetische Energie) nach $E = m c^2$ in zwei Gamma-Quanten mit je 511 keV Energie umgewandelt.

Der so entstandene Deuteriumkern reagiert innerhalb von 1,5 s mit einem weiteren Proton. Dabei entsteht unter Aussendung eines weiteren Gammaquants (5,493 MeV) ein ${}^3\text{He}$ -Kern. Die weitere Entwicklung bis zum Entstehen eines ${}^4\text{He}$ -Kerns kann dann auf drei unterschiedlichen Wegen ablaufen. 91% der Energie in der Sonne werden dann bei der Kollision zweier ${}^3\text{He}$ -Kerne erzeugt, die dabei zu einem ${}^4\text{He}$ -Kern unter Freisetzung von zwei Protonen verschmelzen (12,86 MeV).

Die restlichen 9% der Energie werden auf den in Tabelle 1 aufgeführten Wegen PP2 und PP2' erzeugt. Neben diesen sogenannten P-P-Prozessen wird 1,6% der Energie in der Sonne durch den CNO-Zyklus erzeugt. Da dieser Prozess erst bei höheren Temperaturen dominierend wird (3,4,5), soll hier aber nicht weiter darauf eingegangen werden.

Allein mit den Werten für die Solarkonstante S (Energieeinstrahlung auf der Erde außerhalb der Erdatmosphäre) von ca. 1400 W/m^2 , sowie den Massen von Proton ($m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$) und Heliumkern ($m_{\text{He}} = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$) lässt sich einfach abschätzen, wieviel Wasserstoff von der Sonne pro Sekunde „verbrannt“ wird.

Die Energie, die pro erzeugtem ${}^4\text{He}$ -Kern frei wird, beträgt

$$E = mc^2 = (4 \cdot m_p - m_{\text{He}}) \cdot c^2 = 4 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

Die gesamte von der Sonne abgestrahlte Energie ergibt sich aus der Solarkonstanten und der Fläche einer

Kugel mit dem Radius der Erdbahn zu

$$E = S \cdot 4 \cdot \pi \cdot R^2 \text{ zu } 4 \cdot 10^{26} \text{ W oder } 4 \cdot 10^{26} \text{ J/s.}$$

Um diese Energieabstrahlung aufrecht zu halten müssen somit

$$N = 4 \cdot 10^{26} \text{ J/s} / 4 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 1 \cdot 10^{38}$$

⁴He-Kerne pro Sekunde aus jeweils 4 Protonen erzeugt werden. $4 \cdot 10^{38}$ Protonen ergeben eine Masse von

$$M = 4 \cdot 10^{38} \cdot 1,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 6,4 \cdot 10^{11} \text{ kg}$$

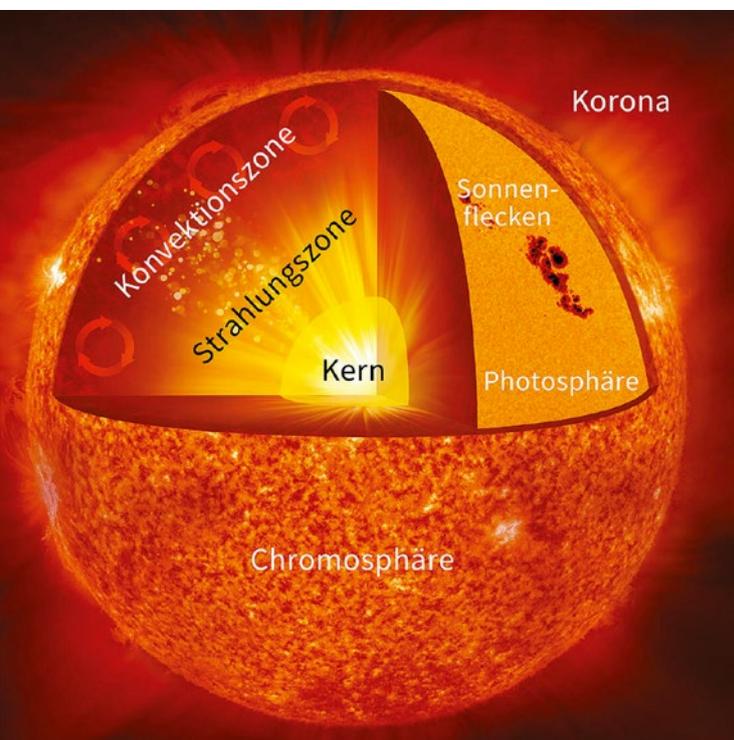
oder 640 Millionen Tonnen Wasserstoff. Genauere Rechnungen liefern einen Wert von $564 \cdot 10^6$ t/s Wasserstoff. Trotz dieser Menge hat die Sonne ausreichend Wasserstoff für eine Lebensdauer von weiteren $5 \cdot 10^9$ Jahren.

Aufbau der Sonne

Von der Erde aus beobachtbar sind nur die äußersten Schichten der Sonne, die Photosphäre und die darüber liegende Chromosphäre. Der innere Aufbau der Sonne ergibt sich aus dem Gleichgewicht zwischen der Gravitation, die die Materie in Richtung Sonnenmittelpunkt zieht und dem nach aussen gerichteten Strahlungsdruck der im Kern erzeugten Strahlung. Aus helioseismologischen Messungen (vergleichbar der Seismologie mit Erdbebenwellen auf der Erde) kennt man mittlerweile den Aufbau der Sonne recht genau (Tabelle 3, Abbildung 2).

Schicht	Abstand vom Zentrum
Kern	0 - 0,25 Sonnenradien
Strahlungszone	0,25 - 0,7 Sonnenradien
Konvektionszone	0,7 - 1 Sonnenradien
Photosphäre	sichtbare Oberfläche der Konvektionszone
Chromosphäre	2000 km
Korona	oberhalb Chromosphäre

Abb. 2: Aufbau der Sonne (6)



Im Kern der Sonne mit einem Radius von 25% des Sonnenradius läuft die gesamte Energieerzeugung mit den oben beschriebenen Prozessen ab. Mit dem derzeitigen Alter der Sonne von $4,567 \cdot 10^9$ Jahren und einer prognostizierten Gesamtlebensdauer von ca. $10 \cdot 10^9$ Jahren ergibt sich, dass dieser Kern mittlerweile zu ca. 50% aus Helium besteht.

Die im Kern erzeugte Energie liegt zunächst im Wesentlichen in der Form hoher kinetischer Energie der Kernreaktionsprodukte sowie der ebenfalls entstandenen Strahlung in der Form hochenergetischer Gamma-Quanten vor. Diese Energie breitet sich in Richtung Sonnenoberfläche aus und erzeugt somit den nach außen gerichteten Strahlungsdruck, der der nach innen gerichteten Gravitationswirkung entgegen gerichtet ist und somit die Sonne in einem stabilen Gleichgewicht hält. Der Bereich, in dem der Energietransport durch Stoßprozesse, Emission hochenergetischer Strahlung bei Frei-Frei-Übergängen sowie Absorption und Re-emission stattfindet, ist die Strahlungszone, die sich vom äußeren Rand des Kernbereiches bis zu etwa 70% des Sonnenradius erstreckt. Da bei den Emissionsprozessen jede Emissionsrichtung gleich wahrscheinlich ist, also auch in Richtung Sonnenmittelpunkt geschieht, dauert es mehrere 10000 Jahre, bis im Kern erzeugte Fusionsenergie den äußeren Rand der Strahlungszone erreicht hat. An diese Strahlungszone schließt sich nach außen hin die sogenannte Konvektionszone der Sonne an, bei der der nach außen gerichtete Energietransport vorwiegend durch Konvektion, also das Aufsteigen heißen und Absinken kälteren Gases geschieht. Die äußerste Schicht der Konvektionszone mit einer Dicke von ca. 200 km schließlich ist die sichtbare Oberfläche der Sonne, die Photosphäre. Darüber befinden sich dann noch die mit ca. 2000 km Schichtdicke ebenfalls sehr dünne Chromosphäre sowie die sich weit in den umgebenden Weltraum erstreckende Sonnenkorona (s.u.).

Bereits früh haben Beobachtung von Sonnenflecken auf der Sonne gezeigt:

- Die Zahl der Sonnenflecken schwankt periodisch in einem Zyklus von 11 Jahren (Schwabe-Zyklus, $2 \cdot 11$ Jahre = Hale-Zyklus)
- Die Sonne rotiert nicht einheitlich, sondern zeigt eine differentielle Rotation mit 30 Tagen an den Polen und 27 Tagen am Äquator.

Ergebnisse der oben erwähnten Helioseismologie zeigen, dass das Innere der Sonne bis zur Konvektionszone in 27 Tagen wie ein starrer Körper rotiert. Mit spektroskopischen Methoden beobachtet man eine Aufspaltung von Spektrallinien auf der Sonne in mehrere Linien, die durch den Einfluss von Magnetfeldern hervorgerufen wird (Zeeman-Effekt). Nahezu alle auf der Sonne beobachtbaren Phänomene (Sonnenflecken, Flares, Protuberanzen, solarer 11- bzw. 22-Jahreszyklus) sind in irgendeiner Art und Weise mit dem Magnetfeld der Sonne verknüpft. Als Quelle des solaren Magnetfeldes

gilt die Grenzschicht (Tachocline, $d < 30\,000$ km) zwischen der Strahlungszone und der darüber liegenden Konvektionszone. Einzelheiten, wie das Magnetfeld entsteht sind noch Gegenstand aktueller Forschung (7).

Am Beginn eines neuen 11-Jahres-Zyklus hat dieses Magnetfeld in etwa die Form eines Dipolfeldes. Magnetisches Feld und das elektrisch leitende Plasma der Sonne sind miteinander verknüpft, das Magnetfeld beeinflusst die Bewegung des Plasmas, die Bewegung des Plasmas führt zu einer Verformung des Magnetfeldes (Beschreibung durch Magneto hydrodynamik). Das Mitführen des Magnetfeldes in dem in verschiedenen Bereichen der Sonne unterschiedlich schnell rotierenden Sonnenplasma führt zu einer Art „Aufwickeln“ der Magnetfeldlinien in den Bereichen mit hoher Rotationsgeschwindigkeit (Äquator). Innerhalb von 11 Jahren rotiert die Äquatorregion ca. 60 mal häufiger als die Polregionen. Hinzu kommt der Einfluss des Plasmas durch longitudinale Strömungen innerhalb der Konvektionszone, so dass sich insgesamt eine sehr komplizierte Magnetfeldstruktur ausbildet. Nach und nach vereinfacht sich schließlich das Magnetfeld wieder durch Wechselwirkungen innerhalb dieser Strukturen zu einem Dipolfeld.

Nach 11 Jahren beginnt dann alles von vorn, nur dass sich die Polarität des Magnetfeldes umkehrt.

Da das Magnetfeld großen Einfluss auf die Bewegung des Sonnenplasmas und den Energietransport innerhalb des Plasmas hat, erzeugt die Entwicklung des Magnetfeldes letztendlich die im Rhythmus von 11 Jahren (22 Jahre bei Berücksichtigung der Polarität) schwankende Sonnenaktivität.

Beobachtung der Sonne im Weißlicht

Die Oberfläche der Sonne, d.h. die äußere Schicht der Photosphäre, lässt sich bereits mit einfachen Mitteln sicher beobachten, indem das von einem Fernrohr oder einem Feldstecher erzeugte Bild der Sonne auf einen Schirm projiziert wird. Mit dieser Methode lassen sich gut Sonnenflecken mit ihren unterschiedlichen Strukturen sichtbar machen. Weitere Möglichkeiten zur sicheren Beobachtung sind die Verwendung von Herschelprismen oder speziell für die Sonnenbeobachtung hergestellte Filterfolien vor dem Teleskop (Baader-Planetarium). Mit Ausnahme der Herschelprismen sollten keinesfalls licht dämpfende Mittel direkt vor dem Okular angebracht werden.

Die Aufnahmebedingungen aller im Folgenden gezeigten Bilder sind in den jeweiligen Bildunterschriften enthalten. Bei allen Aufnahmen wurde eine Skyris 236M-Kamera mit 1920×1200 Px verwendet, mit der kurze AVI-Videosequenzen von 600 Bildern aufgenommen wurden, von denen dann bei der Bearbeitung mit dem Programm Registax 6.1 (8) die besten 60 Bilder zu dem finalen Bild kombiniert wurden (zur Bild-

auswertung siehe auch den Beitrag zu Mondaufnahmen bei Tageslicht). Für Gesamtaufnahmen der Sonne und größere Bereiche um Aktivitätszentren wurden mehrere Aufnahmen mit dem Freeware-Programm HUGIN (9) zusammengesetzt.

In Tabelle 4 sind stichwortartig die Erscheinungen der Photosphäre zusammengestellt.

Photosphäre, ruhig		
Granulation	500-2000 km	dt < 10 min
Supergranulation	30000 km	Tage
Photosphäre, gestört		
	Ursache solares Magnetfeld Schwabe-Zyklus Hale-Zyklus	
Fackeln	T + 2000° K Vorläufer von Flecken	min < dt < Tage
Flecken Umbra	T – 2000° K	Tage < dt < Monate
Penumbra		
Lichtbrücken		
Bright Points		
Umbral Dots		

In Phasen geringer Sonnenaktivität, also in Zeiten mit wenigen oder gar keinen Sonnenflecken, sieht die Sonne zunächst völlig strukturlos aus. Erst mit größeren Teleskopen und bei stärkerer Vergrößerung wird die sogenannte Granulation der Sonnenoberfläche sichtbar. Angetrieben von der Energieerzeugung im Kern steigt innerhalb der Konvektionszone der Sonne das erhitzte Gas in der Form von Konvektionszellen mit einem mittleren Durchmesser von $500 \text{ km} < d < 2000 \text{ km}$ und etwas erhöhter Temperatur zur Sonnenoberfläche auf. Die Abgabe von Strahlung nach außen kühlt dann das Gas einer solchen Zelle wieder ab und das Gas fließt mit niedrigerer Temperatur (Temperaturunterschied ΔT ca. 500 K) und damit höherer Dichte am Rand der Zellen wieder ins Sonneninnere zurück. Da die Abstrahlung von Energie proportional zu T^4 geschieht (Stefan-Boltzmann-Gesetz), bekommt die Sonnenoberfläche ein granuliertes Aussehen aus von dunkleren Linien umrandeten helleren Bereichen der Konvektionszellen. Bei 1000 km Durchmesser erscheinen diese Bereiche unter einem Winkel von ca. $d \leq 1,4''$, erfordern also ein entsprechend hohes Auflösungsvermögen der verwendeten Optik.

Abbildung 3 zeigt in einer Aufnahme eines großen Sonnenflecks mit einem $6''$ -Sonnenteleskop, Herschelprisma und 5-fach Barlowlinse ($f_{\text{effektiv}} = 4500 \text{ mm}$) die Granulation in den den Fleck umgebenden Bereichen. Professionelle Aufnahmen erreichen mittlerweile Auflösungen von 20 km auf der Sonne und zeigen viele

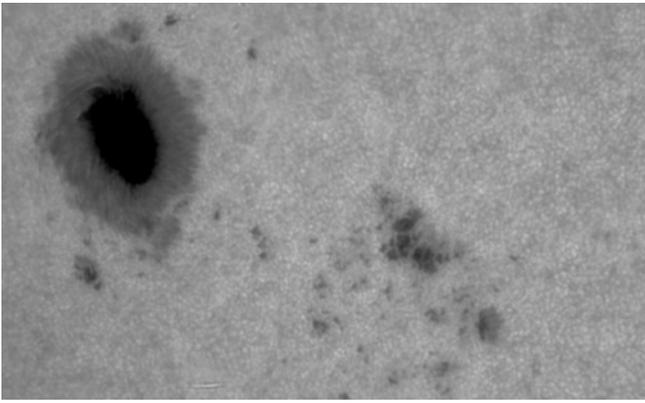


Abb. 3: Weißlichtaufnahme eines Sonnenflecks mit umgebender Granulation

Strukturen selbst noch innerhalb der dunklen Linien der Granulation (1,2).

Neben der Granulation weist die ungestörte Photosphäre eine Supergranulation mit Zellgrößen im Bereich von 30 000 km auf. Diese Supergranulation ist jedoch im Weisslicht praktisch nicht erkennbar und wird bei professionellen Untersuchungen durch eine weitgehend einheitliche Dopplerverschiebung der Lichtes aus einer solchen Supergranulationszelle (hervorgerufen durch eine einheitliche Strömungsrichtung des Gases) nachgewiesen. Allerdings ist die Supergranulation die Quelle für die bei anderen Wellenlängen ($H\alpha$) sichtbare chromosphärische Netzstruktur der Sonnenoberfläche.

Für den Amateur interessanter wird die Beobachtung der Sonne im Weißlicht bei erhöhter Sonnenaktivität. Wie oben beschrieben wird das ursprünglich bipolare Magnetfeld (Feldlinienform wie bei einem Stabmagneten) durch die im äquatorialen Bereich schnellere Rotation quasi um die Sonne herum aufgewickelt, da das elektrisch leitfähige Plasma der Sonne das Magnetfeld mit sich führt.

Solange das Magnetfeld im Wesentlichen eine bipolare Form hat, befindet sich die Sonne in ihrem Aktivitätsminimum. Im Laufe der Zeit werden die Magnetfeldlinien aber durch dieses „Aufwickeln“ immer enger „gepackt“ und die Form des Magnetfeldes wird immer komplexer. In der Nähe der Sonnenoberfläche mit einer Temperatur von $T=5770$ K können diese Magnetfelder ($H < 0,4$ T (4000 Gauß), statt $H=0,001$ T (1 Gauß) an der ungestörten Sonnenoberfläche) den Energietransport aus der Sonne heraus behindern so dass an der Oberfläche kühlere Bereiche mit $T=4000$ K entstehen. Wegen der mit niedrigeren Temperaturen verringerten Energieabstrahlung zeigen sich diese Bereiche als dunkle Flecken auf der Sonnenoberfläche.

Die Größe von Sonnenflecken, ihre Komplexität und ihre Lebensdauer variieren in sehr weiten Grenzen und reichen von sehr kleinen Flecken (Poren) von der Größe einzelner Granulen ($500 \text{ km} < d < 2000 \text{ km}$) mit Lebensdauern von wenigen Stunden bis zu riesigen, kompliziert aufgebauten Fleckengruppen mit Gesamt-

ausdehnungen von 200 000 km und mehr und Lebensdauern von Monaten (mehrere Sonnenrotationszyklen).

Flecken und Fleckengruppen werden nach der sog. Waldmeier-Klassifikation klassifiziert, die die Größe und Komplexität eines Sonnenflecks bzw. einer Fleckengruppe in Kategorien A-J einteilt. Dabei sind die Fleckengruppen der Kategorien E und F die größten und komplexesten. Große Flecken(gruppen) entwickeln sich durch die Kategorien von A->J, bei kleineren ist die Entwicklung oft bereits in Stadium C oder D beendet. Viele sehr kleine Flecken kommen in ihrer Entwicklung aber auch kaum über den Status einer Pore hinaus.

Da die Sonnenaktivität am einfachsten an der Zahl von Flecken und Fleckengruppen zu erkennen ist, erhebt sich die Frage, wie Flecken und Fleckengruppen eigentlich zu zählen sind, m.a.W. werden kleine Flecken große Fleckengruppen gleich gezählt?

Für statistische Zwecke wird heute aus der Anzahl von Einzelflecken f und Fleckengruppen g eine Fleckenrelativzahl R nach $R = k \cdot (f + 10g)$ mit einem Korrekturfaktor k für die verwendete instrumentelle Ausstattung bestimmt.

Die Ermittlung der Fleckenrelativzahl R ist auch unter Amateur-Sonnenbeobachtern verbreitet, da sie vergleichsweise einfach durchzuführen ist. Allerdings vernachlässigt diese Zählweise etwas die Aussagekraft großer Flecken und Fleckengruppen über die Komplexität des Sonnenmagnetfeldes und damit die Aktivität der Sonne. Es gibt weitere Methoden, die z.B. auch die Fläche der Flecken berücksichtigt (3,4).

Abbildung 4 zeigt eine Aufnahme einer großen Fleckengruppe mit nahezu allen in Tabelle 4 zusammengestellten inneren Strukturen.



Abb. 4: Sonnenfleckengruppe im Weißlicht

Grundsätzlich bestehen größere Flecken(gruppen) aus der Umbra (zentraler Bereich des Flecks) umgeben von der Penumbra. Während die Umbra entweder weitgehend strukturlos sein kann oder Erscheinungen wie Umbral Dots, Bright Dots und Lichtbrücken aufweisen kann, zeigt die Penumbra stets ein faseriges Aussehen mit abwechselnd hellen und dunklen Filamenten. Störungsmessungen innerhalb dieser Filamente zusammen mit numerischen Simulationen und Messungen der Magnetfelder in den Flecken zeigen, dass das Gas innerhalb der hellen Filamente unter dem Einfluss der herrschenden Magnetfelder aus dem Fleck heraus fließt.

Die Helligkeit von Umbra, Penumbra und der darin beobachtbaren Strukturen ist durch die dort herrschende Temperatur bestimmt. Wegen der Abhängigkeit der Energieabstrahlung von der Temperatur $S=k \cdot T^4$ erscheinen diese Strukturen dunkel, obwohl die Temperatur innerhalb der Umbra ca. 4270 K, in der Penumbra 5200 K beträgt (10).

Beobachtung der Sonne im Licht der Ca II-Linie bei 396,84 nm

Weißlichtaufnahmen zeigen neben den Sonnenflecken häufig Bereiche leicht erhöhter Helligkeit. Diese helleren Zonen werden besonders zum Sonnenrand hin deutlicher und zeigen an, dass diese Bereiche eine um einige 100 K höhere Temperatur als der Rest der Sonnenoberfläche aufweisen. Sie werden als Fackelgebiete bezeichnet.

Gut sichtbar werden diese Gebiete jedoch im Licht der Ca II-Linie bei 396,84 nm. Da diese Wellenlänge bereits sehr weit im blauen/violetten Spektralbereich liegt, in dem das menschliche Auge kaum noch empfindlich ist, eignet sich dieser Spektralbereich vorwiegend für die fotografische Beobachtung.

Als Erklärung der Sonnenbeobachtungen im Licht der Ca II-Linie und auch der H α -Wellenlänge bei 656,28 nm des Wasserstoffs (s.u.) möge der folgende kleine Einschub dienen.

Die Sonne strahlt auf Grund ihrer Temperatur ein kontinuierliches Lichtspektrum ab, das dem eines schwarzen Strahlers mit einer Temperatur von 6050 K entspricht. Diesem Kontinuum sind Absorptionslinien überlagert (11), denn Atome in der Sonnenatmosphäre oberhalb der Photosphäre absorbieren bei charakteristischen Wellenlänge (entsprechend charakteristischen Energien der beteiligten Atome und Ionen) Licht, das aus der Photosphäre in Richtung Beobachter abgestrahlt wird. Die durch Absorption angeregten Atome geben diese Energie durch Emission wieder ab, jedoch in beliebige Richtungen. Damit kommt nur ein sehr geringer Anteil des zuvor absorbierten Lichtes beim Beobachter an. Das Intensitätsverhältnis $I_{\text{Linie}}/I_{\text{Kontinuum}}$ liegt bei starken Absorptionslinien im Bereich 1/100 000.

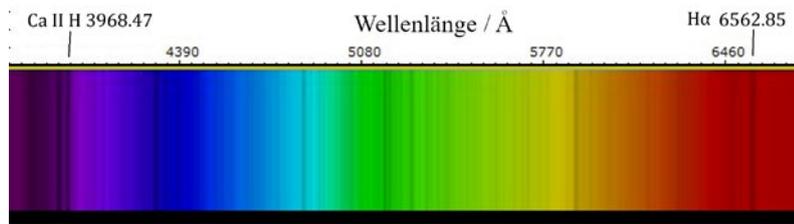


Abb. 5: Sonnenspektrum nach (11)

Wird nur dieses Licht beobachtet, so wird die räumliche Verteilung der dieses Licht abstrahlenden Atome sichtbar. Dies heißt allerdings nicht, dass in diesen Bereichen die Konzentration dieser Atome besonders hoch ist, sondern nur, dass hier die eigentlich gleichförmig verteilten Atome besonders gut angeregt werden, z.B. auf Grund einer etwas höheren Oberflächentemperatur der Sonne.

Wegen des extremen Intensitätsverhältnisses müssen allerdings sehr effektive Maßnahmen getroffen werden, um das Kontinuumslicht zu unterdrücken und nur das Licht innerhalb einer einzelnen Absorptionslinie zu detektieren. Dies geschieht in der Regel mit Hilfe von Interferenzfiltern oder Etalons, die nur Licht eines sehr schmalen Wellenlängenbereichs ($d\lambda < 0.1$ nm) hindurchlassen und alle anderen Wellenlängen durch destruktive Interferenz unterdrücken. Filter und Etalons werden bei ihrer Herstellung auf die vorgesehene Transmissionswellenlänge abgestimmt und weisen nur einen sehr kleinen Abstimmungsbereich um diese „Sollwellenlänge“ herum auf. Die exakte Abstimmung auf die gewünschte Wellenlänge geschieht entweder durch Temperaturänderung (Änderung des Plattenabstandes auf Grund thermischer Ausdehnung von Abstandshaltern zwischen den Platten) oder Änderung des Brechungsindex der Luft zwischen den Etalon-Platten durch Druckvariation („Pressure Tuning“). Mittels eines vorgeschalteten zweiten Filters mit leicht verschobenem Transmissionsbereich läßt sich der Durchlassbereich dieses dann „Double-Stack“ genannten Filterpakets noch weiter einschränken.

Spektrallinien haben eine sehr geringe Halbwertsbreite (Lorenz-Kurve, $\Delta\nu_{\text{H}\alpha} = 6,5$ GHz, $\Delta\lambda_{\text{H}\alpha} < 0,001$ nm), wenn sie von einem Gas geringer Dichte und niedriger Temperatur emittiert werden. Die emittierenden Atome auf der Sonne unterliegen allerdings sowohl einem Druck als auch einer hohen Temperatur und damit hohen Geschwindigkeiten mit einer breiten Geschwindigkeitsverteilung. Die Geschwindigkeitsverteilung führt zu einer Dopplerverschiebung (Rot- und Blauverschiebung) des emittierten Lichtes je nach Bewegungsrichtung des emittierenden Atoms relativ zum Beobachter. Beide Effekte zusammen führen zu Linienbreiten des in der Chromosphäre innerhalb einer Absorptionslinie reemittierten Lichtes von einigen Ångström. Bei der geringen Halbwertsbreite der Durchlasskurve moder-

ner Fabry-Perot-Etalons von $0,03 \text{ nm} < \Delta\lambda < 0,1 \text{ nm}$ besteht damit die Möglichkeit, die Bewegungsrichtung des emittierenden Gases zu bestimmen, indem das Etalon mehr auf den blauen oder den roten Flügel der Emissionslinie abgestimmt wird.

Die Sternfreunde Breisgau verfügen in ihrer Sternwarte auf dem Schauinsland über zwei für die Sonnenbeobachtung im $H\alpha$ -Licht taugliche Teleskope mit 80 mm bzw. 100 mm Öffnung. Beide sind mit Energieschutzfiltern und $H\alpha$ -Filtern der Firma Daystar ausgerüstet, bei denen die Abstimmung auf die gewünschte Transmissionslänge durch Temperaturänderung des Filters geschieht.

Festzuhalten bleibt, dass bei diesen Beobachtungen bei Wellenlängen von Absorptionslinien, Ca II und $H\alpha$ -Licht registriert wird, das die Atome und Ionen zuvor aus der Kontinuumsstrahlung der Sonne absorbiert haben und dann als Linienemission wieder abstrahlen. Damit ist auch einleuchtend, dass sich diese Atome und Ionen oberhalb der das Kontinuum abstrahlenden Photosphäre, also in der darüber liegenden Chromosphäre befinden müssen, deren Dicke nur etwa 2000 km beträgt.

Abbildung 6a/b zeigt eine Gegenüberstellung von Aufnahmen eines aktiven Gebietes auf der Sonne im Weißlicht und im Licht der Ca II-Linie bei 396,84 nm. Im Licht der Ca II-Linie sind die Fackelgebiete wesentlich deutlicher zu erkennen.

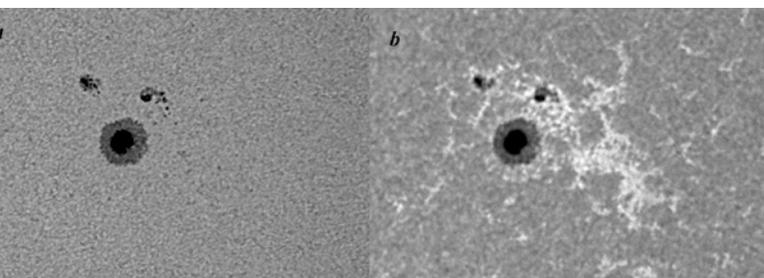


Abb. 6a,b: Vergleich von Strukturen auf der Sonne im Weißlicht und im Licht der Ca II-Linie

Um einem möglichen Missverständnis nochmals vorzubeugen: Diese Gebiete weisen keine erhöhte Konzentration von Kalzium-Ionen auf, sondern die Verhältnisse auf der Sonne im Bereich der Photosphäre, im Wesentlichen die hier höhere Temperatur führt zu einer besseren Anregung der dort befindlichen Kalzium-Ionen und damit zu einer vermehrten Abstrahlung der zuvor durch Absorption aufgenommenen Energie.

Die Bereiche erhöhter Temperatur finden sich nicht nur in der Nähe von Sonnenflecken, sondern auch in anderen Bereichen der Sonnenoberfläche. Für den Zusammenhang zwischen Fackelgebieten und Sonnenflecken läßt sich sagen: Nicht jedes Fackelgebiet entwickelt Sonnenflecken, aber jeder Sonnenfleck entsteht in einem zuvor vorhandenen Fackelgebiet.

Auch wenn die Beobachtung im Bereich der Ca II-Linien die Fackelgebiete der Sonne deutlicher zeigen als Weißlichtbeobachtungen, so besteht doch eine vergleichsweise große Ähnlichkeit beider Ansichten. Im Licht der Ca II-Linie zeigt sich neben den Fackelgebieten allerdings auch noch Anzeichen der oben erwähnten Supergranulation, die im Weißlicht praktisch nicht sichtbar ist.

Beobachtung der Sonne im Licht der $H\alpha$ -Linie bei 656,28 nm

Der Anblick der Sonne ändert sich drastisch, wenn sie im Wellenlängenbereich der $H\alpha$ -Linie des neutralen Wasserstoffs beobachtet wird. Auch der Anblick der Sonne im $H\alpha$ -Licht ist stark abhängig vom 11-jährigen Sonnenzyklus. In Zeiten des Aktivitätsminimums sind die in Tabelle 5 zusammengestellten Strukturen sichtbar.

Tabelle 5: Erscheinungen der ruhigen Chromosphäre		
Bezeichnung	Ort	Lebensdauer
Chromosphärisches Netzwerk	Ränder der Supergranulation	Stunden bis Tage
Bright und Dark Fine Mottle	Fibrillen auf der Oberfläche	Stunden bis Tage
Spikulen	Fibrillen am Rand	dt = Minuten, h < 10 000 km

Abb. 7a zeigt eine Aufnahme der ruhigen Sonne, also zu Zeiten ihres Aktivitätsminimums. Die Sonne erscheint auf dieser Übersichtsaufnahme wie von einem feinen Netz überzogen, dem chromosphärischen Netzwerk. Zum Vergleich zeigt Abb. 7b ein Gesamtbild der Sonne während ihres Aktivitätsmaximums. Auch auf diesem Bild ist dieses Netzwerk erkennbar, zusätzlich aber auch eine Reihe von Aktivitätszentren, auf die weiter unten eingegangen wird. Bei stärkerer Vergrößerung zeigt sich die gesamte Sonnenoberfläche von faser- oder fadenförmigen Strukturen überzogen, den Fibrillen oder im Englischen Bright and Dark Fine Mottle.

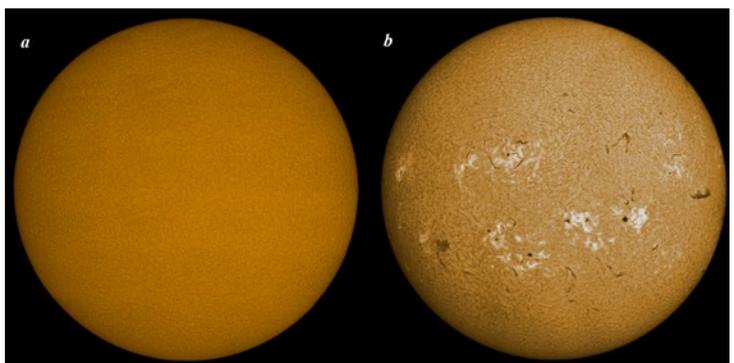


Abb. 7a,b: Vergleich der Sonne bei minimaler (a) und maximaler (b) Aktivität

Die Sonne weist im H α -Licht keinen scharf abgegrenzten Rand auf, sondern zeigt eine Vielzahl kurzlebiger „flammenartiger“ Spitzen, die Spikulen. Bei ihnen handelt es sich um Fibrillen, die am Rand der Sonnenscheibe von der Seite vor dem dunklen Himmelshintergrund sichtbar sind. Sie erreichen Höhen über dem Sonnenscheibenrand von $h < 10\,000$ km und sind mit Lebensdauern von einigen Minuten recht kurzlebige Erscheinungen. Diese kurze Lebensdauer steht allerdings etwas im Widerspruch zu den recht langlebigen Fibrillen vor der Sonnenscheibe. Besonders gut sind Spikulen auf Zeitrafferaufnahmen des Sonnenrandes auf der SFB-Homepage zu erkennen (13).

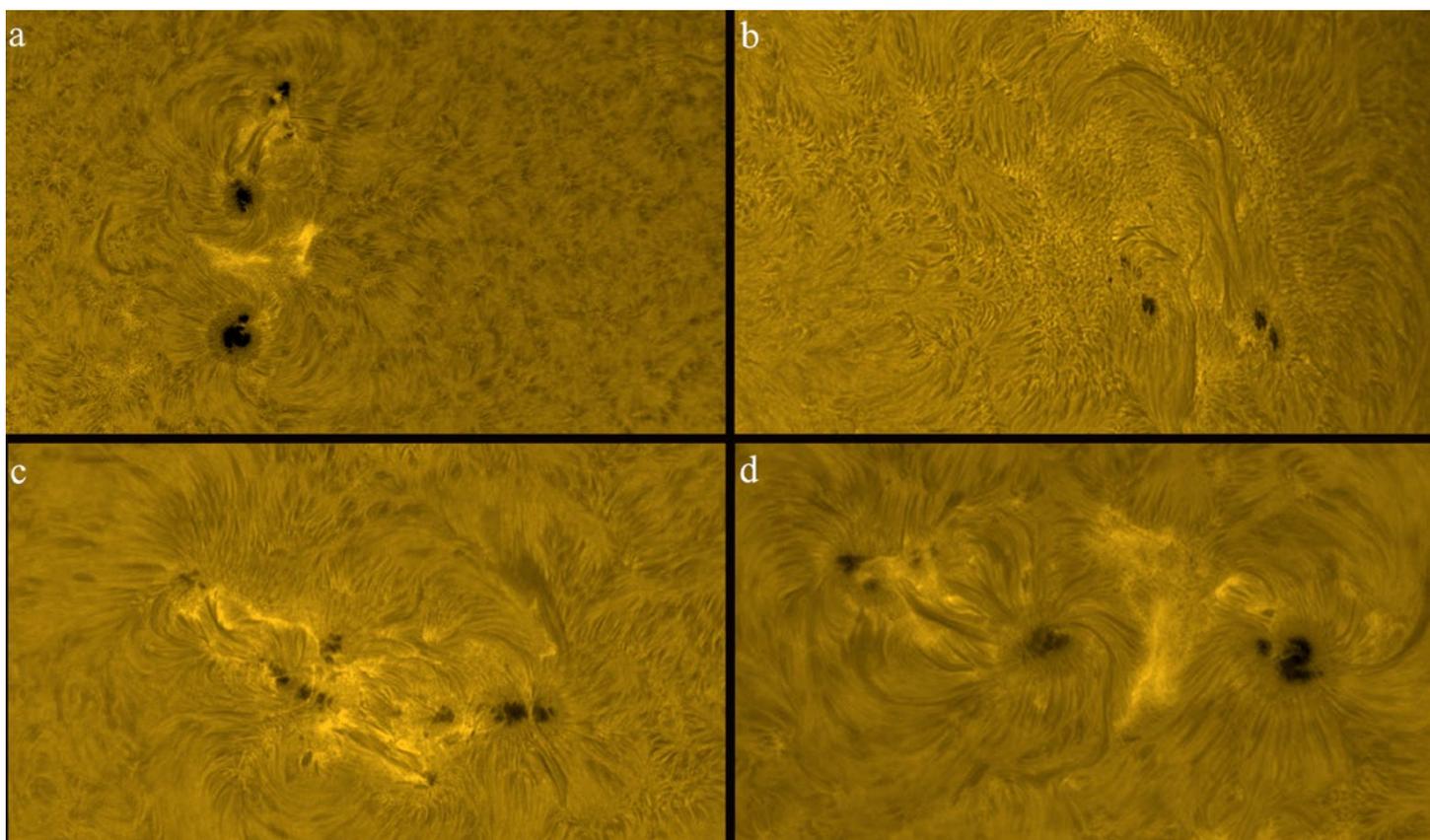
Mit zunehmender Sonnenaktivität im Laufe eines 11-Jahreszyklus zeigt die Sonne eine zunehmende Zahl von Aktivitätszentren, oftmals verbunden mit einer Vielzahl weiterer Erscheinungen.

Die Abbildungen 8a-d zeigen eine Auswahl solcher Aktivitätszentren, in denen eine größere Zahl der in Tabelle 6 zusammengestellten Erscheinungen erkennbar sind:

Sonnenflecken mit Umbra und Penumbra sind auch im Licht der H α -Wellenlänge erkennbar, in der Regel allerdings nicht so deutlich wie im Weißlicht. Dies mag überwiegend daran liegen, dass der Kontrast zu der stark strukturierten Umgebung des Flecks deutlich geringer ist als im Weißlicht. Im H α -Licht ist die Penumbra eines Flecks in der Regel umgeben von einer Superpenumbra, die zwar in ihrem Aufbau aus Fibrillen der Struktur der Penumbra ähnelt, aber wesentlich ausgedehnter ist. Diese Superpenumbra erreicht meist ein Vielfaches der Größe einer Penumbra. Aktivitätszentren weisen sehr oft auch in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Flecken helle Bereiche mit einem granulierten Aussehen auf, die chromosphärischen Fackeln

Fleckenumbra	wie Photosphäre	
Flecken-Penumbra	wie Photosphäre	
Flecken-Superpenumbra		größer als Weißlicht-Penumbra
Chromosphärische Fackeln, Plages	Helle Bereiche in Aktivitätsgebieten	künden oft die Bildung von Flecken an
Filamente	Protuberanzen vor der Sonne	ggf. langlebig
Bogenfilament, Loop	wie große Fibrillen	langlebig
Flare	Strahlungsausbruch	sehr hell, $dt < 30$ min
Ellerman Bomb, Bright Point	sehr hell, punktförmig	kurzlebige
Protuberanzen	verschiedene Erscheinungsformen s. Tab.7	

Abb. 8a-d: Aktivitätszentren im H α -Licht (a: 17.7.2016, Bildbreite 440 000 km; b: 22.9.2022, Bildbreite 253 000 km; c: 29.8.2022, Bildbreite 340 000 km; d: 17.7.2016, 253 000 km), alle Aufnahmen Lunt152 mit Barlowlinse, Skyris-Kamera 236M



oder Plages. Diese Bereiche existieren bereits, bevor sich Flecken gebildet haben und künden oft die Bildung von Flecken an (s.o. Ca II, Weißlichtfackeln).

Spektakuläre Erscheinungen, insbesondere wenn sie sehr intensiv werden, sind die sogenannten Flares. Besonders starke Flares können auch bereits im Weißlicht beobachtet werden. Flares sind in der Regel sehr schnell ablaufende Vorgänge, die innerhalb weniger Minuten auftauchen und wieder vergehen. Sie entstehen, wenn Magnetfeldbögen aus der Sonnenoberfläche heraustreten und dabei das Sonnenplasma mit sich reißen. Lösen sich diese Magnetfeldbögen vollständig vom übrigen Sonnenmagnetfeld ab (Rekonnexion der Magnetfeldschleife, vergleichbar mit einem elektrischen Kurzschluss), so kommt es zu einem koronalen Massenauswurf. Bei einem solchen Massenauswurf werden große Mengen Plasma auf bis zu 2000 km/s und damit weit über die Fluchtgeschwindigkeit der Sonne beschleunigt. Bewegt sich das Plasma dabei Richtung Erde, kommt es einige Tage später zu atmosphärischen Erscheinungen wie Polarlichtern. Flares werden ihrer Stärke (Röntgenfluss bei $0,1 \text{ nm} < \lambda < 0,8 \text{ nm}$) nach in logarithmisch abgestufte Klassen A, B, C, M und X eingeordnet, wobei jede Klasse (außer X) nochmals in 10 Unterklassen eingeteilt wird. Der stärkste gemessene Flare erreichte 2003 die Stärke X45, der stärkste in historischer Zeit beobachtete Flare war das sog. Carrington-Ereignis 1859 und bewirkte auf der Erde Polarlichter bis in tropische Regionen (12).

