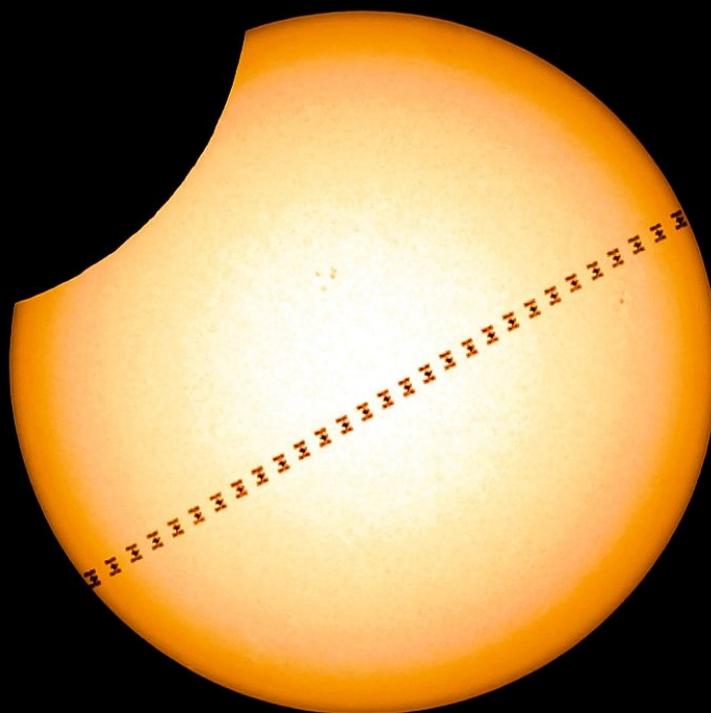


Vereinsblatt der Bayerischen Volkssternwarte München e.V.

Da fehlt doch was ...?

Die Mini-Sonnenfinsternis vom 10. Juni 2021



Getrübler Blick: Sonnenfinsternis mit ISS-Transit

Sonnenfinsternisse sind ja nicht so selten, im Schnitt trifft alle fünf Monate der Schatten des Mondes irgendwo auf die Erde. Nach dem tollen Schauspiel in 1999 werden wir in München noch lange auf die nächste totale Finsternis warten müssen. Aber die *partiellen* Finsternisse sind viel häufiger und am 10. Juni 2021 war es mal wieder soweit, auch wenn der Mond nur einen kleinen Teil der Sonne bedeckte. Als besonderes Zuckerl fand während dieser Finsternis auch ein Transit der Internationalen Raumstation ISS vor der Sonne statt. Die Zentrallinie dieser zusätzlichen „Verfinsterung“ lief circa 100 Kilometer nördlich an München vorbei.

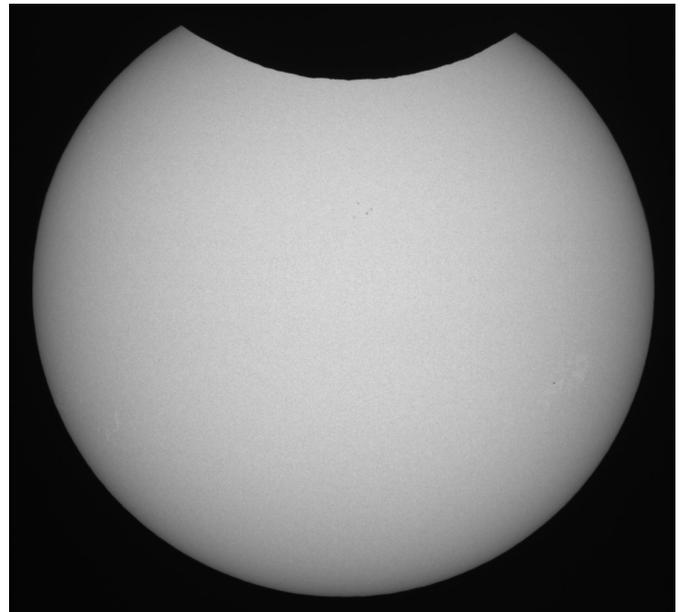
Glücklicherweise war das Wetter entlang dieses Pfades nicht durchgehend schlecht, so dass einige Mitglieder der Fotogruppe der Volkssternwarte kleine Expeditionen unternahmen, um diese seltene Kombination zu dokumentieren. Über das Wohin wurde heftig gegrübelt: Manche schlugen den Weg nach Westen vor, andere folgten einfach der Autobahn nach Norden bis zum Schnittpunkt mit der Zentrallinie. Ich entschied mich nach der Wolkenprognose für die Gegend südlich von Donauwörth.

Ich hatte mir am Vortag einige Stellplätze entlang der Zentrallinie auf Karte und Luftbild angeschaut, wollte ich doch nicht einfach am Straßenrand stehen. Auf dem Parkplatz des Klosters Holzen war es zwar recht schön, aber auch hier kamen bald nach dem Aufbau und einem ersten Foto Quellwolken herangeschlichen und ich warf beunruhigt alles wieder in den Kofferraum und eilte einige Kilometer weiter nach Westen.



Das sperrige Instrumentarium erwies sich nun als Hindernis, um gegebenenfalls schnell lokalem Gequelle ausweichen zu können. Auf einem schönen Feldweg stehend konnte ich dann gegen 12:29 gut die „maximale Verfinsterung“ aufnehmen. Die Eigentümerin des Nachbarfeldes kam zufällig auf dem Fahrrad vorbei und hat dann voller Interesse mit beobachtet.

Der ISS-Transit sollte dort dann um 12:51:47 stattfinden, das dauert ja bei dem hohen Sonnenstand nur 0,7 Sekunden. Kurz vorher quollen dann auch hier wieder Wolken heran, wegen des unhandlichen Fernrohrs konnte ich aber nun nicht mehr ausweichen und hielt stur weiter auf die kaum mehr erkennbare Sonne, die Belichtungszeit der Kamera immer mehr erhöhend. Kurz vor dem Durchflug startete ich die schnelle Aufnahmeserie der Kamera, aber auf dem Kontrollmonitor schien alles schwarz. Auch eine erste Sichtung der Aufnahmen zeigte nur Dunkel. Milde fluchend akzeptierte ich das Scheitern trotz heißen Bemühens und vertrieb mir die Zeit



Die maximal verfinsterte Sonne gegen 12:29, aufgenommen mit einem 100-mm-Refraktor mit Herschelkeil und Solar-Continuum-Filter und einer schnellen monochromen Kamera als Mosaik aus zwei Aufnahmen.

bis zum Ende der Finsternis mit Fotoexperimenten. Dann fuhr ich zurück gen München, wo die Finsternis zumindest auch kurz zu sehen gewesen war.

Bei der genauen Inspektion der Bildserie konnte ich dann aber erfreut feststellen, dass während des eigentlichen Transits die ISS trotz der Wolken zu erkennen war! Ich musste aber die Helligkeiten stark anheben und das Bild auch invertieren, um das sichtbar zu machen. Hier also mein Summenbild von jeder zweiten Aufnahme aus den 0,7 Sekunden. Leider habe ich wegen der Enttäuschung mit den Wolken vor Ort versäumt, auch die obere Hälfte der Sonnenscheibe mit dem Mond davor als zweite Serie aufzunehmen. Das Feld meiner Kamera war leider zu klein, um die ganze Sonnenscheibe auf einmal zu erfassen. Das machen wir beim nächsten Mal anders.



Peter Waldeck aus unserer Fotogruppe lauerte mit leichterem Gepäck (kleiner Maksutov mit Spiegelreflexkamera auf handlicher Nachführung) nördlich von Ingolstadt auf seine Chance. Durch die handlichere Ausrüstung konnte er schneller weiterziehen, ein wichtiger Punkt! Seine klassische DSLR machte die eigentliche Aufnahme auch einfacher als meine

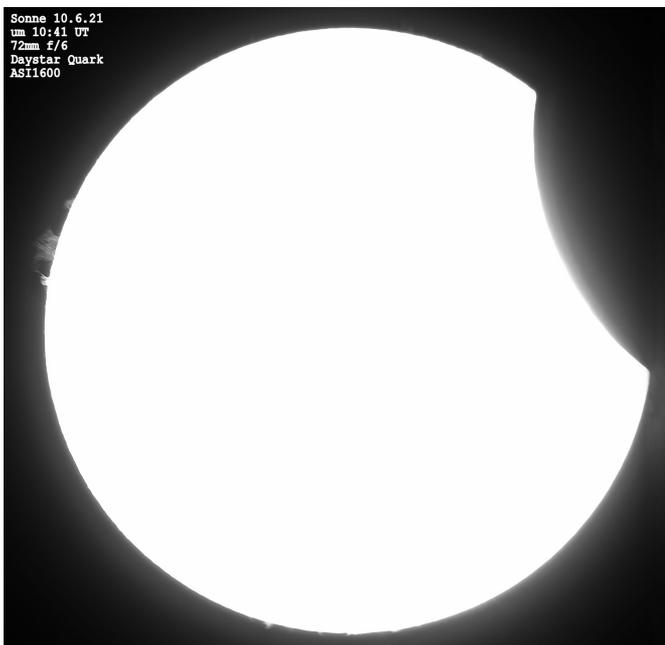
Umstände mit Notebook und Industriekamera. Trotz gar schauriger Wolkenquellungen hatte auch er im entscheidenden Augenblick das notwendige Glück und konnte ein schnelles Video aufnehmen. Das Video wurde dann in Einzelbilder aufgelöst und die einzelnen Bilder korrekt überlagert.



Unser **Titelbild** stammt von Karl X aus der Fotogruppe, der nördlich vom Falkenstein im Bayerischen Wald mit einem 120-mm-Refraktor und einer Sony-Kamera auf den Vorbeiflug wartete. Auch er erlebte einen Wolkenkrimi, konnte die seltene Kombination aber ebenfalls festhalten.

Die nächste partielle Sonnenfinsternis ist aus unserer Gegend am 25. Oktober 2022 zu sehen, diesmal mit etwas mehr Bedeckungsgrad durch den Mond. Vielleicht findet sich ja wieder ein ISS-Transit zum richtigen Zeitpunkt? Durch den viel niedrigeren Sonnenstand von nur 29 Grad könnte sogar noch eine Kirchturmspitze auf das Bild passen, das bringt dann aber viele neue Herausforderungen. Bis dann.

Martin Elsässer



Sonnenfinsternis in Trudering

Mit einem Bedeckungsgrad von gerade einmal 6,3 Prozent war diese Sonnenfinsternis wenig spektakulär und sehr kurz. Leider waren dazu auch viele Wolken vorausgesagt. So verfolgte ich das Ereignis während einer verlängerten Mittagspause vom heimischen Balkon aus. Eine längere Aufheiterung ab 11:20 begünstigte dabei zunächst den Aufbau von Fernrohr und Kamera. Als dann alles bereit war, verfinsterten die nächsten dicken Wolken die Sonne - pünktlich zwei Minuten vor dem ersten Kontakt ...

Rund zehn Minuten später gegen 11:47 war der Blick zur Sonne wieder frei, da hatte der Mond schon ein gutes Stückchen der Sonnenscheibe erobert - was mit bloßem Auge und Finsternisbrille bereits ohne Mühe zu erkennen war. Im weiteren Verlauf wechselten sich Wolken und Sonnenschein ab. Gegen 12:30, zum Höhepunkt der Finsternis, gab es wieder einige Minuten freie Sicht und so konnte ich die maximale Phase dokumentieren (Bild oben). Die spätere Auswertung ergab eine Überdeckung von 6,4 Prozent, in guter Übereinstimmung mit der Himmelsmechanik.

Den Austritt konnte ich am Vierzöller bis 13:21:54,4 verfolgen, dann verlor sich die Spur des Mondes in der Luftunruhe - den letzten Kontakt von Mond- und Sonnenscheibe habe ich damit aber nur um 4,7 Sekunden verfehlt.

Michael Parl

„Aktive“ Sonnenfinsternis

In München lag der Anteil der Verfinsternung nur bei sieben Prozent, trotzdem war es reizvoll, das Ereignis in H-Alpha zu dokumentieren, da sich in diesem Spektralbereich die Dynamik der Sonne und die Dynamik der Bedeckung kombinieren.

Am Morgen war der Himmel entgegen der Wettervorhersage zunächst wolkenfrei. Erst mit den ansteigenden Temperaturen am Vormittag quollen die Wolken hoch, aber der Himmel war im Mittel zu 50 Prozent frei. Das Bild (links) zeigt die Bedeckung gegen 12:41 MESZ, kurz bevor 100 Kilometer nördlich die ISS über die Sonne zog. In München war der Transit der ISS natürlich nicht sichtbar, aber dennoch entstanden ein paar schöne Bilder. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse mit Videos und Animationen gibt es unter:

<http://astrode.de/sonwe103.htm>

Bernd Gährken



Schöne Meteore um den Orion, der malerisch über der Gebirgsszenerie steht

Geminiden 2020

Der wohl schönste Meteorschauer seit vielen Jahren

Für die Nacht vom 13. auf 14. Dezember 2020 war das Maximum der alljährlichen Geminidenmeteore kurz nach Mitternacht vorausgesagt, bei gleichzeitigem Neumond und sogar kurz vor einer totalen Sonnenfinsternis, die wenige Stunden später in Südamerika stattfand. Die Wettervorhersagen und insbesondere die Wolkenvorhersage auf meteoblue, welche man dort bei „Freizeit und Sport“ unter „Astronomy Seeing“ findet, klangen für das Mangfallgebirge sehr vielversprechend.

Etwas schade allerdings nur, daß sich am Ende niemand bereit erklärte, mit mir in die Berge aufzubrechen, obwohl ich alle „verdächtigen“ Sternfreunde mit einer Email rechtzeitig dazu eingeladen hatte. Immerhin, in München war bereits wegen Corona eine nächtliche Ausgangssperre verhängt worden, für den Landkreis Miesbach jedoch noch nicht! Bernd Gährken unternahm als einer der wenigen auch eine Beobachtung der Geminiden weit außerhalb der nächtlichen Lichtglocken nur einige Kilometer entfernt von meinem Platz ebenfalls auf dem Sudelfeld. Hans-Georg Schmidt beobachtete die Geminiden am Taubenberg knapp über dem Nebel. Von anderen Beobachtern der Volkssternwarte München weiß ich nur, daß sie es teils nur bis in ihre heimischen Vorgärten wagten.

Um es kurz zu sagen: Das Wetter entwickelte sich besser als alle Vorhersagen, die ich vorher konsultiert hatte, und es erschien ein Großteil der Nacht fast keine Wolke. Erst in der zweiten Nachthälfte näherten sich einige hohe Zirren. Aufgrund der Gefahr von Nebelbildung, die bereits auf der Paßhöhe des Sudelfeldes begann, war ich den Berghang bis auf circa 1 350 m aufgestiegen, was wegen der geringen Schneelage auch gut möglich war.

Man stelle sich vor: Es ereignete sich eine der besten Geminidennächte, eventuell sogar die beste des ganzen Jahrhunderts, bei Neumond, bei unglaublich gutem Wetter, mit dem Maximum des Meteorstroms zwischen Mitternacht und Morgendämmerung ... und fast niemand ging hin!!

Das Schauspiel begann bereits großartig: Schon während des halbstündigen Aufstieges ab 20 Uhr vom Parkplatz zur Alm sah ich zahlreiche helle Meteore (Bild oben).

Das Maximum der besonders hellen Meteore schien einige Stunden vor dem vorausgesagten allgemeinen Maximum um 1 Uhr 50 frühmorgens mitteleuropäischer Zeit zu liegen. Es ist dies ein Effekt, der (wahrscheinlich durch Strahlungsdruck von der Sonne) die Meteore in einem Strom ein wenig auseinandersortiert. Mehrmals sah ich zwei oder gar drei Sternschnuppen gleichzeitig. Eine Nacht mit so vielen Geminiden hat einen besonderen Reiz, da das Firmament plötzlich in Bewegung gerät und geradezu aufgelockert erscheint von den zahlreichen kosmischen Ereignissen, noch dazu in dieser traumhaften harmonischen Gebirgsnacht mit ihrer großartigen Kulisse.