Wird die Sonne im Licht der H α -Wellenlänge beobachtet, so sind die auffälligsten Erscheinungen sogenannte Protuberanzen. Besonders spektakulär sind sie, wenn sie sich am Rand der Sonne gut vor dem dunklen Himmelshintergrund abheben. Befinden sie sich dagegen vor der Sonnenscheibe, so erscheinen sie als dunkle, bänderartige Strukturen, die Längen von vielen 100000 km erreichen können. Die aus der Sonnenoberfläche aufsteigenden Gasmassen der Protuberanzen absorbieren hier das Licht der darunter liegenden Schichten und erscheinen daher dunkel.

In Tabelle 7 sind die verschiedenen Formen von Protuberanzen zusammengestellt.

Tabelle 7: Erscheinungsformen von Protuberanzen (3)		
Protuberanzen-Typen	Form	Dauer, Geschwindigkeiten
Cap (Kappe, Haube)	kleine helle Bereiche	Stunden
Surge	Stabförmig	Schnell 100 km/s, bis 500 000 km
Spray	Fontäne	bis 200 km/s
Knoten	Punktförmig, dicht an Rand	
Koronale Wolke		oberhalb Chromosphäre
Loop	bogenförmig	
Filamente	vor der Sonnenscheibe	langlebig

Beispiele für Protuberanzen sind in den Abbildungen 9a,b,c und 10a-d abgebildet. Die besonders eindrucksvolle Protuberanz aus Abb. 9 bestand zunächst weitgehend unverändert über einige Stunden (Abb. 9a) und zeigte dann einen sehr dynamischen Ausbruch, der eine Höhe von mehr als 140 000 km über dem Sonnenrand erreichte (Abb. 9c). Auf der Homepage der Sternfreunde Breisgau (13) findet sich neben einigen anderen ein Zeitrafferfilm der Entwicklung dieser Protuberanz.

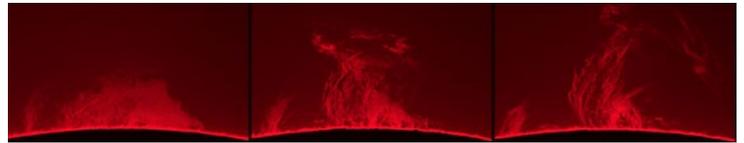


Abb. 9a,b,c: Entwicklung einer großen Protuberanz (Zeitintervall zwischen den Aufnahmen a-b: 120 min, b-c: 21 min, Bildbreite 250 000 km, Aufnahme: Lunt152 mit 3,3-fach Barlow-Linse, Skyris-Kamera 236M)

Wie an verschiedenen Stellen in diesem Artikel bereits erwähnt, laufen viele der auf der Sonne beobachtbaren Effekte auf für astronomische Vorgänge vergleichsweise kurzen bis sehr kurzen Zeitskalen ab.

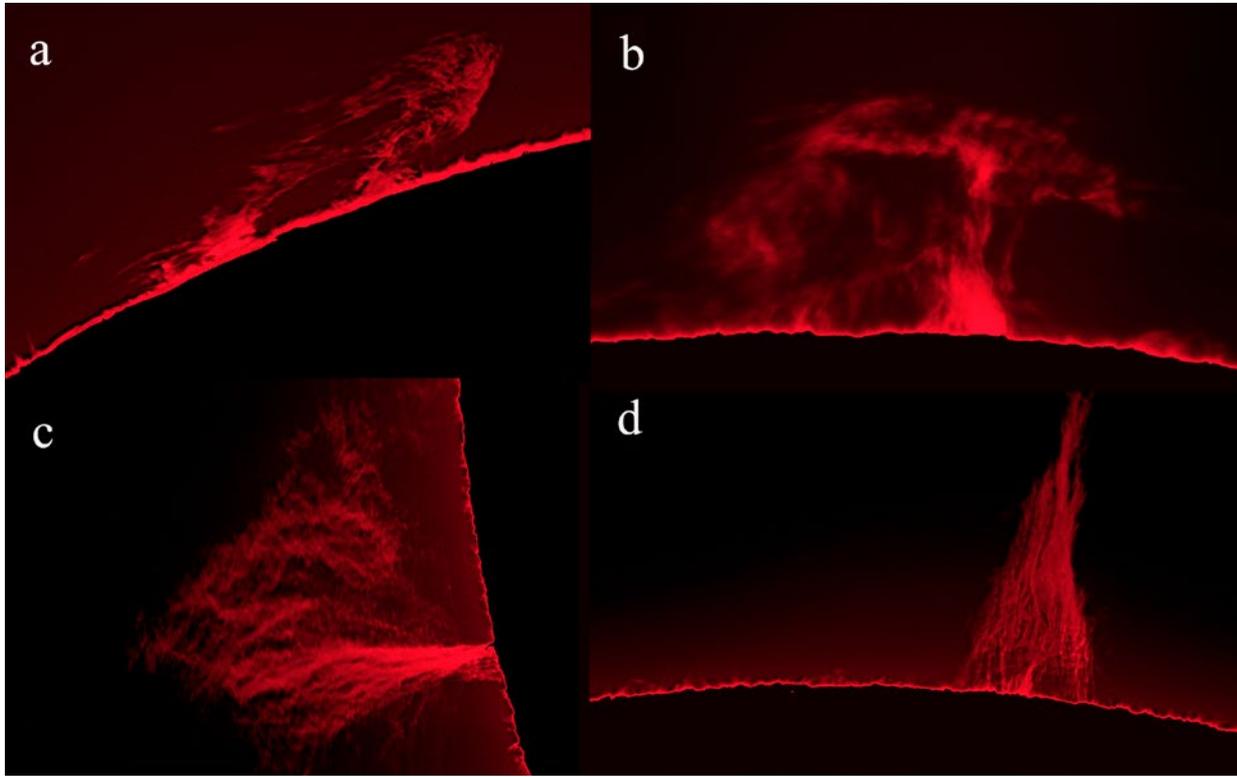
Damit lohnt es sich, diese Dynamik auch fotografisch zu dokumentieren. Da dies allerdings in einer gedruckten Darstellung nicht möglich ist, sei an dieser Stelle auf die Homepage der Sternfreunde verwiesen (13). Dort finden sich einige Zeitrafferfilme von Protuberanzen und Veränderungen innerhalb von aktiven Regionen auf der Sonne. Im Folgenden finden sich ein paar Stichworte zu den Zeitrafferfilmen.

Der Bereich einer Sonnenfleckengruppe und der Granulation mit einer Zeitauflösung von im Mittel 1 Bild/30 s.

- Die Entwicklung der großen Protuberanz aus Abbildung 9 (Höhe 140 000 km über dem Sonnenrand) mit einer Zeitauflösung von im Mittel 1 B/300 s.
- Mehrere weitere Protuberanzen mit unterschiedlichen Zeitaufösungen von 1 B/60 s – 1 B/300 s. Aus der Verfolgung von Strukturen innerhalb der Protuberanzen lassen sich Geschwindigkeiten der Strukturen von über 100 km/s ermitteln.
- Veränderungen in aktiven Bereichen der Sonnenoberfläche mit Zeitaufösungen von 1 B/30 s -1 B/120 s.
- Entstehung und Vergehen kleiner Flares im Bereich eines Aktivitätsgebietes.

In dieser Beschreibung der Sonne und ihrer Aktivitäten fehlt schließlich noch eines der eindrucksvollsten Phänomene, die Sonnenkorona, die sich nach außen an die Chromosphäre anschließt und weit in den umgebenden Raum hinausreicht. Sichtbar

Abb. 10a-d:
 Protuberanzenformen
 (a: 18.9.2021,
 Bildbreite
 253 000 km;
 b: 26.6.2027,
 Bildbreite
 240 000 km;
 c: 35.8.2022,
 Bildbreite
 220 000 km;
 d: 29.8.2022,
 Bildbreite 250
 000 km), alle
 Aufnahmen:
 Lunt152 mit
 3,3-fach Bar-
 low-Linse,
 Skyris-Kamera
 236M



ist die Korona allerdings nur während der Totalitätsphase einer Sonnenfinsternis, wenn der Neumond die Sonnenscheibe vollständig abdeckt, da die Helligkeit der Korona weniger als $1/1\,000\,000$ der Helligkeit der Photosphäre beträgt. Wegen der Verschlechterung der atmosphärischen Bedingungen spielt heute die Verwendung von Koronographen zur Beobachtung der Korona kaum noch eine Rolle (3,4). Untersuchungen werden nahezu ausschließlich mit Hilfe von Satelliten durchgeführt.

Spektroskopische Messungen (Nachweis von hochionisiertem Eisen) und die Detektion von Röntgenstrahlung zeigen, dass in der Korona Temperaturen von $1\,000\,000\text{ K} < T < 2\,000\,000\text{ K}$ herrschen. Über den Heizmechanismus gibt es verschiedene Theorien, er ist jedoch noch nicht abschließend geklärt.

Abbildung 11 zeigt eine Aufnahme der Sonnenkorona während der totalen Sonnenfinsternis am 21.8.2017.

Abb. 11: Sonnenkorona



Aufnahmeort war Ontario in Oregon/USA. Verwendet wurde ein 600 mm-Teleobjektiv an einer Canon EOS 5Ds. Das Bild ist ein Komposit aus mehreren Einzelaufnahmen mit Belichtungszeiten $1/20\text{ s} < t < 1/250\text{ s}$, denn der Dynamikumfang (Helligkeitsunterschied zwischen dem inneren Bereich nahe des Sonnenrandes und den äußeren Bereichen) der Korona ist mit Einzelaufnahmen nicht zu erfassen.

Quellen:

Zu nahezu allen Themen des Artikels finden sich Beiträge in den Quellen (3) und (4).

- (1) <https://de.wikipedia.org/wiki/gregor>
- (2) https://en.wikipedia.org/wiki/Daniel_K._Inouye_Solar_Telescope
- (3) Jürgen Banisch: Die Sonne, Eine Einführung für Hobby-Astronomen, Occulum-Verlag, ISBN 978-3-938469-24-8
- (4) K. Reinsch, R. Beck, H. Hilbrecht, P. Völker (Hrsg.): Die Sonne beobachten, Verlag Sterne und Weltraum, ISBN 3-87973-930-7
- (5) <https://de.wikipedia.org/wiki/Sonne>
- (6) <https://www.astronomie.de/das-sonnensystem/basiswissen/innerer-aufbau-der-sonne>
- (7) <https://de.wikipedia.org/wiki/Tachocline-Region>
- (8) <https://www.astronomie.be/registax/download.html>
- (9) https://www.chip.de/downloads/Hugin-Panoramabilder-erstellen_13014544.html
- (10) <https://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenfleck>
- (11) https://www.schuelerlabor-astronomie.de/ergebnisse-der-kurse-zur-sternspektroskopie/sonnenspektrum_flusskalibriert-2/

Sternschnuppennacht auf dem Feldberg

Öffentliche Beobachtung am 12. August 2023

Rolf Eckert

Das Perseiden-Maximum am 12. August 2023 ist offenbar auch dem Marketing der Feldbergbahnen nicht entgangen. So kam es dazu, dass wir - die Sternfreunde Breisgau - um Unterstützung für eine Sternschnuppennacht gebeten wurden; ein Wunsch, dem wir natürlich gerne nachgekommen sind.

So machten sich denn Volker Buß, Hartwig Nahme, Peter Dietrich und Rolf Eckert, teilweise in Begleitung von Angehörigen und Freunden, auf zum Treffpunkt auf dem Feldberg. Von dort, also der „Tal“-station der Feldbergbahnen, wurden wir samt Ausrüstung auf den Seebuck zum Turm hochgefahren. Das Wetter allerdings zeigte sich wenig kooperativ, ließ zu diesem Zeitpunkt aber noch Platz für Hoffnung.

So wurde sich denn auf der Aussichtsplattform im obersten Stockwerk des ehemaligen Sendeturms erst einmal „häuslich“ eingerichtet. Peter Dietrichs Großfernglas und Hartwig Nahmes Cassegrain wurden aufgebaut und in Ermangelung himmlischer Objekte - es war ja noch hell und immer noch bewölkt - auf Windräder in der Ferne gerichtet. Das Interesse war dennoch groß und auch viele Kinder wurden ans Okular gehoben. Der Publikumsandrang erwies sich als genau richtig - nicht zu wenig, aber auch kein Gedränge; ich schätze mal ca. 80 bis 100 Personen im Laufe des Abends.

Parallel dazu fanden ein Stockwerk darunter die Vorträge von Hartwig Nahme: „Meteorite, Meteorströme und deren Ursachen“ und von Peter Dietrich: „Unterschiede zwischen visueller Beobachtung und Fotografie“ statt und waren gut besucht. So gut, dass Herr Nahme seinen Vortrag sogar freundlicherweise zweimal hielt, da der Vortragsraum sich als zu klein erwies.



Inzwischen war es draußen auf der Aussichtsplattform dunkel geworden, jedoch der Himmel hielt sich nach wie vor bedeckt – wir Sternfreunde waren den Perseiden wohl völlig schnuppe!

Ein kleiner Trost bestand in dem Catering Angebot der beiden freundlichen Damen des Veranstalters, Frau Julia Faller und Frau Jeanette Lacher. Gegen 22.00 Uhr neigte sich die Veranstaltung dem Ende zu, zumal auch die letzte Seilbahn zu dieser Zeit hinunterfuhr. Bei klarem Himmel wäre es wünschenswert gewesen, dass die Bahn den Betrieb verlängert hätte.

Auch wenn der Wettergott nicht mitgespielt hat, war es dennoch ein gelungener Abend mit vielen Gesprächen am Rande über astronomische Erscheinungen und Beobachtungen, unseren Verein und dessen Möglichkeiten. Wir sind mit den beiden genannten Vertreterinnen der Feldbergbahnen so verblieben, dass wir uns an einer weiteren Beobachtungsnacht gerne wieder beteiligen möchten.



Grillfest auf der Sternwarte

mit Sonnenbeobachtung am 22. Juli 2023

Andreas Reichenbach

Es war eine unsichere Woche. Wie das Wetter am Samstag, den 22.07. würde, wussten wir erst wenige Tage vorher. Der Samstag zuvor, an dem unsere öffentliche Beobachtung zur Nachtfahrt der Schauinslandbahn stattfand, wurde durch schwere Unwetter begleitet. Entsprechend hofften wir auf keine Wiederholung solcher Wetterlagen.

Sonnenteleskopen aufgelockert. Gegen 18 Uhr bot sich uns die Möglichkeit, Teile des Sonnenobservatoriums bei einer Führung von Rolf Schlichenmaier zu besichtigen. Die ca. 25 anwesenden Mitglieder mussten wir auf mehrere Führungen aufteilen, damit jeder den Spektroheliographenturm des Instituts erklimmen konnte.

Mit einsetzender Dämmerung bauten wir den Refrak-



Am Samstag selber waren wir vom guten Wetter überrascht. Dank Volkers Hilfe und einem geliehenen Transporter konnten wir die gemieteten Bierbankgarnituren problemlos auf den Schauinsland bringen. Dort angekommen bauten Ursel Buß, Johannes Rodloff und Lennart Hagemann die Tische, Volker Buß und ich die neuen Sonnenschirme und den Grill auf.

Gegen 15 Uhr kamen auch schon die ersten Mitglieder. Das Salatbuffet war schnell gefüllt und wir kamen gut ins Gespräch. Das Essen wurde durch Sonnenbeobachtung an Hartwig Nahmes und Bernhard Flucks

tor der Westkuppel und das C14 auf und beobachteten die wenigen sichtbaren Objekte. Gegen 21 Uhr lief unser Grillfest langsam aus und wir begannen mit dem Abbau.

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Helfern bedanken, die unser Grillfest ermöglicht haben. Es war ein gelungener Abend, den wir auf jeden Fall nächstes Jahr wiederholen möchten.



Sehen ... staunen

Plädoyer für die Himmelsbeobachtung mit bloßem Auge

Gerhard Herzog

Inzwischen sind es die Meisten von uns ja gewohnt: Je höher die Auflösung, die Brillanz einer Fotografie, je höher die gebotene Datenfülle in einem Dokument, desto wertvoller erscheinen uns Beiträge zu dem von uns betriebenen Zeitvertreib! Aber, so wagt der Autor zu fragen, ist da nichts weiter? Haben wir tatsächlich inzwischen vergessen, was uns einst „zu den Sternen verschlagen“ hat? Haben wir die Abendstunden, an denen uns – beispielsweise – unser Vater gelehrt hat, uns am Sternenhimmel zurecht zu finden, wirklich aus unserem Gedächtnis gestrichen? Die ausgestreckte Hand und den Satz: „Schau mal da rüber, der rötliche, das ist Arktur“?

Schauen! Ganz einfach mit dem bloßen Auge! Mit dem Instrument, das uns von Natur aus ermöglicht, zum ersten Mal in das Weltall vorzudringen. Und müssten wir nicht wieder und wieder staunen, welch ein leistungsfähiges Empfängerorgan uns gegeben ist? Denn nichts anderes stellt doch – im kybernetischen Sinn – unser Auge dar. Will sagen: Wissen wir noch zu schätzen, was uns schon rein biologisch an Wandelbarkeit dieses Organes geboten wird? Wechselnde Pupillengrößen, anpassbare Lichtempfindlichkeit bezüglich der Stärke des Lichtstromes, der Wellenlänge des Lichtes. Die Möglichkeit, auf der einen Seite schon geringe Farbunterschiede, auf der anderen Seite auch noch feinste Helligkeitsunterschiede (dann allerdings farblos) wahrzunehmen.

Deswegen „bricht“ der Autor an dieser Stelle „eine Lanze“ für eine manchmal ausgestorben erscheinende Tugend: Der Beobachtung des Sternenhimmels mit dem bloßen Auge! Wer dieses zumindest ab und an bewusst tut, so glaubt der Autor fest, verliert sich – einfach aus dem Staunen heraus – nicht so schnell, und vielleicht sogar leichtfertig, im Wust von Winkelauflösungen, von B/V Helligkeiten, von Hochglanzanforderungen



Komet Hale-Bopp am 28.03.1997. 35 mm Weitwinkel auf Fotostativ. Die Aufnahme gibt ungefähr den visuellen Eindruck wieder.

Foto: Gerhard Herzog

an Fotografien. Und noch eines kommt hinzu: Wer so zu sehen (und zu staunen) entweder neu erlernt oder es noch nicht verlernt hat, der dürfte, wenn es einmal darauf ankommen sollte, selbst ohne Teleskop zu einem glaubhaften, zu einem begeisternden Botschafter unseres schönen Hobbies werden. Deswegen die Aufforderung: Probiert es doch mal wieder! Denn, auch wenn es noch einmal wiederholt wird: „Ein Staunender kann staunen machen“. Und dies ist etwas, was auch unserer Gemeinschaft nur zum Vorteil gereichen kann. Dies jedenfalls wünscht sich von Herzen: der Autor.

Eine typische Nacht auf dem Schauinsland – und Liebeserklärung an die Astrofotografie

Johannes Rodloff

Sanft klingelt der Wecker und erweckt die Vorfrende auf eine ganz besondere Nacht. Ein Blick aus dem Fenster bestätigt die Hoffnung: Die Sterne könnten heute Nacht endlich mal wieder klar am Himmel erstrahlen. Die Wetter-Apps wurden konsultiert, der wechselhafte Wetterbericht analysiert. Klare Nächte sind rar, doch die Aussicht auf ein astronomisches Schauspiel lässt die Herzen höherschlagen.

Die Sonne nähert sich dem Horizont. Spätestens mit Einbruch der Dämmerung steigt die Spannung weiter. Die Gedanken kreisen: Sollten wir den Schritt auf den Schauinsland wagen? Wie sehen die aktuellen Aufnahmen der Webcams auf dem Schauinsland, Belchen und Blauen aus? Trotz der Unsicherheit, die der Wetterbericht mit sich bringt, ist die Entscheidung gefallen. Diese einmalige Gelegenheit, die Nacht für die Sternenbeobachtung zu nutzen, darf keinesfalls ungenutzt bleiben.

Die Fahrt zur Sternwarte erweist sich als erstes Highlight des Abends. Der Schwarzwald entfaltet seine Schönheit durch eine abwechslungsreiche Landschaft und das beeindruckende Spiel des Sonnenlichts. Ein wahrer Genuss für die Sinne.

Oben angekommen, rückt die Uhrzeit ins Zentrum der Aufmerksamkeit. Wie lange wird die Phase der astronomischen Dämmerung noch andauern? Die Hoffnung auf eine wolkenfreie Nacht bleibt bestehen. Trotzdem beginnt der geschäftige Aufbau der Teleskope. Die Eile ist so groß, dass Volker um ein Haar seine wertvolle EQ8 beim Stolpern über die Eingangstreppe zu Boden fallen lässt. Gleichzeitig plagen Johannes stets fehlende Schrauben oder Werkzeuge, wenn er sich um sein Teleskop kümmert.

Nachdem das Leitrohr mit einer großzügigen Menge Klebeband mehr oder weniger stabil befestigt wurde und die Newton-Teleskope präzise ausgerichtet sind, beginnt der nächtliche Kampf mit der Software. Es wird geflucht, gern auch im badischen Dialekt, N.I.N.A. neugestartet und Windows ebenso. Die Anspannung wächst, während jeder Handgriff darauf abzielt, das Optimum aus dieser besonderen Nacht herauszuholen.

Doch es gibt Ausnahmen – wie Jakob. "Was treibt ihr hier wieder?", erklingt seine amüsierte Frage. Bei ihm läuft alles rund. Hier "alles" bedeutet mindestens drei Kameras, die Jakob während der Nacht ohne Probleme jedweder Art betreibt. Volker flucht: Der Autofokus weigert sich scharf zu stellen, das Teleskop neigt dazu, in den Boden zu fahren, Johannes denkt darüber nach, das Hobby aufzugeben und zu den visuellen Beobach-

tern zu wechseln: Die Montierung gehorcht nicht richtig, die Sternabbildungen sind weniger als perfekt, und die anfänglich klare Nacht füllt sich plötzlich, entgegen jeder Wettervorhersage, mit Wolken. Natürlich ausgerechnet wenige Minuten nachdem die Technik endlich funktioniert und die ersten Photonen gesammelt werden. Wie sollte es auch anders sein...

Lennart hingegen scheint wie vom Erdboden verschluckt. Offenbar hat er keine Lust auf die Gesellschaft des Rests von uns. Warum er sein Teleskop stets an anderen Orten aufbaut, bleibt wohl sein Geheimnis. Doch genug davon. Meist sind die Objekte, die Lennart fotografiert, von unserem Rundbau aus schwer zu erreichen.

Schließlich, wenn ordentliche Kalibrierungsaufnahmen im Kasten sind und die Ausrüstung sicher verstaut ist, freut man sich auf den Hofsgrunder Bäcker. Ein warmes Nusshörnchen im Schein des Sonnenaufgangs – ein wahrer Genuss. Ungeachtet der kleinen Herausforderungen und Hindernisse, die auftauchen mögen, ist die Hingabe an die Faszination des Universums allgegenwärtig. Egal ob in einer lauen, kurzen Sommernacht oder einer klirrend kalten Winternacht mit Inversionswetter: Der Moment, in dem die Sterne endlich sichtbar werden und die schwindende Dämmerung den Blick auf den nächtlichen Himmel freigibt, entschädigt für alle Mühen.

Diese Erlebnisse und Emotionen, genährt von der Begeisterung für die Astronomie, machen eine Nacht auf dem Schauinsland zu einem unvergesslichen Erlebnis. Wer einmal die Sommermilchstraße in einer mondlosen Nacht bewundert hat, den lässt diese Faszination wohl nie mehr los. Die Astrofotografie eröffnet uns eine einzigartige Verbindung zum Universum, eine Pforte zu den fernen Sternen, die uns in ehrfürchtigem Staunen zurücklässt.



Der Schauinsland –

Natur und Umwelt unseres Hausberges

Gundo Klebsattel

Mit einer Gipfelhöhe 1284 m ü. NN überragt der Schauinsland die Stadt Freiburg und ihr Umland um rund 1000 Meter wobei der Gipfel vom Freiburger Münster in Luftlinie nur 10 Kilometer entfernt ist.

So genießen die Freiburger und ihre Gäste einen Vorzug, den keine andere deutsche Großstadt in dieser Form bietet: Ein Hausberg in einer anderen Klimazone als äußerst vielseitiger Natur- und Erlebnisraum unmittelbar vor der Haustür (Abb. 1, 2).



Abb. 1: Kulturlandschaft am Schauinsland. Ansicht von Südwesten

Mit dem Auto über gut ausgebaute Straßen (Rennstrecke), mit Bussen oder mit der Schauinslandbahn ist er in kaum einer halben Stunde schnell zu erreichen. Die Schauinslandbahn ist die längste Umlaufseilbahn Deutschlands und weltweit die erste dieser Art zur Personenbeförderung. Sie wurde bereits 1930 eröffnet und bietet heute, abgesehen vom Aufstieg zu Fuß, die umweltschonendste Möglichkeit auf den Berg zu gelangen.

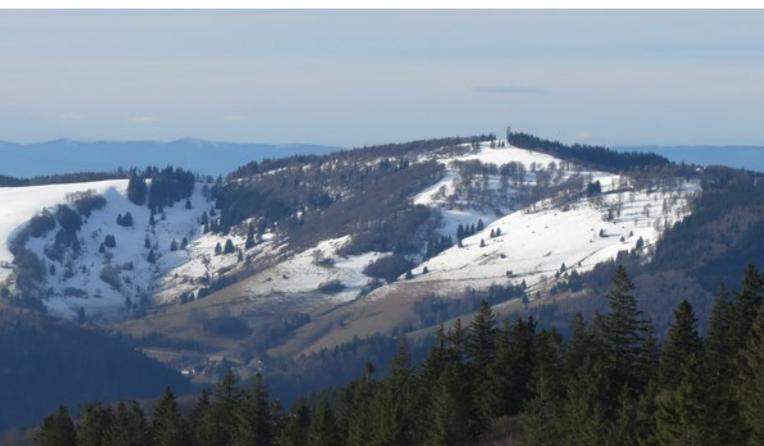


Abb. 2: Der Schauinsland von Osten

Vom Schauinsland und insbesondere von dem auf seinem Gipfel 1985 errichteten Eugen-Keidel-Turm (Abb. 7) bieten sich spektakuläre Aussichten. Der Blick schweift über Freiburg, den Kandel, das St. Wilhelmer Tal, den Feldberg, Hofgrund, die Alpen des Berner Oberlandes, den Belchen und schließlich den Blauen, der das Schwarzwaldpanorama im Süden abschließt. Jenseits der Oberrheinebene mit dem Kaiserstuhl sind die gesamten Vogesen zu überblicken.

Wie diese herausragende Lage des Schauinsland zustande kam mag ein kurzer (etwas vereinfachter) Rückblick in die Erdgeschichte erläutern. Die Gesteine, die heute den Schauinsland aufbauen entstanden im Oberkarbon vor etwa 300 Millionen Jahren. In einem gewaltigen Gebirgsbildungsprozess wurden in Tiefen von mehreren (bis 50) Kilometern vorhandene ältere Gesteine durch die dort herrschenden hohen Temperaturen und Drücke umgewandelt (Amphibolit, Migmatit, Gneis). Teilweise wurden sie sogar vollständig aufgeschmolzen (Granit, Granitporphyr). Diese Gesteine bezeichnet man zusammenfassend als Grundgebirge. Einige typische Blöcke sind am östlichen Aufstieg zum Schauinslandgipfel zusammengetragen und auf einer Tafel erläutert. Das am Schauinsland verbreitetste Gestein ist der Migmatit (Abb.3). Seine Hauptminerale sind die



Abb. 3: Migmatit ist das verbreitetste Gestein am Schauinsland

hellen Minerale Feldspat und Quarz, sowie der dunkle Glimmer (Biotit). Das Gefüge des Gesteins deutet auf teilweise Aufschmelzung von Gneis (dunkel, feinkörnig), Ausscheidung heller Quarz-Feldspat-Adern und Neukristallisation hin. Deutlich ist die plastische Verformung während dieser Vorgänge zu erkennen.

Das bei diesem Gebirgsbildungsprozess entstandene „Variskische Gebirge“ wurde im Laufe der Jahrmillio-

nen wieder abgetragen und die in großer Tiefe entstandenen Gesteine fanden sich an der Erdoberfläche wieder. Verwitterung und Erosion nagten weiter an ihnen bis eine große weite ebene Fläche entstanden war. Auf dieser Rumpffläche lagerte sich dann im Erdmittelalter (Trias und Jura) ein mehr als ein Kilometer mächtiges Paket von Sedimentgesteinen ab. In Unterscheidung zum Grundgebirge nennt man die Gesamtheit dieser Sedimente Deckgebirge. Die Ablagerungen endeten, weil sich seit der Oberkreide die Erdkruste im Bereich des heutigen Süddeutschlands und des östlichen Frankreichs langsam aufwölbte.

Im Tertiär (vor etwa 50 Mio. Jahren) brach der Scheitbereich dieser Aufwölbung ein. Als zentraler Teil einer Bruchstruktur, die sich vom Mittelmeer bis nach Norwegen verfolgen lässt, entstand der Oberrheingraben. Hier weitete sich die Erdkruste und zerbrach in eine Vielzahl von Schollen, die im Graben teilweise über 3000 Meter absanken. Dieser Graben wurde im Tertiär mit unterschiedlichen Sedimenten verfüllt, auf denen schließlich der Rhein noch ein mächtiges Paket Kies und Schotter ablagerte. Parallel zur Absenkung des Grabens vollzog sich die Heraushebung der sogenannten Grabenschultern, Schwarzwald und Vogesen. Besonders an den am höchsten herausgehobenen Teilen des Gebirges hatte die Erosion leichtes Spiel und hat das gesamte Schichtpaket des Deckgebirges vollständig abgetragen, so dass heute im Hochschwarzwald wieder das alte Grundgebirge an der Erdoberfläche ansteht.

In den nördlichen und östlichen Teilen des Schwarzwaldes ist von den Ablagerungen aus dem Erdmittelalter noch der Buntsandstein vorhanden. Weiter im Osten, in der Schwäbischen Alb, ist das gesamte Deckgebirge bis zum Jura erhalten. Auch dem Schwarzwald vorgelagert finden sich noch einige Schollen des Deckgebirges in der sogenannten Vorbergzone. Diese Schollen waren in dem sich öffnenden Oberrheingraben zunächst abgesunken, wurden dann aber von dem sich heraushebenden Schwarzwald wieder in die Höhe gezogen. So bauen Gesteine des Jura und des Tertiär den Schönberg auf und in der Lahr-Emmendinger Vorbergzone ist der Buntsandstein weit verbreitet.

Auch die Eiszeiten haben deutliche Spuren am Schauinsland hinterlassen. Beim Blick von Osten auf das Schauinslandmassiv fällt die große Mulde eines Kars auf (links in Abb. 2).

Bei dieser bewegten Erdgeschichte erstaunt es nicht, dass das Grundgebirge vielfach zerbrochen ist. Ist das Gestein lediglich zerbrochen dann spricht man von einer Kluft. Sind die ursprünglich zusammenhängenden Gesteinsbereiche gegeneinander verschoben, liegt eine Verwerfung vor. Ist es teilweise zersetzt und zerrüttet, dann handelt es sich um eine sogenannte Störung.

In den Klüften und Störungen konnten mineralhaltige Wasser zirkulieren. Ähnlich wie sich in Rohren und



Abb. 4: Bleiglanz (silbern), verwachsen mit Quarz (grau) und Schwerspat (weiß), enthält 0,1% Silber. (Bildbreite 10 cm)

Wasserkesseln Kalk ablagern kann, so wurden auf den Oberflächen der sich öffnenden Klüfte die im Wasser gelösten Mineralien abgeschieden. Eine mit Mineralien ganz oder teilweise verfüllte Kluft nennt man „Gang“. Die Dicke solcher Gänge (der Bergmann spricht von Mächtigkeit) reicht von wenigen Zentimetern bis in den Meterbereich. Am Schauinsland bestehen die Gänge meist aus Quarz und Schwerspat, manchmal auch aus etwas Kalkspat. Aber nicht nur! In einigen Bereichen treten Erzminerale hinzu, die die Gänge schon vor über tausend Jahren für den Bergbau interessant machten. Das Hauptziel des mittelalterlichen Bergbaus war das Silber. Das Silber findet sich aber nur äußerst selten als gediegenes, metallisches Silber. Auch sonstige Silbererze sind am Schauinsland selten. Das Silber kommt hauptsächlich in geringen Konzentrationen (Größenordnung 0,1%) im Bleiglanz vor (Abb. 4). Dieser wurde von den Bergleuten abgebaut und in einem aufwändigen Prozess wurde das Silber daraus gewonnen.

Aus dem Silber aus dem Schauinsland wurden in der Münze in Freiburg sogenannte „Rappenpfennige“ geprägt. Das sind dünne, einseitig geprägte Münzen (Brakteate). Das typische Münzbild der Freiburger Münzen ist der Adlerkopf nach links (Abb. 5).

Abb. 5: Freiburger Rappen aus Silber vom Schauinsland (2. Hälfte des 14. Jh.)



Als anschauliches Bildzeugnis des mittelalterlichen Bergbaues zeigt das Tulenhaupt-Fenster (um 1335) im Langhaus des Freiburger Münsters die Arbeit der Bergleute der Grube Dieselmuot „mit Schlägel und Eisen“ (Abb. 6).



Abb. 6: Tulenhaupt-Fenster: Glasfenster im Langhaus des Freiburger Münsters (um 1335)

Neben dem Bleiglanz gewann im 19. Jahrhundert die Zinkblende, die für die alten Bergleute noch wertlos war, an Bedeutung. Sie wurde abgebaut bis 1954 die Grube Schauinsland als letztes Metallerg-Bergwerk des Schwarzwaldes aus Rentabilitätsgründen geschlossen wurde.

Im Schauinsland verlaufen mehrere annähernd senkrecht stehenden Erzgänge etwa in NNO-SSW-Richtung, die über mehr als 800 Jahre abgebaut wurden. Es entstand im Laufe der Jahrhunderte ein beeindruckendes Grubengebäude (so nennt man die Gesamtheit der untertägigen Hohlräume eines Bergwerkes), das sich vom Gipfelbereich des Schauinslands über 900 Höhenmeter bis in das Niveau des Dreisamtales erstreckt. Die Gesamtlänge der aufgefahrenen Stollen wird auf 100 Kilometer geschätzt. Ohne Übertreibung kann der Schauinsland als das bedeutendste Bergbaurevier des Schwarzwaldes bezeichnet werden.

Insbesondere der Silberbergbau des Mittelalters hat Freiburg und der Region Wohlstand gebracht und den Bau des Münsters ermöglicht. Umfangreiche Halden des Bergbaus kann der aufmerksame Wanderer auch heute noch vielerorts wahrnehmen.

Die faszinierende Welt des Bergbaus wurde der Öffentlichkeit durch die Forschungsgruppe Steiber zugänglich gemacht, die seit 1997 das Besucherbergwerk betreibt (Steiber 1986).

Wahrscheinlich war der riesige Holzbedarf des Bergbaues auch die Ursache, dass der heutige Besucher am Schauinsland eine sehr offene, abwechslungsreiche Kulturlandschaft aus Wiese, Weide, Baumbeständen und Wäldern vorfindet. Ohne eine dauerhafte landwirtschaftliche Bewirtschaftung würde sich der Wald ausbreiten und die herrlichen Aussichten gingen verloren.

Dass das Leben der Bauern in dieser Umgebung in früheren Zeiten alles andere als einfach war lässt sich im Schniederlihof nachvollziehen. Der 1593 erbaute Hof war bis 1966 bewirtschaftet, stand danach leer und war vom Verfall bedroht. Die Gemeinde Hofgrund/Oberried konnte ihn erwerben und in Abstimmung mit dem Denkmalamt 1972 zum Bauernhausmuseum umgestalten.

Vielfältig sind die Bemühungen die wertvolle Kulturlandschaft am Schauinsland durch geeignete Schutzmaßnahmen zu erhalten. Seit 2002 sind Teile des Schauinslands als Naturschutzgebiet ausgewiesen. Im §3 der Verordnung des Regierungspräsidiums Freiburg über das Natur- und Landschaftsschutzgebiet „Schauinsland“ vom 12. Dezember 2002 wird zusammengefasst:

„Der Schutzzweck des Naturschutzgebietes ist die Erhaltung und Entwicklung der Natur und Landschaft am Schauinsland als

- bedeutendes Zeugnis der Landschafts- und Naturgeschichte im Hochschwarzwald, insbesondere als Dokument der eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Landschaftsentwicklung;
- Gebiet von großer räumlicher und struktureller Vielfalt mit dem Vorkommen landschaftsprägender Wetterbuchen, zahlreicher zum Teil geschützter Biotope wie Extensivweiden, Moore, Feuchtwiesen, Quellen, Felsen, Steinriegel, Gehölze, naturnahe Bergwälder und auf den ehemaligen Bergbau zurückgehende Abraumphalden;
- Lebensraum vieler gefährdeter und seltener Tier- und Pflanzenarten, besonders hochmontan verbreiteter Eiszeitrelikte sowie als bedeutendes Vogelzuggebiet, außerdem Teil des Europäischen ökologischen Netzes „Natura 2000“;
- repräsentativer Ausschnitt der Hochschwarzwälder Kulturlandschaft von besonderer Schönheit und hohem Erlebniswert;
- hervorragendes Demonstrations- und Forschungsobjekt für die Wissenschaft.“

Viele der vorkommenden Lebensräume und Arten sind auch europaweit gefährdet, daher erhielt der Schauinsland zusätzlich den Schutzstatus der EU als „Natura 2000-Gebiet“.

In Anbetracht der Vielfalt der Kulturlandschaft überrascht es nicht, dass Teile des Südschwarzwaldes seit 2017 die internationale Anerkennung als UNESCO-Biosphärenreservat erlangt haben. Der Schauinsland bildet die nordwestliche Ecke des „Biosphärengebietes Schwarzwald“. Biosphärengebiete sind nicht Schutzgebiete im engeren Sinne, wo die Natur vor dem Menschen geschützt wird, sondern Beispiele dafür, wie biologische Artenvielfalt und Kulturlandschaft mit bzw. durch den Menschen erhalten und nachhaltig entwickelt werden können (Konold 2018).

Abb. 7:
Eugen-Keidel-Turm
auf dem
Gipfel des
Schauins-
land (1284
m ü.NN)



Da die Lufttemperatur im Mittel pro hundert Meter Höhe um etwa $0,6^\circ$ absinkt, ist der Schauinsland in jeder Jahreszeit ein sehr reizvolles Ziel. Im Sommer kann man der schwülen Hitze der Oberrheinebene entfliehen; im Winter lässt man den Nebel der Tieflagen unter sich und genießt eine herrliche Schneelandschaft in der Sonne (Abb. 7).

Welch dramatische Wind- und Wetterverhältnisse am Schauinsland möglich sind, zeigen die Windbuchen im Bereich der Halde, die einzigartig im Schwarzwald sind. Freistehende Weidbuchen wurden durch vorherrschende starke Westwinde zu bizarren Baumpersönlichkeiten geformt. Einen besonderen Reiz hat es, auf dem Schauinsland, insbesondere im Bereich der Windbuchen, die Nachmittagsstimmung und den Sonnen-

untergang zu erleben. (Abb. 8).

Besonders interessant ist dabei der Zeitraum zwischen Ende November und Mitte Februar. Die Sonne geht dann nicht wie im Sommer in den Baumwipfeln der Vogesen unter, sondern weiter südlich über dem Sundgau. Die Sonne kann deshalb besonders tief in die Luftschichten eintauchen, bevor sie hinter dem 80 km entfernten Horizont verschwindet. Wenn ausreichend Dunst in der Atmosphäre es ermöglicht, die rote, untergehende Sonne direkt zu betrachten, fasziniert im Fernglas oder Teleobjektiv ein stark deformiertes Sonnenscheibchen mit oft bizarren seitlichen Rändern und manchmal Andeutungen von „Grünem Strahl“ am oberen Rand (Abb. 9).

Abb. 8:
Winterliche Nach-
mittags-
Stimmung
an der
Halde





Abb. 9: Durch Refraktion extrem deformierte Sonne kurz vor dem Untergang

Nach dem Sonnenuntergang sind die farbigen Dämmerungserscheinungen am Schauinsland in der klaren Luft der Höhe sehr intensiv.

Besonders für Sternfreunde haben die Nächte am Schauinsland einen sehr großen Reiz. Die horizontnahen Himmelsbereiche werden zwar durch die Lichtkegel über den Städten Zürich, Basel, Mulhouse, Colmar und natürlich Freiburg stark aufgehellt. In der oberen Hälfte des Firmamentes ist der Sternenhimmel aber

großartig. Ob mit dem freien Auge, einem kleinen Fernglas oder einem Teleskop beliebiger Größe, es gibt immer etwas Schönes zu bestaunen, auch wenn nicht gerade ein heller Komet am Himmel steht, wie NEO-WISE im Juli 2020 (Abb. 10).