Die Temperaturen sanken im Laufe der Nacht bis knapp unter $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, was aber für Mitte Dezember hier in Bergeshöhe immer noch relativ mild ist. Oben auf der Alm gab es jetzt ein wenig Windhauch. So schnell wie möglich baute ich meine beiden Kameras auf, bevor ich dafür zu müde wurde, nach Osten die Sony-Alpha-7SII-Vollformat mit 20-mm-Objektiv ($f/1,8$) und nach Südwesten die Sony Alpha 6400 mit einem Samyang 12-mm-Objektiv ($f/2,0$), beide bei offener Blende und auf 3 200 ASA eingestellt sowie jeweils mit Reihenaufnahmen der eingebauten Intervallfunktion von 15 bis 17 Sekunden mit Unterbrechungen von 0 bis 2 Sekunden programmiert, so daß ich die Nacht nicht weiter an den Kameras herumhantieren mußte und mich voll auf den eindrucksvollen Sternenhimmel konzentrieren konnte. Die Objektive wurden mit Handwärmern aus der Apotheke bestückt, die nach Aufbrechen der Verpackung durch Luft für ungefähr acht Stunden warm werden, um ein Beschlagen der Linsen zu verhindern. Die Kameras wurden sicher bis zum Morgen über USB mit externen USB-Powerbanks versorgt, um eine unterbrechungsfreie Stromversorgung zu gewährleisten.

Die Ausbeute an Meteoriten auf den resultierenden 3 460 (!) Aufnahmen bis zur Morgendämmerung von etwa 22 Uhr 30 (Ostkamera) sowie ab 23 Uhr (Westkamera) bis 6 Uhr 37 ergeben nach mühsamer manueller Auswertung jedes einzelnen Bildes insgesamt 561 Meteorfotografien. Ich fand leider immer noch keine geeignete Software für eine Automatisierung dieser Suche. Auch wird dazu eine Software benötigt, die nicht auf die zahlreichen Flugzeuge und Satelliten „hereinfällt“. Mit der Ostkamera konnte ich 266 Meteore und mit der Westkamera 295 Meteore aufs Silizium bannen. Die Grenzgröße für Geminidenmeteore meiner Kameras liegt also bei ungefähr 2 mag bis 3 mag. So viele Meteore hatte ich in einer einzigen Nacht bisher noch nie fotografiert!

Erstaunlich auch, daß die crop-Kamera mit dem 12-mm-Samyang-Objektiv bei Blende 2,0 (effektiv also 18 mm Kleinbildbrennweite), obwohl nach Südwesten ausgerichtet, etwas mehr Meteore „sieht“ als die hochempfindliche Vollformat-Sony-„Nachtkamera“ mit dem neuen 20-mm-G-Objektiv bei Blende 1,8!

Helles Geminiden-Meteor mit Nachleuchtspur, die jeweils 15 Sekunden viermal in der Folge aufgenommen wurde und sehr langsam zerfällt



Geminidenfeuerkugel mit „Begleiter“ auf der rechten Seite

Die meisten hellen Schnuppen kamen also vor Mitternacht und noch bis etwa 1 Uhr. Danach ließen die Helligkeiten der Geminiden etwas nach. Ich konnte in der Nacht als hellste Ereignisse etwa drei Feuerkugeln mit -5 mag und drei Feuerkugeln mit -4 mag beobachten. Bei den Perseiden im August sieht man für gewöhnlich sehr viel weniger helle Schnuppen.

Wieder wurde klar, daß das Aufspüren von Sternschnuppen im Schlafsack zu den grundlegendsten und direktesten Himmelsbeobachtungen gehört. Der Beobachter liegt gleichsam ganz entspannt am Rande der Erdkugel und überblickt einen großen Teil des sichtbaren Alls, ruhig, einsam, aber sich bewußt der großen Harmonie einer samtig dunklen Sternennacht unter dem atmosphärisch funkelnden Kosmos, einem Erleben, in dem jedes Meteor einem Klingeln der großen imaginären Himmelsharfe gleicht. Der Mensch nimmt jene wunderbare Strahlung auf und fühlt sich hocheifrig als Geborgener dieser Nacht, obschon seine Blicke bis in fast unbegreifliche Fernen reichen. Und sehr viele Geminiden leuchteten enorm nach mit oft sekundenlang andauernden „Rauchspuren“.

Ich konnte noch nie so viele Nachleuchts Spuren beobachten und fotografieren wie in dieser Nacht! Und meist erkennt man diese auch noch auf mehreren Folgeaufnahmen und

kann sogar einen kleinen Zeitrafferfilm daraus montieren. Die hochempfindlichen Kameras zeigen heutzutage, daß so eine Spur manchmal sogar Minuten lang am Himmel verbleibt und sich dann krümmt, also von den Höhenwinden langsam verweht wird.

Die Schnuppen kamen sehr oft in Gruppen und manchmal waren zwei oder drei Meteore gleichzeitig zu sehen. Dies geschah auffallend oft, so daß es auch auf den Fotos bemerkbar wird. Dazwischen lagen dann teilweise erstaunliche Pausen!



Drei helle Meteore innerhalb von 15 Sekunden, wie Bruchstücke eines einzigen Meteors

Visuell konnte ich in der Maximumsstunde von 0 Uhr 30 bis 1 Uhr 30 genau 215 Meteore zählen! Dies ergibt eine ungefähre ZHR (Zenithal Hourly Rate) von 250, da der Radiant nicht ganz im Zenit stand.

Es waren also tatsächlich die besten Geminiden seit Jahrzehnten!

Mit Hans-Georg Schmidt am Taubenberg hatte ich eine etwa viertelstündige Telefonkonferenz und wir konnten mehrere Schnuppen am Himmel leicht versetzt gleichzeitig sehen.

Um 3 Uhr 15 erschienen einige Schleierwolken von Südwesten am bisher perfekten Himmel und ich schloß dann doch sehr ermüdet meine Augen. Immer noch sprangen zahllose Meteore wie himmlische Funken in verschiedenen Farben und Formen vom dicht bestirnten Firmament.

Beim griechischen Philosophen Platon finden wir in seinem Buch *Der Staat* eine interessante Erklärung für Sternschnuppen: „Nachdem sie [die Seelen im Jenseits] sich nun niedergelegt hatten und Mitternacht gekommen war, sei ein Blitzen und ein Beben entstanden, und plötzlich seien sie dann wie Sternschnuppen, der eine dahin, der andere dorthin gefahren, um ins Leben zu treten“. Es ist dies also eine Schilderung, wie die Seelen vor ihrer Geburt in das Irdische eintauchen wie Meteore. Also sind nach Platon die Sternschnuppen ein sichtbares Zeichen dieses Vorganges der menschlichen Inkarnation, noch bevor dann diese Seelen in die werdenden Kindskörper „fahren“. Daran, an diese fast romantische Vorstellung mußte ich jene Nacht auch denken!

Zumindest sind doch die Himmelstränen der Meteore immerhin die Seelen von verstorbenen Kometen, wenn die Erde alljährlich zum gleichen Datum wieder jene längst verblaßten und von Kometen hinterlassenen Staubschweife durchfliegt.



Zwei Meteore und Nachleuchtspur über den Plejaden mit Wintermilchstraße

Nachtrag: Wie außerordentlich selten eine solch perfekte Beobachtungsnacht ist, mag eine Abschätzung der Wahrscheinlichkeiten p für das Eintreffen der einzelnen Umstände verdeutlichen:

Maximum 2 Tage um Neumond	$p = 4 \text{ Tage}/30 \text{ Tage} = 0,13$
Maximum 0:00 ... 4:30 Uhr	$p = 4,5 \text{ h}/24 \text{ h} = 0,19$
kaum Wolken in der Region	$p = 0,3$

Insgesamt wird damit die Gesamtwahrscheinlichkeit für das gleichzeitige Auftreten dieser günstigen Umstände

$$p = 0,13 \cdot 0,19 \cdot 0,3 = 0,0074$$

Mithin wird man alle $1/p$ Jahre, also nur rund alle 150 Jahre, solche hervorragenden Beobachtungsbedingungen erwarten dürfen. Nicht berücksichtigt ist dabei Nebel, der das Licht vom Flachland abschirmt und die Grenzgröße noch verbessert und die vielleicht sogar ungewöhnlich hohe Fallrate dieses Jahres. Es wird wohl zumindest Jahrzehnte dauern, bis wieder eine annähernd so günstige Geminidennacht am Wendelstein stattfindet!