So sind es insbesondere auch die Sternfreunde Breisgau, die seit 50 Jahren die guten Beobachtungsbedingungen auf dem Schauinsland nutzen.

Quellenhinweise:

Geyer, Otto und Gwinner, Manfred: Geologie von Baden-Württemberg. Stuttgart, 1991

Kohlhepp, Dieter: Schauinsland. Freiburg, 1993

Konold, Werner; Seitz, Bernd-Jürgen: Das Biosphärengebiet Schwarzwald – Mensch und Natur im Einklang. Tübingen, 2018

Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg i.Br. (Hrsg.): Die Erzlagerstätte Schauinsland bei Freiburg im Breisgau. Band 92, Heft 1, 2002

Steiber, Berthold: Der Schauinsland - Geschichte Geologie Mineralien. Freiburg, 1986

Alle Fotos in diesem Beitrag: Gundo Klebsattel

Abb. 10: Aufgang des Kometen NEOWISE über dem Schauinsland am 12. Juli 2020



Ein Sonnensystem für Freiburg

2,8 km von der Sonne zum Neptun entlang der Dreisam

Christian Dombrowski



Abb. 1: Eröffnung des Planetenwegs am 10. Oktober 2008: Aaron Keller zieht die Decke vom Sonnenmodell. Daneben sein Vater Armin Keller, der Initiator des Projekts. Rechts der städtische Schirmherr des Planetenwegs, Kulturbürgermeister Ulrich von Kirchbach. Im Hintergrund Vertreter der Presse, des IB Bildungszentrums, der Sternfreunde Breisgau, des Planetariums und interessierte Freiburgerinnen und Freiburger

Die Welt besteht überwiegend aus Leere. Das überrascht. Doch vor dem ganz Großen und vor dem winzig Kleinen versagt die menschliche Vorstellungskraft. Nur im Modell lässt sich annähernd anschaulich machen, was es mit einem Atom oder einem Sonnensystem auf sich hat.

Solche Gedanken gingen dem Gartenbauingenieur Armin Keller durch den Kopf, als er vor mehr als zwanzig Jahren im Elsass, in Hüningen, den dortigen Planetenweg entlangradelte. „So etwas müsste es auch in Freiburg geben!“, sagte er sich. Doch erst, als im August 2005 sein Sohn Aaron zur Welt gekommen war, wurde der Plan konkreter. „Ich bin mit dem Kleinen durch Wälder und Felder gegangen, während er im Kinderwagen schlief oder schlafen sollte“, erinnert sich Armin Keller. „Stundenlang! Dabei hat man reichlich Zeit nachzudenken, und mir kam meine Idee mit dem Planetenweg wieder in den Sinn. Damals habe ich damit begonnen, mir konstruktive Details auszudenken.“

Herr Keller arbeitet als Ausbilder beim IB Bildungszentrum Freiburg. Er kennt mich aus beruflichen Zu-

sammenhängen. Über unser gemeinsames Hobby, die Astronomie, hatten wir uns oft ausgetauscht und ich hatte ihm viel von den „Sternfreunden Breisgau“ erzählt. Als Herr Keller mich bat, die Texte zu den Informationstafeln für die einzelnen Planeten zu verfassen, habe ich begeistert zugesagt.

Auszubildende beim Bildungszentrum errichteten die Planetenstelen: Deren Säulen bestanden aus Edelstahl und erhoben sich über einem Quadrat aus Granitsteinpflaster. Obenauf saßen auf kleinen Stiften die Planetenkugeln. „Es mussten Genehmigungen beschafft werden, die Standortfrage an der Dreisam musste geklärt werden, es mussten Unterstützer für das Material gewonnen und Finanzpartner gefunden werden – der Planetenweg hat über



Abb. 2: Jupiter und Erde im Größenvergleich



Abb. 3: Aufsetzen des erneuerten Saturn am Freiburger Planetenweg am 08.06.2010 nach einem Vandalismusschaden. Unter den Planeten sind Erläuterungstafeln angebracht. Im Bild (von rechts nach links): Armin Keller, Christian Dombrowski und Rainer Glawion bei der Planetenwegsführung eines „Naturwissenschaft und Technik“- Seminars der Universität Freiburg.

12.000 € gekostet“, erinnert sich Armin Keller. „Viel Arbeit, das meiste davon in der Freizeit.“

Endlich war es geschafft: Zwischen der Ebnetter Brücke und der Brücke bei der Fabrikstraße stand ein Abbild des Sonnensystems. Sonne und Neptun trennten im Modell 2,8 Kilometer – 1 Kilometer Dreisam entsprach also der Strecke von 1,6 Milliarden Kilometern im All. Was für ein feierlicher Moment, als Aaron Keller – inzwischen drei Jahre alt – die Verhüllung vom Sonnenmodell bei der Ebnetter Brücke fortzog und sein Vater den Planetenweg für eröffnet erklärte!

Der Weg wurde ein beliebtes Ziel für große und kleine Dreisam-Besucher, die zwischen den Planeten spazieren gingen und sich über das Sonnensystem informierten. Wer sich dabei im normalen Fußgängertempo bewegte, hatte im Modell schon die mehrfache Lichtgeschwindigkeit – und konnte ahnen, wie langsam das Licht eigentlich ist, jedenfalls im Vergleich zu den ungeheuren Weiten, die es durchmisst. Auch die Leere des Alls wurde deutlich: Der nächste Fixstern, Proxima

Centauri, wäre bei entsprechendem Maßstab bereits 25.000 Kilometer von Freiburg entfernt und befände sich in der Antarktis!

Leider gibt es den Freiburger Planetenweg nicht mehr. Denn immer wieder wurden Modelle abgebrochen oder ganze Stelen aus der Verankerung gerissen und in die Dreisam geworfen – meist nach Fußballspielen, mutmaßlich durch enttäuschte Fans. Nur das Sonnenmodell bei der Ebnetter Brücke und die Neptunstele bei der Fabrikstraße stehen noch. Vielleicht wäre ein anderer Standort geeigneter? Bloß welcher? Da die Spiele des SC mittlerweile im Freiburger Westen ausgetragen werden, bietet sich eventuell auch die Dreisam für einen weiteren Versuch an. Herr Keller wäre dazu bereit – er bittet aber um Mithilfe. Vielleicht ein Projekt der „Sternfreunde“ für die Zukunft?

Ideen und Anregungen bitte an:
chridombrowski@aol.com

Netzauftritt: <http://freiburger-planetenweg.de/>

Freiburger Planetenweg jetzt auch in Namibia

2 km durch die Savanne mit Zebras, Antilopen und Pavianen

Rainer Glawion

Würde man den Freiburger Planetenweg, dessen Texte unser Vereinsmitglied Christian Dombrowski verfasst hat, bis nach Namibia verlängern, hätte man fast die halbe Strecke bis zu unserem nächsten Fixstern Alpha Centauri zurückgelegt. Dies war aber nicht der eigentliche Grund, warum wir einen Planetenweg auf der Astro-Gästefarm Hakos am Rand der Namib-Wüste anlegten. Ein Artikel in der Allgemeinen Zeitung Windhoek ließ uns aufhorchen: Es gab in ganz Afrika erst einen einzigen Planetenweg, und der steht seit 2005 in Swakopmund. Allerdings besteht der Planetenweg nur aus Betonsockeln mit eingravierten Namen und Umrissen der Planeten. Auf Hakos wollten wir dagegen ein erweitertes Konzept umsetzen, das sich schon beim Freiburger Planetenweg bewährt hat.

Aller Anfang ist schwer

Aber Namibia ist nicht der Breisgau. Zebras und Antilopen, die Pfosten und Lehrtafeln umrennen, Paviane, die mit Planetenkugeln Billard spielen, sind in Freiburg eher unbekannt. Daher war eine sorgfältige Vorplanung notwendig. Wie können die Einrichtungen wildtiersicher gemacht werden? Welche Materialien widerstehen der intensiven Sonnenstrahlung in Namibia? Wo kann der Planetenweg in dem unwegsamen Gelände der Farm angelegt werden?

Im einzigen Baumarkt von Windhoek begann die praktische Planung. Was wir in diesem Baumarkt verfaßten, musste auf Hakos improvisiert werden. Denn wegen einer fehlenden Schraube 270 km weit zu fahren, war ausgeschlossen. Schockiert waren wir über die hohen Holzpreise. 300 Euro für acht Holzpfähle war schon ein großer Brocken. Glücklicherweise gibt es nur noch acht Planeten. Dazu kamen noch Farben für die verschiedenen Planeten, Holzschutz, Lack, Pinsel, Schrauben, Bleche, Eisenpfosten,.... so wurde der Einkaufswagen recht voll.

Konzept

Auf der Astrofarm Hakos wollten wir ein neues Konzept der Naturinterpretation umsetzen, das in meiner Arbeitsgruppe am Institut für Physische Geographie der Universität Freiburg in Form zahlreicher Themenpfade auf dem Kandel, dem Belchen und dem Schönauer Ferienland im Schwarzwald bereits angewandt wird. Nach einer Namibia-Exkursion im Jahr 2011 mit 20 Geographiestudenten aus Freiburg kehrte der Student Thomas Roßwog mit mir nach Hakos zurück, um den Planetenweg zu errichten. Thomas Roßwog stu-

dierte Physik und Geographie und hatte eine Feinmechaniker-Ausbildung gemacht.

Wegen der zu erwartenden Wildtierschäden kam ein Planetenweg mit Erläuterungstafeln, wie sie am Freiburger Planetenweg verwirklicht sind, nicht in Betracht (Abb. 1, vergleiche mit Abb. 3 im nebenstehenden Bericht von Christian Dombrowski über den Freiburger Planetenweg). Robuste Pfosten mit darauf montierten



Abb. 1: Thomas Roßwog bei der Aufstellung des Saturn am Hakos-Planetenweg in Namibia, der die Planeteninformationen in einer Broschüre enthält (siehe Abb. 2).

Planetenkugeln sowie aufgemalten Planetennamen waren das Einzige, was den harschen Umweltbedingungen ausgesetzt werden konnte. Stattdessen sollten die Zusatzinformationen zu den Planeten auf einer Begleitbroschüre gedruckt werden, die den Gästen auf der Astrofarm Hakos in die Hand gegeben wird (Abb. 2).

Wichtig für das neue Konzept war, dass nicht nur die Daten der Planeten (Durchmesser, Sonnenabstand,...) vermittelt werden, sondern zusätzliche Erläuterungen, die neugierig machen und so anschaulich sind, dass sich jeder Besucher angesprochen fühlt und sich die Dimensionen des Sonnensystems vorstellen kann. Dieses Konzept war auf dem Freiburger Planetenweg, der von Armin Keller mit den Auszubildenden des Internationalen Bundes erstellt wurde, bereits vorbildlich umgesetzt worden. Christian Dombrowski, freier

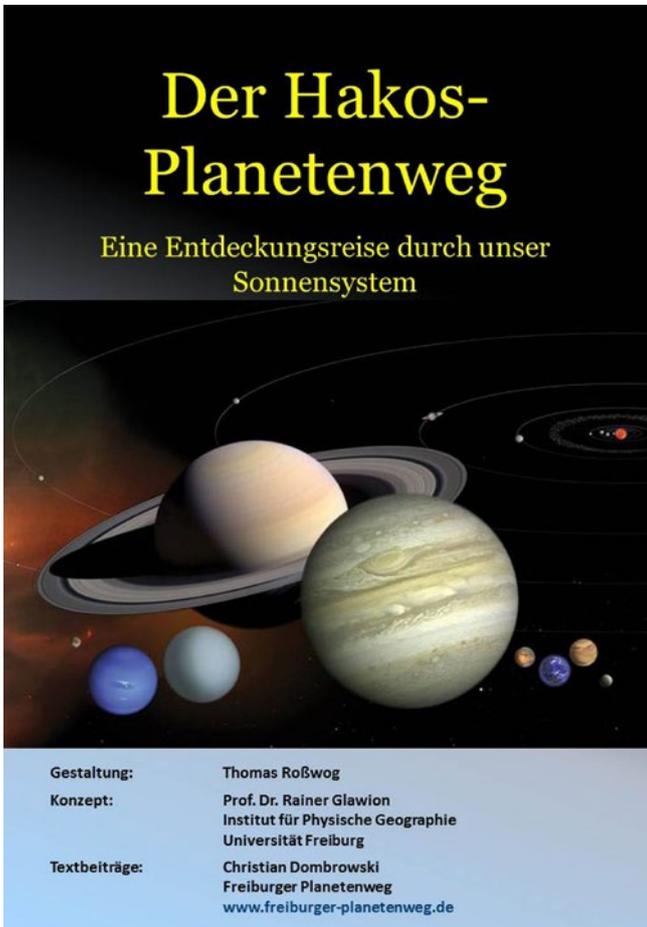


Abb. 2: Titelseite der elfseitigen Begleitbroschüre zum Hakos-Planetenweg

Journalist und Mitglied der Sternfreunde Breisgau, hat mit seinem freundlichen Einverständnis zur Mitverwendung seiner Texte des „Freiburger Planetenweges“ wesentlich zum inhaltlichen und didaktischen Teil des Planetenweges in Namibia beigetragen (Abb. 3).

Die Zielgruppe des Hakos-Planetenweges sind in erster Linie interessierte Gäste ohne astronomische Fachkenntnisse, die mit der Begehung des Planetenweges und einer abendlichen Sternführung ein abgerundetes Einführungsprogramm in die Astronomie auf der Gästefarm vermittelt bekommen.

Tabelle 1: Daten zum Planetenweg auf Hakos (Länge 2,0 km)

	Abstand zur Sonne		Durchmesser	
	Mio. km	Maßstab 1:2,25 Milliarden	km	Maßstab 1:1,125 Milliarden
Sonne	-	-	1.392.000	1,24 m
Merkur	58	25 m	4.880	4,3 mm
Venus	108	48 m	12.100	10,8 mm
Erde	150	67 m	12.750	11,3 mm
Mars	228	100 m	6.800	6,0 mm
Jupiter	778	346 m	142.800	12,7 cm
Saturn	1434	637 m	120.500	10,7 cm
Uranus	2872	1,276 km	51.000	4,5 cm
Neptun	4495	2,000 km	49.400	4,4 cm

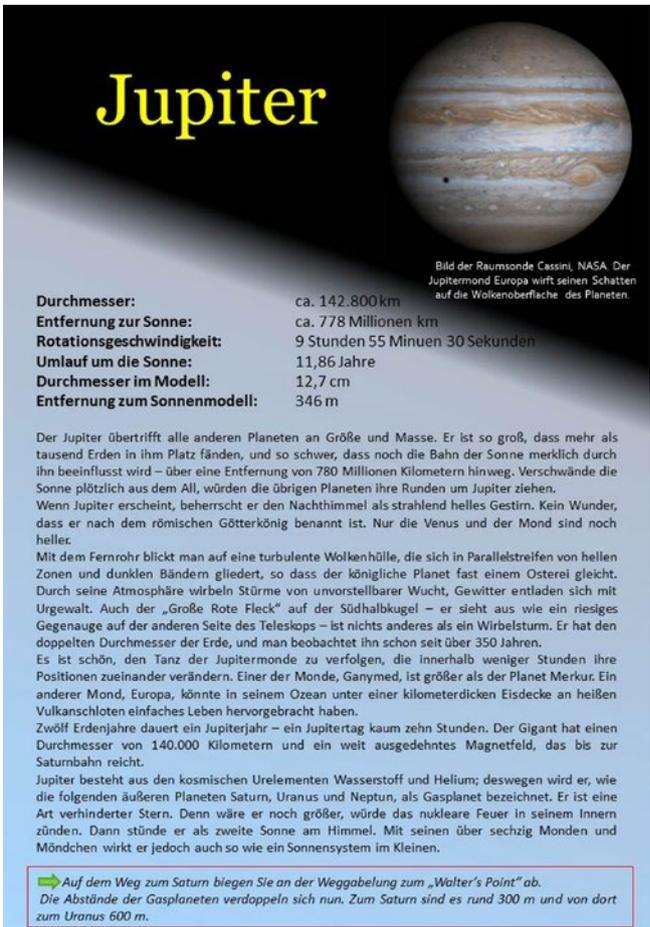


Abb. 3: Beispielseite aus der Begleitbroschüre zum Hakos-Planetenweg. Die inhaltlichen Erläuterungen zum Jupiter wurden vom Freiburger Planetenweg übernommen.

Aufbau

Zuerst musste ein geeigneter Farmweg auf Hakos gefunden werden. Es stellte sich heraus, dass ein 2 km langer Weg zu einem Aussichtspunkt am besten geeignet war, weil er von den Gästen wegen des Panoramablicks und der Zebrabeobachtung häufig begangen wird und am Endpunkt Blickkontakt zur Farm, dem

Ausgangspunkt des Planetenweges mit der Sonne hat – wichtig für das Staunen, wenn man am Neptun angekommen ist und zurückschaut („Was, so weit ist die Sonne vom Neptun entfernt...“).

Durch die Weglänge von 2 km ergibt sich ein Maßstab von 1:2,25 Milliarden für das Planetensystem. Damit schrumpfen die Planeten auf wenige Millimeter bis Zentimeter - so dass wir uns entschlossen, den Maßstab der Planeten zu verdoppeln. Damit hat Merkur immerhin 4,3 mm Durchmesser, Jupiter 12,7 cm und die Sonne 1,2 Meter (s. Tab. 1). Eine 1,2 m große Sonnenkugel zu bauen, war nicht umsetzbar. Stattdessen wurde eine entsprechend große orange-gelbe Scheibe auf die Mauer am Eingang zur Gästefarm montiert, die gleichzeitig alle ankommenden Gäste auf den Planetenweg hinweist (Abb. 4).



Abb. 4: Die 1,2 m große Sonnenscheibe ist der Startpunkt des Hakos-Planetenweges

Einfallsreichtum war gefragt, was die Fertigung der Planetenkugeln anging. Die inneren Planeten Merkur, Venus, Erde und Mars wurden aus Schraubköpfen gedreht, wobei die Schrauben gleichzeitig eine stabile Verankerung in den Pfosten gewährleisteten (Abb. 5).

Abb. 5: Die inneren Planeten werden von Thomas Roßwog aus Schraubköpfen gedreht



Die äußeren Planeten Uranus und Neptun wurden aus Eisenkugeln gedreht. Jupiter und Saturn waren das größte Problem, denn so große Eisenkugeln finden sich nicht in Windhoek. Also wurden sie aus Beton und Zement modelliert. Der Saturnring besteht aus einem Blech, das im Zement eingegossen ist (Abb. 6). Nur gut, dass die 60 Monde des Saturn nicht noch abzubilden waren....



Abb. 6: Jupiter und Saturn werden aus Beton und Zement „getöpfert“

Auch beim Bemalen der Planetenkugeln war Einfallsreichtum gefragt. Welche Details kann man bei diesem kleinen Maßstab noch darstellen? Sollen die Planeten so aussehen, wie sie im Amateurteleskop oder aber von den Planetensonden gesehen werden? Immerhin reichen die Einzelheiten, die wir versucht haben abzubilden, vom Wolkenband der inneren Tropen auf der Erde über den Großen Roten Fleck auf Jupiter bis hin zur Cassini'schen Teilung bei den Saturnringen. Alle Planeten sind auf 1,5 m hohe Holzpfosten geschraubt, die in Beton im Boden verankert sind (Abb. 7). Der Planetenweg führt am Gelände der Internationalen Amateursternwarte (IAS) vorbei.

Abb. 7: Die Holzpfosten mit den aufgeschraubten Planetenmodellen werden einbetoniert



Planetenweg 2.0

Schon nach wenigen Jahren hatten Wind, Wetter und Tiere dem Planetenweg so zugesetzt, dass er deutliche Zerfallserscheinungen zeigte. Einige Holzpfosten waren von Zebras umgeknickt, Paviane hatten ihre Kraft an den Planetenkugeln ausgelassen, die intensive Sonneneinstrahlung hatte die Farben ausgebleicht, und die starken Temperaturschwankungen zwischen kalten Nächten und heißen Tagen hatten die äußeren Schalen der mit Zement modellierten Gasplaneten Jupiter und Saturn abplatzen lassen. Mit anderen Worten: Der Planetenweg musste runderneuert werden, und zwar mit Baumaterialien, die gegen Wetter und Tiere weniger anfällig waren. Die Holzpfosten wurden durch Eisenstelen und die modellierten Gasplaneten durch Eisenkugeln ersetzt (Abb. 8). Auf einen farbigen Anstrich der Planeten verzichteten wir diesmal. Aber woher massive Eisenkugeln mit exakt den maßstabgetreuen Durchmessern bekommen? In Windhoek gab es das nicht; nach langer Suche wurden wir in Kapstadt fündig.



Abb. 8: Planetenparade. Die runderneuerten Planeten warten in der Werkstatt darauf, in ihre Umlaufbahnen gesetzt zu werden.

Im Mai 2016 war es dann soweit: Die alten verwitterten Planetenpfosten wurden durch die neuen Planeten auf Eisenstelen ausgetauscht. Zum Abschluss legten wir große weiße Quarzitsteine um die Stelen aus, damit die Zebras sich nicht mehr an den Pfosten scheuern können.

Jetzt erstrahlt der Planetenweg wieder in vollem Glanz. Die in Metallplatten eingravierten Planetennamen an den Eisenpfosten wirken sehr ansprechend. Auch die Hammerschlaglackierung der Gasplaneten sieht attraktiv aus und ist zudem wetterunempfindlich (Abb. 9).



Abb. 9: Einsam umkreist der erneuerte Saturn in der Dornsavanne Namibias in 640 m Entfernung die Astrofarm Hakos, die bei diesem Planetenweg das Zentrum des Sonnensystems darstellt.

Quellen

Dombrowski, Christian: Wohin mit dem Freiburger Planetenweg? - Mitteilungen der Sternfreunde Breisgau e.V., Heft 1/2019, S. 11-12.

Glawion, Rainer: Freiburger Planetenweg jetzt auch in Namibia. - Mitteilungen der Sternfreunde Breisgau e.V., Heft 2/2012, S. 4-7.

Glawion, Rainer: Werden und Vergehen von Planetenwegen.. - Mitteilungen der Sternfreunde Breisgau e.V., Heft 2/2020, S. 5-10.

Die Planetenwegsbroschüre des Hakos-Planetenweges kann hier als PDF heruntergeladen werden:

<https://www.hakos-astrofarm.com/de/planetenweg/>

Die Erläuterungstexte des Freiburger Planetenweges können hier eingesehen werden:

<http://www.freiburger-planetenweg.de/page02.htm>

Alle Fotos in diesem Beitrag: Rainer Glawion

Sternfreunde Breisgau besuchen das CERN

Reise in die Welt der Teilchen

Martin Federspiel

Ein bisschen Physik

Normalerweise beschäftigen sich Astronomen mit dem Makrokosmos, mit riesigen Objekten wie Planeten, Sternen, Galaxien. Doch wenn es um den sogenannten Urknall geht, jenen furiosen Beginn des Universums unter unvorstellbaren Bedingungen auf kleinstem Raum, als es noch keine Planeten, Sterne und Galaxien gab, dann gerät der Mikrokosmos, die Welt der Teilchen, in den Blick. Was passierte im frühen Universum bei extremer Temperatur, riesigem Druck? Welche Teilchen entstanden, wie verhielten sich die Grundkräfte der Natur? Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Schon der griechische Philosoph Demokrit von Abdera nahm an, dass die Materie aus kleinsten unteilbaren Teilchen besteht, den sogenannten Atomen. In den letzten gut 100 Jahren stellte es sich jedoch heraus, dass auch Atome aus kleineren Einheiten bestehen, den Atomkernen und den Elektronen. Bis Ende der 1960-er Jahre hatten Murray Gell-Mann, Enrico Fermi und andere die Grundlagen des bis heute gültigen Standard-Modells der Teilchenphysik erarbeitet, das die Teilchen und Kräfte beschreibt, die ein Atom charakterisieren.

Der Atomkern ist aus positiv geladenen Protonen und ungeladenen Neutronen aufgebaut. Diese Teilchen sind jedoch nicht elementar, ihre Bestandteile sind Quarks. Die starke Wechselwirkung hält sie zusammen, die zugehörige Theorie ist die Quantenchromodynamik. Es gibt $2 \times 3 = 6$ Quarks, die sogenannten 3 Generationen. Sogenannte Gluonen (engl. glue=Leim) übertragen die starke Wechselwirkung; sie kommen nicht frei vor.

Die Quantenelektrodynamik beschreibt die elektromagnetische Wechselwirkung, etwa zwischen positiv geladenem Atomkern und negativ geladener Elektronenhülle oder die elektromagnetische Abstoßung zwischen zwei positiv geladenen Protonen im Atomkern. Diese Wechselwirkung wird durch Lichtteilchen (Photonen) übertragen, die auch frei vorkommen.

Bei bestimmten radioaktiven Zerfällen kommt die schwache Wechselwirkung ins Spiel, die durch das W- und Z-Boson übertragen wird. Dabei spielen auch Elektronen und weitere sehr leichte Teilchen, die Neutrinos, eine wichtige Rolle, die man Leptonen („leichte“ Teilchen) nennt.

Unsere alltägliche Materie lässt sich vollständig durch die u- und d-Quarks für die Atomkerne, Elektronen und Elektron-Neutrinos beschreiben. Diese Teilchen

werden als die Elementarteilchen der ersten Generation bezeichnet. Im Laufe der Zeit entdeckte man in der kosmischen Höhenstrahlung Teilchen wie Muonen und Mesonen, die sich durch zwei weitere Teilchengenerationen aus schwereren Quarks und Leptonen beschreiben lassen. Zu jedem Teilchen muss es noch ein Antiteilchen geben, das bis auf das Vorzeichen der Ladung (oder einer anderen Quantenzahl) gleiche Eigenschaften wie das Teilchen hat.

Ein letztes wichtiges Teilchen wurde 2011 am CERN entdeckt: das Higgs-Boson. Dieses Teilchen wird gebraucht um zu beschreiben, wie Teilchen zu ihrer Masse kommen.

Das Standard-Modell der Teilchenphysik (Abb. 1) ist eine sehr erfolgreiche Theorie, die mathematisch sehr elegant die Welt der Teilchen beschreibt. Also alles in Ordnung? Mitnichten!

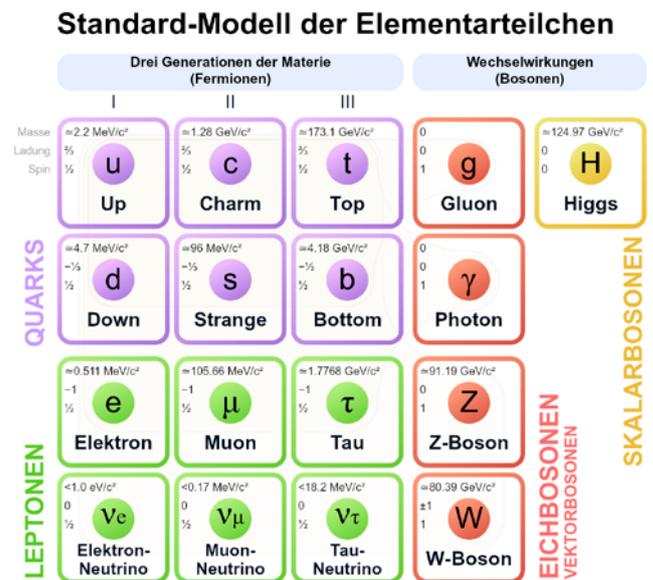


Abb. 1: Standard-Modell der Teilchenphysik (aus Wikipedia, gemeinfrei). Hadronen (alle Teilchen, die der starken Wechselwirkung unterliegen) bestehen aus Quarks (violett), die durch Gluonen zusammengehalten werden. Hinzu kommen leichtere Teilchen (Leptonen, grün) wie das Elektron und die zugehörigen Neutrinos. Die vermittelnden Teilchen der drei im atomaren Bereich relevanten Kräfte sind hellbraun dargestellt. Das Higgs-Teilchen (gelb) verleiht allen Teilchen Masse.

Die Astrophysik beobachtet seit Jahrzehnten auf ganz verschiedenen Skalen, dass es Materie geben muss, die unsichtbar ist, deren Gravitationswirkung aber messbar ist. Anders lassen sich die Bewegungen von Sternen in Galaxien, die Bewegungen von Galaxien in Galaxienhaufen und die Entstehung von Galaxienhaufen und Galaxien im frühen Universum nicht verstehen. Was ist diese unsichtbare, sogenannte dunkle Materie?

Oder: Das beobachtbare Universum besteht aus Materie. Aus der extremen Hitze des Urknalls hätte aber gleich viel Materie und Antimaterie entstehen müssen. Klar, die Antimaterie wird beim Zusammentreffen mit Materie zerstrahlt sein. Aber warum ist dann Materie übrig geblieben, warum entstand offenbar mehr Materie als Antimaterie? Ein Drittes: Drei der vier Grundkräfte der Natur (elektromagnetische Wechselwirkung, starke und schwache Wechselwirkung) lassen sich auf einheitliche Weise quantentheoretisch beschreiben (große vereinheitlichte Theorie, GUT). Einzig die Schwerkraft, die Gravitation, entzieht sich bislang einer Quantisierung. Einstein hat seine Allgemeine Relativitätstheorie (ART), die äußerst erfolgreiche Theorie der Gravitation, jedoch auf ganz anderen mathematischen Prinzipien als die der Quantenfeldtheorie aufgebaut. In Schwarzen Löchern oder im ganz jungen Universum zum Beispiel kommt die ART aber an ihre Grenzen, denn mit unendlichen Dichten usw. kann man als Physiker nicht arbeiten. Aber muss die Natur nicht einheitlich sein, muss es nicht eine Theorie von allem („theory of everything“, TOE) geben, die für alle Fälle gilt?

Zur Lösung dieser Probleme haben die Physiker verschiedene Ideen entwickelt. So könnte es zum Beispiel zu jedem Teilchen ein viel schwereres Partnerteilchen geben („supersymmetrisches“ Teilchen). Manche dieser Teilchen hätten Eigenschaften, wie sie für die dunkle Materie gefordert werden. Aber gibt es diese supersymmetrischen Teilchen wirklich?

Manche Forscher meinen, dass die wirklich elementaren Einheiten wie winzige Saiten („strings“) sind, die in verschiedenen Moden schwingen. Je nach Schwingungsmoden beobachten wir verschiedene Teilchen. Mithilfe von Symmetrieprinzipien lässt sich damit eine mathematisch äußerst elegante Theorie („String-Theorie“) entwickeln, die eine Theorie von allem sein könnte.

Gute Ideen und mathematische Einfachheit und Eleganz sind das eine, aber in der Naturwissenschaft müssen sich Hypothesen im Experiment bewähren. Sie müssen Vorhersagen machen, die sich im Experiment überprüfen lassen.

Das bislang größte Experiment der Teilchenphysik: der LHC am CERN

Um die Hypothesen der Teilchenphysiker zu testen, wurde im Jahr 1953 das CERN („Conseil européen pour la recherche nucléaire“) als europäisches Gemeinschaftsprojekt gegründet. Passten die ersten Ex-

perimente wie das Synchro-Zyklotron (Abb. 6) noch in eine Fabrikhalle, so hat der derzeit aktuelle Beschleuniger LHC („large hadron collider“) einen Durchmesser von 9 km und einen Umfang von 27 km, und das knapp 100 m unter der Erde bei Genf (Abb. 2).



Abb. 2: Lage des LHC bei Genf. Der kleinere Ring unten ist ein Vorbeschleuniger. Die Monitore zeigen die Detektoren. Rechts unten der Genfer Flughafen.

Und so funktioniert ein Teilchenbeschleuniger: Geladene Teilchen werden in elektrischen Feldern auf möglichst hohe Geschwindigkeiten beschleunigt und dann zur Kollision gebracht. Beim Zusammenstoß herrscht auf kleinstem Raum und für sehr kurze Zeit eine sehr hohe Energiedichte. Dabei entstehen neue, auch schwere Teilchen, die meist nach sehr kurzer Zeit in weitere, leichtere Teilchen zerfallen. Rund um die Kollisionspunkte fangen gewaltige Nachweisgeräte („Detektoren“) die neu entstandenen Teilchen und ihre Zerfallsprodukte auf und bestimmen ihre Energie, ihren Impuls, Masse, Ladung usw. Im LHC werden Protonen (positiv geladene Wasserstoffatomkerne) mit 7 TeV (Tera-Elektronenvolt) auf 99,999991% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt, in zwei gegenläufige, 27 km lange Röhren geschossen und mit starken Magnetfeldern auf Kurs gehalten. Um die vier Kollisionspunkte herum spüren bis zu 15 m durchmessende Detektoren die Teilchen und ihre Zerfallsprodukte auf.

Einige Sternfreunde besuchen den LHC

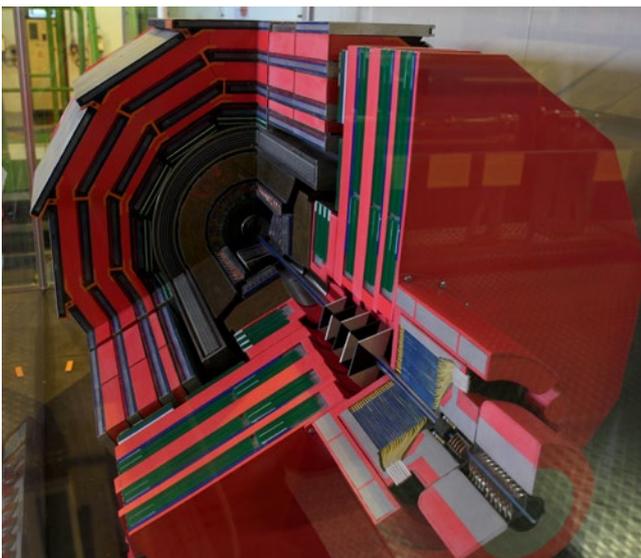
Am 27./28. September 2019 besuchten sechs Sternfreunde mit einer vom „Waldhof – Akademie für Weiterbildung“ und dem Reiseveranstalter Janzen organisierten Busfahrt das CERN und den LHC (Abb. 3). Reiseleiter war Sternfreund Wolfgang Steinicke, der bereits am Vorabend in einem Vortrag in die nicht ganz einfachen teilchenphysikalischen Hintergründe eingeführt hatte. Der Zeitpunkt der Reise war günstig gewählt. Da der LHC bis 2019/20 gewartet, aufgerüstet und auf die nächste Messkampagne vorbereitet wird, können in dieser Zeit auch die Detektoren von Gruppen besichtigt werden.



Abb. 3: Sternfreunde am CERN. Holger Klawitter, Martin Federspiel, Julian Klawitter, Eugen Spittler, Wolfgang Steinicke, Rainer Glawion (von links nach rechts).

Im Besucherzentrum erwartete uns zunächst ein informatives Einführungsvideo. Im anschließenden Referat trug ein ehemaliger CERN-Wissenschaftler eine etwas abseitige Theorie zur dunklen Materie und zur dunklen Energie vor, die leider kein tieferes Verständnis für die Arbeit am LHC vermittelte – in weiser Voraussicht hatte Wolfgang Steinicke das ja schon geleistet. Dann kam der Höhepunkt des Ausflugs. Wir fahren weiter zum CMS-Detektor, wo wir von zwei kompetenten jungen Wissenschaftlern geführt wurden. Im Modell sieht man die verschiedenen Schichten des Detektors, die konzentrisch um die Flugbahn der Protonen angeordnet sind (Abb. 4). Die einzelnen scheibenförmigen

Abb. 4: Schnittmodell des CMS-Detektors. Die Protonen laufen in der blauen Röhre in der Achse des Detektors. Konzentrisch um die Flugbahn der Protonen sind verschiedene Bauteile angeordnet, mit denen Magnetfelder erzeugt und die Eigenschaften und Zerfallsprodukte der beim Zusammenstoß erzeugten Teilchen bestimmt werden können. Ganz außen weisen z.B. die massiven roten Elemente Myonen nach.



Elemente des CMS wurden zunächst in einer großen Halle montiert und dann durch einen Schacht fast 90 m in die Tiefe an ihre endgültige Position gebracht. Auch für uns ging es dann mit einem großen Aufzug hinunter zum CMS, wo wir ein Element, an dem gerade gearbeitet wurde, von einer Galerie aus besichtigen konnten (Abb. 5). Insgesamt ist der CMS-Detektor 14000 t schwer, 20 m lang und je 15 m hoch und weit. Nicht minder eindrucklich auch die endlosen Gänge voller Elektronik, die den Detektor steuern und vor allem in Echtzeit die wenigen interessanten Ereignisse aus dem gigantischen Wust von bereits hinlänglich bekannten Ereignissen herausfischen und zur Detailanalyse speichern.

Am CMS-Detektor und auch am gegenüber am LHC-Ring liegenden Atlas-Detektor wurde 2011 das Higgs-Teilchen gefunden. Beide Detektoren haben zwar ähnliche Zielsetzungen, arbeiten aber unabhängig voneinander und mit teilweise anderer Messtechnik. Sie kontrollieren sich so gegenseitig. Jetzt gilt das Augenmerk der Suche nach supersymmetrischen Teilchen, auf die bislang aber noch keine Hinweise gefunden wurden.

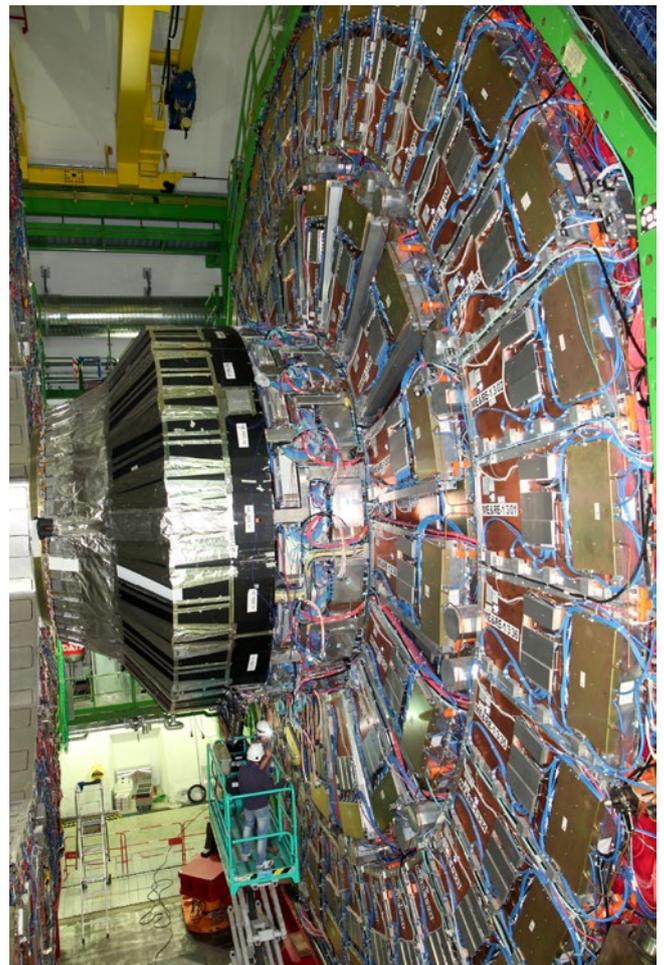


Abb. 5: Scheibenförmiges Element des CMS-Detektors mit 15 m Durchmesser. Man beachte zum Größenvergleich die beiden Techniker auf der grünen Hebebühne.

Zum Ausklang des ersten Besuchstags konnten wir dann noch das historische Synchro-Zyklotron besichtigen, wo wir dieses Mal kompetent von jenem älteren Wissenschaftler geführt wurden (Abb. 6).



Abb. 6: Synchro-Zyklotron, das 1957 am CERN in Betrieb ging.

Am nächsten Tag besuchten wir die ständig zugängliche Ausstellung im Besucherzentrum, die sehr sehenswert ist. Multimedial gut aufbereitet wird dem Besucher das Geschehen in einem Teilchenbeschleuniger und Detektor nahe gebracht.

Auch im gegenüber des Besucherzentrums liegenden, architektonisch auffälligen „Globus der Wissenschaft



Abb. 7: Globus der Wissenschaft und Innovation.

und Innovation“ kann man multimedial aufwändig gestaltet in den Urknall und die sich anschließenden Prozesse in der Welt der Teilchen eintauchen (Abb. 7).

Die Reise nach Genf hat sich für die mitreisenden Sternfreunde sehr gelohnt. Der LHC am CERN ist ein Experiment von Weltrang, wo man auch als Besucher erhellende Einblicke in die nicht immer anschauliche Physik der Teilchen und des Kosmos kurz nach dem Urknall erhält. Und vielleicht können wir ja eines Tages sagen: Wir haben das Experiment gesehen, das das Rätsel der dunklen Materie gelöst hat.

(Aus: Vereinsmitteilungen der Sternfreunde Breisgau, Heft 1 (Januar – April) 2020, S. 5-8)

Polarlichter in Lappland am 27.12.2021

Andreas Masche

Ein Video der Polarlichterscheinungen von Andreas Masche befindet sich in:
www.sternfreunde-breisgau.de/Himmels-und-Naturerscheinungen/
Siehe auch nebenstehender QR-Code.



Sonnen- und Mondfinsternisse weltweit

Reisen nach Australien, Teneriffa und an den Persischen Golf

Jörg Schoppmeyer



Totale Sonnenfinsternis am 20.04.2023 in Exmouth in West-Australien.

Das Bild zeigt den 2. Kontakt.

Foto: Jörg Schoppmeyer.

Hierzu gibt es einen Film in 4K auf Youtube (siehe auch QR-Code):

<https://www.youtube.com/watch?v=wn8J1DVasZk>



Totale Mondfinsternis am 16.05.2022 über den Teide Observatorien, Teneriffa.

Mondbilder: Canon EOS 6D Mark II, 1sec ISO 800 (linkes Bild), 2sec ISO 1600 (rechtes Bild).

Fotos: Jörg Schoppmeyer



Ringförmige Sonnenfinsternis am 26.12.2019 am Persischen Golf.

Das Bild zeigt die um 07:12 Uhr aufgehende teilverfinsterte Sonne kurz vor der ringförmigen Phase. Im Bildhintergrund ist der Fährterminal auf Sir Bani Yas Island in den Vereinigten Arabischen Emiraten zu sehen. Foto: Jörg Schoppmeyer

Sternfreunde entdecken unbekannte Mondberge bei der streifenden Bedeckung von η Geminorum durch den Mond

Martin Federspiel und Ana Nuñez-Ruiz

Da haben wir ausnahmsweise mal Glück gehabt: In der Nacht vom 31. März auf den 1. April 2001 hatte nicht nur unser neues 50cm-Dobson-Teleskop Premiere auf dem Schauinsland, sondern auch die streifende Bedeckung von η Geminorum durch den Mond konnte von Frankreich aus erfolgreich beobachtet werden.

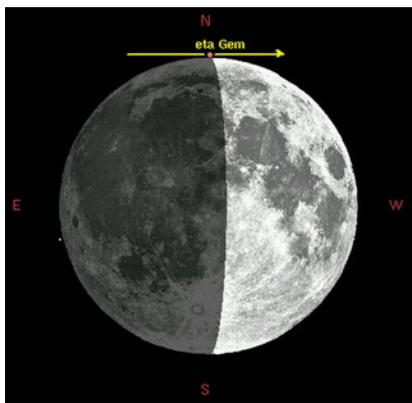


Abb. 1: Am 31. März 2001 zog der Mond am hellen Stern η Geminorum vorbei. In der Nähe von Montbéliard kam es zu einer streifenden Sternbedeckung beim Mondnordpol.

Bei den letzten Versuchen, eine streifende Sternbedeckung durch den Mond zu verfolgen, waren die Sternfreunde Breisgau nicht gerade vom Wetter verwöhnt worden. Mehrmals hatten wir mit erheblichem Aufwand Beobachtungskampagnen organisiert, um schließlich unter Wolken zu stehen, die unerwartet aufgezogen oder nicht rechtzeitig verschwunden waren. Doch diesmal sollte alles ziemlich glatt gehen.

Bei einer streifenden Sternbedeckung zieht der Mond für den Beobachter so an einem Stern vorbei, dass der Stern manchmal für kurze Zeit hinter Mondbergen in der Nähe des Mondnord- oder -südpols verschwindet, zwischendurch aber immer wieder durch ein Mondtal hindurchleuchtet. Von den Mondbergen und -tälern ist im Fernrohr aber kaum etwas zu sehen, denn dazu ist das Auflösungsvermögen erdgebundener Fernrohre und die Luftunruhe meist zu schlecht. Man sieht nur den Stern – oder eben nicht. Aus den gemessenen Bedeckungszeiten lässt sich das Mondrandprofil im Bedeckungsbereich dann mit großer Genauigkeit rekonstruieren. Das genaue Mondrandprofil wird etwa dazu benötigt, die Grenzen von totalen oder ringförmigen Sonnenfinsternissen präzise vorherzusagen bzw. umgekehrt den genauen Sonnendurchmesser aus Sonnenfinsternisbeobachtungen abzuleiten.

Bedeckungen heller Sterne durch den Mond sind selten. Die „Streifende“ des 3.5 mag hellen Sterns η Geminorum war deshalb ein besonderer Leckerbissen, für den schon mal etwas mehr Aufwand getrieben wird. Die Grenzlinie verlief etwa 90 km Luftlinie von Freiburg entfernt in der Nähe von Belfort/Montbéliard/Audincourt in Frankreich. Einige Wochen vor der Bedeckung hatte Martin Federspiel das Gelände nach günstigen Beobachtungspositionen auskundschaftet und einige Stationen in der Nähe des kleinen Dörfchens Vandoucourt ausgesucht und vermessen (Abb. 2). Wichtig ist, dass möglichst viele Beobachter von unterschiedlichen und genau bekannten Standorten aus das Ereignis registrieren. Jeder Beobachter sieht nämlich einen etwas anderen Schnitt durch das Mondrandprofil und erst die Gesamtheit aller Beobachtungen von den verschiedenen Standorten erschließt das Mondrandprofil mit seinen Details.

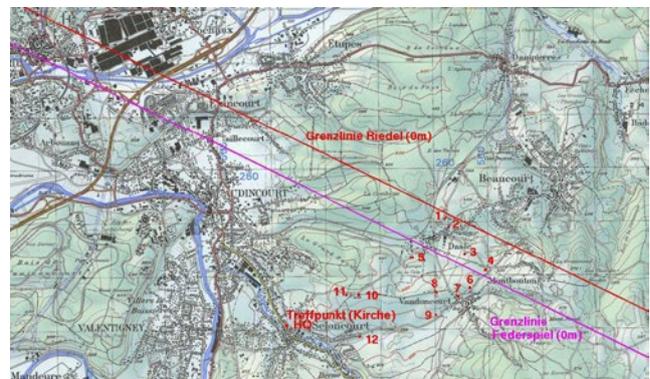


Abb. 2: Nördliche Grenzlinie der streifenden Sternbedeckung η Geminorum durch den Mond am 31. März 2001 bei Montbéliard nach Berechnungen von Eberhard Riedel (rote Linie) und Martin Federspiel (violette Linie). Die vorgesehenen Beobachtungsstationen sind durchnummeriert.

Schließlich hatten sich sieben Beobachter auf den mehr oder weniger weiten Weg nach Frankreich gemacht: Die weiteste Anreise hatte Dr. Eberhard Bredner aus Ahlen-Dolberg (Münsterland), seit Jahren äußerst aktiver Beobachter von Sternbedeckungen durch den Mond. Weitere auswärtige Beobachter waren Wolf-Peter Hartmann aus Regensburg und Martin Quaiser aus Bad Nauheim. Von den Sternfreunden Breisgau nahmen Karl-Ludwig Bath, Martin Federspiel, Ana Nuñez-Ruiz und Ulrich Schüly teil.

Um 19.30 Uhr versammelten wir uns zunächst am vereinbarten Treffpunkt, um kurz darauf die Stationen zu beziehen. Die Zirren, die uns am Nachmittag noch Sorgen bereitet hatten, lösten sich mehr und mehr auf. Zwei Stationen lagen nahe bei Wohnhäusern. Dank Uli's Französischkenntnissen konnten wir den Anwohnern verständlich machen, dass wir es nicht auf ihr Hab und Gut, sondern auf den Mond abgesehen hatten. Bei der Station von Eberhard Bredner konnten wir die Anwohner nicht mehr verständigen: Er stand auf dem Friedhofsparkplatz. Bei Ana Nuñez' Station half Französisch nicht viel weiter: Die „Bewohner“ der Wiese waren ruhig und nett, ziemlich dick und hatten eine Glocke um den Hals.

Während die letzten Farben der stimmungsvollen Abenddämmerung verblassten, wurde die mitgebrachte Ausrüstung aufgebaut und betriebsbereit gemacht (Teleskope, z.T. mit Videoausrüstung, Zeitzeichempfänger, Diktiergeräte etc.).

Kurz nach 23 Uhr MESZ hatte sich der Mond dann programmgemäß dem Stern genähert. Welch ein Anblick: der helle gelblich-orange Stern in der Nähe des dunklen Mondrandes auf dem Weg zur zerklüfteten beleuchteten Nordspitze des Fast-Halbmondes. Die eigentliche Beobachtung konnte beginnen.

Ana Nuñez hat es so erlebt: „All dies und die Tatsache, dass das Wetter das erste Mal mitspielte, machte diese Exkursion für mich zu einem sehr spannenden Abenteuer. Nachdem ich den Stern in meinem C90 dreimal verschwinden und wieder auftauchen sah, verstand ich, was eine Bedeckung so interessant macht. Es war mir unmöglich, das Mondrandprofil zu sehen und trotzdem war der Stern mehrmals verschwunden, was auf ein bergiges Profil hindeutet. Mich packte ein Gefühl der Bewunderung des Schönen und Erhabenen (nach Kant).“

Auch die meisten anderen Beobachter konnten Mehrfachbedeckungen vermelden. Martin Quaiser hatte ebenfalls 6 Kontakte gesehen, Martin Federspiel acht (Kontakt = Verschwinden oder Wiederauftauchen des Sterns). Karl-Ludwig Bath strahlte: Er konnte sogar 18 Kontakte mit seiner Video-Kamera in ausgezeichneter Qualität festhalten. Trotz plötzlich ausgefallener automatischer Nachführung gelang es Eberhard Bredner, 18 Kontakte bei großer Brennweite manuell nachgeführt mit der Videokamera aufzunehmen. Wolf-Peter Hartmann konnte von seinem Standpunkt aus den Stern immer sehen, vielleicht einmal kurz abgeschwächt. Uli Schüly hatte den undankbarsten Beobachtungsplatz erwischt und – fast wie erwartet – keine Bedeckung gesehen.

Das ist gleichwohl eine äußerst wichtige Information: So weiß man, wie weit die höchsten Bergspitzen maximal reichen. Außerdem war bei der Berechnung der Bedeckung die Zone, in der mehrfache Bedeckungen zu erwarten waren, nur mit einer Unsicherheit von eini-

gen hundert Metern im Gelände vorhersagbar. Um das Mondrandprofil auch im Falle einer Verschiebung ganz abdecken zu können, war es sinnvoll, dass Uli von diesem Platz aus beobachtet hat. Der Erfolg wurde noch kurz mit einem Gläschen (naja Becherchen) Sekt und Rotwein gefeiert, bevor wir gegen 1 Uhr die Heimreise antraten.

Am nächsten Tag war im Internet zu lesen, dass auch zwei weitere Expeditionen (eine bei Paris und eine in Italien) diese außergewöhnliche Bedeckung gesehen hatten. Vor allem die Videoaufnahmen sind sehr vielversprechend: Der Stern verschwindet meist nicht von einem Einzelbild zum nächsten, sondern allmählich über einige Bilder verteilt. Das hat damit zu tun, dass der Stern ein roter Riesenstern und ein enger Doppelstern ist.

Abb. 3 zeigt die aus allen Beobachtungen der drei Expeditionen zusammengetragenen Ergebnisse. Die Profilschnitte der Beobachter bei Montbéliard sind die horizontal verlaufenden, namentlich gekennzeichneten, geraden Linien. Die Schnitte der Beobachter bei Paris und in Italien sind die schräg verlaufenden geraden Linien. Direkt am Nordpol (bei 0° Watts-Winkel auf der x-Achse) und westlich davon liegt die aus den Beobachtungen abgeleitete Mondoberfläche (rote Linie) unter dem mittleren Niveau (gekrümmte graue Linie). Nach Osten gibt es auch Erhebungen über den mittleren Mondrand. 2001 gab es nur grobe Modelle des Mondrandprofils: das in diesem Bereich offensichtlich ziemlich falsche Watts-Profil und das schon bessere, bei anderen Bedeckungen abgeleitete ACLPPP-Profil

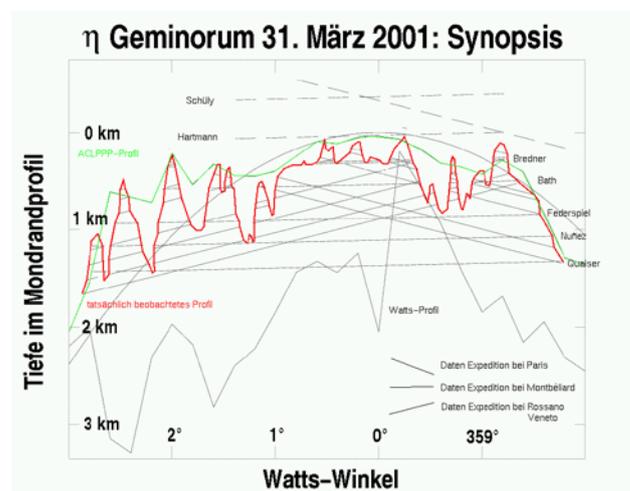


Abb. 3: Zusammenschau der Ergebnisse der Beobachtung der streifenden Sternbedeckung von η Geminorum von drei Beobachtergruppen. Die Gruppe der Sternfreunde sah die horizontalen und namentlich gekennzeichneten Schnitte durch das Mondrandprofil, weitere Gruppen bei Paris und in Italien sahen die schrägen Schnitte. Daraus wurde die rote Kurve als tatsächliches Mondrandprofil rekonstruiert, die sich von den Vorhersagen ACLPPP (grüne) und Watts (graue gezackte Linie) deutlich unterscheidet.

(grüne Kurve). Durch unsere Messungen treten zahlreiche, vorher unbekannte Details hervor. Die Mondberge sind in Wirklichkeit jedoch nicht so steil und spitz, wie sie in der Abbildung erscheinen. Um die Informationen in der Vertikalen überhaupt darstellen zu können, wurde der Maßstab dort 17fach gegenüber der Horizontalen überhöht. Damit ist diese streifende Sternbedeckung eine der am besten beobachteten in Europa überhaupt.

Nachtrag: Mehr als 20 Jahre nach unserer Beobachtung stehen neuere, genauere und umfassendere Daten der Mondoberfläche zur Verfügung, die der Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) aus der Mondumlaufbahn mit einem Laser-Höhenmesser (LOLA) vermessen hat. Damit lässt sich auch das Mondrandprofil der damaligen Bedeckung von η Geminorum berechnen (siehe Abb. 4). Die Übereinstimmung des LRO/LOLA-Profiles (dickere schwarze gezackte Linie) mit dem bei der streifenden Bedeckung abgeleiteten Profil ist großartig und zeigt die erstaunliche Genauigkeit, die man als Amateurastronom erreichen kann.

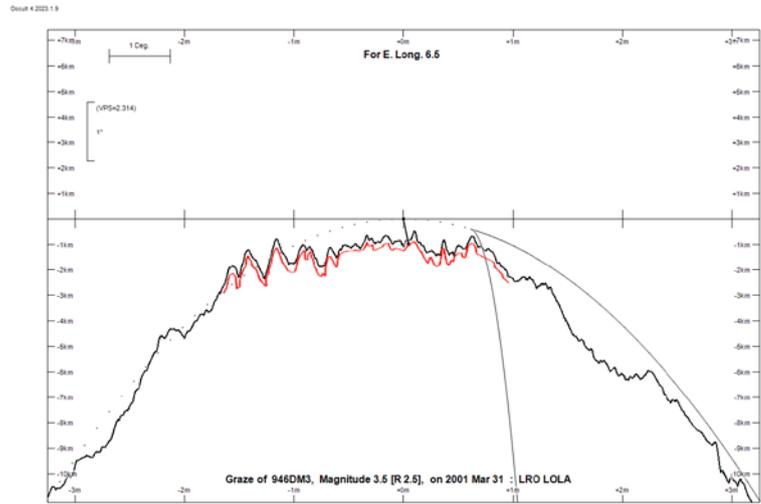


Abb. 4: Im Nachhinein mit den LOLA-Daten des LRO-Satelliten berechnetes Mondrandprofil für die η Geminorum-Bedeckung am 31. März 2001. Die Übereinstimmung mit dem aus den Beobachtungen abgeleiteten Profil (rote Linie aus Abb. 3, hier gegenüber dem LRO/LOLA-Profil etwas nach unten verschoben) ist hervorragend.

Mondaufnahmen bei Tageslicht

Hartwig Nahme

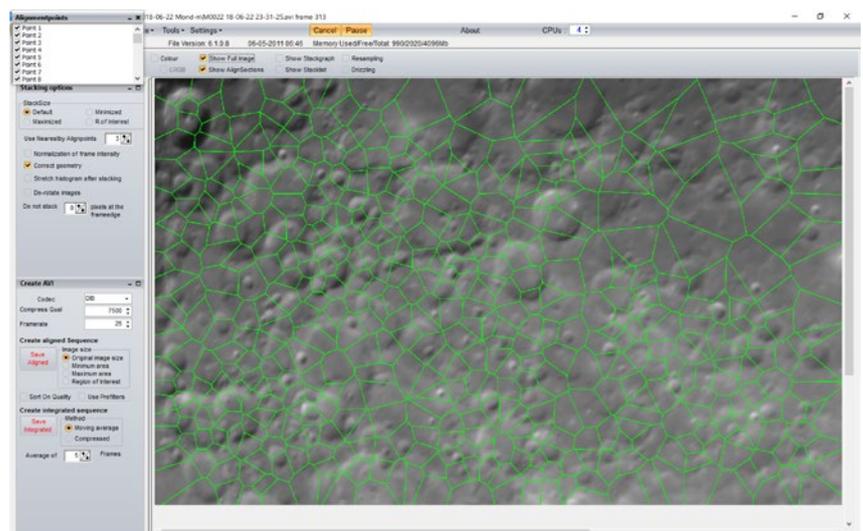
Der Mond ist ein recht dankbares Objekt für die Astrofotografie, denn er weist eine, im Vergleich zu anderen astronomischen Objekten, große Helligkeit auf. Diese Helligkeit ist tagsüber genau so hoch wie nachts, im Vergleich zum hellen Himmel und durch die Anpassung des Auges an das Tageslicht erscheint der Mond jedoch nicht so hell wie nachts. Gelänge es, die Helligkeit des Taghimmels zu unterdrücken, könnten Mondfotos durchaus auch tagsüber aufgenommen werden.

Ohne Atmosphäre erschiene der Himmel in alle Richtungen schwarz mit Ausnahme der Richtung zur Sonne. Die Himmelshelligkeit ist eine Folge der Streuung des Sonnenlichtes an den Luftmolekülen der Atmosphäre. Diese Streuung ist stark wellenlängenabhängig, betrifft hauptsächlich den blauen Anteil des Sonnenlichtes (Rayleigh-Streuung) und führt zu der blauen Farbe des Himmels. Mittels geeigneter Filter (IR-Bandpass, IR-Kantenfilter) kann dieses Himmelsblau aber effektiv unterdrückt werden.

So sind dann beispielsweise auch Aufnahmen von sehr schmalen Mondsicheln (kurz vor oder nach Neumond) möglich solange der

Mond noch hoch am Himmel steht und nicht nur in Horizontnähe, wie es der Fall ist, wenn man den Sonnenuntergang abwartet oder kurz vor Sonnenaufgang die schmale Sichel des abnehmenden Mondes aufnehmen will. Es ist allerdings Vorsicht geboten, da dann die Sonne recht dicht neben dem Mond am Himmel steht. Wegen der großen Helligkeit der Mondscheibe können im allgemeinen Aufnahmen mit vergleichsweise kurzer Belichtungszeit durchgeführt werden. Bei der Aufnahme

Abb. 1: Screenshot Registax 6.1 zur Bildzerlegung



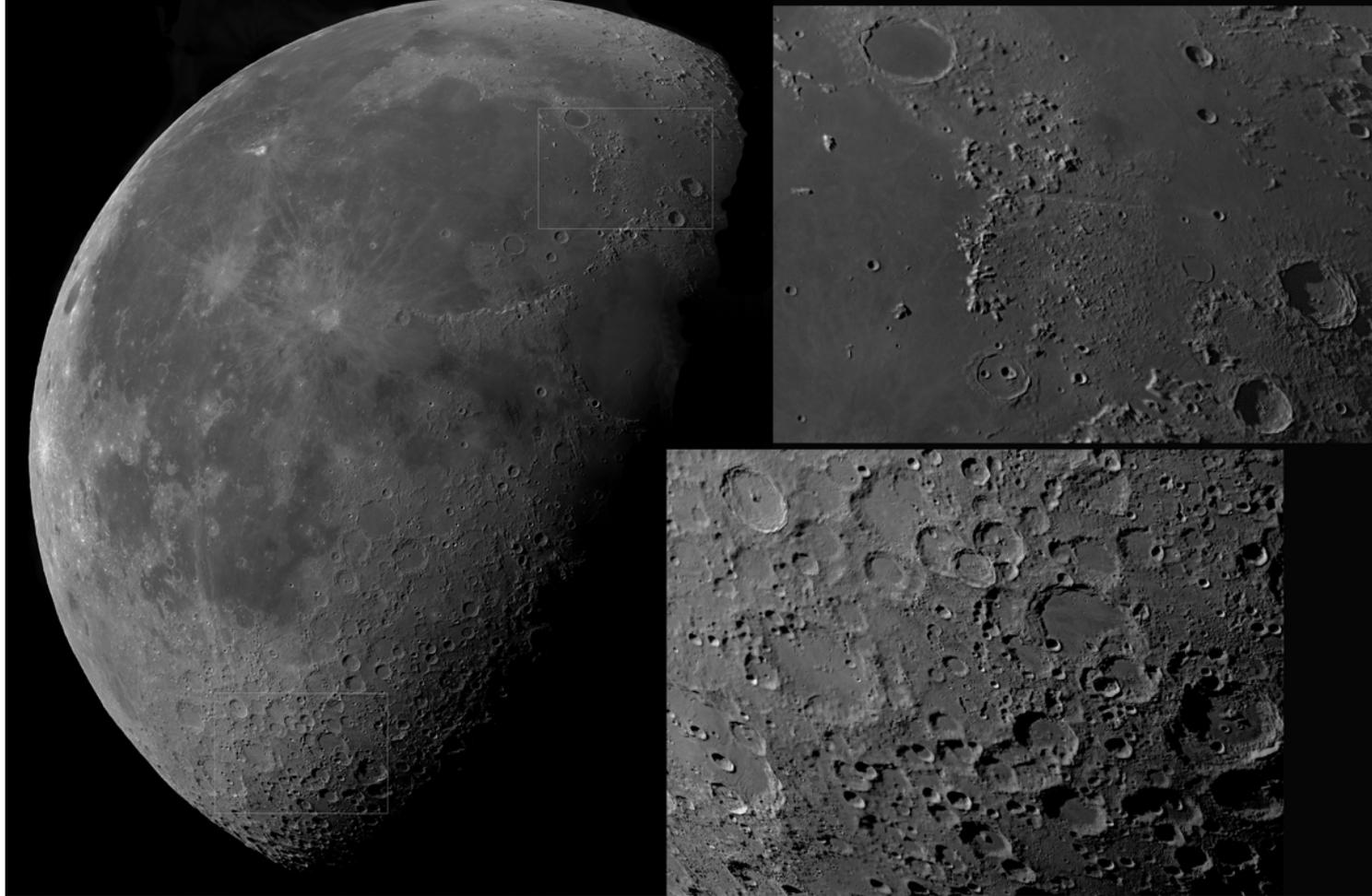


Abb. 2a,b,c: Mondaufnahme (Tagaufnahme) 7 Tage nach Vollmond

me eines einzelnen Bildes wird man in der Regel aber dennoch feststellen, dass wegen der unvermeidlichen Luftunruhe (Seeing) nur einige Bereiche der Mondes scharf abgebildet werden, andere Teile dagegen unscharf oder verzerrt. Mit einer speziellen Aufnahmetechnik ist es jedoch möglich, diese Verzerrungen des Bildes weitgehend zu kompensieren. Das Verfahren ähnelt dabei in gewisser Hinsicht der adaptiven Optik professioneller Astroaufnahmen. Das Licht eines Sterns erreicht den äußeren Rand der Erdatmosphäre in der Form einer ebenen Wellenfront die beim Durchgang durch die Atmosphäre verzerrt wird, so dass die Teleskopoptik einen punktförmigen Stern nicht mehr punktförmig abbilden kann. Mit einem Spiegel, dessen Form mittels piezoelektrischer Aktuatoren bis zu 1000mal pro Sekunde derart verändert wird, dass die Verzerrung der Wellenfront kompensiert wird, kann dann wieder eine punktförmige Abbildung des Sterns erreicht werden.

Für hochauflösende Mond- und Planetenfotos werden bei der verwendeten Aufnahmetechnik kurze Videofilme von einigen hundert Einzelbildern aufgenommen. Mit geeigneter Software wie z.B. dem Programm REGISTAX [1] werden diese Filme in Einzelbilder zerlegt und die besten von ihnen zu dem finalen Bild überlagert. Die Analogie zur adaptiven Optik besteht nun darin, dass nicht die ganzen Bilder überlagert werden sondern dass jedes Bild nochmals in mehrere hundert kleine Bereiche aufgeteilt wird (Abb. 1). Für jeden dieser Teilbereiche wird so durch Überlagerung ein op-

timaleres (Teil)-Bild erzeugt. In einem weiteren Schritt werden dann die Teilbilder wieder zu einem Gesamtbild kombiniert. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass für jeden Teilbereich die entsprechenden Teile von jeweils unterschiedlichen Einzelbildern aus dem Videofilm verwendet werden können. Zwar wird bei diesem Verfahren kein verformbares optisches Element benutzt, aber es werden nur die Teile der Einzelbilder verwendet, die die Teleskopoptik gerade optimal abgebildet hat.

Abbildung 2a zeigt eine Aufnahme des Mondes im 3. Viertel, also 7 Tage nach Vollmond. Das Bild besteht aus 134 Einzelaufnahmen, die jede für sich auf die oben beschriebene Weise aus den 134 Videosequenzen erzeugt und dann mit dem Programm HUGIN [2] zusammengesetzt wurden. Die beiden Teilbilder 2b und c zeigen zwei Ausschnitte aus dem Mosaik in voller Auflösung. Alle Videosequenzen, aus denen wie beschrieben die Teilbilder des Mosaiks erzeugt wurden, wurden an einem 8''-Cassegrain-Teleskop mit 4640mm effektiver Brennweite ($f=2340\text{mm}$ und 2x-Barlowlinse) mit einer Kamera Skyris 236M aufgenommen. Aus jeder Videosequenz mit 600 Bildern wurden 60 Bilder verwendet.

[1] <http://www.astronomie.be/registax/download.html>

[2] https://www.chip.de/downloads/Hugin-Panoramabilder-erstellen_13014544.html

Sternfreunde Breisgau reisen nach Namibia

Kennenlernen eines faszinierenden Landes und des südlichen Sternenhimmels

Rainer Glawion und Hartwig Nahme

Leise rieselt und knistert der rote Dünensand um uns herum, beständig angetrieben vom heißen Wüstenwind der Namib. Wir sitzen auf dem Kamm einer hohen Wanderdüne im endlosen Sandmeer, das sich bis zum Horizont erstreckt. In Richtung Süden verfolgen wir die Wälle der Längsdünen, die sich 200 km weit hinziehen, begleitet von Dünentälern, in denen oft Herden von Oryx-Antilopen und Springböcken zu sehen sind. Tief unter uns, in Richtung Norden, liegt die Wüstenforschungsstation Gobabeb am Rand eines Trockenflusstales, das in starkem Kontrast zur rotbraunen Wüste von immergrünen Akazienbäumen bewachsen ist (Abb. 1).



Abb. 1: Die Wüstenforschungsstation Gobabeb am Rand der Dünennamib und des baumbestandenen Kuiseb Riviers. - Foto: Rainer Glawion

Wir wagen uns kaum zu bewegen, weil jede Änderung der Sitzposition unweigerlich zum Abrutschen führt. Schon der Aufstieg war sehr beschwerlich: Zwei Schritte nach oben, einer wieder zurück. So verfolgen wir, endlich oben angekommen, still und unbeweglich den Lauf der Sonne, die sich langsam dem Kamm des gegenüberliegenden Dünenwalls nähert. Da der Horizont leicht bewölkt ist, leuchtet der Sonnenuntergang in intensiven roten Farben (Abb. 2). Ich erinnere mich an den Sonnenuntergang vor 6 Jahren, wo ich von der gleichen Stelle aus ohne Sonnenfilter mehrere große Sonnenfleckengruppen auf der roten, vom Horizontdunst stark abgedunkelten Sonnenscheibe fotografieren konnte (Abb. 3).

Eine traditionelle afrikanische Gepflogenheit fehlt uns noch: Der *Sundowner*. Damit ist nicht etwa der Son-



Abb. 2: Sonnenuntergang in der Namib-Wüste. Foto: Hans-Gerd Schäfer



Abb. 3: Sonnenflecken am 06.09.2017 auf der untergehenden Sonne über der Namib. - Panasonic DMC-FZ100 f/8, 1/2000 sec, ISO 100, ohne Sonnenfilter. - Foto: Rainer Glawion

Abb. 4 (unten): Unser Caterer bringt uns den Sundowner auf die Düne. - Foto: Hartwig Nahme



nenuntergang selber gemeint, sondern das eisgekühlte Getränk, das man beim Sonnenuntergang trinkt. Die meisten Einheimischen bevorzugen afrikanisches Bier, aber es werden auch nicht-alkoholische Soft Drinks bei dem Ritual „toleriert“.

Plötzlich taucht unter uns, im benachbarten Dünen-tal, ein Jeep auf. Er stoppt und der Fahrer, der sich eine große Kühltasche umgehängt hat, folgt unseren Spuren die Düne hinauf (Abb. 4). Wir erkennen den Mitarbeiter unseres freundlichen Caterers Hendrik, der uns während unseres Aufenthaltes in der Wüstenforschungsstation rundum mit leckerem Essen verwöhnt. Mit Jubel begrüßen wir den Mitarbeiter bei seiner beschwerlichen Ankunft auf dem Dünenkamm, während er die Kühltasche öffnet und uns mit den ersehnten Sundownern versorgt. Wir lauschen seinen spannenden Geschichten vom (Über-)Leben in der einsamsten Wüstenforschungsstation der Welt, während die Sonnenscheibe langsam hinter dem Dünenkamm versinkt.

Mit hereinbrechender Dämmerung kommt nun der aufregendste Teil unseres Wüstenausfluges: Der Abstieg! Da ich dies schon mehrmals gemacht hatte, fordern mich meine Mitreisenden auf, voranzugehen. Rutschend und springend renne ich den steilen Dünenhang hinunter (Abb. 5). Mehr oder weniger schnell folgen mir die Anderen. Am Fuß der Düne angekommen, haben wir Sand in den Schuhen, Kleidern und Ohren und es knirscht zwischen den Zähnen, aber das macht nichts, denn der Spaß überwiegt eindeutig.



Abb. 5: Abstieg von der Düne

Bei unserer abendlichen Ankunft in der Station erwartet uns Hendrik bereits mit einem *Braai*. So nennt man in der informellen Landessprache *Afrikaans*, das im ganzen südlichen Afrika verstanden wird, gegrilltes Wildfleisch, meist von Oryx oder Kudu. Die Leiterin Gillian, mehrere Wissenschaftler und Praktikantinnen der Forschungsstation gesellen sich zu uns, wo wir auf der Terrasse unter dem südlichen Sternenhimmel über Projekte und das tägliche Leben auf der Forschungsstation diskutieren.

Reiseverlauf

Eine Reise der Sternfreunde Breisgau zum südlichen Sternenhimmel hatte ich schon drei Jahre früher geplant. Als 2020 alles vorbereitet war, kam Corona zwei Monate vor unserem geplanten Abflug dazwischen. Auch die auf 2021 und 2022 verschobenen Reisen mussten wegen der anhaltenden Pandemie wieder abgesagt werden. Schließlich übertrug ich die Reiseorganisation auf die Reiseagentur Wittmann Travel in Hamburg, und im Mai 2023 konnte die Reise erstmalig nach Corona wieder stattfinden. An der Reise nach Namibia nahmen vier Mitglieder der Sternfreunde Breisgau mit ihren Angehörigen sowie 9 weitere Gäste teil. Für diese Geo-Astro-Reise übernahm ich die thematische Reiseleitung. Außerdem begleitete uns ein lokaler Reiseleiter, der für die organisatorischen Dinge zuständig war.

Das Reiseprogramm bestand aus einer einwöchigen Exkursion durch die Namib-Wüste zur Atlantikküste sowie einem einwöchigen Aufenthalt auf der Astrofarm Hakos zur Beobachtung des südlichen Sternhimmels. Auf der Exkursion und in abendlichen Vorträgen behandelte ich landeskundliche Themen zur Geologie, Flora und Fauna, Bevölkerung und Wirtschaft Namibias. Auf der Astrofarm Hakos wurde neben der abendlichen Himmelsbeobachtung ein Tagesprogramm mit Exkursionen angeboten. Unter anderem konnten die Reisenden an einer Besichtigung der HESS-Anlage teilnehmen (Abb. 6), eine Wildtiersafari durchführen (Abb. 7) und Wanderungen auf dem weitläufigen Farm-



Abb. 6: Ein Teleskop des Gammastrahlen-Observatoriums HESS in Namibia. - Foto: Rainer Glawion

Abb. 7 (unten): Nashornsafari bei der Farm Hakos. - Foto: Hans-Gerd Schäfer



gelände durch die Hochlandsavanne unternehmen, bei denen zahlreiche Wildtiere zu beobachten waren (Abb. 8). Außerdem begingen wir den Planetenweg, den ich im Jahr 2011 auf dem Farmgelände angelegt hatte (siehe Beitrag „Freiburger Planetenweg jetzt auch in Namibia“ in diesem Heft).



Abb. 8: Kudu auf einem Wanderweg durch das Farmgelände von Hakos. Im Hintergrund der Große Gamsberg. - Foto: Hans-Gerd Schäfer

Die einwöchige Exkursion führte uns von der Farm Hakos nach Swakopmund an der Atlantikküste, eine Stadt, die noch heute stark von der deutschen kolonialen Vergangenheit geprägt ist. Von dort aus erkundeten wir die Mondlandschaft und die seltenen endemischen Welwitschia-Pflanzen (Abb. 9 und 10). Ein fakultativer Rundflug über die Namib-Wüste und eine Bootsfahrt in der Walfischbucht, bei der wir Delfine, Ohrenrobben und Pelikane beobachteten, standen ebenfalls auf dem Programm (Abb. 11). Anschließend fuhren wir durch die Namib zur Wüstenforschungsstation Gobabeb, wo wir zwei Nächte verbrachten. Nach der Überquerung

Abb. 9: Die Mondlandschaft bei Swakopmund, eine Erosionslandschaft (*Badlands*) des Swakop Riviers. - Foto: Rainer Glawion



Abb. 10: Die endemische Wüstenpflanze *Welwitschia mirabilis* bei Swakopmund. - Foto: Rainer Glawion



Abb. 11: Ein Pelikan macht sich zur Landung auf unserem Boot bereit, um seine Futterration abzuholen. - Foto: Hartwig Nahme

des Südlichen Wendekreises (Wendekreis des Steinbocks, Abb. 12) steuerten wir das letzte Ziel unserer Exkursion an, die Rinderfarm BüllsPort im Naukluft-Gebirge. Dort unternahmen wir, nach einer abenteuerlichen Jeepfahrt auf die Berge, eine Wanderung durch die Köcherbaum-Schlucht (Abb. 13).

Probleme und Chancen Namibias

Aber auch die Schattenseiten dieses landschaftlich und astronomisch faszinierenden Landes wurden auf der Reise nicht verschwiegen. Bereits am Ankunftstag bekamen wir bei einer Stadtrundfahrt durch die Hauptstadt Windhoek erste Eindrücke von der Armut eines großen Teils der Bevölkerung Namibias. Trotz des Reichtums an Bodenschätzen (Uran, Kupfer, Diamanten) und marinen Ressourcen in den Küstengewässern lebt mehr als die Hälfte der 2,6 Millionen Einwohner Namibias unterhalb der Armutsgrenze. Wegen der Perspektivlosigkeit der ländlichen Bevölkerung erlebt Namibia eine massive Landflucht, und die Informal Settlements, wie die ungeplanten Slumgebiete am Stadtrand von Windhoek ohne häusliche Strom- und Wasserversorgung genannt werden, wachsen jährlich um 10.000 Binnen-



Abb. 12: Unsere Reisegruppe bei der Überquerung des Wendekreises des Steinbocks ($23,5^{\circ}$ S) zusammen mit den Sternfreunden Breisgau: Vordere Reihe v.l.n.r.: Hartwig Nahme und Elke Pfeiler (1. u. 2. Person), Susanne und Martin Federspiel (5. und 6. Person), Isolde Schäfer (8. Person). Hintere Reihe v.l.n.r.: Rainer Glawion (4. Person), Hans-Gerd Schäfer (5. Person).

migranten (Abb. 14). Dieser unregelmäßige Zustrom ländlicher Bevölkerung sorgt für soziale Spannungen und hohe Arbeitslosigkeit in der Hauptstadt.

Der Tourismus ist inzwischen zum zweitwichtigsten Wirtschaftsfaktor Namibias (nach Bergbau) geworden. Insbesondere die ländliche Bevölkerung profitiert vom Tourismus, weil er Arbeitsplätze in den landschaftlich schönen, aber wirtschaftlich benachteiligten peripheren Räumen schafft. Diese positive Entwicklung wirkt der Landflucht entgegen. Allerdings lässt sich die arme ländliche Bevölkerung, die überwiegend aufgrund fehlender weiterführender Schulen ein niedriges Bildungsniveau aufweist, nicht ohne weiteres in den Tourismusbetrieben integrieren. Eine Zusatzausbildung zum Erwerb englischer Sprachkenntnisse sowie zur Arbeit im Hotel- und Gaststättengewerbe ist dringend erforderlich. Da den Einheimischen das Geld für diese kostspielige Berufsausbildung fehlt, nehmen viele Tourismusbetriebe geeignete Bewerber in ihren Lodges oder Safariunternehmen auf und arbeiten sie ein („learning

Abb. 13: Imposanter Köcherbaum auf dem Weg durch die Köcherbaum-Schlucht im Naukluft-Gebirge. - Foto: Rainer Glawion



by doing“). Entscheidend für das Gelingen dieses Integrationsprozesses ist, dass ausländische Gäste nicht gleich die Geduld verlieren, wenn sie einmal nicht so bedient werden, wie sie es von zu Hause aus gewohnt sind. Verständnis für die Probleme im Land zu gewinnen und gegenseitige Rücksichtnahme im Zusammenleben mit der einheimischen Bevölkerung zu vermitteln war auch ein Ziel unserer Exkursion.



Abb. 14: Informal Settlement an der Peripherie der Hauptstadt Windhoek. - Foto: Rainer Glawion

Astronomisches Programm

Namibia ist wegen der geografischen Lage, den klimatischen Verhältnissen und der recht geringen Bevölkerungsdichte (geringe Lichtverschmutzung) ein bevorzugtes Ziel für (Amateur)Astronomen. Außer der Astrofarm Hakos gibt es in Namibia eine Reihe von Farmen, die neben der Möglichkeit, dort zu übernachten, die Miete von astronomischer Ausrüstung anbieten (u.a. Farm Tivoli, Rooisand). Die Farm Hakos (Abb. 15) ist darüber hinaus Standort der Internationalen Amateursternwarte (IAS) mit einer Anzahl von vergleichsweise großen Teleskopen mit bis zu 80cm



Abb. 15: Farm Hakos (links) und die Internationale Amateursternwarte IAS (rechts). - Foto: Hartwig Nahme

Öffnung. Zudem gibt es eine größere Anzahl von Rolldachhütten, die von Betreibern von Remote-fähigen Teleskopen angemietet sind und in denen private Teleskope auf ihren Einsatz warten. Die Jahresmiete für eine solche Hütte ist ca. € 2500,-/Jahr (Stand Mai 2023). Dafür wird von den Betreibern der Farm die korrekte Funktion der Hütte, insbesondere die Funktion des Rolldachs, der Stromversorgung und der Internet-Verbindung gewährleistet. Die Wartung der Teleskope bleibt allerdings in der Verantwortung der Mieter. Auf Grund der Lage der Farm und des Klimas kann man mit etwa 100 für die Deep-Sky-Fotografie gut bis sehr gut geeigneten mondlosen Nächten pro Jahr rechnen. Die namibische Trockenzeit mit zumeist klaren Nächten dauert von Mai bis Oktober, die Regenzeit mit gelegentlichen Regenschauern und Bewölkung von November bis April.

Schon zu Beginn der Reise standen zwei Übernachtungen auf der Astrofarm Hakos, 120 km südwestlich von Windhoek auf 1800 m Höhe gelegen, auf dem Programm. Bei einer Führung mit Friedhelm, dem Betreiber der Remote-Sternwarten, konnten wir bereits am ersten Tag die Einrichtungen der Internationalen Amateursternwarte inklusive der eindrucksvollen Photovoltaik-Stromversorgung besichtigen. An diese Besichtigung schloss sich eine Wanderung entlang des Planetenweges an (siehe S. 71 „Freiburger Planetenweg jetzt auch in Namibia“) mit einem ersten Einblick in die Umgebung der Farm.