Am sonnigen Morgen danach: Es wurde mir nun klar, daß dies eines der besten Sternschnuppennächte meiner Beobachtungen war. Jetzt, da ich noch am Beobachtungsort in der trotz Frost wunderbar wärmenden Wintersonne saß, um die Ausrüstung von der Rauhreifnacht zu trocknen ... und noch die herrlichen Eindrücke der Nacht in mir wohltuend nachklingen spürte.

Sebastian Deiries

Der Beobachtungsort am Morgen



Beobachtete Io-Verfinsterungen 2020

In der abgelaufene Beobachtungssaison bewegte sich Jupiter im Sternbild Schütze und damit immer noch im südlichsten Teil der Ekliptik. Dementsprechend ergaben sich bei uns auf der Nordhalbkugel wiederum nur relativ wenige beobachtbare Verfinsterungs-Ereignisse. Da war es um so erfreulicher, dass sich gegenüber 2008, als Jupiter vergleichbar ungünstig stand, eine leichte Ergebnisverbesserung ergab. Diesmal konnten nämlich insgesamt 15 Ereignisse (davon 11 mit dem Vierzöller) von Trudering aus beobachtet werden, während es damals nur 10 (Vierzöller: 9) waren. Den größten Anteil machten natürlich wieder die Io-Verfinsterungen aus. Mit brauchbarem Resultat konnten neun Ereignisse verfolgt werden (siehe Tabelle). Die Anzahl der seit 2013/14 regelmäßig im *Blick ins All* mitgeteilten Io-Verfinsterungen hat sich damit übrigens auf 101 erhöht!

Freilich gab es auch dieses Jahr wieder den einen oder anderen Reinfall. Wenn eine sicher geglaubte Beobachtung im letzten Augenblick vereitelt wird durch plötzlichen Hochnebel (05.11. III VE) oder aufziehende Wolken, wie zum Beispiel am 25.07., als nur zwei Minuten bis zum Schattenausstritt von Io fehlten, ist das immer sehr ärgerlich. Im Zeitraum vor der Opposition, wo sich Jupiter vorzugsweise im Osten zeigte, konnte diesmal leider auch nicht immer mit der CCD-Kamera gearbeitet werden. Durch den niedrigen Stand des Planeten war hier die Sicht durch Bäume oft so eingeschränkt, dass der für eine Lichtkurve nötige längere Sichtkontakt vorzeitig durchs Geäst beendet wurde.

In der Tabelle sind die Ergebnisse wieder in der bekannten Weise zusammengefaßt. Für die Beobachtungen vom 16.05. und vom 10.08. wurde der 90-mm-Maksutov benutzt, für die anderen der Vierzöller mit 144facher Vergrößerung. Der Schattenausstritt am 04.10. ergab sich in der Dämmerung bei noch ziemlich hellem Himmel, deshalb habe ich hier abweichend mit nur 96facher Vergrößerung gearbeitet.

Zu vier der Beobachtungen gibt es im Römer-Manuskript entsprechende Daten (vergl. BiA 2014/2, S. 7). Eine ausführliche Auswertung ist nach Abschluß der diesjährigen Beobachtungsperiode geplant, denn erst dann werden alle möglichen Verfinsterungs-Korrespondenzen vorliegen.

Beobachtete Io-Verfinsterungen 2020 in Trudering

Datum	IMCCE	Visuell	CCD	O-C	O-C	Entf.
				m	m	AE
VA 30.04.2020	02:23,0	02:22:53		-0,1		4,858
VA 16.05.2020	00:37,7	00:37:19		-0,4		4,620
VA 23.06.2020	23:01,7	23:01:57	23:00:21	+0,3	-1,3	4,206
VA 01.07.2020	00:55,4	00:55:37		+0,2		4,169
VE 10.08.2020	20:09,0	20:06:26	20:07:49	-2,6	-1,2	4,239
VE 26.08.2020	18:27,5	18:24:48	18:26:16	-2,7	-1,2	4,387
VE 18.09.2020	18:42,0	18:39:18	18:40:43	-2,7	-1,3	4,683
VE 04.10.2020	17:01,8	16:59:25	17:00:22	-2,4	-1,4	4,920
VE 27.10.2020	17:17,3	17:14:37	17:16:02	-2,7	-1,3	5,272

Zeiten in UTC bzw. TT bei IMCCE. Vergleichsdaten:
<https://ftp.imcce.fr/pub/ephem/satel/phenjupiter/>

... und was macht der Sternfreund eigentlich bei Regen?

Beobachten natürlich - nur eben nicht den Himmel, sondern die Niederschlagstätigkeit. Dazu befindet sich seit nunmehr 20 Jahren auf meinem Balkon ein Regenschirm, mit dem die Wassermassen, die auf Trudering niedergehen, (mehr oder weniger) genau registriert werden. Der Standort ist zwar nicht optimal, denn der Becher steht im Windschatten des Hauses. Bei starkem Wind aus westlicher Richtung geht Niederschlag am Becher vorbei und die festgestellten Regenmengen fallen etwas zu gering aus. Da es aber immer so ist, sollte die Vergleichbarkeit der Daten untereinander dadurch nicht wesentlich gestört werden. In der Tabelle sind alle Monatssummen zusammengestellt:

Monatliche Niederschläge in mm in Trudering 2001 - 2020

Jahr	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	S1	S2
2001	58	47	122	86	92	147	38	99	167	41	97	79	1073	1053
2002	8	55	71	31	114	69	148	140	153	94	117	88	1088	1127
2003	71	41	13	49	71	48	81	47	27	104	32	19	603	657
2004	123	39	56	37	62	100	120	54	73	74	37	26	801	814
2005	23	67	45	107	100	64	155	155	42	44	37	59	898	1017
2006	35	44	100	113	99	47	16	186	50	38	29	43	800	857
2007	54	51	32	18	163	84	178	110	154	16	71	49	980	1072
2008	31	11	53	134	45	163	114	99	43	64	51	26	834	860
2009	26	69	102	19	81	234	201	71	77	55	46	75	1056	918
2010	35	38	40	24	155	139	152	162	44	45	47	91	972	1018
2011	54	13	59	24	107	146	134	83	86	53	2	94	855	972
2012	89	22	32	75	69	146	139	209	73	56	54	88	1052	962
2013	73	78	47	28	142	165	22	98	87	92	63	8	903	930
2014	61	15	27	45	72	57	143	135	69	93	44	68	829	855
2015	76	20	45	39	173	126	31	52	61	81	66	26	796	849
2016	104	68	51	61	113	155	126	113	105	52	78	12	1038	953
2017	43	31	39	91	89	62	133	113	84	66	69	69	889	922
2018	103	55	50	12	89	98	112	84	95	60	27	82	867	947
2019	98	55	38	20	174	94	124	112	60	78	33	50	936	966
2020	27	108	59	36	56	185	115	144	70	109	22	40	971	962
D1	60	46	54	53	103	117	114	113	81	66	51	55	912	
D2	61	48	57	54	110	125	112	119	79	65	52	55		936

Die Spalte S1 ist die Balkon-Jahressumme, S2 gibt zum Vergleich die Jahressumme der Meßstation in der Münchner Innenstadt. D1 ist der jeweilige Balkon-Monatsdurchschnitt und D2 das gleiche für die Innenstadt. Die Innenstadt-Daten wurden auf die gleiche Weise wie die Balkon-Daten berechnet. Die (hier nicht angeführten) monatlichen Niederschlagssummen der Innenstadt kann man bei www.wetterkontor.de abrufen.

Im 20jährigen Jahresmittel besteht zwischen den beiden Standorten kein allzu großer Unterschied. In Trudering sind es 912 mm, in der Innenstadt 936 mm. Das liegt auch sehr nahe am Referenzwert von 944 mm. Entgegen dem gegenwärtigen Dürre-Trend lagen die Niederschlagsspenden der letzten drei Jahre alle im Bereich dieses Durchschnitts - München ist so bislang von Wasserknappheit verschont geblieben. Wie ein Vergleich mit dem Flughafen München zeigt, sind Niederschläge allerdings ein sehr regionaler Faktor: kaum 30 km entfernt, liegt der entsprechende Jahresmittelwert (2001 bis 2020) hier bei nur 735 mm!