Abb. 16: Südliche Milchstraße und Große Magellansche Wolke über Hakos kurz vor Mondaufgang (Canon EOS 5Ds, Sigma 20 mm f/1.4 bei f/2.2, ISO 800, 25 sec). - Foto: Hartwig Nahme



Die folgende Nacht wurde dann bereits für erste Beobachtungen genutzt, zunächst überwiegend mit bloßem Auge und mit Feldstechern. Obwohl nach 2 Stunden der Mond aufging und damit lichtschwache Objekte überstrahlt wurden (s. Abb. 16), war bereits der erste Eindruck des südlichen Sternhimmels durchaus spektakulär. Dass es auch ohne die in Deutschland und weiten Teilen Europas vorhandene Lichtverschmutzung nicht wirklich dunkel war, lag tatsächlich an dem unglaublich hellen Sternhimmel. Nur ein ganz schwacher Lichtschein am Nordosthorizont zeigte, dass in dieser Richtung in 120 km Entfernung Windhoek lag.

Astrofotografie

Auf der Hakos-Farm gibt es neben der immer bestehenden Möglichkeit der visuellen Himmelsbeobach-



Abb. 17: Startrails-Aufnahme um den Himmels-Südpol (Canon EOS 700Da, Sigma 17 mm f/2, ISO 800, 100x60 sec). - Foto: Rainer Glawion

tung (mit bloßem Auge/Feldstecher oder mit (Miet-) Teleskopen) die Möglichkeit der Astrofotografie mit gemieteten Geräten. Für die Astrofotografie mit längeren Belichtungszeiten ist zwingend eine gut auf den Himmelspol ausgerichtete Nachführung erforderlich. Während eine solche Ausrichtung am Nordhimmel wegen des deutlich sichtbaren Polarsterns (α UMi, mag 2,1) dicht am Himmelsnordpol (Abstand zum Pol ca. $0,7^\circ$) relativ einfach erreicht werden kann, fehlt ein solcher Stern am Himmels-südpol. Eine Strichspuraufnahme mit einem starken Weitwinkelobjektiv zeigt große Teile des sichtbaren Sternhimmels, zeigt aber auch, dass lediglich helle Sterne weit vom Himmelspol entfernt sind (s. Abb. 17). Zwar liegt der am besten geeignete Stern Sigma Octantis (mag 5,44) auch „nur“ $1,2^\circ$ vom Pol entfernt, ist aber wegen einer Vielzahl von vergleichbar hellen Sternen nur sehr schlecht aufzufinden. Daher hatte einer der Freiburger Sternfreunde, Hartwig Nahme, geplant, ein bereits fertig ausgerichtetes Instrument zu mieten. Bei dem Gerät handelte es



Abb. 18: Kugelsternhaufen Omega Centauri (7“-Meade-Refraktor, Canon EOS-M6 MkII, ISO 2500, 12x10 sec). - Foto: Hartwig Nahme

sich um einen 7“-Meade-Refraktor auf einer schweren Zeiss-Montierung. Leider war die Montierung nach einem ersten Foto des Kugelsternhaufens ω Centauri nicht mehr funktionsfähig, so dass in den folgenden Nächten nur noch Aufnahmen mit normalen Kameraobjektiven (20 mm, 100 mm, 300 mm) möglich waren. Wegen der Schwierigkeiten bei der Ausrichtung der Reisemontierung auf den südlichen Himmelspol mussten dabei besonders mit den längeren Brennweiten die Belichtungszeiten auf 10 s - 15 s pro Einzelbelichtung reduziert und die Einzelfotos anschließend „gestackt“, also aufsummiert werden.

Omega Centauri (NGC 5139) (s. Abb. 18) ist der mit Abstand eindrucksvollste Kugelsternhaufen am Himmel. Auf einer Fläche, die etwa der des Vollmonds entspricht, finden sich bereits auf Amateuraufnahmen viele tausend Sterne. Die gesamte Sternenanzahl in diesem Kugelsternhaufen wird auf 10^6 - 10^7 Sterne geschätzt und beträgt damit ein Vielfaches derjenigen aller anderen Kugelsternhaufen. Mittlerweile gibt es die Theorie, dass es sich bei ω Centauri um den Kern einer Zwerggalaxie handelt, der nach einer Kollision mit der Milchstraße übriggeblieben ist.

Die Große Magellansche Wolke (Large Magellanic Cloud, LMC) (s. Abb. 19) ist eine Begleitgalaxie der Milchstraße in einem Abstand von ca. 160.000 Lichtjahren. Sie galt lange Zeit als irreguläre Galaxie, mittlerweile gibt es aber Hinweise auf Reste einer Spiralstruktur, die jedoch durch gravitative Einflüsse bei einer engen Begegnung mit der Milchstraße weitgehend zerstört wurde. Mit ihrer Masse von ca. 10 Mrd. Sonnenmassen und ihrem Durchmesser von 31.000 Lj gilt die LMC nach dem Andromedanebel, der Milchstraße, M33 und M110 als fünftgrößte Galaxie der lokalen Galaxiengruppe.

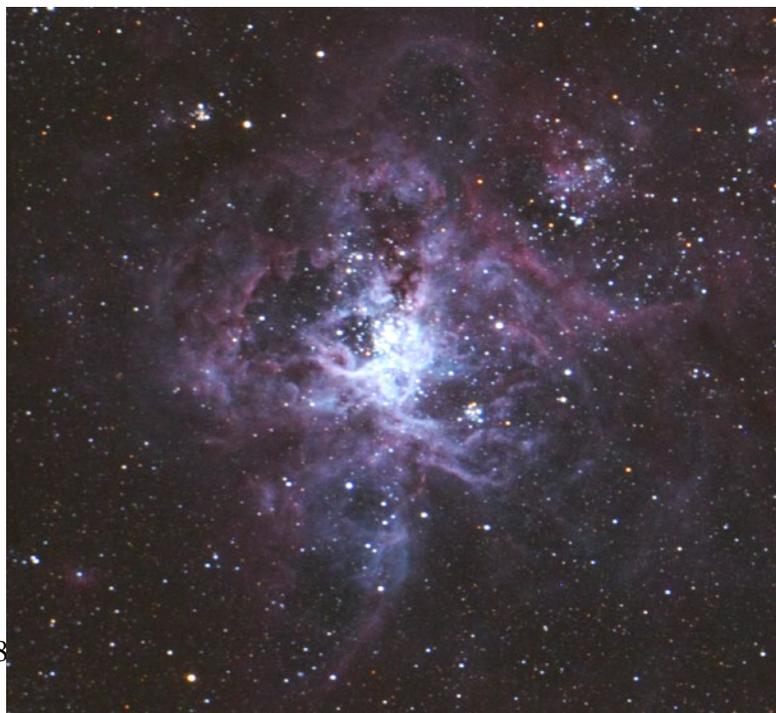
Besonders auffällig ist bei der LMC ein hell leuchtender Gasnebel, der **Tarantelnebel** (NGC 2070) mit einem



Abb. 19: Große Magellansche Wolke (LMC) mit dem Tarantelnebel (grünlicher Fleck rechts) (Canon EOS 5Ds, Canon 70-300 mm bei 300 mm, f/5,6, ISO 2500, 35x10 sec, iOptron Reisemontierung). - Foto: Hartwig Nahme

Durchmesser von 2000 Lj (s. Abb. 20). Trotz seiner großen Entfernung erscheint der Nebel auf Fotografien fast so groß wie der Vollmond. Befände er sich in der gleichen Entfernung wie der große Orionnebel (1350 Lj), so würde dieser Nebel 1/4 des gesamten Himmels bedecken. Der Tarantelnebel enthält mit dem Stern R131a1 einen der leuchtkräftigsten bekannten Sterne. Seine gewaltige Helligkeit von 1 - 5×10^6 Sonnenleuchtkräften verdankt er seiner enormen Masse von bis zu 265 Sonnenmassen. 1987 explodierte in der LMC ein Blauer Überriesenstern in einer Supernovaexplosion vom Typ II. Diese Supernova war die hellste seit 1605 und mit dem bloßen Auge deutlich zu sehen.

Abb. 20: Tarantelnebel (NGC 2070) (Canon EOS 700Da, 20" Keller-Cassegrain f/3, ISO 800, 120sec). Foto: Rainer Glawion, IAS-Sternwarte Hakos



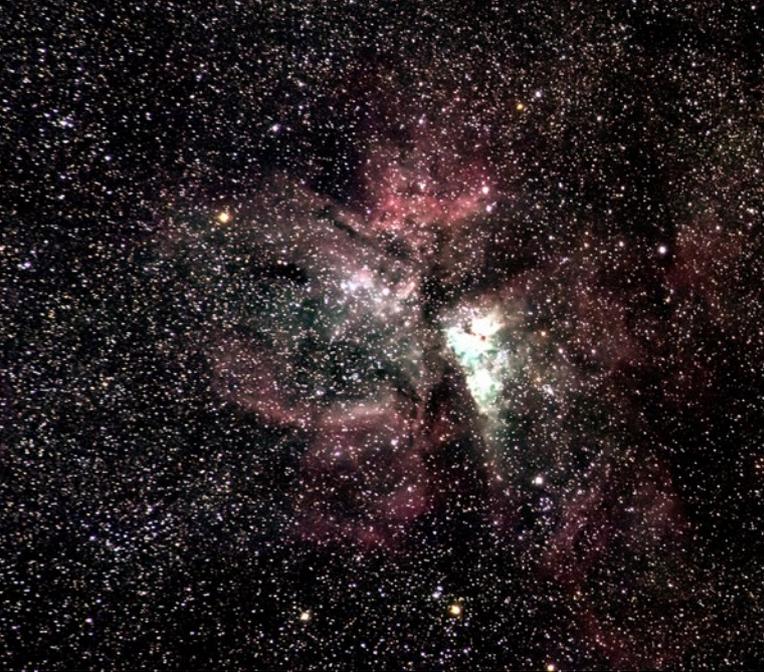


Abb. 21: Eta Carinae-Nebel (Canon EOS 5Ds, Canon 70-300 bei 300mm, f/5,6, ISO 3200, 33x10sec, iOptron Reisemontierung). - Foto: Hartwig Nahme

Ein weiteres Highlight am südlichen Sternhimmel ist sicherlich der Bereich um **Eta Carinae** (s. Abb. 21 und 22). Dieser Stern liegt ebenfalls in einer sehr ausgedehnten Nebelregion (NGC 3372) von 300 Lj Durchmesser, die sich allerdings mit einer Entfernung von 7500 Lj innerhalb der Milchstraße befindet. Auch bei η Carinae handelt es sich um einen blauen Überriesen mit einer Leuchtkraft von bis zu 5 Mio Sonnenleuchtkräften. Zwischen 1837 und 1856 erlebte η Carinae einen riesigen Ausbruch, der zunächst die Sternhelligkeit auf -1 mag ansteigen ließ (zweithellster Stern am Himmel nach Sirius) und bei dem der Stern bis zu 15 Sonnenmassen an Materie in die Umgebung ausstieß. Der dabei entstandene Homunculus-Nebel ist mit 18" nur mit größeren Teleskopen sichtbar (s. Abb. 22). Dieser Nebel schwächt das Licht von η Carinae jedoch um ca. 5 Größenklassen, ohne ihn würde η Carinae weiter-

hin zu den hellsten Sternen am Himmel zählen.

Auf Grund der erwähnten Montierungsprobleme konnte Hartwig Nahme auch weitere Highlights des Südhimmels nur eingeschränkt mit normalen Kameraobjektiven aufnehmen. Dazu zählten Objekte und Sternbilder, die zwar auch in Freiburg dicht am Südhorizont im Sommer sichtbar sind, in Namibia aber für Aufnahmen optimal hoch am Himmel und z.T. im Zenit stehen.

Ein anderer Freiburger Sternfreund, Martin Federspiel, beobachtete mit einem 16"-Newton-Teleskop auf einer Dobson-Montierung mit Goto-Funktion eine sehr große Anzahl von Deep-Sky-Objekten visuell. Auch andere Teilnehmer konnten mit ihrer Ausrüstung eindrucksvolle Aufnahmen von dieser Reise mit nach Hause nehmen.

Das fünftägige Astronomieprogramm auf der Astrofarm Hakos am Ende der Reise umfasste nicht nur visuelle Beobachtungen am Teleskop, sondern auch Astrofotografie mit einfachen Geräten (DSLR und Stativ) sowie Vorträge und Workshops zu astronomischen Themen.

Die Reise wird in den kommenden Jahren wiederholt.

Quellen

Glawion, Rainer: Schutzgebietsmanagement im südlichen Afrika. - Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br., Bd. 101 (2011), S. 1-41

Glawion, Rainer: Landnutzungskonflikte im Namib-Naukluft-Park in Namibia - Ausverkauf eines afrikanischen Nationalparks? - In: Glaser, R. et al. (Hrsg.): Afrika. - Planet Erde. Darmstadt 2010, S. 182-195.

www.gobabeb.org

www.hakos-astrofarm.com

<https://wittmann-travel.de/namibia-astro-geo>



Abb. 22: Zentraler Teil des Eta Carinae-Nebels mit dem Stern Eta Carinae (linkes Bild) und dem ihn umgebenden Homunculus-Nebel (unteres Bild). (Canon EOS 700Da, 20" Keller-Cassegrain, f=4500 mm, f/9, linkes Bild: ISO 3200, 60 sec; unteres Bild: ISO 800, 7 sec).

Fotos: Rainer Glawion, IAS-Sternwarte



Anstatt nach Namibia auf den Schauinsland?

Schütze und Skorpion im Sommer knapp über dem Horizont

Gundo Klebsattel

Im Sommer steht das Band der Milchstraße bei uns hoch am Himmel und bietet in den Sternbildern Schwan, Adler und Schild (Sct in Abb. 1) sehr schöne kontrastreiche Bereiche. Die Partien südlich davon sind von Deutschland aus im Allgemeinen leider meist eher zu erahnen als zu sehen.

So hatte ich die Sternbilder Schütze (Sgr) und Skorpion (Sco) nie richtig wahrgenommen, bis es mir im Juni 2019 vergönnt war, auf der Gästefarm Hakos in Namibia unter perfekten Bedingungen den Nachthimmel zu beobachten. Die hellsten Bereiche der Milchstraße im Sternbild Schütze standen kontrastreich im Zenit und haben tatsächlich einen Schatten geworfen. Ein unvergessliches Erlebnis!

Nun wollte ich erkunden, welche dieser spektakulären Bereiche auch von Deutschland aus zu sehen sind. Ich wollte dies nicht theoretisch anhand von Programmen wie Guide oder Stellarium machen, sondern in der Realität.

Ein geeigneter Beobachtungsstandort sollte Richtung Süden eine freie Sicht mit einem niedrigen Horizont aufweisen und möglichst mit dem Auto zu erreichen sein. Ein solcher Standort findet sich z.B. auf dem Schauinsland im Bereich der Halde. Genauer: Der kleine Parkplatz an der K4958 etwa 200 Meter östlich des Land schulheims. Hier beeinträchtigen die Windbuchen zwar etwas den Blick zum Himmel, bieten dafür aber einen sehr schönen Vordergrund.

In einer klaren Nacht, wie ich sie am 13.06.2021 erlebt habe, hat man von dort einen herrlichen Blick auf Bereiche des Sternenhimmels, die sich sonst meist der Beobachtung entziehen. Mit dem Fernglas oder der

Kamera darüber zu spazieren ist ein Genuss.

Zusammenfassend muss ich feststellen, dass der Sternenhimmel in Namibia doch noch einiges mehr bietet. Aber wir können uns glücklich schätzen, hier in Deutschland immerhin solche Beobachtungsmöglichkeiten in unserer Nähe haben.

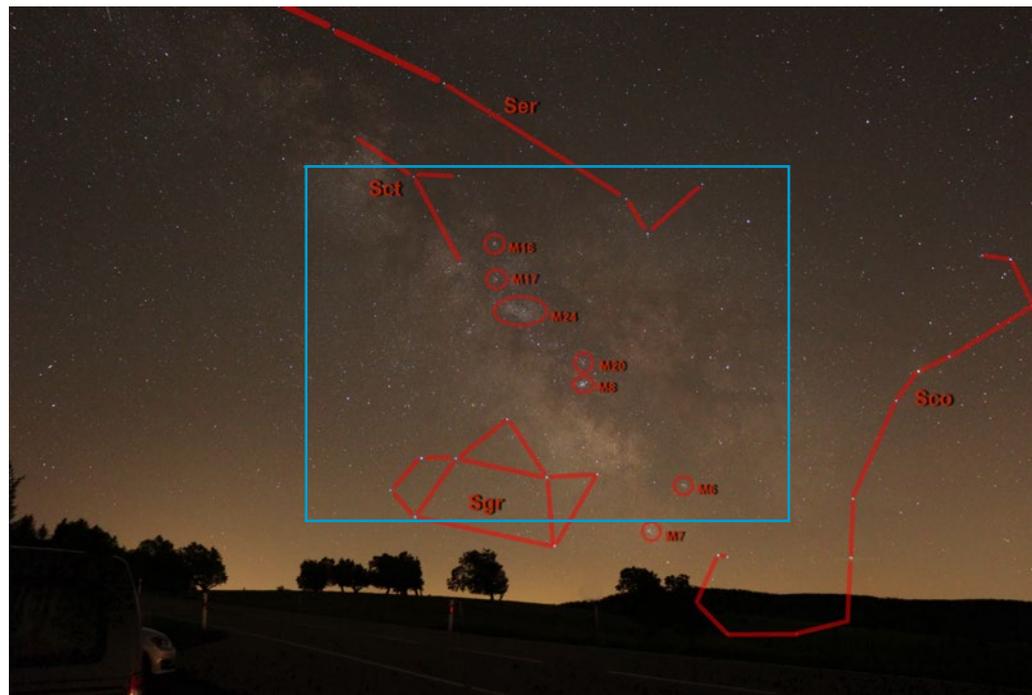
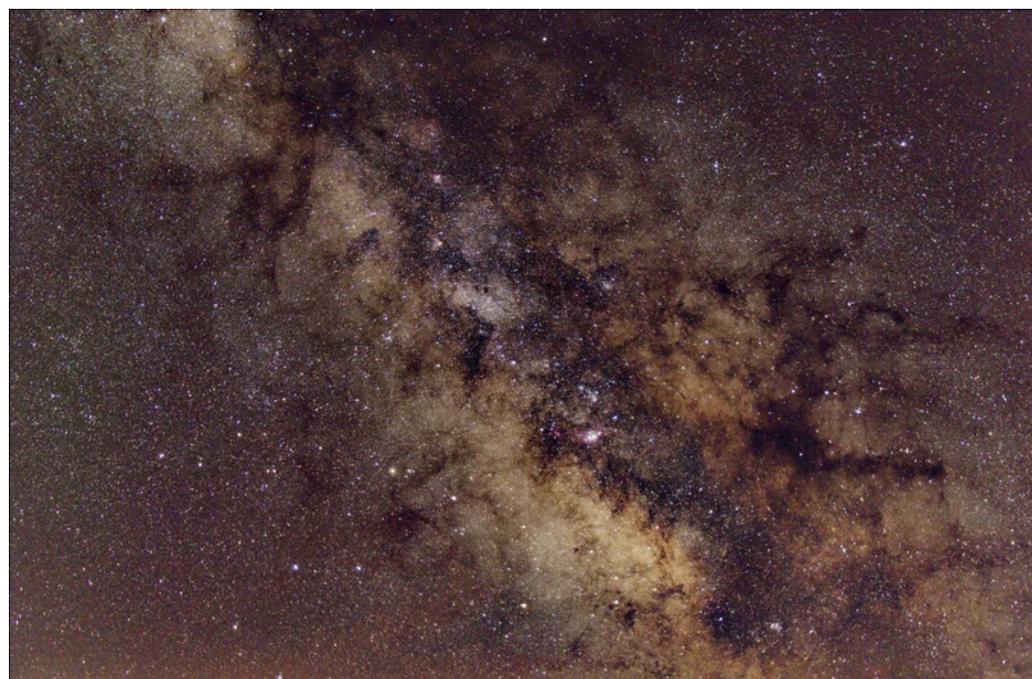


Abb. 1: Übersichtsaufnahme mit Bezeichnungen wichtiger Sternbilder und Messier-Objekte. Der blaue Rahmen markiert den Ausschnitt in Abb. 2. - EOS 90d, Canon 18-135 mm bei 18 mm, ISO1600, f/3.5, 30 sec.
Abb. 2 (unten): Zentraler Bereich der Milchstraße vom Schild (Scutum) bis zum Schützen (Sagittarius). - EOS 90d auf Vixen Polaris, Canon 18-135 mm bei 35 mm, ISO1600, f/4.5, 29x30 sec. Mit Sequator gestackt und mit PixlInsight bearbeitet. - Fotos: Gundo Klebsattel



Milchstraßenpanorama über La Palma

99 Bildfelder zu einem 500 Megapixel-Mosaik zusammengesetzt

Jakob Sahner

Als Astrofotograf ist man in der heutigen Zeit an sehr viele Herausforderungen gebunden. Sei es, sein erstes Bild von der Milchstraße zu machen oder die Montierung das erste Mal aufzubauen und einzunorden. Mit mehr Erfahrung und steigender Schwierigkeit in dem jeweiligen Gebiet wachsen diese Herausforderungen und auch die Ansprüche an die Bildergebnisse.

In meinem Fall, mit Bezug auf das entstandene Bild, wollte ich etwas Besonderes und nahezu Einzigartiges erschaffen. Jeder kennt die schönen Weitwinkelaufnahmen der Milchstraße, sei es aus Deutschland, Namibia oder La Palma. Alle haben eines gemeinsam, sie sind nicht gut aufgelöst und zeigen nur grob die feinen Details in der Milchstraße oder sind einfach nicht ausreichend belichtet. Grund dafür sind natürlich die weitwinkligen Objektive, da man einfach zu wenig Brennweite hat für gute Details. Zudem ist meist der normale Anspruch, einfach ein schönes einfaches Bild zu machen. Ich wollte jedoch mehr! Ich wollte das komplette Zentrum der Milchstraße mit Vordergrund mit einem 135 mm Objektiv ablichten. Gängige Brennweiten für solche Bilder sind meist im Bereich 14-24 mm, um meist nur ein Bild machen zu müssen und alles ins Bild zu bekommen.

In den letzten Jahren haben jedoch immer mehr Fotografen angefangen, mit „längeren“ Brennweiten, z.B. 35 mm oder 50 mm detailreichere Bilder zu machen. Diese werden dann meist zu einem kleinen Mosaik verbunden, um diesen weiten Ausschnitt der Milchstraße zu zeigen.

Es gibt nur eine Handvoll Fotografen, die sich dann an noch längere Brennweiten setzen, um noch mehr Details zu zeigen. Die ersten Fotografen, die es versucht haben (zumindest, die ich kenne), waren ich selbst und ein guter Freund aus Norwegen namens Adrien Mauduit. Bestimmt haben es auch schon andere Fotografen gemacht, jedoch haben diese meist nur versucht, den Himmel alleine abzulichten! Wir hatten noch eine weitere Herausforderung, welche diese Fotografen nicht haben! Wir haben das Ziel, diese Aufnahmen mit einem Vordergrund zu vereinen, um quasi ein möglichst natürliches Weitwinkel-Landschafts-Astrobild zu erstellen, nur mit sehr vielen Details.

Der Plan stand fest, jetzt musste ich nur noch zu meinem geplanten Aufnahmeort fliegen und dieser war La Palma in der Inselgruppe der Kanaren! Ein Paradies für Astrofotografen. In der 7. Nacht war es dann soweit. Perfekte Bedingungen und kein Mond mehr am Himmel! Ich begann kurz nach Beginn der Dunkelheit,

meine Aufnahmen zu starten.

Nachgeführte 135 mm auf Vollformat mit 30 Sekunden Einzelbelichtungen bei ISO 1600 und f/2. Jeweils 6 Bilder wurden gemacht, um auf eine Gesamtbelichtung von 3 Minuten pro Bildfeld zu kommen. In der ersten Nacht verbrachte ich 4 Stunden, um die Kamera immer wieder neu manuell auf das nächste Bildfeld auszurichten.

Am Ende der Aufnahmen dachte ich, ich wäre fertig, doch schon beim Heimweg hatte ich das leichte Gefühl, dass ich manche Aufnahmen vergessen hatte oder bei manchen Ecken meines geplanten Ausschnittes Löcher im Bild haben werde, da es eine echte Herausforderung war, die Kamera immer wieder neu manuell auszurichten und das dann noch gekoppelt mit der Rotation des Himmels. Mein Gefühl hatte sich bestätigt und ich verbrachte Teile der nächsten Nächte, um nach und nach das Mosaik mit allen fehlenden Bildern zu füllen.

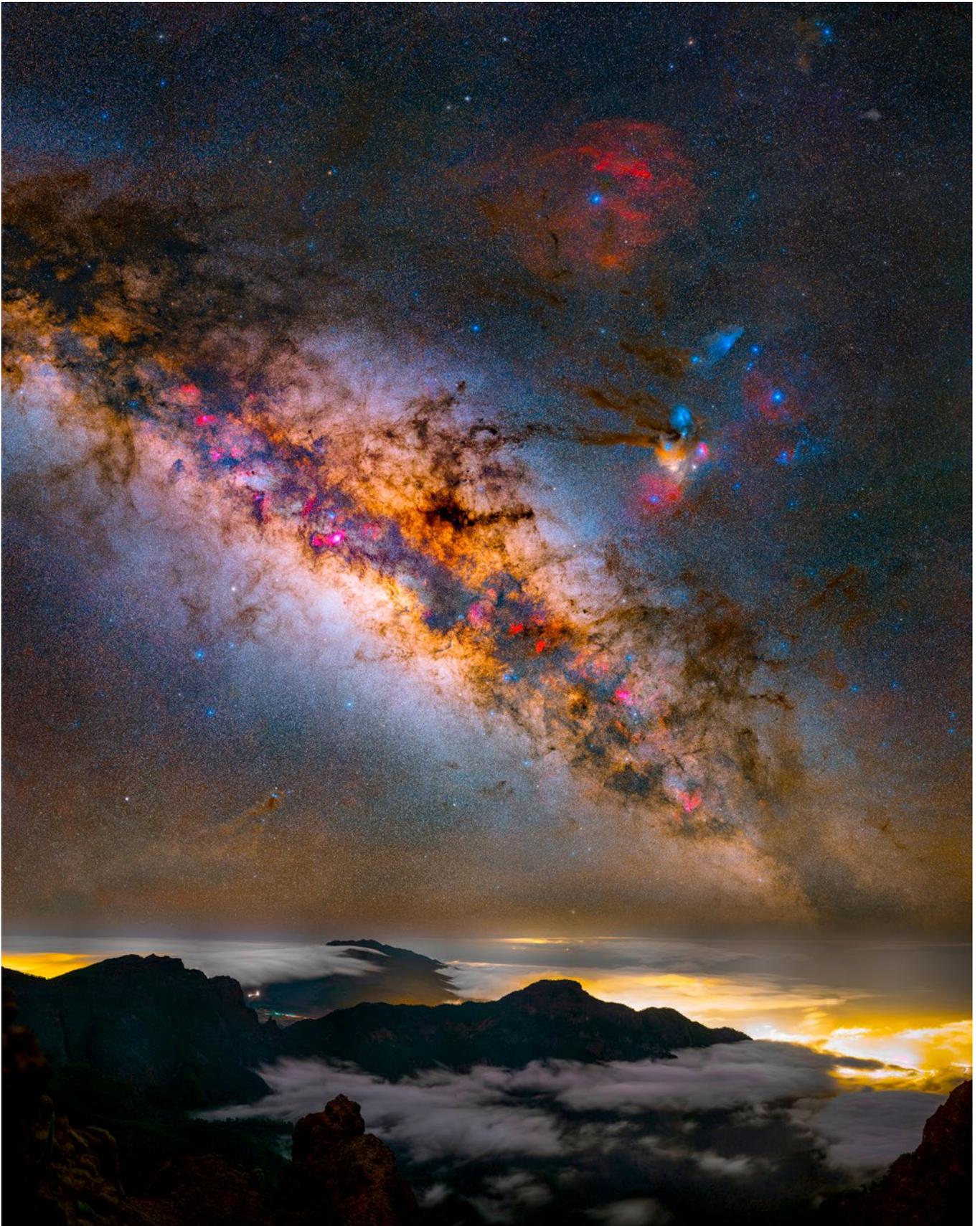
Als ich zu Hause angekommen war, sammelten sich dann noch mehr als 48 Stunden Bildbearbeitungszeit dazu, die jedoch nur daraus bestanden herauszufinden, wie ich diese gewaltige Menge an Bildern verarbeiten sollte, wie das dann noch zu einem Mosaik zu verbinden und schließlich mit dem Vordergrund zu vereinen wäre (der natürlich auch mit 135 mm aufgenommen wurde). Viele Schritte waren nötig, um dieses Bild zu erschaffen, aber es hat sich mehr als gelohnt! Die Details, wenn man die volle Auflösung vor sich liegen hat, sind erstaunlich für nur 3 min Belichtung pro Bildfeld.

Diese Art von Bild ist bis auf eine andere Aufnahme, die von dem angesprochenen Adrien Mauduit stammt, einzigartig!

Insgesamt sind es 99 Bildfelder gewesen, um genug Überlappung für das Mosaik zu haben. Das Hauptbildfeld wurde nochmals gut beschnitten, um meinen gewünschten Ausschnitt zu erhalten, also sind es jetzt vielleicht noch ca. 80 Einzelbildfelder.

Gestackt in APP, zusammengesetzt in Microsofts Image Composite Editor Software und final bearbeitet in PixInsight, Photoshop und Lightroom. Das finale Bild hat über 500 Megapixel und ist mehrere GB groß.

(Aus: Vereinsmitteilungen der Sternfreunde Breisgau, Heft 3 (September – Dezember) 2021, S. 12-15)



Milchstraßenmosaik vom Sternbild Schild (o.l.) über den Schützen und Skorpion bis zum südlichen Altar (u.r.), aufgenommen vom Roque de los Muchachos in 2400 m Höhe auf La Palma. – Wenige Monate nach dieser Aufnahmeserie brach ein Vulkan auf dem im Bildhintergrund sichtbaren Höhenrücken der Cumbre Vieja aus (siehe folgender Artikel „Roter Nachthimmel über La Palma“ auf S. 94 in dieser Festschrift). –

Aufnahmekamera: Sony α 7s astromodifiziert; Objektiv: Samyang 135 mm f/2; Nachführung: Skywatcher star adventurer, ohne guiding, 6x30 s bei ISO1600 und f/2 pro Bild (3 min pro Bildfeld).

Aufnahme: Jakob Sahner

Roter Nachthimmel über La Palma

Der Vulkanausbruch im Herbst 2021 und seine Folgen für das European Northern Observatory auf dem Roque de los Muchachos

Rainer Glawion



Abb. 1: Krater des Tajogaite-Vulkans mit Lavaström, der hangabwärts in Richtung der Stadt Los Llanos de Aridane fließt. – Aufnahme: 09.10.2021

Die Erde unter unseren Füßen bebte, das Donnernrollen eines nicht enden wollenden Eruptionsgewitters ließ die Türen klappern, heftige Detonationen erschütterten das Haus. Ungläubig schaute ich durch die klirrenden Fensterscheiben auf das Inferno, das sich in wenigen Kilometern Entfernung am gegenüberliegenden Hang unserer Ferienwohnung entfaltete: Feuerfarben stiegen aus mehreren Vulkanschloten hunderte von Metern in die Luft, Lavabomben prasselten unaufhörlich auf die Vulkanflanken nieder, vereinigten sich zu glühenden Lavaströmen, die sich mit beängstigender Geschwindigkeit talwärts Richtung Stadt wälzten (Abb. 1). Die Lavazungen verschlangen Häuser, Fabrikhallen, Straßen, Plantagen, Kirchen, Schulen, Tankstellen,..., einfach alles, was in ihrem Weg lag (Abb. 2). Schließlich flossen sie mit lautem Zischen in den Atlantischen Ozean, wobei sie mit dem Meerwasser zu gewaltigen salzsäurehaltigen Dampfschwaden reagierten.

Klebrige Asche regnete aus den dunklen Wolken, die die Krater ausstießen: Innerhalb weniger Stunden lag die Stadt Los Llanos de Aridane unter einer schwarzen Aschendecke: Dächer, Straßen, Autos, Swimming Pools, alles versank unter dieser schwarzen, klebrigen Masse. Durch die geschlossenen Fenster der Ferienwohnung drangen feinste Aschenpartikel, die auch die Böden und Möbel der Innenräume bedeckte. Draußen mussten FFP2-Schutzmasken getragen werden, nicht wegen Covid-19, sondern weil der Feinstaub sich in

Abb. 2: Lavaströme fließen durch die Vororte der Stadt Los Llanos de Aridane. – Aufnahme: 11.10.2021





Abb. 3: Die Eruptionskrater des Tajogaite-Vulkans liegen oberhalb der Stadt Los Llanos de Aridane; die Lavaströme fließen durch die südlichen Vororte. – Aufnahme: 12.10.2021

den Lungen festsetzte. Und es gab noch eine weitere unsichtbare Gefahr: giftiges, farbloses Schwefeldioxid-Gas, das aus den Kratern entwich und sich als unsichtbare Wolke über der Stadt ausbreitete.

Nachts ließen uns die fortwährenden heftigen Detonationen aus den Kratern nicht zur Ruhe kommen. Die glühenden Lavaströme tauchten die Rauchwolken brennender Häuser und Plantagen in ein unwirkliches, fahlrotes Licht. Unablässig strömte die Lava aus den Schloten den Abhang hinunter und suchte sich neue Wege durch die Siedlungen. Die Lichter der Stadt verloren sich in der Ferne - unter den glimmenden Lavaströmen (Abb. 3).

Die Infrastruktur der Insel brach während der Eruptionsphase, die vom 19. September bis 13. Dezember 2021 andauerte, zeitweise zusammen. Der Flughafen musste geschlossen werden, der Süden der Insel mit

seinen Hotelanlagen war durch die Lavaströme komplett abgeschnitten. Der bekannte Nationalpark Caldera de Taburiente wurde wegen der Gefahr von Erdbeben und Bergrutschen gesperrt.

Am Nordhang der Caldera de Taburiente liegen die bekannten Observatorien der Europäischen Nordsternwarte mit einigen der größten Teleskope der Welt. Ich wollte herausfinden, inwiefern diese Sternwarten vom Vulkanausbruch des Tajogaite betroffen waren. Daher fuhr ich am 10. Oktober 2021 von der aschenbedeckten Stadt Los Llanos de Aridane entlang der Küstenstraße nach Norden. Auf einer steilen, kurvenreichen Gebirgspiste kletterte der Wagen auf 2400 Meter Höhe zum Roque de los Muchachos, wo die Sternwarten auf dem höchsten Gebirgskamm der Insel wie auf einer Perlenkette aufgereiht sind (Abb. 4). Ein Blick von dort zurück nach Süden genügte, um die bedrohlichen

Abb. 4: Wie eine Perlenkette sind die Observatorien des Roque de Los Muchachos auf dem Grat der Caldera de Taburiente in 2400 m Höhe aufgereiht.

Von links nach rechts: Nordic Optical Telescope (2,5 m-Spiegel), William Herschel Telescope (4,2 m-Spiegel), Dutch Open Solar Telescope (45 cm Spiegel), Swedish Solar Telescope (1 m-Spiegel), Isaac Newton Telescope (2,5 m-Spiegel), Jacobus Kapteyn Telescope (1 m-Spiegel).





Abb. 5: Die nur 15 km entfernte Eruptions-Aschenwolke durchstößt in 2000 Metern Höhe die Passatwolken und steigt bis auf 6000 Meter Höhe auf.. Die Kamera blickt in die gleiche Richtung wie das Milchstraßenpanorama im vorangehenden Artikel von Jakob Sahner. – Aufnahme: 10.10.2021

Auswirkungen des Vulkans zu beobachten: Eine dicke schwarze Aschenwolke durchstieß in nur 15 km Entfernung die niedrigen Passatwolken und stieg bis zu 6000 Meter Höhe auf (Abb. 5). Wenn der Wind aus südlichen Richtungen wehte, erreichte diese Aschenwolke den Roque de los Muchachos und der Aschenniederschlag konnte die empfindlichen Optiken bedecken und sich in den Antrieben der Montierungen festsetzen. Dies bedeutete, dass die Sternwarten ihre Kuppeln geschlossen halten mussten (Abb. 6). Zudem beeinträchtigte der Feinstaub wie bei einer Smogwetterlage die

Abb. 6: Das Gran Telescopio Canarias ist mit seinem 10,4 Meter-Spiegel, der aus 36 Segmenten besteht, das größte optische Teleskop der Erde.



Transparenz der Atmosphäre. Das eindrucksvolle Milchstraßenpanorama, das unser Vereinsmitglied Jakob Sahner im vorangehenden Beitrag dieser Festschrift (S. 93) abgebildet hat, ließe sich unter diesen Bedingungen nicht wiederholen.

Trotz der immensen materiellen Zerstörungen von tausenden von Häusern, Infrastruktur, Plantagenanlagen und Gewerbeeinrichtungen war, dank der umfangreichen Evakuierungsmaßnahmen der Rettungsdienste und des Zivilschutzes, lange Zeit kein menschliches Opfer zu beklagen. Erst zwei Monate nach Beginn des Ausbruchs kam erstmalig die Meldung, dass ein Bewohner unter seinem Hausdach, das durch die Aschenlast kollabierte, verschüttet wurde. Viele materielle Existenzen sind vernichtet worden, wie der Autor in Gesprächen mit Betroffenen erfahren musste. Zahlreiche Familien verloren ihre Häuser und wurden notdürftig bei Verwandten oder in staatlichen Auffangeinrichtungen untergebracht.

Am Tag meines Rückflugs erfuhr ich, dass mein Flug wegen des Aschenregens storniert wurde. Was tun? Nun, es gab

ja noch den Seeweg nach Teneriffa, und von dort aus vielleicht einen Flug zurück... Jedenfalls dauerte meine Rückreise statt der vorgesehenen vier Stunden nun zwei volle Tage.

(Aus: Vereinsmitteilungen der Sternfreunde Breisgau, Heft 1/2022, S. 8-13, gekürzt. Videos zum Vulkanausbruch siehe QR-Code bzw.



www.sternfreunde-breisgau.de/Himmels-und-Naturerscheinungen/

Alle Fotos in diesem Beitrag: Rainer Glawion



Partielle Sonnenfinsternis für die Öffentlichkeit

am 25. Oktober 2022 über Freiburg

Martin Federspiel

Freiburg hat wieder einmal Glück gehabt. Wie schon 2015 und 2021 trübte auch am 25. Oktober 2022 kein Wölkchen zu der Zeit die Sicht zum Himmel, in der der Mond die Sonne teilweise verfinstern sollte. Diesmal fiel die Verfinsternung in die Mittagszeit, sodass viele Menschen Gelegenheit hatten, das himmlische Spektakel mit eigenen Augen zu sehen. Maximal wurden knapp 20% der Sonnenfläche vom Mond bedeckt.

Gemeinsam mit dem Planetarium Freiburg boten einige Sternfreunde eine öffentliche Beobachtung der Finsternis auf der Wiese vor der Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule in der Nähe des Freiburger Hauptbahnhofs an. Das Planetarium verlieh Sonnenfinsternisbrillen

(ble stack). Für das Publikum war es sehr interessant und überraschend, die Sonne auf zwei ganz verschiedene Weisen zu sehen: die Photosphäre mit Sonnenflecken und die Chromosphäre mit aktiven Gebieten, Filamenten und Protuberanzen. Das war eine gute Gelegenheit, nicht nur etwas zum Verlauf der Finsternis, sondern auch etwas zum Aufbau und zum Geschehen auf der Sonne zu erzählen. In Hartwig Nahmes großem H α -Teleskop (Lunt 152 mm) konnten die reizvollen Strukturen wunderbar im Detail beobachtet werden. Glücklicherweise zeigte die Sonne am Finsternistag einige auffällige Protuberanzen, Filamente und aktive Gebiete um Sonnenflecken. Eine recht hohe Protuberanz bot einen guten Anhaltspunkt für die Bewegung



zur sicheren und direkten Beobachtung mit dem bloßen Auge an die Besucherinnen und Besucher. Sternfreund Gerhard Herzog projizierte das Bild der verfinsterten Sonne mit einem Refraktor und temperaturbeständigen Okular auf einen kleinen Schirm, sodass mehrere Interessierte gleichzeitig das Geschehen verfolgen konnten. Auch für kleinere Kinder ist es meist einfacher, ein projiziertes Bild zu sehen als durch ein Okular zu schauen. René Kiefer hatte sein Newton-Teleskop mit Sonnenfilter vor dem Tubus dabei. Anstelle eines Okulars nahm eine Kamera durchgängig die Sonne auf, deren Bild live auf einem Laptop-Monitor verfolgt werden konnte. Martin Federspiel war mit drei Teleskopen für die visuelle Beobachtung vertreten: einem Schmidt-Cassegain-Spiegelteleskop mit Sonnenfilter aus Baader-Folie, einem kleineren Refraktor ebenfalls mit Folienfilter (betreut von Planetariumsleiter Thomas Presper) und einem H α -Teleskop (Coronado 60 mm double stack). Martin Piscosquito vom Planetarium hatte ein kleines H α -Teleskop aufgebaut (PST dou-

des Mondes. Als sie hinter dem Mond verschwand und später wieder zum Vorschein kam, war der Mondlauf direkt zu sehen. Hartwig Nahme nahm mit seinem Ca H-Teleskop zusätzlich die hellen „Plages“ (Fackeln im Licht der Calcium H-Linie) um die Sonnenflecken auf und zeigte sie den besonders interessierten Gästen auf einem Bildschirm.