So kommen zwischen den Werten von Trudering und der Innenstadt in einzelnen Jahren Unterschiede bis zu etwa 15 Prozent vor. Die Ursache hierfür liegt in örtlich begrenzten Starkregen-Ereignissen. Im Zeitraum 2001 bis 2020 war der ergiebigste Regenmonat in Trudering der Juni 2009 mit 234 mm, während es für München-Innenstadt der Juli 2007 mit 220 mm war. Der geringste Niederschlag wurde im November 2011 registriert: 2 mm in Trudering und in München sogar nur 1 mm.

Michael Parl

Geht das auch in BUNT?

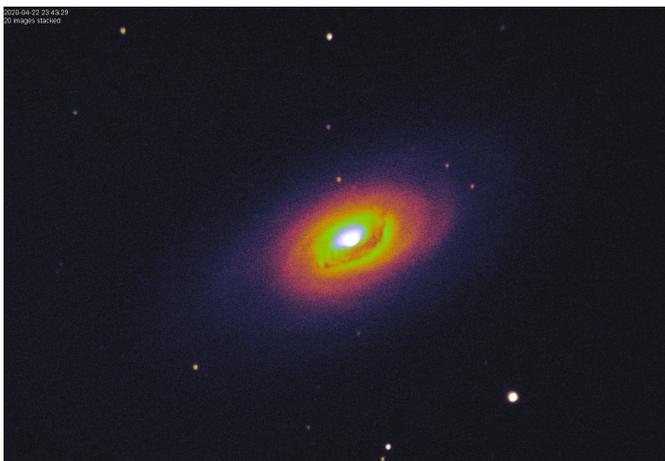
Schon vor vielen Jahren haben wir angefangen, die visuelle Beobachtung von sogenannten „Deep-Sky“-Objekten (also allem jenseits unseres Sonnensystems) auf der Sternwarte durch eine kamerabasierte Beobachtungstechnik, die sogenannte Videoastronomie, zu ergänzen. Hierbei erfasst eine geeignete Kamera am Fernrohr das Bild des Zielobjekts, das dann von vielen Besuchern gleichzeitig an einem Monitor betrachtet und besprochen werden kann. Nach den Anfängen mit analogen Videokameras wie „Mintron“ und „Watec“ machen wir das ja seit vielen Jahren mit einer üblichen astronomischen CCD-Kamera und spezialisierter Software. Die Möglichkeiten und Ergebnisse sind hier ja bekannterweise sehr gut: Himmelsobjekte, die so in der Stadt nie sichtbar wären, wie zum Beispiel schwache Galaxien mit Spiralstruktur, können jedem Besucher klar gezeigt werden - ganz unabhängig von deren individueller Übung. Dies war bei uns schon immer eine tolle Ergänzung der visuellen Beobachtung, denn die Beobachtungsbedingungen werden bei uns ja leider nicht besser.



Galaxie M 66 für die Besucher nach 1 min Belichtungszeit

Ein kleiner Mangel ist aber schon seit Anfang an, dass wir das nur mit monochromen Kameras machen, also keine echten farbigen Bilder aufnehmen können. Die Nachteile von Farbkameras bezüglich der Lichtempfindlichkeit und die dadurch unangenehm längeren Belichtungszeiten waren damals der Grund für die Entscheidung für eine monochrome Kamera. Wir nutzen zwar manchmal auch „Bonbon“-Falschfarbendarstellungen, aber das ist halt nicht dasselbe wie echte Farbinformation.

Galaxie M 64 nach zwei Minuten in Falschfarbendarstellung



Nun hat sich in den letzten zehn Jahren viel getan, die CCD-Technik wurde durch CMOS-Sensoren abgelöst und Empfindlichkeit und Rauscharakter haben nochmal einen deutlichen Schritt nach vorne gemacht. Mit den Kollegen von der Fotogruppe testen wir daher aktuelle Farbkameras und probieren aus, ob wir die Videoastronomie nun sinnvoll in Farbe machen können. Natürlich werden manche Aspekte der Nutzung hierdurch komplexer, so dass der benutzten Software wieder eine zentrale Rolle zukommen wird. Diese Technik soll ja ohne lange Einarbeitung mit schönen Ergebnissen zum Einsatz kommen. Mit dem neuen 50-cm-Fernrohr haben wir aber auch ein tolles neues Gerät zur Verfügung, so dass wir vielleicht den 16er fest für Videoastronomie konfigurieren könnten. So würden die lästigen Rüstzeiten vor Beginn der Beobachtung entfallen.

Andererseits gibt es vielleicht gar nicht sooo viele Deep-Sky-Objekte, wo bei unseren Umständen deutliche **Farbunterschiede** sichtbar würden. Helle und bunte Knaller wie den Orionnebel oder Albireo werden wir immer visuell zeigen wollen. Bei vielen anderen Objekten sind die Farbunterschiede dann entweder eher subtil (ein paar blaue Riesensterne in einem Kugelsternhaufen) oder das Objekt erscheint primär in nur einer Farbe, wie diverse planetarische Nebel.



Ringnebel M 57 mit Farbkamera und 90 s Beobachtungsdauer. Ja, da sind Farbunterschiede, aber die selben Details im Nebel sehen wir monochrom schon viel früher ...

Nach den bisherigen Erfahrungen hängt sehr viel von der Software ab. Manche Lösungen wenden sich scheinbar eher an Experten, die dann keine penetrant deutliche Visualisierung von subtilen Unterschieden wollen, was aber für unser Publikum möglich sein sollte. Andere Lösungen sind für unsere eher schlechten Bedingungen nicht so gut geeignet, mit den zeitlich wechselnden farbigen Aufhellungen, je nachdem welcher Lichtfrevler gerade daher leuchtet. Vielleicht werden wir uns wieder eine eigene Lösung basteln müssen.

Wenn wir nicht für jedes Objekt mit Farbe arbeiten wollen, können wir uns zur Not ja auch eine Art Kameraschnellwechsler konstruieren, mit dem dann je nach Objekt die geeignete Technik benutzt werden kann. Technisch haben wir an der Sternwarte ja zum Glück praktisch unbegrenzte Möglichkeiten ...

Martin Elsässer

Erfahrungen mit einem Quadranten

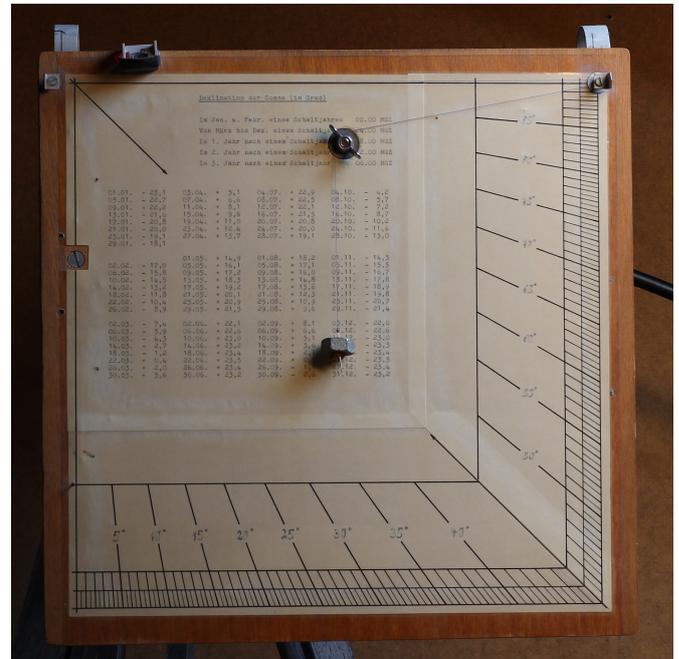
Die Messung von Gestirnshöhen und die Ableitung von Gestirnsörteren gehört zu den wichtigsten Aufgaben der Astronomie, daran hat sich bis heute nichts geändert - aber die Genauigkeit hat sich atemberaubend weiterentwickelt. Verzeichnen die ersten Sternkataloge „nur“ ein paar hundert Sterne mit Positionsfehlern von vielen Bogenminuten, so umfaßt der neueste Gaia-Katalog mehr als eine Milliarde Sterne mit zehnmillionenfach besserer Genauigkeit!

Astronomie lebt von der Beobachtung und bereits in der Antike wurden erste Instrumente zur Vermessung des Himmels entwickelt und eingesetzt. Bis zur Erfindung des Fernrohres vergingen freilich noch Jahrhunderte, trotzdem gelangen den frühen Astronomen bahnbrechende Entdeckungen. Die Kenntnisse eines Ptolemäus verdienen auch heute noch größten Respekt. Offensichtlich war es möglich, mit ganz einfachen Geräten große Wissenschaft zu machen!