200 bis 300 Besucherinnen und Besucher, darunter viele Schülerinnen und Schüler, haben so die Finsternis auf ganz unterschiedliche Weise verfolgen können. Manche kamen nur kurz in der Pause, andere blieben die ganze Zeit. Viele haben sich ausdrücklich für das Angebot bedankt. Auch die Medien berichteten über die Aktion. Der SWR und Baden TV Süd waren mit Fernsehteams vertreten. Ich finde, das war eine gelungene Veranstaltung, insbesondere auch als Kooperation zwischen Planetarium und Sternfreunden. Ob bei der nächsten partiellen Sonnenfinsternis in Deutschland am 29. März 2025 das Wetter auch wieder mitspielt?

Im Bann von Komet C/2020 F3 (NEOWISE)

Andreas Masche

Der Wecker klingelt um 2:00 Uhr. Schon zum zweiten Mal zu dieser nachtschlafenden Zeit innerhalb weniger Tage. Aber die Nacht würde erneut klar werden – das war schon am Vorabend absehbar – und „NEOWISE“ ist der beste Komet seit Jahren, zumindest auf der Nordhalbkugel! Also raus aus den Federn, die Ausrüstung hatte ich schon am Abend ins Auto gepackt. Nach einer Tasse Kaffee fahre ich zu einem kleinen Waldparkplatz im Schwarzwald nordöstlich von Freiamt. Eine wunderbare, einsame Stelle, nur etwa 14 km von meinem Wohnort.

Foto: Andreas Masche www.ccd-astronomie.de



Die Ausrüstung ist schnell aufgebaut, bin ja schon in Übung vom letzten Mal: Berlebach-Stativ, die paralaktische Avalon-Linear Montierung (eigentlich oversized für den kleinen 60-mm-Refraktor, aber sehr gut transportabel), grob nach Norden ausgerichtet, darauf der erwähnte Refraktor (f/6,2, also Brennweite ca. 375 mm) mit angesetzter DSLR, piggyback die kleine Nachführkamera mit Leitoptik (Brennweite 100 mm). Alles verkabelt und an die Powerbank unter dem Stativ angeschlossen. Dann noch die genaue Poljustage mit dem in der Montierung integrierten Polsucher. Anschließend das Teleskop auf die nahe Capella ausgerichtet und mit der Cuzdi-Maske fokussiert. Also, bis alles fertig ist, dauert es doch eine gute halbe Stunde. Dann aber Goto zum Kometen. Der ist aber noch hinter Bäumen versteckt. Zeit, auf einem weiteren Stativ mein Astro-Spektiv aufzubauen. Noch ist es stockdunkel, nur am NO-Horizont zeigt sich ein schwacher Lichtschimmer: Ankündigung der bevorstehenden Morgendämmerung oder Lichtverschmutzung über dem Kinzigtal, das sich in dieser Richtung befindet? Der Himmel ist nicht vollständig klar, einige mehr oder weniger dichte Zirkuswolken ziehen vorüber. Aber die Stimmung an diesem dunklen Platz ist irgendwie mystisch. Im Süden die hellen Planeten Jupiter und Saturn, im Südosten der Mars nur wenige Grad über dem abnehmenden Mond!

Und da ist er auch schon: der Komet erscheint rechts neben der Silhouette eines etwa 100 m entfernten Baumes. Durch das Spektiv mit 30-facher Vergrößerung ein traumhafter Anblick! Schnell ein paar Probeaufnahmen gemacht, die Nachführkamera hat schon automatisch angefangen zu korrigieren. Alles läuft perfekt. Plötzlich ein helles Licht über den Baumwipfeln im Osten, fast bekomme ich einen Schreck: Aber es ist nur die Venus! Inzwischen ist es halb vier Uhr und die Morgendämmerung hat sichtbar eingesetzt. Jetzt also schnell die Fotos vom Kometen, der inzwischen ordentlich Höhe über dem Horizont gewonnen hat. Nach drei Aufnahmen von je 1 Minute beschließe ich, die Belichtungszeit auf 2 Minuten zu verlängern. 10 Aufnahmen, das sollte genügen (später nutze ich davon nur die ersten fünf zum Stacken, weil die Dämmerung dann doch zu hell wurde).

Ein tolles Erlebnis, ich will gar nicht loslassen. Aber irgendwann muss es sein, der Komet verblasst in der Dämmerung immer mehr. In wenigen Minuten ist alles abgebaut und im Auto verstaut, um kurz nach 5 bin ich wieder zu Hause – und im Bett.



Komet NEOWISE am 13.07.2020 über Freiburg. – Foto: Julian Shroff

Komet NEOWISE am 08.07.2020 hinter leuchtenden Nachtwolken. – Foto: Andreas Klusch

Komet NEOWISE am 13.07.2020 über dem Batzenberg. – Foto: Gundo Klebsattel



Wie kommt der Vollmond zur Ehrentrudiskapelle?

Gundo Klebsattel



Die Ehrentrudiskapelle auf dem Tuniberg oberhalb von Munzingen ist die Landmarke, die aus allen Richtungen die Blicke anzieht.

Ich habe immer vermutet, dass ein aufgehender Vollmond neben der Ehrentrudiskapelle ein sehr reizvolles Foto-Motiv sein müsste.

Allerdings kommt eine solche Aufnahme nicht zufällig zustande, sondern bedarf einiger Überlegungen: Wann denn? Wo denn? Wie denn?

Aufgrund der Lage der Ehrentrudiskapelle auf dem südöstlichen Ende des Tunibergs kommen in erster Linie Vollmond-Aufgänge relativ weit im Norden in Frage. Diese gibt es in den Wintermonaten. Dann befindet die Sonne in den südlichen Bereichen der Ekliptik und der Vollmond steht ihr gegenüber weit im Norden.

Am 27. Februar 2021 war ein geeigneter Termin. Ich habe aus GUIDE den Azimut des aufgehenden Mondes bei einer Höhe von 2° über dem Horizont mit $76,5^\circ$ ermittelt.

In Google Earth habe ich dann, von der Ehrentrudiskapelle ausgehend, in dieser Richtung eine Linie gezogen, entlang der ich potentielle Aufnahmestandorte identifiziert habe. Die beiden wesentlichen Anforderungen

an mögliche Standorte sind erstens – logischerweise – ein freier Blick zu Ehrentrudiskapelle und zweitens ein möglichst großer Abstand, damit der Mond im Vergleich zu Kapelle besonders groß wirkt. Außerdem sollte der geplante Aufnahmestandort an einem quer verlaufenden Weg liegen, damit die genaue Aufnahme-position schnell an den aufgehenden Mond angepasst werden kann. Einen geeigneten Standort habe ich in 1,6 Kilometern Entfernung bei Hausen an der Möhlin gefunden. Als Objektiv habe ich ein Tele mit 400mm Brennweite verwendet.

Als dann um 19:40 Uhr der riesige Vollmond direkt neben der Kapelle auftauchte, bot sich ein geradezu surrealer Anblick. Mit einem Abstand von nur 369600 km erschien der Mond an diesem Tag auch besonders groß. Der kleinste Abstand des Mondes von der Erde beträgt 363300 km, der größte Abstand 405.500 km.

Eine besondere Herausforderung war die Belichtung, da die Helligkeitsunterschiede zwischen dem Vollmond und der dunklen Landschaft extrem sind. Brauchbar waren Aufnahmen, bei denen der Mond korrekt belichtet und der Vordergrund nachträglich extrem aufgehellt wurde.

Mond bedeckt Mars am 08.12.2022

Jörg Schoppmeyer



Eintrittsphase der Marsbedeckung durch den Vollmond am 08.12.2022 um 06:00 Uhr.
Fotos: Jörg Schoppmeyer



Austrittsphase der Marsbedeckung durch den Vollmond am 08.12.2022 um 07:03 Uhr.
Fotos: Jörg Schoppmeyer

Videos zur Marsbedeckung durch den Mond am 08.12.2022 von Martin Federspiel und Gundo Klebsattel finden Sie auf der Webseite der Sternfreunde Breisgau (siehe auch QR-Code):

<https://www.sternfreunde-breisgau.de/Bedeckungen/>



Verfinsterter Jupitermond bedeckt Stern

Remote-Beobachtungsbericht vom Ereignis 2022-06-19 Europa

Karl-Ludwig Bath^{1,2,3}, Martin Junius², Michael Mushardt^{2,3}

(1) Sternfreunde Breisgau e.V.

(2) Internationale Amateursternwarte e.V.

(3) International Occultation Timing Association – European Section

Zusammenfassung

Am 19. Juni 2022 bedeckte der Jupitermond Europa einen 10.5 mag hellen Stern. Normalerweise wäre ein solches Ereignis wegen des großen Helligkeitsunterschiedes nicht zu beobachten. Doch ein äußerst glücklicher Zufall machte die Beobachtung trotzdem möglich: Europa befand sich gerade unsichtbar im Schatten des Jupiter. Der Stern, dicht neben Jupiter, wurde also durch die unsichtbare Europa verdeckt, ganze 100 s lang. Obwohl es trotzdem noch eine ganze Reihe von Problemen gab, wurde die Beobachtung schließlich doch noch zu einem schönen Erfolg.

Der Schnellstart

Das war schon eine knappe Sache. Der erste Hinweis auf das Bedeckungsereignis am 19. Juni 2022 früh um 05:05 MESZ kam erst am 16. Juni um 23:25 UTC über IOTAoccultations@groups.io. Sofort am folgenden Morgen erging der Aufruf an zwei IAS-Mitstreiter und zum Glück konnten wir an den verbleibenden zwei Abenden noch die erforderlichen Tests durchführen.

Bedeutung

Zunächst aber etwas zum Hintergrund des Ereignisses. Der Jupitermond Europa ist derzeit von besonderem Interesse, weil die ESA im nächsten Jahr die Jupiter-Sonde JUICE zu den Galileischen Monden Europa, Ganymed und Kallisto schicken will. Der Start ist für den April 2023 vorgesehen, dann folgen ein Swingby am Mond, einer an der Venus, zwei an der Erde und schließlich die Ankunft bei Jupiter im Juli 2031. Untersucht werden soll unter anderem, ob auf Ganymed und Europa Leben möglich ist. Auch sollen die Dicken ihrer Eiskrusten gemessen werden. Für die Mission will man deshalb schon im Vorfeld möglichst genaue Bahndaten eben auch für Europa bekommen. Das ist also der Hintergrund für die internationale Kampagne für diese Sternbedeckung. Weitere Details zur Raumsonde JUICE finden sich in [1] und [2].

Zur Beobachtung

Die Sternbedeckung war nun leider nicht vom heimischen Europa aus zu sehen, sondern nur im Süden Afrikas. Die IAS-Sternwarte (ias-observatory.org) auf der Astrofarm Hakos/Namibia lag sogar nahezu auf der Zentrallinie des vorhergesagten Schattenpfades (Abb. 1).

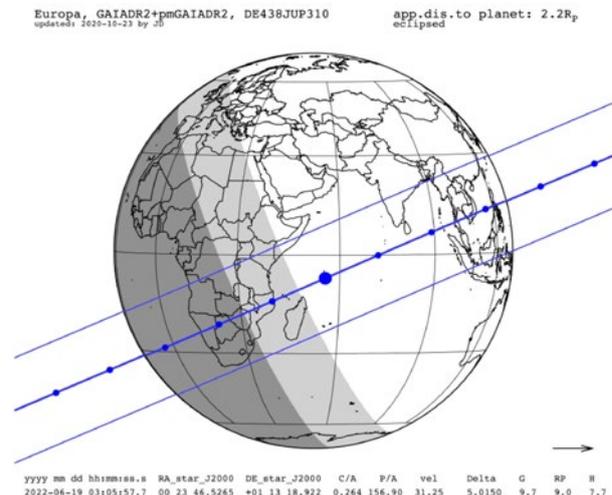


Abb. 1: Der Schattenstreifen des 3100 km großen Jupitermondes Europa verlief über den Süden Afrikas. Die IAS-Sternwarte in Namibia lag nahezu auf der Zentrallinie. Quelle [3].

Leider war zu dieser Zeit niemand von uns auf Hakos. In diesen modernen Zeiten war das aber kein Hindernis, denn es gab dort zwei Remote-Teleskope, einen 20“ Newton f/3 der IAS und einen 10“ Newton f/4 im „Wolfatorium“, der privaten Remote-Sternwarte von Wolf-Peter Hartmann. Bei vorausgehenden Tests zeigte sich leider, dass der 20“ IAS Remote-Newton aufgrund von Justage-Problemen noch nicht genutzt werden konnte.

An den beiden Abenden vor dem Ereignis wurde daher mit dem Remote-Teleskop im „Wolfatorium“ getestet. Reichliche Erfahrungen waren mit der Deep Sky-Astrofotografie vorhanden, nicht jedoch mit Sternbedeckungen. Mit der vorhandenen Kamera QHY268M und der Aufnahme-Software SharpCap haben wir an anderen Sternen ähnlicher Helligkeit die geeigneten Werte für die Belichtungszeit und das Gain bestimmt.

Im Remote-Betrieb ist die Latenz-Zeit von Deutschland nach Namibia mit 200 ms recht lang, was die Arbeit über die Fernsteuerungs-Software erschwert. Speziell bei Programmen wie SharpCap reagiert die Benutzeroberfläche dann sehr zäh. Um die erforderlichen genauen Uhrzeiten zu erhalten, wurde der Remote-Rechner mit seinen Windows 10 Bordmitteln kurz vor dem Ereignis per NTP synchronisiert. Nach dem Mot-

to „Irgendwas ist immer“ zeigten sich dann aber noch Stabilitätsprobleme im Zusammenspiel von SharpCap und dem Kamera-Treiber, womöglich auch verursacht durch Eigenheiten des Rechners. Erst unmittelbar vor dem Ereignis war alles wieder einsatzbereit.

Der Jupitermond Europa sollte also einen Stern bedecken. Das ist schon einmal ein seltenes Ereignis und äußerst selten dann, wenn es ein heller Stern sein soll. Der Stern vom 19. Juni war immerhin 10,5 mag hell. Das bedeutet, dass man bei der 5,8 mag hellen Europa einen Helligkeitsabfall von nur 1,3% messen soll (genauer: bei Europa + Stern vs. Europa allein), bei dem üblichen Seeing ein aussichtsloses Unterfangen. Im vorliegenden Fall aber hatten die Astronomen ein unglaubliches Glück. Europa stand zur Zeit der Sternbedeckung im Schatten des Jupiter!, so dass sie verfinstert und nicht zu sehen war. Das ergab die höchst erfreuliche Situation, dass der nun gut erkennbare Stern vollständig verschwindet, 100% Helligkeitsabfall also. – Gut erkennbar? Also, den Stern zu sehen und zu vermessen war trotzdem noch eine Herausforderung: Er befand sich im Streulicht des 230 000 Mal helleren Jupiter und zusätzlich in einem seiner Spikes (Abb. 2). In den Aufnahmen lag der Stern mit 15 200 ADU (Helligkeitseinheiten) nur wenig über dem 15 000 ADU hellen Untergrund, was nur dank der 16 Bit-Kamera und mit erheblich gestrecktem Histogramm nachzuweisen war.

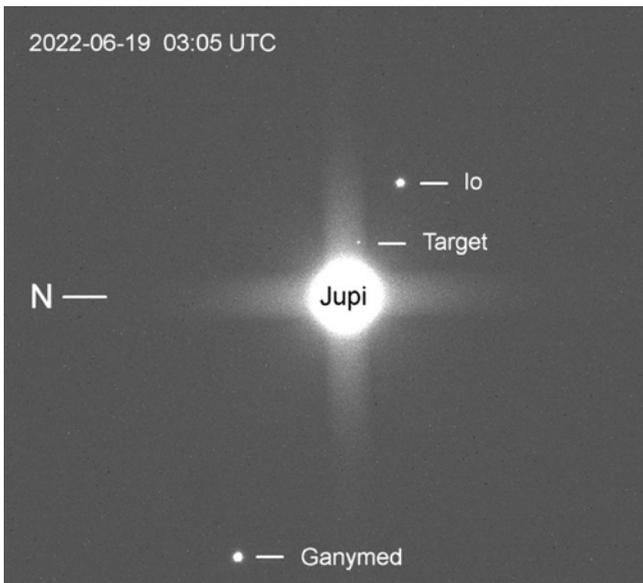


Abb. 2: Hier sieht man die Beobachtungssituation. Außer den Monden Io und Ganymed erkennt man knapp über dem massiv überbelichteten Jupiter den Stern, dessen Verschwinden gemessen werden sollte. Europa steht kurz vor der Bedeckung noch oberhalb des Sterns unsichtbar im Jupiterschatten.

Wir hatten also die Aufnahme auf der Festplatte und es konnte an die Auswertung gehen. Abb. 3 zeigt die Lichtkurven von Ganymed (gelb) und Io (grün). Das Gezappel rührt von der Luftunruhe, dem Seeing, her. Die blaue Linie unten ist die Lichtkurve des bedeckten Sterns mit der minimalen Einsenkung in der Mitte.

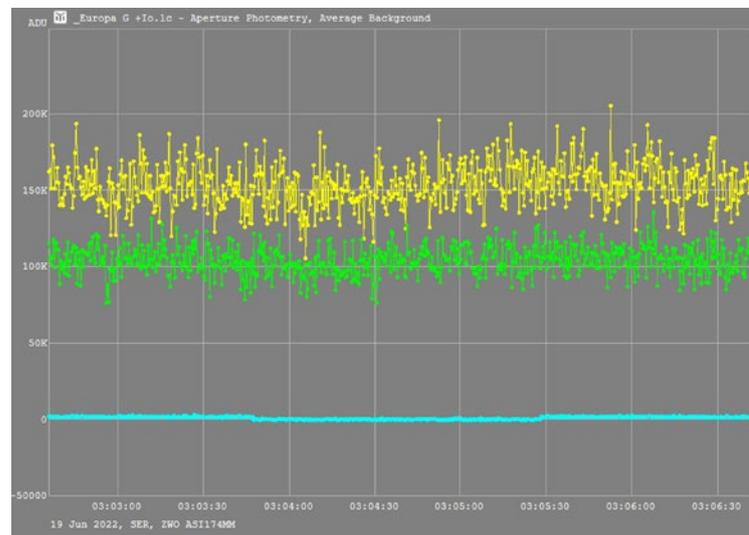


Abb. 3: Die Lichtkurven der Jupitermonde Ganymed (gelb) und Io (grün). Die blaue Linie ganz unten ist die Lichtkurve des bedeckten Sterns. Die Bedeckung zeigt sich in der kaum erkennbaren Einsenkung in der Mitte.

In Abb. 4 sind die Lichtkurven von Ganymed und Io ausgeblendet und die des bedeckten Sterns an das Bildformat angepasst; der Untergrund ist abgezogen. Dieses Bild war eine große und freudige Überraschung. Jetzt sieht man nämlich sehr klar, in welchem Zeitraum der Stern vom unsichtbaren Jupitermond Europa verdeckt wird, und zwar für lange 100.75 ± 0.18 s, vorhergesagt waren maximal 99.9 s. Ein Problem ist immer die Wahl einer an die Helligkeit und das Rauschen angepassten Belichtungszeit. Wir hatten 400 ms gewählt. Wie man an dem Ergebnis sieht, wären 200 ms mit einer entsprechend höheren Zeitauflösung auch noch in Ordnung gewesen.

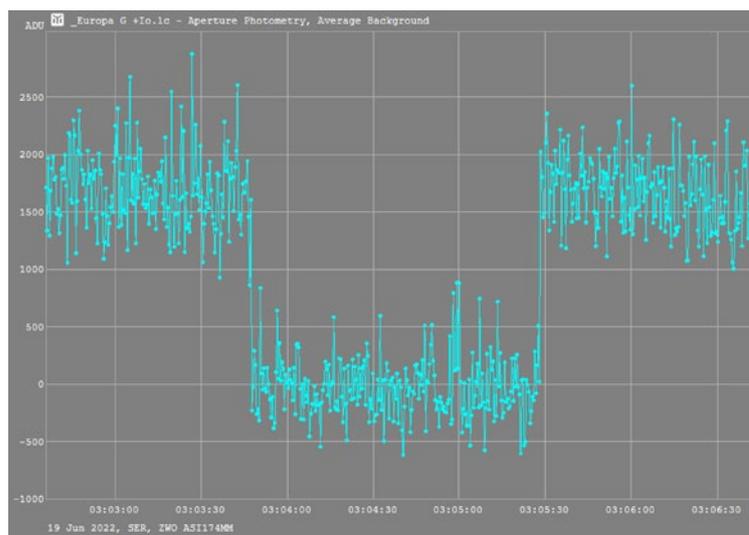


Abb. 4: Hier sind die Lichtkurven von Ganymed und Io ausgeblendet, die des bedeckten Sterns ist an das Bildformat angepasst; der Untergrund ist abgezogen. Jetzt erkennt man sehr deutlich, wann der Stern vom unsichtbaren Jupitermond Europa bedeckt wurde.

Alles nicht so einfach

Was in dem Report an Planoccult [4] nicht erwähnt wurde: Wir hatten Probleme mit der Aufzeichnungs-Software. Statt der eingestellten Belichtungszeit von 400 ms zeigte SharpCap ganze 5 s an! Auf dem Bildschirm erschienen dagegen geschätzte zwei neue Bilder pro Sekunde! Ärgerlicherweise war es für einen SharpCap-Neustart inzwischen zu spät: Wir mussten dringend mit der Aufnahme beginnen. Starten, starten, starten! In dem aufgezeichneten SER-Video fanden sich dann zum Glück doch die zuvor eingestellten 400 ms – ungefähr jedenfalls.

Ungefähr 400 ms: Auch das aufgezeichnete SER-Video hat ein Problem: Eine zufällig ausgewählte Sequenz von 4 Einzelbildern zeigt ein dt (Belichtungszeit + Auslesezeit) von 339 bis 484 ms, angezeigt im SER Player rechts unten. Die mittlere Belichtungszeit beträgt lt. Tangra 418 ms. – Was war damit für die Zeitpunkte für das Verschwinden und Wiedererscheinen des Sterns zu erwarten?

Das Auswerteprogramm AOTA sagt *The time scale is totally unreliable*, berechnet aber trotzdem Zeitpunkte für die Bedeckung (s. Abb. 5). Die alternative Software PyMovie/PyOTE zeigt in der Lichtkurve unzählige senkrechte rote Linien, was ebenfalls massive Zeitfehler bedeutet. Trotzdem liefern beide Auswerteprogramme die gleichen Zeitpunkte für das Verschwinden (D) und das Wiederauftauchen (R) des Sterns. Es hat eine Woche gebraucht, bis das klar war, am Ende mit der freundlichen Unterstützung durch Christian Weber in Berlin. Was mit dem SER-Video eigentlich schief gelaufen ist, versteht niemand. Christian vermutet, dass einfach die SER-Datei korrupt ist. Eine FITS-Serie statt des SER-Videos wäre wohl besser gewesen.

Da Tangra/AOTA und PyMovie/PyOTE wie gesagt die gleichen Werte für D und R ausgeben, wurde der Bericht in dieser Weise an Planoccult [4] und IOTAoccultations [5] geschickt.

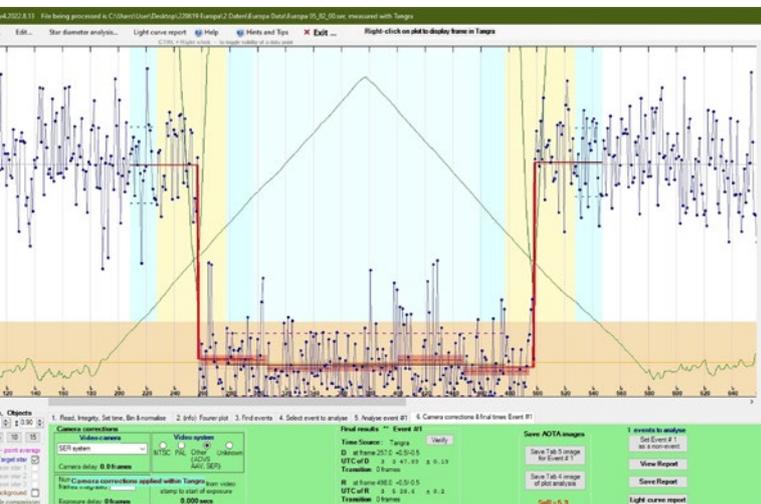


Abb. 5: Das Auswerteprogramm AOTA liefert für die Bedeckung eine Dauer von 100.75 ± 0.18 s.

Ein wenig Zahlenspielerei

Mit Sternbedeckungs-Messungen lässt sich eine Auflösung erzielen, die erst mit dem Extremely Large Telescope [6] mit seinen 39 m Öffnung erreicht werden kann. Die Messgenauigkeit ist also enorm. Aber wie groß ist sie im vorliegenden Fall genau?

$0,4 \text{ s} / 100 \text{ s} = 0,004 = \text{Belichtungszeit} / \text{Bedeckungsdauer} = \text{lineare Auflösung} / \text{Europa-Durchmesser} = 0,4\% \text{ des Europa-Durchmessers}$

$0,004 \times 3100 \text{ km} = 12,4 \text{ km} = \text{lineare Auflösung auf Europa}$

$12,4 \text{ km} / 748 \text{ E6 km} = 16 \text{ E-9} = \text{Winkelauflösung in Jupiter-Entfernung} = 3,4 \text{ mas (Millibogensekunden)}$

Zum Vergleich

$384\,000 \text{ km} \times 16 \text{ E-9} = 6 \text{ m} = \text{lineare Auflösung auf dem Mond}$

$8\,000 \text{ km} \times 16 \text{ E-9} = 13 \text{ cm} = \text{lineare Auflösung Frankfurt / Hakos-Namibia}$

$800 \text{ km} \times 16 \text{ E-9} = 13 \text{ mm} = \text{lineare Auflösung Freiburg / Berlin}$

Mit größeren Teleskopen, also mehr Licht und kürzerer Belichtungszeit, wäre die erzielte Auflösung noch größer gewesen. Diese Zahlenspielerei zeigt, welche gigantischen Möglichkeiten die Sternbedeckungs-Messungen bieten!

ProAm und Ausklang

Die Beobachtungsdaten gingen auch an das Occultation Portal [7, 8, 9], eine fachastronomische Institution, an der auch das Observatorio Nacional/MCTIC in Rio de Janeiro, und LESIA / Lucky Star [10, 11] am Observatoire de Paris beteiligt sind. Hier bot sich für uns Amateure einmal mehr die Gelegenheit, einen Beitrag zur Wissenschaft zu leisten. Es war eine weitere gelungene Teamarbeit in unserer Gruppe und ein schöner Erfolg obendrein.

Referenzen

- [1] <https://de.wikipedia.org/wiki/JUICE>
- [2] https://de.wikipedia.org/wiki/Europa_Jupiter_System_Mission
- [3] Abb. 1: https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Gaia/Jupiter_s_moon_Europa_to_obscure_distant_star
- [4] planoccult@ls.vvs.be
- [5] <https://groups.io/g/IOTAoccultations>, IOTAoccultations@groups.io
- [6] https://de.wikipedia.org/wiki/Extremely_Large_Telescope
- [7] <https://export.arxiv.org/abs/2206.09615>
- [8] <https://export.arxiv.org/pdf/2206.09615>
- [9] <https://occultation.tug.tubitak.gov.tr/>
- [10] <https://lesia.obspm.fr/lucky-star/>
- [11] <https://lesia.obspm.fr/lucky-star/predictions.php>

Mars und Jupiter in Rotation

Animierte Planetenbilder

Peter Dietrich

Gute Resultate von Planetenbildern hängen sicher vom verwendeten Teleskop, der Luftunruhe (Seeing) und der nachfolgenden Bildbearbeitung ab. Dafür gibt es viele frei verfügbare Programme, die alle ein sehr gutes Ergebnis liefern können. Animierte Bilder geben noch eine zusätzliche Qualität beim Betrachten. Man sieht die Rotation und deren Richtung, und es gibt ein räumliches Empfinden der Planetenkugel.

Die Bilder von Mars entstanden mit Stephan Studer am 11.06.2020 innerhalb von 90 Minuten, auf dem Schauinsland am vereinseigenen C14. Ich nahm mit einer ASI120MM fünf Monochrombilder auf, Stephan steuerte mit einer DMK/DFK das Letzte dazu, das aber in Farbe. Somit konnte ich meine SW-Bilder auch noch kolorieren. Interessanterweise habe ich zu Testzwecken jedes Bild mit verschiedenen Gains und Belichtungszeiten, sogar mit und ohne Barlow-Linse aufgenommen. Zusätzlich kamen von Stephan noch andere Kameras dazu, der auch seine Bildentwicklung noch anders durchführte. Die Unterschiede waren am Ende glücklicherweise nicht so eindeutig wie ich es vermutet habe, so kam mir die Idee eine Animation anzufertigen. Dafür verwendete ich ein freies Programm, PaintStar, das ein einfaches Morphing-Modul (Morphmaker) beinhaltet. Es ließen sich so die sechs Einzelbilder zu einer ruckelfreien kleinen Videosequenz zusammenführen.

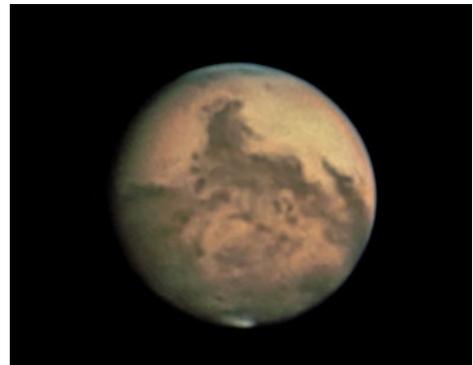
In dem Bild sieht man sehr schön in der Morgenzone am linken Planetenrand den Morgendunst als grau-grünlichen Schleier. Im Süden ist die weißliche Polkappe zu erkennen, wie auch die Große Syrte, eine der dominanten Regionen des Mars.

Die Jupiteranimation entstand aus nur zwei Bildern vom 29.08.2022, ebenfalls mit dem C14, diesmal aber mit einer ASI120MC Farbkamera, im Abstand von nur 40 Minuten. Hier zeigt sich der Große Rote Fleck dominant im südlichen Äquatorialband, das in den letzten Jahren einen Großteil seiner rötlichen Farbe verloren hat.

Mit WinJupos ließen sich nicht nur Zwischenbilder berechnen, sondern auch Bilder etwas vor und nach der Belichtung. So konnte ich die Sequenz noch ein klein wenig strecken und es reichten die beiden Aufnahmen. Auch hier wurde die Videosequenz mit Morphmaker berechnet.

Die animierten Planetenbilder sind auf der Webseite der Sternfreunde Breisgau zu sehen (siehe QR-Code):

<https://www.sternfreunde-breisgau.de/Astrofotografie/Planeten/>



Mars

Teleskop: C14

Bilder 1–5:

Kamera ASI120MM, SW Bilder mit Rotfilter, teilweise mit Barlow-Linse.

Je 50 % aus 5000 Aufnahmen koloriert, AutoStakkert.

Bild 6:

dfk für Farbe, dmk (s/w mit Rotfilter) für Luminanz; mit Barlow-Linse.

Je 10 % aus 3000 Aufnahmen mit AviStack.

Morphing von 6 Bildern im Zeitraum von 90 Min.

Software: Autostakkert, AviStack, Pixinsight, Winjupos, Paintshop und Morphmaker



Jupiter

Teleskop: C14

Kamera ASI120MC

Je 50 % aus 6000 Aufnahmen

Morphing von 2 Bildern im Zeitraum von 40 Min.

Software: Autostakkert, Pixinsight, Winjupos, Paintshop und Morphmaker



Wie weit ist der Mond entfernt?

Parallaxenmessung bei der Mondfinsternis vom 3./4. März 2007

Martin Federspiel

Die Mondbahn und die Entfernung des Mondes sind heute mit großer Genauigkeit bekannt. Über die Laufzeit, die ein Lasersignal von der Erde zum Mond und zurück braucht, kann die Mondentfernung auf wenige Zentimeter genau bestimmt werden (*Lunar Laser Ranging*, LLR). Doch auch schon mit recht einfachen Mitteln, wie sie in der Schule zur Verfügung stehen, lässt sich die Entfernung des Mondes bis auf wenige Prozent genau aus einer Parallaxenmessung ableiten.

Prinzip der Parallaxenmessung

Das Prinzip der Parallaxenmessung ist simpel und altbekannt: Ein Gegenstand in der Nähe erscheint in verschiedenen Richtungen vor dem weiter entfernten Hintergrund zu stehen, wenn man ihn von verschiedenen Beobachtungspunkten aus anvisiert (der Gegenstand und die beiden Beobachtungspunkte dürfen dabei aber nicht auf einer Linie liegen). Für den Mond heißt das: Der relativ nahe Mond erscheint vor dem in diesem Fall als unendlich weit entfernt anzunehmenden Sternenhintergrund um einen Parallaxenwinkel π verschoben, wenn man ihn von verschiedenen Punkten der Erdoberfläche aus anpeilt.

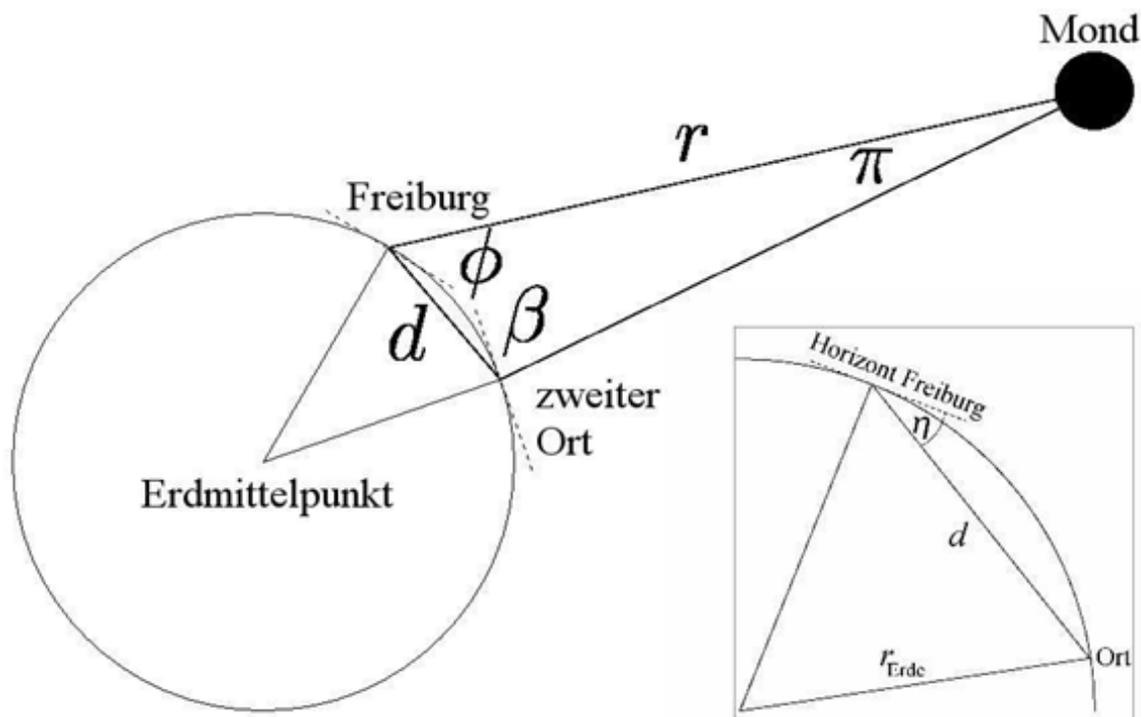


Abbildung 1: Prinzip der Bestimmung der Mondentfernung r aus der von zwei verschiedenen Beobachtungsorten auf der Erde gemessenen Winkelverschiebung π des Mondes. Um r bestimmen zu können, muss noch die Entfernung d der Beobachtungsorte und ein weiterer Winkel im Dreieck bekannt sein, deren Berechnung im Text erläutert wird.

In der Praxis ergibt sich bei der Messung der Mondparallaxe die Schwierigkeit, dass der Mond die meisten Hintergrundsterne bei weitem überstrahlt. Um Mond und Hintergrund gleichzeitig vermessen zu können, muss man also einen Zeitpunkt abwarten, bei dem der Mond entweder in der Nähe heller Sterne steht (z. B. bei den Plejaden) oder zu dem die Mondhelligkeit bei einer totalen Mondfinsternis stark reduziert ist.

Datenmaterial

Die totale Mondfinsternis vom 3./4. März 2007 bot endlich eine gute Gelegenheit, die Mondparallaxe zu messen. Bei guten Wetterbedingungen konnte der Autor von Freiburg aus zu bestimmten Zeiten einige Aufnahmen des verfinsterten Mondes zusammen mit den Hintergrundsternen 56 und 59 Leonis gewinnen. Da das Wetter am zweiten vorgesehenen Beobachtungsort Mainz so schlecht war, dass dort keine Aufnahmen gemacht werden konnten, mussten die Daten von einem zweiten Beobachtungsort anderswoher beschafft werden.

Nach der Finsternis erschien auf der Internetseite der Zeitschrift *Sky and Telescope* ein Bild von Simone Bolzoni, das er in Avigliano in der Nähe von Turin in Norditalien aufgenommen hatte. Es zeigt den verfinsterten Mond und auch die beiden Hintergrundsterne 56 und 59 Leonis. Auf Anfrage überließ mir Simone Bolzoni seine ganze Aufnahmeserie. Es stellte sich heraus, dass drei Bildpaare *genau* gleichzeitig aufgenommen worden waren und sich für die Parallaxenmessung eigneten. Außerdem erhielt ich von Karl-Ludwig Bath eine Einzelaufnahme, die George Liakos von Rustenburg bei Johannesburg (Südafrika) aus gemacht hatte.

Parallaxenbestimmung mit der Basislinie Freiburg-Turin

Die folgenden Ausführungen beziehen sich nur auf das am 3. März um 23:50:00 Uhr UTC von Simone Bolzoni und mir gleichzeitig gewonnene Bildpaar. Der Mond stand zu diesem Zeitpunkt fast genau in südlicher Richtung und in der durch den Erdmittelpunkt und die Beobachtungsorte definierten Ebene, was die zur Auswertung benötigte Mathematik vereinfacht (siehe Abb. 1).

Zunächst ist der Abstand der beiden Beobachtungspunkte zu bestimmen (nicht entlang der Erdoberfläche, sondern der kürzeste Abstand durch den Erdkörper). Aus den geografischen Koordinaten von Freiburg $\lambda_{\text{Freiburg}} = 7^\circ 48' 17''$ Ost, $\psi_{\text{Freiburg}} = 48^\circ 03' 07''$ Nord, $h_{\text{Freiburg}} = 219$ m NN und Avigliana bei Turin $\lambda_{\text{Turin}} = 7^\circ 23'$ Ost, $\psi_{\text{Turin}} = 45^\circ 03'$ Nord, $h_{\text{Turin}} =$ ca. 400 m NN berechnet man für beide Orte genäherte geozentrisch-rechtwinklige Koordinaten mit:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (r_{\text{Erde}} + h) \cos \lambda \cos \psi \\ (r_{\text{Erde}} + h) \sin \lambda \cos \psi \\ (r_{\text{Erde}} + h) \sin \psi \end{pmatrix}, \quad (1)$$

wobei der Erdradius r_{Erde} zu 6378 km angenommen wird.

Den gesuchten Abstand erhält man dann mit dem Satz von Pythagoras:

$$d = \sqrt{(x_{\text{Turin}} - x_{\text{Freiburg}})^2 + (y_{\text{Turin}} - y_{\text{Freiburg}})^2 + (z_{\text{Turin}} - z_{\text{Freiburg}})^2}. \quad (2)$$

Damit erhält man einen genäherten Abstand Freiburg-Turin von $d = 335,7$ km. Eine genauere Rechnung mit dem Programm INVERSE3D [1], bei der der Erdkörper nicht als Kugel, sondern als Ellipsoid angenommen wird, ergibt einen Abstand von $d = 335,2$ km.

Im nächsten Schritt ermitteln wir die Mondparallaxe π zwischen den beiden Beobachtungsorten, also den Winkel, um den die Mondposition zum Aufnahmezeitpunkt von Avigliano aus gegenüber Freiburg verschoben erschien, aus Bildern, die an beiden Orten aufgenommen wurden. Die Bilder müssen dabei folgende Kriterien erfüllen:

1. Der Mond darf nicht zu klein erscheinen, damit die Parallaxe gut messbar ist;
2. in der Mondumgebung müssen mindestens zwei Sterne zu sehen sein; besser sind mehrere Sterne, die den Mond umrahmen; aus 1.) und 2.) ergibt sich eine geeignete Aufnahmebreite in der Größenordnung von 1000 mm;
3. die Bilder müssen möglichst scharf und kurz belichtet sein (nachführen!);
4. die an den beiden Beobachtungsorten aufgenommenen Bilder müssen möglichst genau gleichzeitig entstanden sein. Da der Mond sich mit einer scheinbaren Winkelgeschwindigkeit von etwa $0.5''$ pro Zeitsekunde unter den Sternen bewegt, machen sich Zeitfehler im Sekundenbereich bereits unangenehm als Fehler bei π bemerkbar.

Zunächst bringen wir die Bilder in einem Bildverarbeitungsprogramm (Photoshop, Gimp [2], ...) auf einen einheitlichen Maßstab und drehen eines der Bilder so, dass die Sterne deckungsgleich überlagert werden können (Abb. 2). Dazu empfiehlt es sich, mit Ebenen zu arbeiten und die obere Ebene halbtransparent zu halten. Die Positionen der

Sterne sind in der Regel gut bekannt und können einem Astrometrikatalog (z. B. dem HIPPARCOS-Katalog [3]) entnommen werden. Im konkreten Fall hatten die beiden Referenzsterne 56 und 59 Leonis zum Aufnahmezeitpunkt folgende scheinbare Positionen (incl. Eigenbewegung):

$$56 \text{ Leo} : \alpha = 10^{\text{h}}56^{\text{m}}25.443^{\text{s}} \quad \delta = +06^{\circ}08'41.91'' \quad (3)$$

$$59 \text{ Leo} : \alpha = 11^{\text{h}}01^{\text{m}}08.735^{\text{s}} \quad \delta = +06^{\circ}03'38.65'' \quad (4)$$

$$\text{Abstand} = 4236.16'' \quad (5)$$

Zusammen mit dem linearen Abstand der Sterne von 2318 Pixeln auf dem kombinierten Bild ergibt sich der Maßstab des Bildes zu:

$$1 \text{ Pixel} \approx 1.8275'' \quad (6)$$

Etwaige Abbildungsfehler der Fotoobjektive bleiben hier unberücksichtigt. Nun können die linearen Verschiebungen einiger gut sichtbarer Punkte auf dem Mond gemessen und mit (6) in einen Winkel umgerechnet werden. In guter Näherung bilden wir eine mittlere Verschiebung aus mehreren Einzelverschiebungen (z. B. Nord- und Südrand, Krater Plato, Menelaus, Dionysius):

$$\pi_{\text{gemittelt}} = 71.9 \text{ Pixel} \Rightarrow \pi_{\text{gemittelt}} = 131.4'' \quad (7)$$

Damit das Dreieck Freiburg–Avigliana/Turin–Mond vollständig bestimmt ist, muss noch ein weiterer Winkel bekannt sein. Wir entscheiden uns für φ , den von Freiburg aus gesehenen Winkelabstand zwischen dem Mond und Avigliana/Turin. In diesem Winkel steckt im Wesentlichen die Höhe $H_{\text{Mond, Freiburg}}$ des Mondes über dem Freiburger Horizont, die im Prinzip mit einem Sextanten hätte gemessen werden können. Hier wurde $H_{\text{Mond, Freiburg}}$ mit einem Astro-nomieprogramm berechnet. Dazu kommt ein zusätzlicher Term, der berücksichtigt, dass die Richtung Avigliana/Turin ja unter dem Freiburger Horizont liegt. In guter Näherung gilt:

$$\varphi = H_{\text{Mond, Freiburg}} + \eta_{\text{Turin}} = 48.13^{\circ} + 1.50^{\circ} = 49.63^{\circ}, \quad (8)$$

wobei η_{Turin} die Höhe von Turin unter dem Freiburger Horizont ist. Dabei berechnet man die Höhe η_{Ort} unter dem Freiburger Horizont eines Ortes in direkter Entfernung d aus (siehe Ausschnittvergrößerung in Abb. 1):

$$\sin \eta_{\text{Ort}} = \frac{d}{2 r_{\text{Erde}}} \quad (9)$$

Abbildung 2: Kombination eines der von den beiden Beobachtungsorten aus gleichzeitig aufgenommenen Bildpaare. Wenn die Sterne zur Deckung gebracht werden, ist die Parallaxenverschiebung des Mondes unmittelbar sichtbar. Aus dem Winkelabstand der Sterne (5) ergibt sich der Bildmaßstab (6). Aus an einigen gut sichtbaren Mondformationen gemessenen individuellen Verschiebungen berechnet man die gemittelte Verschiebung für das Bildpaar.



Damit folgt für den dritten Winkel β :

$$\beta = 180^{\circ} - \varphi - \pi = 130.3335^{\circ}. \quad (10)$$

Die Mondentfernung r von Freiburg lässt sich nun mit Hilfe des Sinussatzes berechnen:

$$\frac{d}{\sin \pi} = \frac{r}{\sin \beta} \quad \Rightarrow \quad r = d \frac{\sin \beta}{\sin \pi} = 4.01 \cdot 10^5 \text{ km}. \quad (11)$$

Die tatsächliche Entfernung des Mondes von Freiburg zum Aufnahmezeitpunkt betrug etwa $3.975 \cdot 10^5$ km (z. B. mit [4] zu berechnen), der absolute Entfernungsfehler liegt also bei rund 3700 km. Das entspricht einem relativen Fehler von knapp 1%. Dieses Ergebnis ist sehr befriedigend und liegt in der erwarteten Größenordnung, wenn man bedenkt, dass ein Fehler von $1''$ in der Hauptfehlerquelle π zu einem Fehler von 3000 km in der Entfernung r führt. Ein etwaiger Fehler im Winkel β macht sich viel weniger im Ergebnis bemerkbar und sei hier vernachlässigt.

Parallaxenbestimmung mit der Basislinie Freiburg-Johannesburg

Grundsätzlich ist es von Vorteil, eine Parallaxenmessung mit möglichst großer Basislinie durchzuführen. Bei großer Basislinie ist auch der Parallaxenwinkel und damit die erzielbare Genauigkeit entsprechend größer. Die Basislinie Europa-Südafrika ist schon nahe am Maximum dessen, was sich für ein Mondparallaxenprojekt in der Praxis überhaupt realisieren lässt. In unserem Fall entsteht für die Auswertung aber die Schwierigkeit, dass bei einer Aufnahmebrennweite von rund 1000 mm sich die Hintergrundsternfelder nicht mehr überlappen (siehe Abb. 3). Die Auswertung erfolgt deshalb etwas anders als oben beschrieben.

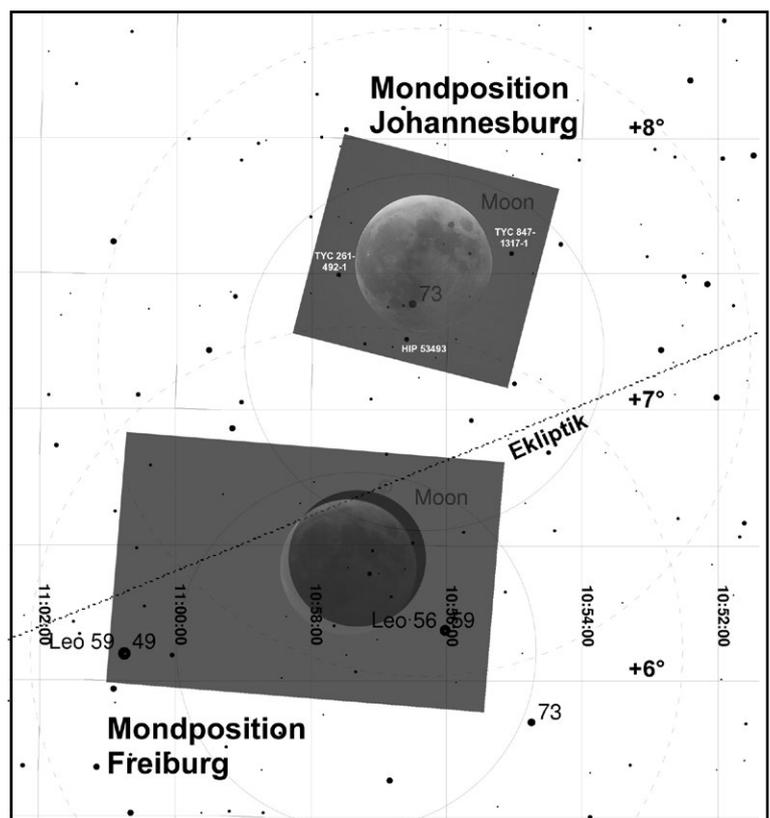
Mit einem guten Sternkartenprogramm [5] werden die Sterne auf den Mondfinsternisaufnahmen identifiziert. Lässt man sich die Sternkarte mit Koordinatenlinien als Bilddatei ausgeben, so kann man mit einem Bildverarbeitungsprogramm die Mondbilder über die Sternkarte legen. Die Mondpositionen können nun direkt aus der Sternkarte abgelesen werden; dazu sollte der Maßstab der Karte möglichst groß sein.

Im konkreten Fall gibt es eine weitere Schwierigkeit, weil die Beobachtungen im Voraus nicht abgesprochen waren. Das in Südafrika gewonnene Bild wurde am 3. März 2007 um 23:01 UTC aufgenommen, das erste für das Projekt brauchbare Bild in Freiburg jedoch erst um 23:08 UTC. Aus der Freiburger Bildserie bis 23:50 UTC muss deshalb zunächst die Mondposition für Freiburg um 23:01 UT extrapoliert werden. Abb. 3 zeigt das Sternfeld und überlagert die von den beiden Standorten aufgenommenen Mondfotos. Die auf den Zeitpunkt 23:01 UTC extrapolierte Mondposition für Freiburg ist der dunkle Kreis, der gegenüber der gegen 23:08 UTC fotografierten Mondposition etwas nach rechts oben verschoben ist. Aus der Karte liest man folgende topozentrischen Mondpositionen für 23:01 UTC ab:

Ort	a (J2000)	δ (J2000)
Rustenburg	$10^{\text{h}}56.3^{\text{m}}$ = 164.086°	$+7^\circ33'$ $+7.542^\circ$
Freiburg	$10^{\text{h}}57.3^{\text{m}}$ = 164.331°	$+6^\circ27'$ $+6.448^\circ$

Alternativ könnte man die Mondpositionen mit deutlich höherer Genauigkeit, aber auch größerem Aufwand auf den Fotos mit einem Astrometrieprogramm (z. B. [6]) bestimmen.

Abbildung 3: Sternkarte mit den überlagerten Aufnahmen, die in Rustenburg bei Johannesburg (oben) und Freiburg (unten) aufgenommen wurden. Der dunkle Kreis, der gegenüber dem Freiburger Mondfoto etwas nach rechts oben verschoben ist, markiert die extrapolierte Freiburger Mondposition zum Zeitpunkt der Johannesburger Aufnahme um 23:01 UTC am 3. März 2007.



Wir nähern die Himmelskugel lokal durch eine Ebene an und erhalten mit genügender Genauigkeit den Abstand der beiden Positionen – die gesuchte Parallaxe – zu

$$\pi = \sqrt{\left((\alpha_{\text{Freiburg}} - \alpha_{\text{Rustenburg}}) \cdot \cos \bar{\delta}\right)^2 + \left(\delta_{\text{Freiburg}} - \delta_{\text{Rustenburg}}\right)^2} = 1.122^\circ, \quad (12)$$

wobei $\bar{\delta} = 7^\circ$ die ungefähre mittlere Deklination des Mondes ist.

Weiter berechnen wir mit den geografischen Koordinaten des Beobachters George Liakos in Rustenburg $\lambda_{\text{Rustenburg}} = 27^\circ 13' 53''$ Ost, $\psi_{\text{Rustenburg}} = 25^\circ 42' 03''$ Süd, $h_{\text{Rustenburg}} = \text{ca. } 1270$ m NN und den oben genannten Koordinaten von Freiburg wie oben beschrieben (Gleichungen (1), (2)) den genäherten direkten Abstand Freiburg-Rustenburg zu $d = 7836$ km bzw. genauer mit Programm [1] zu $d = 7797$ km.

Und wieder haben wir Glück: Um 23:01 UTC steht der Mond von Freiburg aus gesehen bis auf 3° genau in der gleichen Azimutrichtung wie Rustenburg; wir können also zur Bestimmung des Winkels β in Gleichung (11) in guter Näherung wieder analoge Beziehungen zu den Gleichungen (8), (9) und (10) verwenden:

$$\beta = 180^\circ - \pi - (H_{\text{Mond, Freiburg}} + \eta_{\text{Rustenburg}}) = 180^\circ - 1.122^\circ - (47.50^\circ + 37.68^\circ) = 93.698^\circ \quad (13)$$

Aus Gleichung (11) berechnet sich die Entfernung Freiburg-Mond dann zu

$$r = 3.974 \cdot 10^5 \text{ km}, \quad (14)$$

was wieder sehr befriedigend, genau genommen sogar zu gut mit der tatsächlichen topozentrischen Mondentfernung um 23:01 UTC von $3.97448 \cdot 10^5$ km übereinstimmt.

Wegen der größeren Basislinie macht sich ein Fehler in der Parallaxe π viel weniger in der Entfernung r als im ersten Fall der Basislinie Freiburg-Turin bemerkbar. Ein um 1 Bogenminute (nicht Bogensekunde wie im ersten Beispiel!) fehlerhafter Wert in π führt in der Entfernung zu einem Fehler von knapp 6000 km. Bei unserer Ablesung der Mondpositionen aus einer Sternkarte liegt der Fehler sicherlich im Bogenminutenbereich; bei sorgfältigerer Positionsbestimmung mit einem Astrometrieprogramm ließe sich die Mondentfernung zuverlässig auf einige 100 km genau messen. Mit Blick auf den verhältnismäßig geringen experimentellen und konzeptionellen Aufwand ist das sehr befriedigend; vom aktuellen Stand der Technik mit *Lunar Laser Ranging* ist man allerdings noch immer einen knappen Faktor 10^7 entfernt.

Danksagung

Diese Arbeit wäre nicht möglich gewesen ohne die schnelle und sehr freundliche Hilfe von Simone Bolzoni, dem ich an dieser Stelle noch einmal herzlich für seine Bilder und die gute Zusammenarbeit danken möchte. Karl-Ludwig Bath gebührt ein besonderer Dank für die Anregung des Projekts vor einigen Jahren und für die Beschaffung des Materials von Georges Liakos.

- [1] Programm INVERSE <http://www.ngs.noaa.gov/TOOLS/Inv Fwd/Inv Fwd.html>
- [2] Bildverarbeitungsprogramm Gimp: <http://www.gimp.org>
- [3] HIPPARCOS-Astrometrikatalog: <http://vizier.u-strasbg.fr>, Katalog I/239
- [4] Interaktive HORIZONS-Ephemeride: <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>
- [5] Astronomie-Programme: XEphem: <http://www.clearskyinstitute.com>; The Sky: <http://www.bisque.com>; Guide: <http://www.projectpluto.com>
- [6] Astrometrie-Programm Astrometrica: <http://www.astrometrica.at>

Venusphasen im Frühjahr 2020

Peter Dietrich

Selten hat man das Glück wie dieses Jahr, eine so lange Schönwetterphase zu haben. Das ermöglichte mir, zwischen dem 15. Februar und dem 25. Mai 2020 eine Bilderserie der Venus aufzunehmen.

Ihre obere Konjunktion war am 14. August 2019 und war nicht beobachtbar, da sie direkt hinter der Sonne stand. Das erste (oberste) Bild der Serie stammt vom 15. Februar, kurz vor der maximalen östlichen Elongation am 27. März, die zwischen dem zweiten und dritten Bild stattfand. Zu diesem Zeitpunkt war es noch etwas einfacher, ein schönes Bild anzufertigen, da die Venus am weitesten von der Sonne entfernt stand (maximaler Elongationswinkel 46°).

Mit abnehmendem Abstand zur Sonne war ich immer mehr gezwungen, die Aufnahmen am vorabendlichen

Taghimmel zu machen, damit das Planetenscheibchen nicht im horizontnahen Seeing unterging. Das war aber kein großes Problem, da der winzige Leuchtpunkt selbst am Taghimmel gut zu sehen war, wenn man nur etwa wusste, wo er steht. Die letzten vier Bilder wurden alle innerhalb eines Monats aufgenommen. Sie zeigen sehr schön, wie schnell sich die Phasen des Planeten jetzt verändern, wenn es Richtung untere Konjunktion geht. Diese war am 3. Juni, neun Tage nach der letzten Aufnahme. Genauso schnell zog der Abendstern nun in Richtung Sonne und war ab Ende Mai nicht mehr zu entdecken.

Die Bilder wurden aufgenommen mit dem C 14 der Vereinssternwarte Schauinsland und einer ASI120MM. Jeweils 5000 Bilder, bearbeitet mit Autostackert, Pixinsight und Paintshop.



Totale Mondfinsternis am 27. Juli 2018

Peter Dietrich und Gundo Klebsattel



Mondaufgang bei Mondfinsternis über dem Feldberg.

Aufgenommen am 27.07.2018 21:21 Uhr (MESZ) vom Schauinsland aus, kurz bevor der Mond komplett in den Kernschatten der Erde eintaucht. - Aufnahme: Skywatcher AP 80/600 EvoStar Vereinsgerät (f/7,5) mit Canon EOS 1000D, 1/13 sec bei ISO 100. - Foto: Peter Dietrich



Totale Mondfinsternis über dem Batzenberg am 27.07.2018.

Von links nach rechts: (1) Kernphase um 22:54 h, (2) Kernphase um 23:07 h, (3) Austrittsphase um 23:24 h, (4) Austrittsphase um 23:47 h.

Fotos: Gundo Klebsattel

LACERTA

gratuliert zum

50. Jubiläum



Vereinsmitglieder erhalten
bis zu **10% Rabatt** auf **Lacerta Produkte**.*

* Ausgenommen Lacerta Fotonewtons



www.lacerta-optics.com

Mein erstes großes Astrofotografie-Projekt

Astrourlaub in den Alpen

Noa Kuhn

Die Sommermilchstraße bietet mit ihrer Vielzahl an Dunkelwolken, Sternhaufen und Emissionsnebeln eine perfekte Gelegenheit, mit (für astrofotografische Verhältnisse) moderatem Aufwand schöne Bilder des Nachthimmels zu aufzunehmen. Doch auch abseits des prachtvollen Bands am Himmel gibt es faszinierende Objekte, denen jedoch leider oft viel zu wenig Beachtung geschenkt wird. Einem dieser Objekte wollte ich deshalb meinen Sommerurlaub in den südfranzösischen Alpen widmen. Bei diesem Objekt handelt es sich um die Molekülwolke LBN 438, die vor dem ausgedehnten H-II-Gebiet SH2-126 liegt.

In dieser Region gibt es auch sonst viel schwachen interstellaren Staub, deshalb war ein dunkler Himmel und viel Belichtungszeit wichtig. Als Setup kam nur das Samyang 135mm f/2 Objektiv an einer Canon EOS 700Da auf der Star Adventurer-Montierung in Frage, einerseits wegen der hohen Lichtstärke des Objektivs und andererseits wegen der Tatsache, dass ich im Familienurlaub mit meinen Eltern keine andere Wahl hatte, da ich 15 Jahre alt bin und der Platz im Auto sehr begrenzt war.

Bereits bei der Planung wurde mir klar, dass ich mit einer ungekühlten Spiegelreflexkamera mindestens 20 Stunden Belichtungszeit aufbringen musste, um sowohl den vielen Staub als auch den Emissionsnebel gut darstellen zu können. Ich entschied mich deshalb, 50% RGB- und 50% Ha/OIII mit dem Optolong L-Extreme aufzunehmen. Hier traf ich auf das erste Problem. Wie ist es möglich, den 2“-Filter mit 77mm Öffnung zu benutzen? Der Filter hat keine Clip-In-Version, und es wäre unmöglich gewesen, noch einen anderen Schmalbandfilter aufzutreiben. Also blieb mir nichts anderes als ein zügiger Selbstbau eines Adapters aus Holz wenige Tage vor der Abfahrt. Der gebaute Adapter hat einen Durchmesser von etwa 80mm und passt so in die Streulichtblende des Objektivs. Um jegliches Störlicht abzuschirmen, ist die Außenkante des Adapters zusätzlich mit Schaumstoff-Isolierband für Fenster abgeklebt, das sich flexibel an die Streulichtblende anpassen kann. Der Filter kommt eingeschraubt in einen T2-Ring in ein 48 Millimeter breites Loch im Adapter. So entsteht zwar eine geringere Öffnung und dementsprechend hatte das Setup weniger Lichtsammelvermögen, doch der Filter war nötig, um später während dem Vollmond den Emissionsnebel SH2-126 überhaupt aufnehmen zu können.

Als es dann wenige Tage später so weit war und ich auf dem Campingplatz ankam, war die Wettervorher-

sage für die darauffolgenden Nächte bereits besser als erwartet, was bedeutete, dass ich schon in der zweiten Nacht anfangen konnte, aufzunehmen. Um das Signal nicht im Ausleserauschen untergehen zu lassen, entschloss ich mich, drei Minuten pro Bild mit ISO-Einstellung 800 zu belichten und damit an den Grenzen der Star Adventurer zu kratzen. Der Filter bewährte sich, trotz Vollmond konnte man das HII-Gebiet gut auf dem Display der Kamera erkennen.

Bei guter Einnordung hatten zwei Drittel der Aufnahmen perfekt runde Sterne, was sehr zufriedenstellend war, zumal ich ohne Guiding aufnehmen musste. Jede dritte Aufnahme zeigte jedoch leichte Eiersterne, was wohl an einem periodischen Fehler der Montierung lag, wie sich am folgenden Tag zeigte. Jedoch waren auch diese Bilder noch zu verwerten, da der Nebel keine feine Struktur zeigt und die Registrierung immer noch möglich war.

Auch hatte ich in den Aufnahmen der ersten Nacht eine seltsame Lichterscheinung in der linken unteren Ecke des Bildes, was einem starken Verstärkerglühen ähnlichsah, aber nicht zuverlässig auftrat. Am nächsten Tag fand ich heraus, dass es mit der Elektronik der Live View-Funktion in Verbindung stand. Somit war es reproduzierbar und ließ sich später mit Dunkelbildern korrigieren.

In den folgenden 7 Tagen konnte ich wegen des guten Wetters insgesamt etwa 16 Stunden Schmalbanddaten sammeln, was bereits deutlich über meinem angestrebten Ziel lag. Es war fast in allen Nächten klar, jedoch wäre ich mit dem Schlaf nicht mehr hinterhergekommen, wenn ich noch mehr aufgenommen hätte. Der Aufnahmeort war eine Wiese hinter dem Pool des Campingplatzes, der einzige Ort mit freiem Blick zum Himmel, aber sicher kein Ort, wo man sein Equipment unbeaufsichtigt stehen lassen sollte.

Währenddessen nahm der Mond langsam immer weiter ab, bis es nach 1,5 Wochen mit den ersten RGB-Aufnahmen losgehen konnte. Hierzu wählte ich eine Belichtungszeit von zwei Minuten pro Bild bei ISO 400 und Offenblende. So konnte ich viel Licht sammeln und dennoch die feinen Details der Molekülwolke bewahren. Außerdem stellte sich heraus, dass die Montierung mit einem deutlichen Übergewicht in Richtung Osten weitaus zuverlässiger arbeitete und es fast keine Aufnahmen mit länglichen Sternen mehr gab. Kurz vor Neumond wurde auch die Sommermilchstraße mit bloßem Auge immer beeindruckender, M8 und auch schwächere Gasnebel und Sternansammlungen waren



Großes Bild: Emissionsnebel Sharpless-126 (SH2-126): Great Lacerta Nebula.
 Ausschnitt rechts: Molekülwolke LBN 438 (roter Rahmen) und UGC 12137
 (Pfeil). Entfernung ca. 1200 Lichtjahre.

Kamera: Canon EOS 700Da (astromod.), Objektiv: Samyang 135 mm f/2;
 Montierung: Skywatcher Star Adventurer (ohne Guiding);
 Belichtung: H α : 300 x 180 sec = 15h; RGB: 600 x 120 sec = 20h; Gesamt: 35h.
 Software: Siril, GIMP
 Aufnahmen: Noa Kuhn



gut zu sehen. Trotz zwischenzeitlichen Schwankungen der Wettervorhersage blieb das Wetter ununterbrochen gut, und ich konnte innerhalb von 10 Tagen 20 Stunden RGB-Aufnahmen zusammenbekommen.

Der Urlaub neigte sich dem Ende zu und es blieb nur noch eine Nacht, und auch diesmal hielt sich das Wetter gut. Ich und meine Eltern entschlossen uns deshalb, eine Nacht auf dem Col du Galibier zu übernachten, einem Gebirgspass auf 2642 Meter Höhe. Hier gab es fast keine Lichtverschmutzung und keinen Dunst wie im Tal, was sich auch mit bloßem Auge bemerkbar machte. Die letzten Schleierwolken verschwanden mit der Dämmerung und der Himmel war völlig klar. Auch das Equipment spielte mit und so konnte ich schließlich etwa sechs Stunden aufnehmen, bevor der Tag anbrach und einen wundervollen Sonnenaufgang mit sich brachte.

Mit doppelt so viel Belichtungszeit wie eingeplant und zwei vollen SD-Karten ging es dann nach Hause. Die

nächste Woche verbrachte ich damit, die Dateien zu ordnen und zu verarbeiten. Ich entschied mich, mithilfe des Drizzle-Algorithmus die Auflösung zu erhöhen, da ich aufgrund der vielen Daten nicht allzu besorgt über das Hintergrundrauschen war. All diese Prozesse und das Stacken fanden in der kostenlosen Software Siril statt. Der Rohstack hatte eine Auflösung von 10130x6800 Pixeln und wurde mit dem Generalized Hyperbolic Stretch gestretcht. Weitere Verarbeitung wie das Anheben von Details und Sättigung fand in der Freeware GIMP statt.

Ich ziehe ein sehr positives Fazit aus dem Projekt, und es hat mir verdeutlicht, was trotz vielen Problemen mit provisorischen Lösungen möglich ist. Die Spiegelreflexkamera hat sich auch ungekühlt gut geschlagen und das finale Ergebnis zeigt weit mehr, als ich mir erhofft habe. Am rechten Rand des Bildes habe ich dazu noch NGC 7331 „eingefangen“, die trotz der geringen Brennweite schon ein paar Details zeigt.

Großprojekt Cygnus-Mosaik

90 Mosaikteile, 3000 Einzelbilder, 250 Stunden Belichtung

Jakob Sahner

Ein Großprojekt, vor dem die meisten zurück-schrecken würden. Der Plan: Ein riesiges 90 Teile-Mosaik des Sternbilds Schwan mit unglaublicher Tiefe und Auflösung! Nach über 5 Monaten, mehr als 250 Stunden Belichtungszeit und mehreren Wochen reiner Verarbeitung der Datenmengen kann man sagen, dass es ein Erfolg war. Bei diesem Bild wurden besonders die Lichtquellen der beiden Elemente Wasserstoff ($H\alpha$ - Rot) und Sauerstoff (OIII - Blau/Cyan) ins Visier genommen.

Da Wasserstoff das häufigste Element in unserem Universum ist, ist dementsprechend das Bild in einer tief roten Farbe "getränkt". Der im Vergleich wenig vorhandene Sauerstoff ergibt eine schöne Kontrastfarbe mit Blau/Cyan und vermischt sich in vielen Fällen auch mit dem Rot des Wasserstoffs. Die Sterne wurden ganz normal mit Rot, Grün und Blau Filtern aufgenommen, um die natürliche Farbe nicht zu verfälschen.

Technisch gesehen ist das Bild eine wahre Herausforderung für jeden, selbst sehr erfahrene Bildbearbeiter kommen da an ihre Grenzen. Für dieses Mosaik wurden über 3000 Einzelbilder aufgenommen, welche mit viel Sorgfalt sortiert und verarbeitet werden mussten. Zudem kommen bei solchen Datenmengen und Auflösungen, die durch 90 Mosaikteile entstehen, auch die Bildbearbeitungsprogramme sowie die Computer an ihre Grenzen.

Leider wurden durch diese Aufnahmen keine neuen Entdeckungen erlangt, ein erfahrener Fotograf und Freund, Marcel Drechsler, konnte jedoch ein paar Kandidaten für neue Entdeckungen und auch Ergebnisse der Wissenschaft abgleichen.

Nennenswert ist auch die Mithilfe des amerikanischen Fotografen Bray Falls, der ein Teil der $H\alpha$ und OIII-Daten geliefert hat, um das Projekt schneller zu Ende zu bringen!

Technische Details:

(Jakob Sahner)

Skywatcher Esprit 100 + 0.75x Brennweitenreduzierer; iOptron CEM70

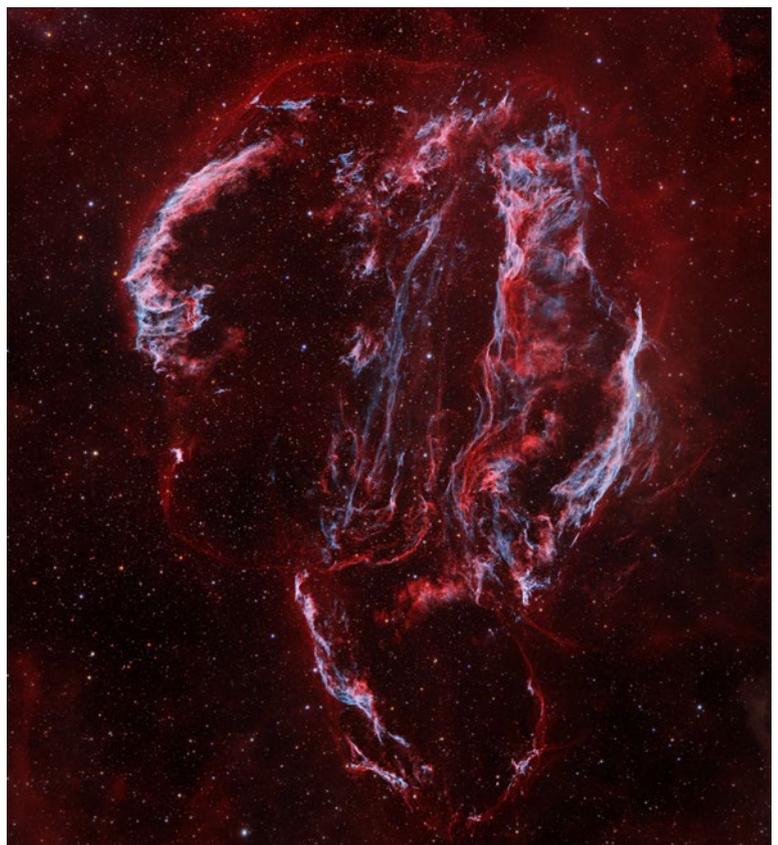
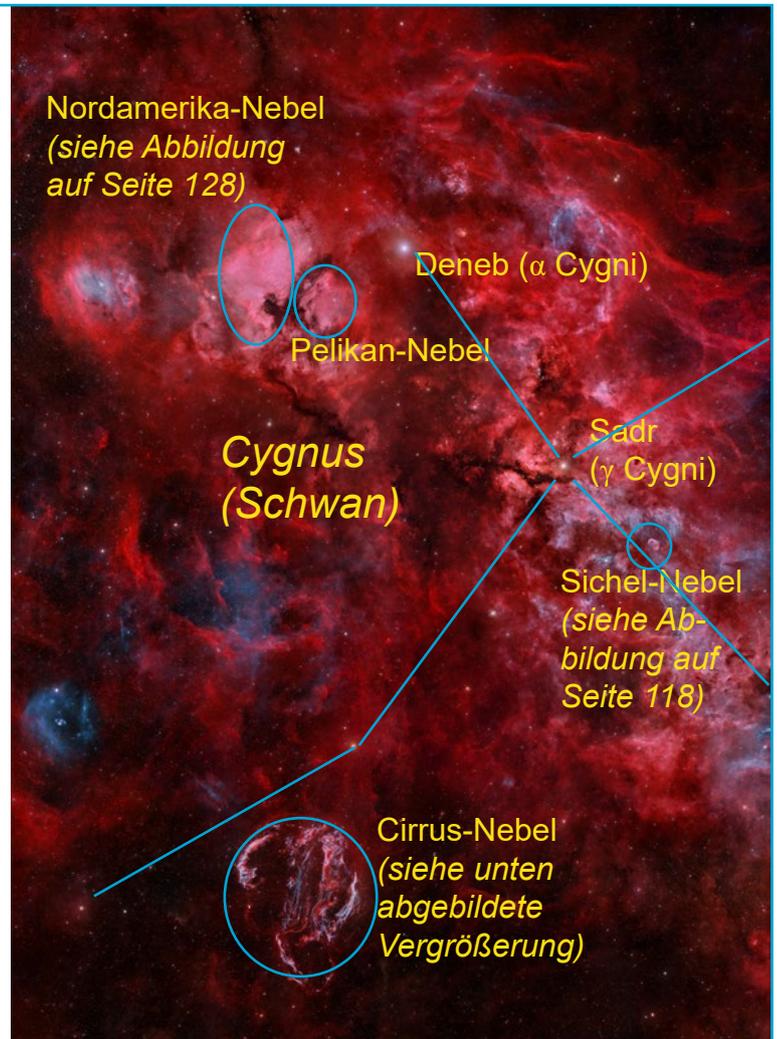
QHY268m + LRGB $H\alpha$ OIII Filter

(Bray Falls)

Takahashi FSQ106 edxiii + 0.73x Brennweitenreduzierer; Paramount MyT

QHY600m + $H\alpha$ OIII Filter

Belichtungszeit von ~250h aufgeteilt in LRGB+ $H\alpha$, OIII





Sichel-Nebel (NGC 6888) im Sternbild Schwan

Johannes Rodloff und Jakob Sahner



Der Sichel-Nebel (NGC 6888), auch bekannt als Crescent-Nebel, ist ein beeindruckender Emissionsnebel, der sich im Sternbild Schwan befindet. Er ist berühmt für seine einzigartige Form, die an eine himmlische Mondsichel erinnert, daher sein populärer Name. Der Nebel erstreckt sich über etwa 25 Lichtjahre und befindet sich etwa 4.700 Lichtjahre von der Erde entfernt.

Was den Sichel-Nebel besonders faszinierend macht, ist seine lebendige und kunstvolle OIII (Sauerstoff) Schale. Diese Schale entsteht durch die Wechselwirkung schneller Sternwinde eines zentralen Wolf-Rayet-Sterns, der als WR 136 bezeichnet wird, mit dem umgebenden interstellaren Medium. Die intensive Strahlung, die der Stern aussendet, ionisiert das umgebende Gas und lässt es in den charakteristischen blaugrünen Farben der OIII-Emissionen leuchten.

Die OIII-Schale erscheint als eine zarte und ätherische Struktur, die den zentralen Wolf-Rayet-Stern umhüllt. Ihre komplexen Fasern und Schleifen bilden ein fesselndes Geflecht. Das Zusammenspiel zwischen den Sternwinden und dem umgebenden Nebelmaterial formt den Crescent-Nebel in seine charakteristische mondsichelartige Erscheinung.

NGC 6888 dient als herausragendes Beispiel für die atemberaubende Schönheit und komplexe Dynamik im Universum. Sie steht als Zeugnis für das komplexe Zusammenspiel zwischen massereichen Sternen und ihrer kosmischen Umgebung und bietet Astronomen und Sternenguckern gleichermaßen ein fesselndes himmlisches Schauspiel.

Dieses Bild ist in Zusammenarbeit von Johannes Rodloff und Jakob Sahner entstanden.

Aufsuchekarte im Sternbild Schwan siehe Seite 116.

Technische Details:

Westkuppel Refraktor (APM 152/1200) + 0.75x Brennweitenreduzierer
QSI583 H α Filter

Skywatcher 10" f4 Newton

Skywatcher Eq6r

ToupTek ATR3 CMOS 26000 KPA + Optolong L-Extreme + RGB

Sonnenblumengalaxie (M 63) in den Jagdhunden

Jakob Sahner



Die M63-Galaxie, auch bekannt als die Sonnenblumengalaxie oder NGC 5055, ist eine bemerkenswerte Spiralgalaxie im Sternbild Jagdhunde (Canes Venatici). Sie ist ein beliebtes Ziel für Amateurastronomen und Astronomen gleichermaßen, da sie sich in einer relativ günstigen Position am Himmel befindet und leicht beobachtet werden kann.

Die charakteristische Spiralstruktur der M63-Galaxie besteht aus spiralförmigen Armen von Sternen, Gas und Staub. Diese Arme sind in der Regel Orte intensiver Sternentstehung, in denen neue Sterne aus interstellarem Material geboren werden. Die M63-Galaxie hat einen auffälligen zentralen Bereich, der von einer hellen Ansammlung von Sternen dominiert wird. Dieser Kern enthält vermutlich ein supermassives Schwarzes Loch, das sich im Zentrum der Galaxie befindet.

Die M63-Galaxie ist ungefähr 37 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt und gehört zur Gruppe von Galaxien in der Nähe der Lokalen Gruppe, zu der auch unsere Milchstraße gehört. Aufgrund ihrer Entfernung ist es zwar nicht einfach, Einzelheiten in der Galaxie zu erkennen, aber fortschrittliche Teleskope und Tech-

nologien ermöglichen es Astronomen, tiefer in ihre Eigenschaften einzutauchen.

Die Erforschung von Galaxien wie der M63 trägt dazu bei, unser Verständnis der Galaxienbildung und -entwicklung zu vertiefen. Durch die Untersuchung ihrer Strukturen, Sternentstehungsaktivitäten und Bewegungen können Wissenschaftler Einblicke in die Prozesse gewinnen, die in diesen kosmischen Systemen ablaufen. Solche Untersuchungen helfen auch dabei, allgemeinere Fragen zur Evolution des Universums und seiner Bestandteile zu beantworten.

Dieses Bild ist in Zusammenarbeit mit Jens Unger und Sophie Paulin des Cazador Observatoriums in Spanien entstanden.

Technische Details:

TS Photoline 140mm

iOptron CEM70

ZWO ASI2600mm + LRGB Filter

Belichtungszeit: ~40 Stunden

Markarjansche Kette im Sternbild Jungfrau

Jakob Sahner



Die Markarjansche Kette ist eine markante Anordnung von Galaxien im Sternbild Jungfrau. Es handelt sich um eine visuell auffällige Galaxiengruppe, die sich wie eine Kette von Galaxien über den Nachthimmel erstreckt. Die Kette ist nach dem armenischen Astrophysiker B. E. Markarjan benannt, der die Galaxien in dieser Region ausgiebig studierte und katalogisierte.

Die Markarjansche Kette ist eigentlich ein Teil des größeren Virgo-Haufens, der einer der der Milchstraße am nächsten liegenden Galaxienhaufen ist. Sie besteht aus einer Reihe von interagierenden und gravitativ gebundenen Galaxien, was bedeutet, dass ihre gegenseitigen Gravitationskräfte im Laufe der Zeit ihre Form und Position beeinflusst haben. Die Galaxien in der Kette stehen durch Gezeitenkräfte miteinander in Wechselwirkung, wodurch einige von ihnen verzerrte Formen und lange Gezeitschweife aufweisen oder als eigenartige unregelmäßige Strukturen erscheinen.

Eine ganz besondere Struktur in diesem Bild ist die H α "Brücke/Verbindung" zwischen M86 und NGC4438! Ich brauchte etwa 33 Stunden Belichtungszeit, um auch nur ein wenig Kontrast zwischen dem Rauschen/

Hintergrund und dem Signal der Struktur selbst zu erhalten. Ich habe diese H α -Bilder bei einem zu 40-70% beleuchteten Mond aufgenommen, also nicht optimal. Um noch mehr Details zu erhalten, müsste ich noch länger und bei Neumond belichten.

Technische Details:

Skywatcher Esprit 100 + 0.75x Brennweitenreduzierer
iOptron CEM70

QHY268m + LRGB, Ha Filter

Belichtungszeit: 76h45min

Rosetten-Nebel im Sternbild Einhorn

Gundo Klebsattel



Der Rosetten-Nebel ist ein heller diffuser Nebel mit der Katalogbezeichnung NGC 2237, NGC 2238, NGC 2239 und NGC 2246, der einen scheinbaren Durchmesser von ca. 1° aufweist und symmetrisch einen offenen Sternhaufen (NGC 2244) im Sternbild Einhorn umhüllt. Die heißen, hellen Sterne des Spektraltyps O sind sehr jung. Sie sind vor weniger als 500.000 Jahren aus dem Nebel entstanden, den sie zum Leuchten anregen. Während dieser Zeit hat der Strahlungsdruck der Sterne die Nebelmassen aus den zentralen Partien herausgetrieben und so einen „Hohlraum“ mit ca. 12 Lichtjahren Durchmesser geschaffen. Der Rosetten-Nebel und der eingebettete Sternhaufen sind ca. 4500 Lichtjahre entfernt (*Quelle: Lexikon der Astronomie, Spektrum*).

Aufgrund seiner Größe passt der Rosetten-Nebel kaum in das Gesichtsfeld eines Teleskops, weshalb er schwierig visuell zu beobachten ist. Mir war es erstmals (!) von wenigen Tagen bei idealen Bedingungen auf der Halde vergönnt, ihn in einem Feldstecher 7x50mm wahrzunehmen.