Als ich begann, mich für Astronomie zu begeistern, kam mir alsbald die *Praktische Astronomie für Sternfreunde* von Wolfgang Schroeder unter die Augen. Der Autor nimmt den Leser mit auf eine Reise zu den Sternen der anderen Art: Erkenntnisse werden hier nicht durch bloßes Nachlesen, sondern durch eigene Beobachtungen mit selbst angefertigten Gerätschaften gewonnen. Dabei geht es um die ganz alltäglichen Zusammenhänge wie Tag und Nacht, Sommer und Winter bis hin zu den Anfangsgründen der Navigation. Für die hierzu nötigen Winkelmessungen habe ich mir dann einen kleinen Quadranten aus Holz gebaut (Bild rechts oben). Die Funktionsweise ist denkbar einfach: ein Lotfaden wird zugleich als Zeiger benutzt. Die Skala ist so eingerichtet, dass damit automatisch der Winkel zwischen Horizont (der Ebene senkrecht zur Lotrichtung) und der Visierlinie, also die Höhe des eingestellten Objektes, markiert ist. Der Winkelbereich umfaßt volle 90° (also einen Viertelkreis, daher der Name Quadrant). Im Gegensatz zum Sextanten kann man damit auch noch die Kulminationshöhe der Sonne zur Sommerwende (in München 65,4°) messen. Außerdem braucht man keinen künstlichen Horizont wie beim Sextanten an Land. Dafür wäre die Messung auf einem schwankenden Schiff wohl etwas schwieriger.

Für meinen Quadranten wählte ich eine quadratische Grundplatte mit 34 cm Seitenlänge, die mit Kanthölzern verstärkt wurde. Das ist noch handlich, vermeidet Rundungen und außerdem konnte ich die Skala auf der Zeichenplatte mit guter Genauigkeit selbst zeichnen (die Abstände der Teilstriche lassen sich über die Tangensfunktion berechnen und Zeichentusche ist sehr beständig und ermöglicht dünne, scharfe Linien). Die fertigen Skalenteile wurden aufgeklebt und mit Selbstklebefolie versiegelt. Die Kosten für den Quadranten lagen bei ungefähr einer Mark für die Sperrholzplatte vom Schreiner.

Nach und nach lernte ich, mit dem Instrument besser umzugehen und brachte noch die eine oder andere Verbesserung an. Freihandbeobachten war zwar durchaus möglich, aber die volle Genauigkeit des Quadranten wurde erst durch Befestigung an die inzwischen vorhandene Fernrohrmontierung erreicht. Sternbeobachtungen bei Nacht im Dunkeln waren (und bleiben) eine echte Herausforderung. Allenfalls Parallelbeobachtungen mit Fernrohr konnten befriedigende Ergeb-



Der Quadrant auf der Fernrohrmontierung. Die Feinbewegung gestattet eine bequeme Ausrichtung des Quadranten und eine exakte Einstellung des Zielobjektes. Anschließend kann der Höhenwert leicht abgelesen werden.

nisse liefern - ein Verfahren, das sich auch am Tage mit der Venus durchaus bewährte. Am einfachsten ist aber die Messung von Sonnenhöhen. Dabei braucht man nur das Sonnenabbild auf der Visiereinrichtung zu betrachten und die Ableseung der Winkel bedarf keines künstlichen Lichtes.

Ab Juni 1984 habe ich den Quadranten dann hauptsächlich zur Messung der Sonnenkulmination eingesetzt. Es mag ein Glücksfall sein, dass ich die Beobachtungen mit nur wenigen Lücken bis heute fortsetzen konnte - geplant war das nicht.

Im folgenden möchte ich die damit gewonnenen Ergebnisse vorstellen. Es sind natürlich keine bahnbrechenden Neuigkeiten, aber es ist doch erstaunlich, wieviel man mit so einem einfachen Instrument herausbekommen kann und wie genau es tatsächlich ist [1]. Soviel vorweg: erst die Beobachter des 16. Jahrhunderts mit ihren größeren Messing-Quadranten und Transversalteilung erreichten eine bessere Genauigkeit.

Ich hoffe dabei, dass mir der Leser die eine oder andere Berechnung, ohne die es leider nicht geht, nachsieht. Ich habe mich bemüht, die Beispiele so nachvollziehbar wie möglich zu machen, auch wenn dies dem im Rechnen Geübten gelegentlich als umständlich erscheinen mag. Der Neuling, der vielleicht nicht alles auf Anhieb versteht, darf sich natürlich an mich oder die Vereinskollegen wenden, wir werden nach Kräften gerne weiterhelfen!

Ortsbestimmung mit dem Quadranten

Im Gegensatz zum Sextanten, der auf See zur Bestimmung des Schiffsortes verwendet wird, waren Quadranten und ähnliche Instrumente zumeist ortsfest am Beobachtungsort (also in der Regel in einer Sternwarte) aufgestellt. Die wichtigste Aufgabe ist zunächst, die genaue Position der Sternwarte nach Länge und Breite zu ermitteln. Solange keine genauen Uhren verfügbar waren, war die Längenbestimmung eines der schwierigsten Unterfangen überhaupt. Wie falsch die Angaben früher waren, sieht man zum Beispiel in Picards *Voyage d'Uranibourg* (1680). Für Tycho Brahes Sternwarte sind die Längenangaben je nach Autorität um bis zu zwei Grad verschieden!

Es soll nun beispielhaft die Bestimmung meines Beobachtungsortes durch die Messung von Sonnenhöhen mit dem Quadranten erläutert werden. Dazu habe ich am 21.02.2021 vormittags und in gleichen („korrespondierenden“) Höhen am Nachmittag die Zeit genommen (Tabelle 2). Um 12:27 wurde die Kulminationshöhe zu 31,5° gemessen.

Beginnen möchte ich mit der Bestimmung der geografischen Breite, die sich ja aus der Kulminationshöhe ganz leicht berechnen läßt [2]:

$$\text{Breite} = (90^\circ - \text{Höhe}) + \text{Deklination}$$

Zur Messung selbst ist hier vielleicht noch anzumerken, dass man natürlich erst einmal wissen muß, wann die Sonne überhaupt kulminiert, also wann sie ihren Höchststand genau im Süden einnimmt. Man kann den Zeitpunkt nicht aus einem Jahrbuch entnehmen, da ja zunächst die Länge nicht bekannt ist. So muß man den Sonnenstand einfach so lange verfolgen, bis sich die Sonnenhöhe nicht mehr ändert und dann wieder abnimmt. Oder man bestimmt die Nordrichtung mit dem Polarstern und kennt dann auch die Südrichtung und paßt die Sonne entsprechend ab. Da sich die Sonnenhöhe am Höchststand nicht sehr schnell ändert, kann man sie irgendwann zwischen drei Minuten vor bis drei Minuten nach dem genauen Kulminationszeitpunkt nehmen, ohne Fehler zu befürchten. So lassen sich bei Bewölkung auch Wolkenlücken nutzen.

Die Deklination der Sonne (also die Himmelskoordinate, die angibt, wie weit die Sonne vom Himmelsäquator entfernt ist, sozusagen die „himmlische“ Breite) könnten wir nun aus einem astronomischen oder nautischen Jahrbuch herausuchen, aber praktischer ist es, sie selbst zu berechnen. Dazu kann

folgendes Formelsystem („Sonnen-Programm“) verwendet werden (**alle Winkel in Grad**):

$n = \text{JD} - 245\,1545,0$	Tage seit Epoche J2000.0
$\epsilon = 23,439 - 0,000\,000\,4\,n$	Schiefte der Ekliptik
$L = 280,460 + 0,985\,647\,4\,n$	mittlere Länge
$M = 357,528 + 0,985\,600\,3\,n$	mittlere Anomalie
$\lambda = L + 1,915 \sin M + 0,020 \sin 2M$	ekliptikale Länge
$\delta = \arcsin(\sin \epsilon \sin \lambda)$	Deklination
$\alpha = \arctan(\cos \epsilon \tan \lambda)$	Rektaszension
wenn $90 < \lambda \leq 270$: $\alpha + 180$	
wenn $270 < \lambda$: $\alpha + 360$	
$\text{ZGL} = (L - \alpha) 240$	Zeitgleichung in Sekunden
Winkel durch Addition von Vielfachen von 360 in den Bereich 0 ... 360 bringen	

Damit sind die Ergebnisse sofort verfügbar und auch unmittelbar nachzuvollziehen. Man braucht hierfür nicht einmal einen PC, die Rechnung läßt sich ohne weiteres mit einem Taschenrechner ausführen (die Berechnung „zu Fuß“ wäre eine hübsche Demonstration, wie langwierig früher astronomische Berechnungen waren ...) Außerdem kann man die Werte durchaus auch aus eigenen Beobachtungen gewinnen. Dieser Algorithmus gibt trotz seines elementaren Charakters (Kepler-Ellipse mit Reihenentwicklung bis zur Ordnung e^2 plus Periheldrehung und Abnahme der Schiefe der Ekliptik) die Sonnenposition im Zeitraum 1950 bis 2050 mit einer Genauigkeit von 1' - für 1980 bis heute übersteigen die Fehler indes kaum 0,2'.

Zuerst brauchen wir die Julianische Tageszahl JD. Man kann sie aus Jahrbüchern oder Tabellen [3] entnehmen oder ganz einfach durch Abzählen ermitteln, wenn man die Julianische Tageszahl am Jahresanfang (oder zu irgend einem Datum) kennt: für 2021 ist sie 245 9215. Für Januar sind nun 31 und für Februar noch 21 Tage zu addieren (JD = 245 9267). Die Kulminationshöhe wurde um 12:27 MEZ (= 11:27 UTC) gemessen, das ergibt (gerechnet von 0^h) einen Tagesbruchteil von $(11 + 27/60)/24 = 0,477$. Da die Julianische Tageszählung aber bei 12^h UTC beginnt, ist noch ein halber Tag abzuziehen und so ist schließlich JD = 245 9266,977. Damit bekommt man die folgenden Werte:

$$\begin{aligned} n &= 7721,977 \text{ Tage} \\ \epsilon &= 23,4359^\circ \\ L &= 7891,6065^\circ = 331,6065^\circ + 21 \cdot 360^\circ \\ M &= 7968,3108^\circ = 48,3108^\circ + 22 \cdot 360^\circ \\ \lambda &= 331,6065^\circ + 1,4499^\circ = 333,0564^\circ \\ \delta &= -10,382^\circ \end{aligned}$$

Ein Vorteil des Sonnen-Programms ist, dass man die Deklination für die „richtige“ Zeit bekommt und nicht, wie bei den Jahrbüchern, zu einem speziellen Ephemeriden-Zeitpunkt, üblich ist da etwa 0^h UTC - in diesem Fall kann man allerdings ohne großen Fehler einfach den Mittelwert mit dem nächsten Tag nehmen (Tabelle 1). Gerundet auf die Ablesegenauigkeit finden wir damit für die Deklination der Sonne am 21.02.2021 um 12^h Mittags -10,4° und folglich für die Breite des Beobachtungsortes

$$\text{Breite} = (90^\circ - 31,5^\circ) - 10,4^\circ = 48,1^\circ \quad (\text{nördlich})$$

Das ist innerhalb des Ablesefehlers von $\pm 0,1^\circ$ richtig (der genaue Wert ist 48,124°).

Tabelle 1: Sonnendeklination 21./22.02.2021

	Astronomical Almanac			Sonnens-Programm	
	°	'	"	°	°
21.02.2021	-10	33	23,9	-10,557	-10,555
22.02.2021	-10	11	36,3	-10,193	-10,192
Mittelwert	-10	22	30,1	-10,375	-10,374

Die geografische Länge ergibt sich durch Vergleich der Kulminationszeiten bei mir zu Hause in Trudering und in Greenwich auf dem Null-Meridian. Dazu bestimmt man zunächst die Zeitpunkte, zu denen die Sonne erst östlich und dann später westlich vom Orts-Meridian durch die gleiche Höhe geht. Das Mittel aus den beiden gemessenen Zeiten ist die Kulminationszeit. Für je vier Minuten Zeitunterschied zu Greenwich ergibt sich ein Grad Längenunterschied.

Zur Messung wird der Quadrant möglichst genau auf die gewünschte Höhe voreingestellt (eventuell mit Hilfe einer Lupe) und dann wartet man, bis das Sonnenabbild auf der Visiereinrichtung genau durch die Mitte wandert. Dieser Zeitpunkt wird notiert. Um die Genauigkeit zu verbessern und grobe Fehler ausschließen zu können, nimmt man mehrere Höhen. Dabei kommt es gar nicht auf die konkreten Höhenwerte an, sondern nur darauf, dass am Nachmittag wieder genau die gleichen Werte eingestellt sind. Günstig sind deshalb solche Höhen, bei denen der Lotfaden genau über einem Skalen-Teilstrich steht sowie die Mitte zwischen Teilstrichen, die besonders genau eingestellt werden kann. Teilungsfehler des Quadranten spielen dann keine Rolle! Wichtig ist aber, dass sich die Höhe der Sonne möglichst schnell ändert, was in der Zeit um die Kulmination herum nicht der Fall wäre. Ein Abstand von etwa zwei Stunden zur Kulmination ergibt erfahrungsgemäß ein brauchbares Resultat, setzt aber leider auch stabile Wetterbedingungen voraus.

Tabelle 2: Sonne in korrespondierenden Höhen am 21.02.2021 in Trudering

Höhe	Ost	West	Mitte
22,75	09:57:47	14:58:50	12:28:19
23,0	10:00:18	14:56:31	12:28:25
23,25	10:02:36	14:54:10	12:28:23
23,5	10:04:55	14:52:07	12:28:31
23,75	10:07:10	14:49:47	12:28:29
24,0	10:09:43	14:47:41	12:28:42
24,25	10:12:07	14:45:12	12:28:40
24,5	10:14:26	14:42:43	12:28:35
24,75	10:16:45	14:39:58	12:28:22
25,0	10:19:23	14:37:18	12:28:21
25,25	10:22:24	14:34:18	12:28:21
Mittelwert:			12:28:28
Standardabweichung (s):			8

Die Meßwerte sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Die Uhrzeiten wurden direkt von der Armbanduhr abgelesen. Da sie um 72 Sekunden vorging, müssen die Zeiten um diesen Betrag verringert werden. Die Kulmination der Sonne erfolgte demnach also am 21.02.2021 um 12:27:16 MEZ. Die Standardabweichung (der statistische Fehler) beträgt etwa 10^s. Abgesehen von systematischen Fehlern läßt sich die Länge durch die relativ simple Quadrantenmessungen auf 0,04° genau bestimmen. Dies entspricht auf unserer Breite einer Ortsunsicherheit von 3 km in Ost-West-Richtung.

Allerdings ist das Ergebnis noch durch die Deklinationsänderung der Sonne verfälscht (Tabelle 1): vom 21. zum 22. verringert sich ihr Äquatorabstand von -10,555° auf -10,192°, also um +0,363° in 24 Stunden. Folglich hat die Deklination in den 4^h 40^m, die seit der Messung am Vormittag bis zur Messung am Nachmittag vergangen sind, um rund 0,07° zugenommen. Überschlüssig steht die Sonne daher am Nachmittag um diesen Betrag höher und kommt deshalb erst etwas später wieder in die entsprechende Höhe vom Vormittag. Da die Höhenänderung der Sonne bei diesem Stundenwinkel 1° in rund 10 Minuten beträgt (Tabelle 2), verzögert sich die Durchgangszeit durch den Deklinationsgewinn also um rund 42 Sekunden. In Wirklichkeit erfolgte die Kulmination in Trudering also um **11:26:55 UTC**.