Sehr auffällig ist der Rosetten-Nebel aber auf Fotos mit einer astromodifizierten Kamera. Im nördlichen (oberen) und westlichen (rechten) Teil sind sogenannte "Elefantenrüssel" zu sehen. Diese Dunkelwolken bestehen aus kühlen, neutralen Wasserstoffmassen (HI-Regionen), die rüsselförmig in helle (heißere) ionisierte Wasserstoffwolken (HII-Regionen) hineinragen.

Aufnahmedaten:

Objekt: Rosetten-Nebel und NGC 2244

Teleskop: Sky-Watcher Esprit 150 ED +0,77x-Reducer

Brennweite: 808mm

Filter: Optolong L-eNhance

Kamera: Canon EOS90Da, ISO3200, 71x30sec

Aufnahmestandort: Ebringen

Aufnahmedatum: 21.02.2023

80 Stunden Belichtung auf M81 / M82

Spiralgalaxie und Starburst-Galaxie in Ursa Major

Julian Shroff

Ich habe nun endlich mein Mammut-Projekt der letzten Monate fertiggestellt: Die Region von M81 und M82 in der Großen Bärin.

M81 (untere Galaxie im Bild auf der gegenüberliegenden Seite) ist eine der bekanntesten und hellsten Spiralgalaxien am Himmel. Im Zentrum leuchten ältere, gelbliche Sterne, die Spiralarme werden von jungen, bläulichen Sternen dominiert. Einzelne blaue Punkte dürften Sternassoziationen leuchtkräftiger Sterne sein. Entlang der Spiralarme reihen sich unzählige rote Fleckchen – Sternentstehungsgebiete wie etwa der Orionnebel, deren Wasserstoffgas von den jungen Sternen zu rötlichem Leuchten angeregt wird. Links neben M81 fällt die irreguläre Zwerggalaxie Holmberg IX ins Auge, in der ebenfalls eine bläuliche Sternpopulation leuchtet. Hier schimmert aber noch rötliches Wasserstoffleuchten des Gases, aus dem die neuen Sterne entstehen, durch. Das sieht man nur auf extrem lang belichteten Aufnahmen wie dieser.

Der zweiten großen Galaxie auf dem Bild sieht man schon auf den ersten Blick an, dass hier Außergewöhnliches vor sich geht. Sie ist eine „Starburst“-Galaxie, das heißt, in ihr entstehen innerhalb sehr kurzer Zeit sehr viele neue Sterne. Auslöser der Sternentstehung ist wahrscheinlich die Wechselwirkung mit M81. Einige der kürzlich entstandenen schweren Sterne sind bald wieder als Supernovae explodiert, von anderen geht ein intensiver Sternwind ab. Auch einige schwarze Löcher (als Supernova-Überreste und im Zentrum von M82) treiben in ihren auswärts gerichteten Jets Gas mit hoher Geschwindigkeit aus der Galaxie hinaus. Trifft dieser aus den genannten drei Komponenten bestehende schnelle „Superwind“ auf dünnes Gas in der Umgebung der Galaxie, so wird das Gas komprimiert und erhitzt („geschockt“) und fängt im Röntgenbereich und auch in H α an zu leuchten (rötliche Strukturen senkrecht zur Galaxienhauptebene). Ein kleines Stück nördlich von M82 liegt isoliert ein kleines rötliches Nebelfleckchen („cap of M82“), das sein Leuchten wohl auch dem von M82 ausgehenden Superwind verdankt. Es ist nur auf wenigen, sehr tief belichteten Aufnahmen zu sehen.

Das ganze Bild scheint von Nebelschwaden durchzogen zu sein. Das ist „galaktischer Cirrus“, Gas und Staub unserer Milchstraße, der vom Licht der Milchstraßensterne beleuchtet wird. Der galaktische Cirrus steht also weit im Vordergrund und hat mit M81/82 nichts zu tun.

Die meisten Daten wurden bei uns auf der Sternwarte aufgenommen, H α und ein paar RGB-Daten aber auch daheim in Kappel belichtet.

(Text bearbeitet und ergänzt von Martin Federspiel)

Abbildung auf der rechten Seite:

Spiralgalaxie M81 (unten) und Starburst-Galaxie M82 im Sternbild Ursa Major.

Foto: Julian Shroff

Aufnahmedaten:

Teleskop: Celestron RASA8

Montierung: Skywatcher EQ6

Kamera: QHY183M

21h Luminanz, 8h Rot, 8h Grün, 8h Blau, 35h H α





Pferdekopfnebel (IC434) im Sternbild Orion.

Aufnahme: Astromodifizierte Sony A7s an TS Apo 60/360 auf SkyWatcher Star Adventure.

Belichtungszeit: 848x30 sec. (7,06h).

Foto: Johannes Rodloff

Irisnebel (NGC 7023) im Sternbild Cepheus. Reflexionsnebel.

Aufnahme: Astromodifizierte Sony A7s an 8" f/4 Newton.

Belichtungszeit: 278x180 sec.

Foto: Johannes Rodloff und Jakob Sahner





Andromeda-Galaxie (M 31).

Aufnahme: 10" Newton f/3 = 750mm, QHY268c; Mosaik aus 4 Panels à 10 x 120 sec.

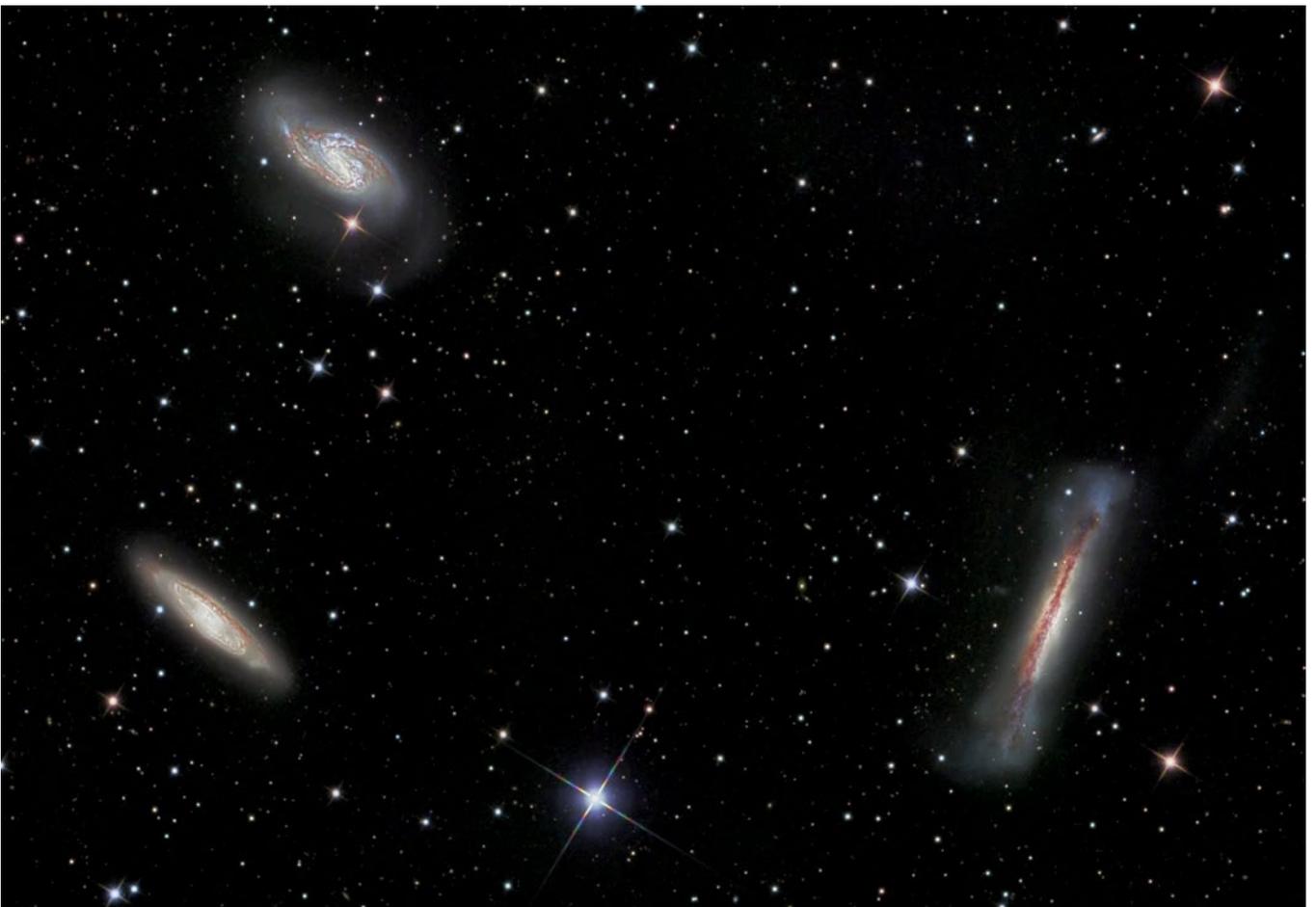
Bildbearbeitung mit APP und ACDsee.

Foto: Volker Buß

Leo-Triplett (M 65, M 66, NGC 3628).

Aufnahme: Lacerta 10" Foto-Newton f/4 = 1000 mm, 60 x 240 sec.

Foto: Volker Buß und Andreas Reichenbach





Herznebel (IC 1805) im Sternbild Cassiopeia.

Aufnahme in modifizierter Hubble-Palette (H α /OIII/SIII).

RASA 11 mit Atik APX60. H α /OIII/SIII-Filter. 4 Stunden Belichtungszeit.

Foto: Julian Shroff

Feuerradgalaxie (M 101) im Sternbild Großer Bär.

SFB-Sternwarte Schauinsland, 15" Newton, 8" Astrokamera AK-1,

EOS 300Da, Moravian G2-8300, SBIG ST-10,

Gesamtbelichtungszeiten L+RGB+H α 22h 13min, Bildbearbeitung PixInsight.

Foto: Stephan Studer, Leo Bette, Peter Dietrich (Gemeinschaftsprojekt)





Trifidnebel (M 20) im Sternbild Schütze.

IAS-Sternwarte Hakos/Namibia, 20" Keller-Cassegrain f/3, Canon EOS 700Da (astromodifiziert),
10 x 300 sec, ISO 800.

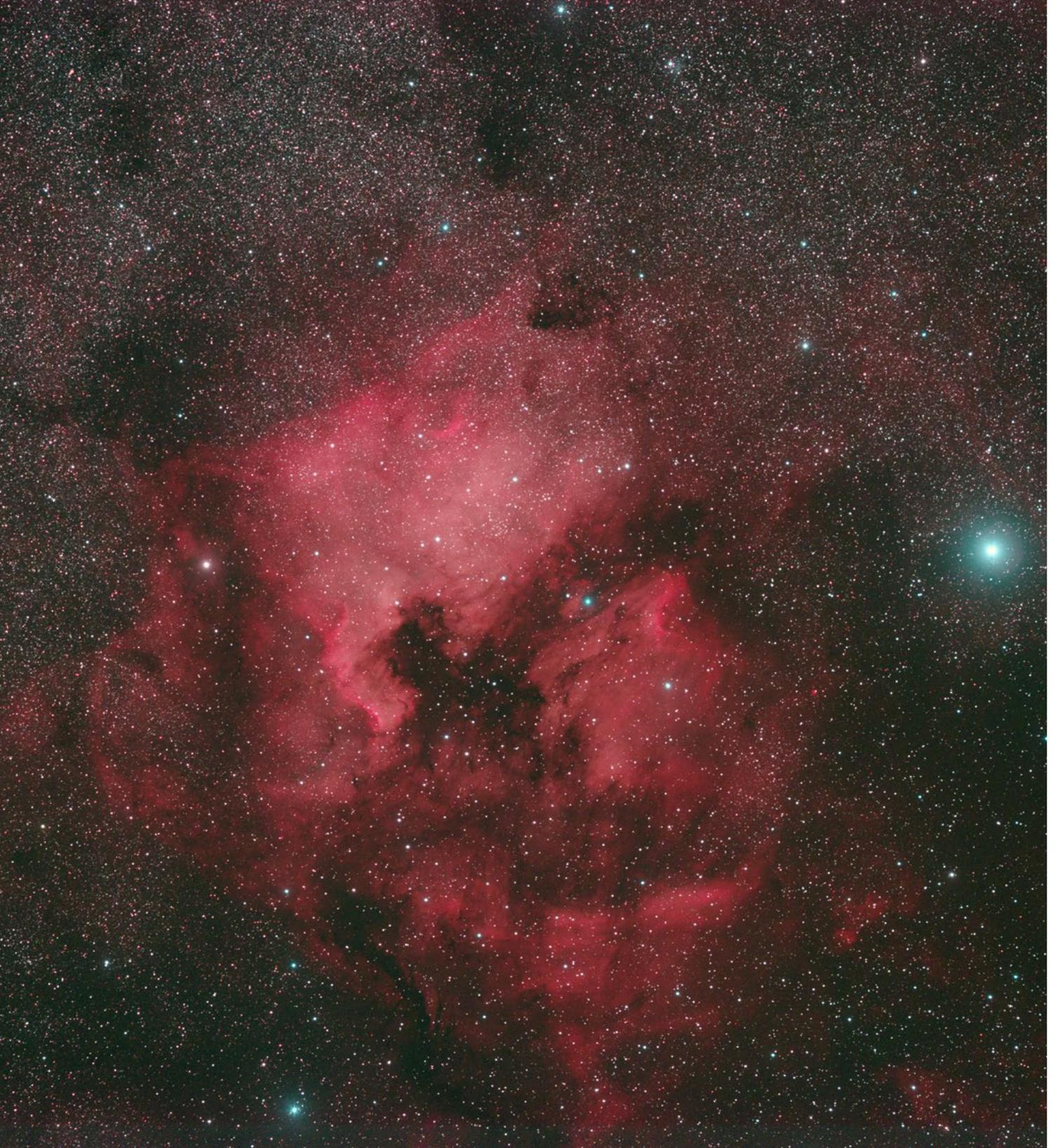
Foto: Rainer Glawion

Helixnebel (NGC 2793) im Sternbild Wassermann.

IAS-Sternwarte Hakos/Namibia, 20" Keller-Cassegrain f/3, Canon EOS 700Da (astromodifiziert),
10 x 600 sec, ISO 1600, CLS-Filter.

Foto: Rainer Glawion





Nordamerika-Nebel (NGC 7000) und Pelikan-Nebel (IC 5070) im Sternbild Schwan.

Am rechten Bildrand ist Deneb (α Cygni) zu sehen. Aufsuchekarte des Nebels im Sternbild Schwan siehe Seite 116.

Foto: Gundo Klebsattel

Kamera: EOS 90Da;

Objektiv: Samyang 135mm f/2;

Filter: L-eNhance Dual-Bandpassfilter;

Belichtung: 41x60 sec, ISO 3200;

Aufnahmedatum: 27.10.2022

Aufnahmestandort: Ebringen



Östlicher Cirrusnebel (NGC 6992-5) im Sternbild Jagdhunde.

Celestron RASA8, Skywatcher EQ6, QHY183M,

75 x 240 sec H α , 45 x 240 sec OIII, Bearbeitung PixInsight, Photoshop.

Foto: Julian Shroff

Strudelgalaxie (M 51) im Sternbild Jagdhunde.

8" f/4 Newton, Skywatcher EQ6, Sony A7s

ISO 2000, 9,5 h Belichtungszeit.

Foto: Johannes Rodloff



Weitere Angebote des Vereins für seine Mitglieder

Rainer Glawion

Liebe Leserin, lieber Leser,

Nun haben Sie sich (fast) bis ans Ende dieser Festschrift durchgearbeitet. Wir hoffen, dass Ihnen die Lektüre Spaß gemacht hat und dass Sie die Mischung aus Information und Unterhaltung als angenehm empfunden haben.

Unsere einzigartig auf dem Gipfel des Schauinsland in 1240 m Höhe gelegene Sternwarte sowie die Aktivitäten unserer Mitglieder rund um die Sternwarte haben breiten Raum in dieser Jubiläumsschrift eingenommen. Aber es gibt noch weitere Dienstleistungen, die der Verein seit vielen Jahren für seine Mitglieder bereitstellt. Hierzu gehören verschiedene Angebote der Kommunikation und des sozialen Vereinslebens. In erster Linie sind dies:

- Die monatlich stattfindenden Sternfreundeabende, auf denen Mitglieder oder Gastreferenten jeweils einen Vortrag über ein astronomisches Thema halten. Um Ihnen einen Eindruck von der Themenvielfalt bei diesen Vortragsabenden zu vermitteln, wurden die Vorträge der Jahre 2012-2023 auf S. 132-135 zusammengestellt.

- Unsere Vereinsmitteilungen, die dreimal jährlich an alle Mitglieder verschickt werden. Aus dem "Blättchen" hat sich im Laufe der Jahre eine umfangreiche Vereinszeitschrift entwickelt, die sowohl Fachartikel als auch Aktivitätsberichte und Astrofotos unserer Mitglieder sowie Vortragsankündigungen enthält (siehe Abb. 1a/b im Vergleich).
- Der Astrokalender, der jährlich erscheint und für jeden Monat ein großformatiges Bild aus den Reihen unserer Vereinsmitglieder präsentiert (Abb. 2).
- Unsere Vereins-Webseite, die nach einer Rundenerneuerung in attraktiver Form unseren Verein, seine Einrichtungen und Aktivitäten vorstellt (Abb. 3). Einige Beiträge in der vorliegenden Festschrift sind mit Videos aus der Vereins-Webseite verlinkt.

Eine schriftliche Umfrage im Jahr 2018 hat ergeben, dass die Mehrheit der Vereinsmitglieder diese Angebote regelmäßig wahrnimmt. 60% der an der Umfrage beteiligten Mitglieder besuchen die Vereinsabende regelmäßig und sogar 84% lesen die Mitteilungshefte regelmäßig (Abb. 4).

Die Mitteilungshefte können als PDF unter folgender URL heruntergeladen werden:

<https://www.sternfreunde-breisgau.de/Vereinsmitteilungen/>

Über nebenstehenden QR-Code kann die Webseite direkt aufgerufen werden.



Abb. 4 (links): Nutzung der Vereinsangebote im Jahr der Umfrage (2018). Die Zahlen geben die Anzahl der umfragebeteiligten Mitglieder wieder (n=33).



Startseite Astronomietag 2023 Publikationen ▾ Termine Sternwarte Beobachten ▾ Kontakt Unterstützen

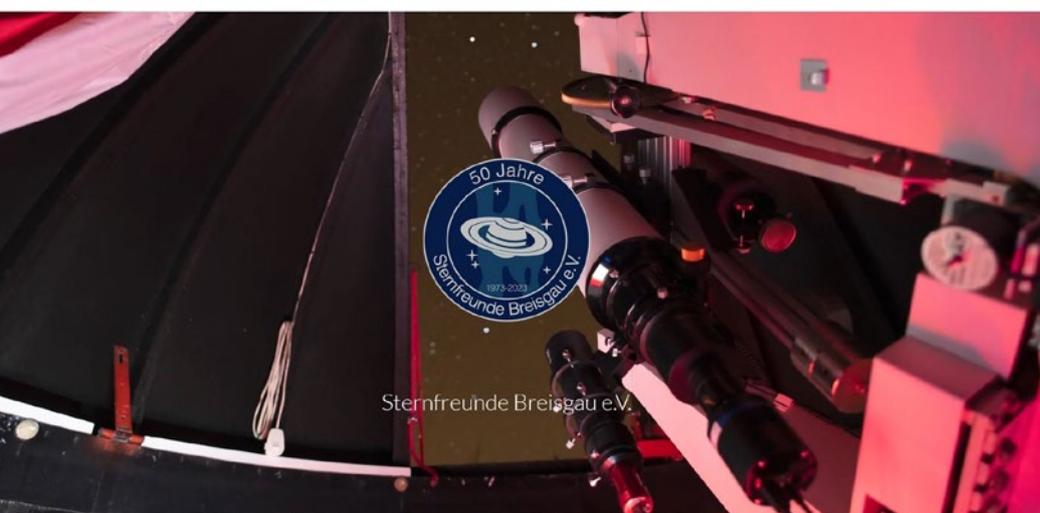


Abb. 3 (links): Screenshot der Startseite unserer Vereins-Webseite. Über die Menüleiste können die Publikationen (Vereinsmitteilungen), aktuellen Termine, Beobachtungsobjekte und Kontaktinformationen abgerufen werden.

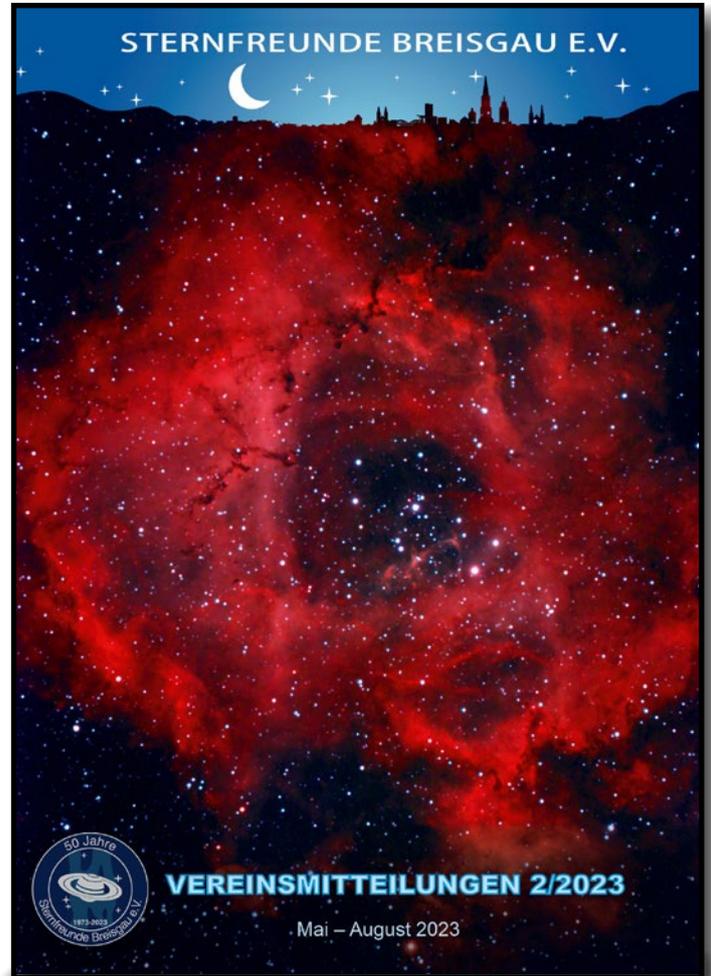
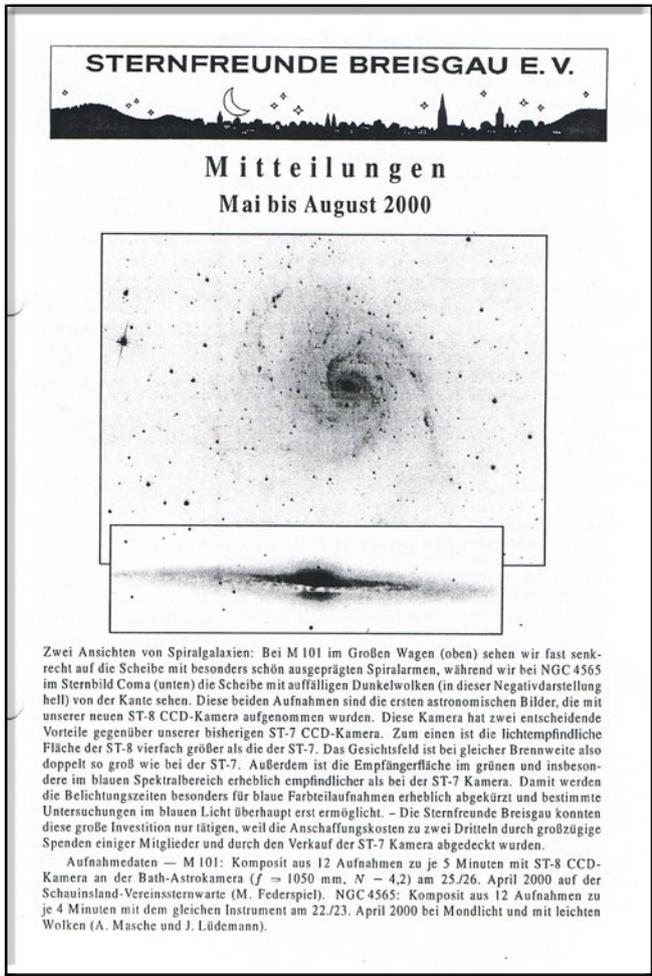


Abb. 1a/b: Werdegang einer Vereinszeitschrift: Links das hektographierte 8-seitige "Blättchen" in Schwarz-Weiß aus dem Jahr 2000, rechts die 28-seitige Vereinszeitschrift (Heft 2/2023) im Vier-Farben-Offsetdruck auf Hochglanzpapier.

Abb. 2: Titelblatt des Astrokalenders "Schau Ins All 2023". Auf 12 Monatsblättern zeigt er im DIN A3-Format die schönsten Astrofotos unserer Vereinsmitglieder. Außerdem gibt er eine monatliche Vorschau auf wichtige Himmelsereignisse.



Vorträge bei den Sternfreunden Breisgau

2012 - 2023

zusammengestellt von Andreas Reichenbach und Rainer Glawion

Als wichtiges Angebot sowohl für unsere Mitglieder als auch für die Öffentlichkeit organisiert der Verein monatliche Fachvorträge, die im Rahmen von Vereinsabenden von eigenen Vereinsmitgliedern oder auswärtigen Gastreferenten gehalten werden. Um eine Übersicht über die spannenden und informativen Themen der Vorträge zu geben, sind die Vorträge der Jahre

2012-2023 in der folgenden Zusammenstellung aufgeführt.

Die Liste ist nicht vollständig. Insbesondere in den Pandemie Jahren 2020-2022 fanden die Vorträge nicht regelmäßig statt. Einige Vorträge wurden in dieser Zeit online gehalten, digital aufgezeichnet und den Vereinsmitgliedern über Youtube zugänglich gemacht.

Vorträge 2012-2023

Thema	Termin	Referent
Faszinierende Mondlandschaften	25.07.2012	Dr. Martin Federspiel
Archäoastronomie	26.09.2012	Klaus Benthin
Fehlsichtigkeiten und ihre optische Korrektur	31.10.2012	Alwin Kaufmann
Wolf-Rayet-Sterne, Venustransit, Star Trails Fotografie (Kurzvorträge)	28.11.2012	Diverse Referenten
In 21 Tagen um die Welt für Sonne, Mond und Venus	30.01.2013	Jörg Schoppmeyer
Gravitationswellen	24.04.2013	Hans-Gerd Schäfer
Zauber der Sterne - The World at Night - Multivisionsshow	15.05.2013	Gernot Meiser (TWAN)
Warum sehen wir eine klassische und keine Quantenwelt?	26.06.2013	Dr. Wolfgang Steinicke
Kurzvorträge: Young Stellar Objects; Amateurspektrographen	24.07.2013	Reiner Vogel, Lutz Bath
Feuerring im Outback	25.09.2013	Jörg Schoppmeyer
Die Anomalien der Mondbahn	30.10.2013	Dr. Wolfgang Steinicke
Dispersion - Einstieg in die Spektroskopie	27.11.2013	Alwin Kaufmann
Strategien zur Verminderung von Georisiken durch Himmelskörper: Experimentelle Untersuchungen zur Asteroidenablenkung durch Impakt	29.01.2014	Dr. Frank Schäfer (EMI)
Die hybride Sonnenfinsternis vom 3.11.2013	26.03.2014	Jörg Schoppmeyer
Das Bath-Interferometer	30.04.2014	Karl-Ludwig Bath
Besuch im Planetarium: Fulldome-Videotechnik	28.05.2014	Dr. Martin Federspiel
Herschel und die Durchmusterung des Himmels	25.06.2014	Dr. Wolfgang Steinicke
Mit dem Postschiff auf Polarlichtjagd	24.09.2014	Dr. Martin Federspiel
Astrofotografie ohne Computer	22.10.2014	Achim Schaller
Die Sonnenfinsternis vom 29. April 2014	26.11.2014	Jörg Schoppmeyer
Neue Welten - Exoplaneten und ihre Kategorisierung	28.01.2015	Lars-Stephan Klein
Zur Archäologie des "Großen Wagens"	25.03.2015	Dr. Stefan Mäder
Von Triton bis Chariklo - Amateur-Beiträge zur Erforschung des äußeren Sonnensystems	29.04.2015	Karl-Ludwig Bath



Sternfreundeabend am 30.06.2021 beim Vortrag von Julian Shroff über moderne Astrofotografie. Die Vorträge im darauffolgenden Winter mussten wieder online gehalten werden, weil wegen der Covid-19-Pandemie keine öffentlichen Versammlungen erlaubt waren. - Fotos: Gundo Klebsattel

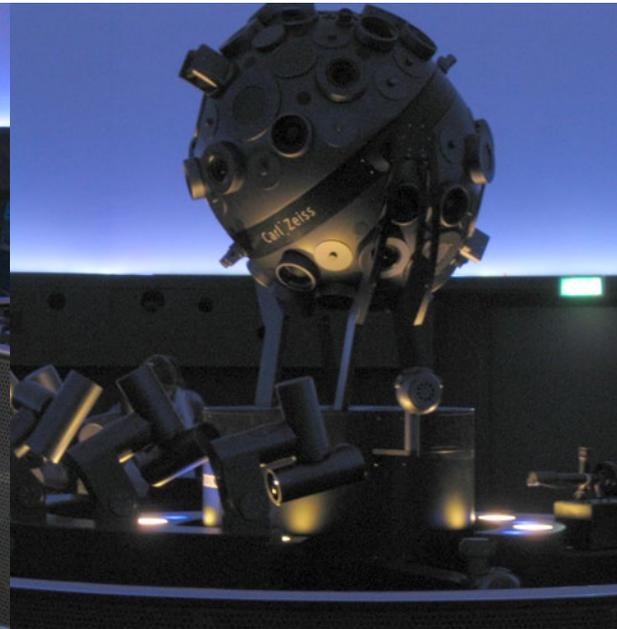
Mythos "Weltformel" - Einstein, Heisenberg und ihre Erben	24.06.2015	Dr. Wolfgang Steinicke
Forschung am Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik	29.07.2015	PD Dr. Markus Roth
Unsere Milchstraße	30.09.2015	Martin Federspiel
Astronomische Spuren in Freiburg - Kurzvortrag	28.10.2015	Axel de Frenne
Polarlichter im Feuerschein der Bardarbunga - Kurzvortrag über eine Reise zum jüngsten Vulkanausbruch auf Island	28.10.2015	Prof. Dr. Rainer Glawion
Ein Teleskop mit Obsidian-Spiegel - Hätten unsere Vorfahren mit einem solchen Fernrohr den Nachthimmel beobachten können?	25.11.2015	Josef Vit
Ultra-rauscharme Verstärker für die Radioastronomie	27.01.2016	Dr. Matthias Seelmann-Eggebert (IAF)
Astrobiologie und Leben im All	23.03.2016	Lars Stephan Klein
Herschel und die Struktur der Milchstraße	27.04.2016	Dr. Wolfgang Steinicke
Das Turmuhrenmuseum in Freiamt-Ottoschwanden	29.06.2016	Herr Grafetstätter
Welche Farbe hat eigentlich die Sonne?	28.09.2016	Stephan Studer
Die Große Indonesische Sonnenfinsternis vom 9. März 2016	26.10.2016	Jörg Schoppmeyer
Astrofotografie bei den SFB	30.11.2016	Diverse Referenten
Georges Lemaître - Der "Vater des Urknalls"	25.01.2017	Dr. Martin Federspiel
Einstein und die Gravitationswellen - Der Nachweis ist erbracht!	29.03.2017	Dr. Wolfgang Steinicke
Die Argentinische Sonnenfinsternis vom 26. Februar 2017	31.05.2017	Jörg Schoppmeyer
Der Sternhimmel über der Antarktis - Bericht über eine ungewöhnliche Seereise in das Reich der Pinguine und Eisberge	28.06.2017	Prof. Dr. Rainer Glawion
Sonnenfinsternis am 21. August 2017 in den USA - Vorbereitungen	26.07.2017	Diverse Referenten
Sonnenfinsternis am 21. August 2017 in den USA - Beobachtungen	27.09.2017	Diverse Referenten
Klimageschichte und Zukunft der Erde (Planetariumsvortrag)	25.10.2017	Dr. Martin Federspiel
Herschel's "Loch im Himmel" und die Entdeckung der Dunkelnebel	29.11.2017	Dr. Wolfgang Steinicke
Wir im Universum - oder: Warum es uns gibt	31.01.2018	Dr. Herbert Haupt
"Pickering's Harem" - Frauen, die die Astrophysik veränderten	21.03.2018	Dr. Martin Federspiel
Die schönsten Objekte des Südsternhimmels über den Wüstenlandschaften Namibias	30.05.2018	Prof. Dr. Rainer Glawion



Sternfreundeabend am 28.10.2020 während der Covid-19-Pandemie beim Vortrag von Andreas Masche. Die Auswirkungen der Pandemie sind deutlich sichtbar: Gesichtsmasken, Abstand der Zuhörer zueinander und Leere im Vortragsraum. Die Vorträge wurden von Holger und Julian Klawitter (im rechten Bild links sitzend) aufgezeichnet und auf dem Youtube-Kanal der Sternfreunde Breisgau hochgeladen, damit die wegen der Pandemie abwesenden Mitglieder die Vorträge zu Hause anschauen konnten.

Fotos: Gundo Klebsattel

Fotometrie mit Tangra	27.06.2018	Karl-Ludwig Bath
Die Entstehung des Lebens - aus der Sicht des Biochemikers	25.07.2018	Dr. Manfred Bühner
Themenabend: Mondfinsternisse	26.09.2018	Ulrich Schüly, Jörg Schoppmeyer, u.a.
Berührungspunkte mit Astronomie während einer Reise durch Nordchile	24.10.2018	Hans-Gerd Schäfer
Teilchen und Felder - Die verborgene Welt des Mikrokosmos	28.11.2018	Dr. Wolfgang Steinicke
Zeitreise - vom Urknall zum Menschen (Planetariumsprogramm)	30.01.2019	Kooperation SFB, Planetarium und Uni Freiburg
Die Raumsonde Cassini-Huygens bei Saturn	27.03.2019	Dr. Herbert Haupt
Kurzvorträge: Spektroskopie, Remote-Betrieb Balkonsternwarte	24.04.2019	Peter Dietrich, Lutz Bath
Sternwartenprojekt und Jugend-Forscht-Arbeit des Schülerforschungszentrums phaenovum	29.05.2019	H. Klein, Adam Muderris und Frank Würthner
"Nightscapes" - Landschaftsaufnahmen bei Nacht	26.06.2019	Achim Schaller
Symmetrie - Die mathematische Struktur der realen Welt	24.07.2019	Dr. Wolfgang Steinicke
50 Jahre nach der ersten Mondlandung: bemannte Raumfahrt-quo vadis?	25.09.2019	Dr. Martin Federspiel
Die totale Sonnenfinsternis vom 2. Juli 2019	30.10.2019	Jörg Schoppmeyer
Das Schwarze Loch im Zentrum der Milchstraße	27.11.2019	Dr. Stefan Gillessen, MPI für extraterrestr. Physik
Namibia: Reise der Sternfreunde Breisgau zum südlichen Sternhimmel	29.01.2020	Rainer Glawion und Gundo Klebsattel
Reisen zu Sonnenfinsternissen	27.05.2020	Jörg Schoppmeyer
Hobby Killers	24.06.2020	Karl-Ludwig Bath
Rundgang am sommerlichen Sternhimmel (Planetariumsveranstaltung)	29.07.2020	Martin Federspiel
Astronomie im Internet und auf Youtube	28.10.2020	Andreas Masche
Software für die Astronomie	25.11.2020	Dr. Martin Federspiel
Die totale Sonnenfinsternis vom 14.12.2020 in Chile	24.02.2021	Jörg Schoppmeyer



Auch das Planetarium Freiburg war mehrfach Ort unserer Vorträge. Diese fanden entweder in Kooperation mit der Universität (wie hier im Bild) oder als öffentliche Vorträge statt. - Fotos: Andrea Peter, Seminarteilnehmerin des "Naturwissenschaft und Technik"-Kurses der Universität Freiburg.

Goldgrube für die Astrophysik - erste Erkenntnisse aus den Daten des Astrometrie-Satelliten Gaia	24.03.2021	Dr. Martin Federspiel
Moderne Astrofotografie	30.06.2021	Julian Shroff
Reisen zur totalen Mondfinsternis am 26. Mai in Mexiko und zur ringförmigen Sonnenfinsternis am 10. Juni in Grönland	28.07.2021	Jörg Schoppmeyer
Meteorite - außerirdische Materie zum Anfassen	27.10.2021	Gundo Klebsattel
450 Jahre Johannes Kepler - Wegbereiter der Modernen Naturwissenschaft	26.01.2022	Dr. Martin Federspiel
Totale Sonnenfinsternis über der Scotia-See	23.02.2022	Jörg Schoppmeyer
Fotografie der Sonne	30.03.2022	Dr. Hartwig Nahme
Unendlichkeit - Mathematischer Alltag, physikalischer Albtraum	25.05.2022	Dr. Wolfgang Steinicke
Spektroskopie - Eine andere Sicht zu den Sternen	29.06.2022	Peter Dietrich
US-Sonde New Horizons - Stippvisite bei Pluto und Arrokoth	27.07.2022	Dr. Herbert Haupt
Der Vulkanausbruch auf La Palma im Herbst 2021 und seine Folgen für das European Northern Observatory	28.09.2022	Gundo Klebsattel und Rainer Glawion
Astronomiereisen 2023/2024 nach Namibia, Island und Grönland	26.10.2022	Prof. Dr. Rainer Glawion
Sonnenphysik auf anderen Sternen	30.11.2022	Prof. Dr. Oskar von der Lühe (KIS)
Parallelwelten - Gibt es nur ein Universum?	25.01.2023	Dr. Wolfgang Steinicke
Die Finsternisse des Jahres 2022	29.03.2023	Jörg Schoppmeyer
Zur astronomischen Geschichte des Schauinsland	26.04.2023	Karl-Ludwig Bath
EAA - Electronically Assisted Astronomy	24.05.2023	Dr. Stephan Kranz (AVO)
Schauinsland - Natur und Umwelt	28.06.2023	Gundo Klebsattel
Sonnenteleskope aus Freiburg	26.07.2023	Dr. Rolf Schlichenmaier

---- Redaktionsschluss September 2023 ----

Unsere Autoren

Karl-Ludwig Bath
Leo Bette
Volker Buß
Peter Dietrich
Christian Dombrowski
Rolf Eckert
Martin Federspiel
Rainer Glawion
Gerhard Herzog
Martin Junius
Gundo Klebsattel
Andreas Klusch
Noa Kuhn
Andreas Masche
Michael Mushardt
Hartwig Nahme
Ana Nuñez-Ruiz
Andreas Reichenbach
Johannes Rodloff
Jakob Sahner
Rolf Schlichenmaier
Wolfgang Schmidt
Jörg Schoppmeyer
Stephan Studer
Ulrich Schüly
Julian Shroff

Impressum

Sternfreunde Breisgau e.V.

www.sternfreunde-breisgau.de
info@sternfreunde-breisgau.de

Vorsitzender:

Andreas Reichenbach

Geschäftsführer:

Johannes Rodloff



Bankverbindung:

IBAN: DE38 6809 0000 0002 1930 00

BIC: GENODE61FR1

Volksbank Freiburg

Der Verein Sternfreunde Breisgau e.V. ist durch Bescheinigung des Finanzamtes Emmendingen, St.-Nr.05015/08747, vom 23.03.2022 wegen Förderung der Volks- und Berufsbildung einschließlich der Studentenhilfe auf dem Gebiet der Astronomie als gemeinnützigen Zwecken dienend anerkannt worden und berechtigt, für Spenden und Mitgliedsbeiträge, die ihr zur Verwendung für diese Zwecke zugewendet werden, förmliche Zuwendungsbestätigungen nach § 50 Abs. 1 EStDV auszustellen. Die Satzungszwecke entsprechen § 52 Abs. 2 Satz 1 Nr. 7 AO.

Festschrift der Sternfreunde Breisgau e.V.

redaktion@sternfreunde-breisgau.de

Redaktion:

Rainer Glawion

Lektorat:

Martin Federspiel,
Hartwig Nahme



Bild oben:

Observatorium der Sternfreunde Breisgau mit der Westkuppel (links) und der Ostkuppel.

Startrails-Aufnahme EOS 1000, Sigma 10-20mm f/4, @10mm, 4h Belichtung.
Aufnahme: Leo Bette im November 2014.

Bild Rückseite Einband:

Sommermilchstraße über dem Schauinsland. Die rötlich leuchtenden Gasnebel im Sternbild Schütze und Schlange sind gut zu erkennen.

Sony a7iii astromodifiziert, Sigma 40 mm f/1,4, Skywatcher Star Adventurer,
9 x 300 sec für die Milchstraße, 6 x 60 sec für den Vordergrund.

Aufnahme: Jakob Sahner am 15.06.2023.