Für die Greenwicher Kulminationszeit berechnen wir nun noch die Rektaszension der Sonne ($\alpha = 334,9978^\circ$) und erhalten damit die Zeitgleichung $ZGL = -814$ Sekunden (= - 13^m 34^s). Die Zeitgleichung ist der Unterschied zwischen wahrer Sonnenzeit WOZ (Sonnenuhr) und mittlerer Sonnenzeit MOZ (Pendeluhr): $ZGL = WOZ - MOZ$. Bei der Kulmination ist die WOZ natürlich genau 12:00:00 und so wird für Greenwich, wo die mittlere Ortszeit ja gleich die Weltzeit ist:

$$\text{Kulmination in Greenwich} = 12:00:00 - ZGL = 12:13:34 \text{ UTC}$$

Der Zeitunterschied zu Trudering beträgt 46^m 39^s, und mein Beobachtungsort befindet sich dementsprechend 11,66° östlich von Greenwich. Unter Berücksichtigung der Meßunsicherheit, die wieder mit $\pm 0,1^\circ$ veranschlagt sei, ist schließlich

$$\text{Länge} = 11,7^\circ \quad (\text{östlich Greenwich})$$

Die genaue Länge ist 11,659° und so darf man mit dem Resultat wohl zufrieden sein.

Eine Verbesserung läßt sich durch Mittelwertbildung aus einer längeren Reihe von Beobachtungen erreichen:

Tabelle 3: Bestimmung der Kulminationszeit in Trudering aus korrespondierenden Sonnenhöhen 2015
Zeiten in UTC

Datum	Trudering	JD-245 0000	ZGL	Greenwich	Diff.
			s		m s
07.03.2015	11:24:27	7088,975	-666	12:11:06	46 39
08.03.2015	11:24:12	7089,975	-652	12:10:52	46 40
03.04.2015	11:16:46	7115,970	-203	12:03:23	46 37
07.04.2015	11:15:36	7119,969	-134	12:02:14	46 38
09.04.2015	11:15:04	7121,969	-101	12:01:41	46 37
18.04.2015	11:12:48	7130,967	+35	11:59:25	46 37
19.04.2015	11:12:32	7131,967	+48	11:59:12	46 40
22.04.2015	11:12:00	7134,967	+85	11:58:35	46 35
26.04.2015	11:11:11	7138,966	+128	11:57:52	46 41
16.05.2015	11:09:39	7158,965	+218	11:56:12	46 33
04.06.2015	11:11:36	7177,966	+104	11:58:16	46 40
07.06.2015	11:11:59	7180,967	+72	11:58:48	46 49
04.07.2015	11:17:39	7207,971	-262	12:04:22	46 43
11.07.2015	11:18:47	7214,971	-329	12:05:29	46 42
18.07.2015	11:19:36	7221,972	-374	12:06:14	46 38
26.07.2015	11:19:57	7229,972	-392	12:06:32	46 35
09.08.2015	11:18:51	7243,971	-334	12:05:34	46 43
22.08.2015	11:16:12	7256,970	-179	12:02:59	46 47
29.08.2015	11:14:20	7263,968	-62	12:01:02	46 42
13.09.2015	11:09:14	7278,965	+238	11:56:02	46 48
03.10.2015	11:02:24	7298,960	+652	11:49:08	46 44
24.10.2015	10:57:35	7319,957	+946	11:44:14	46 39
08.11.2015	10:56:58	7334,956	+977	11:43:43	46 45
Mittelwert:					46 40,5
Standardabweichung (s):					4,2

Die Auswertung dieser 23 Beobachtungen aus dem Jahre 2015 (grafische Darstellung siehe rechts oben) ergibt einen Zeitfehler von nur noch rund 4^s und die Länge wird jetzt

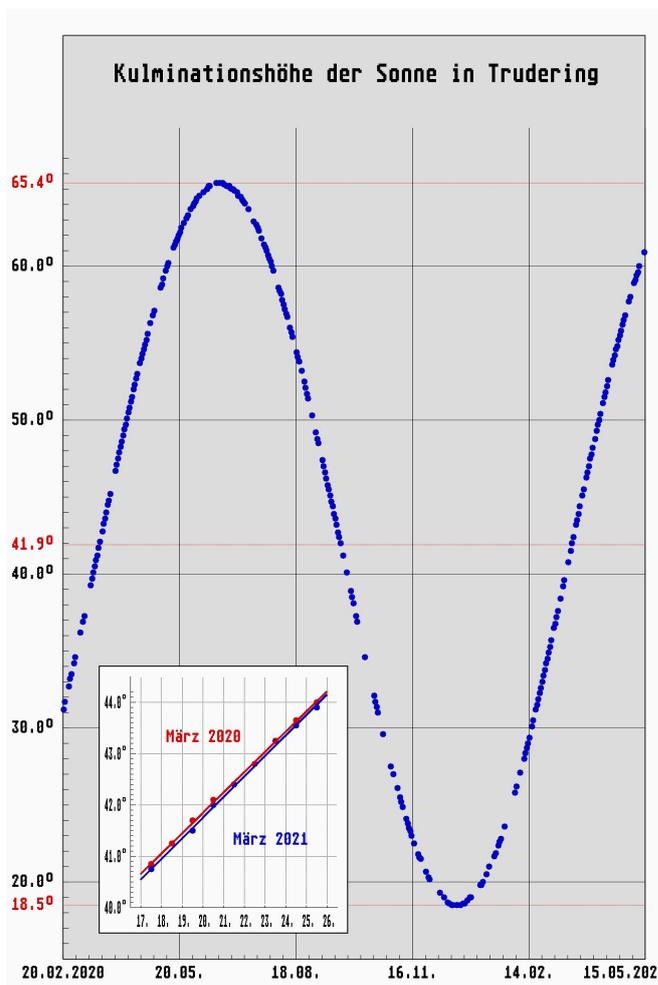
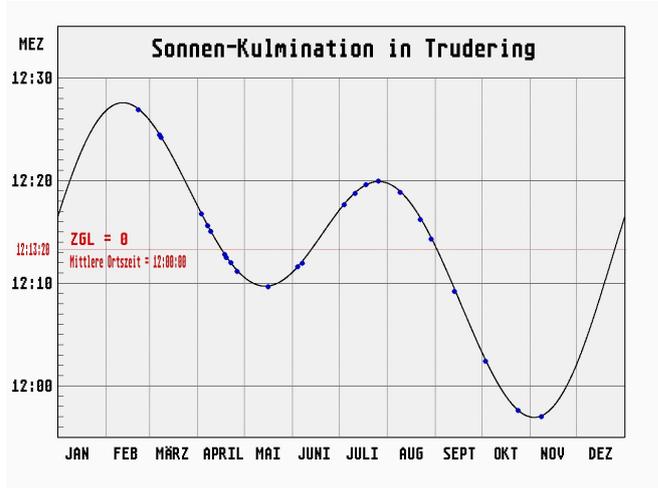
$$\text{Länge} = 11^\circ 40' \pm 1'$$

Der tatsächliche Fehler von 0,6' entspricht einer Ortsunsicherheit von weniger als 1 km.

Mit etwas mehr mathematischen Aufwand kann man die Kulminationszeit auch durch eine Ausgleichsrechnung unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Deklinationsänderung bestimmen, wobei es jetzt auch nicht mehr nötig ist, in gleichen Höhen zu messen. Ist die geografische Länge bekannt, dann läßt sich umgekehrt die Uhrzeit bestimmen und damit zum Beispiel der Gang einer Pendeluhr kontrollieren. Einfacher ist es aber natürlich, direkt den Durchgang der Sonne (oder eines Sterns) durch die Meridianlinie (zum Beispiel am Meridiankreis) zu beobachten. Genial einfach ist die Zeitbestimmung mit einer Mittagslinie. Von der Genauigkeit dieser elementaren Methode konnte ich mich einmal selbst im Mathematisch-Physikalischen Salon in Dresden überzeugen. Durch das überraschend schnelle Voranschreiten des Sonnenbildchen konnte ich die Mittelstellung nahezu sekundengenau auf 11:48:40 MEZ schätzen. Wie man mit dem Sonnen-Programm leicht nachrechnet (JD = 245 6964,0 gibt ZGL = +986^s), erfolgte die Kulmination in Greenwich am 02.11.2014 um 11:43:34 UTC und in Dresden 54^m 56^s früher um 10:48:38 UTC (Länge = 13,73° nach geodätischem Referenzpunkt im Zwinger).

Da die Ablesegenauigkeit um so besser wird, je größer (und damit höher) die Anordnung ist, und es außerdem von Vorteil ist, wenn sich die Linie im Dämmerlicht befindet, erklärt sich die große Beliebtheit von Kathedralen bei den Konstrukteuren von Mittagslinien im Mittelalter.

Die Mittagslinie im Mathematisch-Physikalischen Salon. Das Sonnenlicht fällt durch eine Blende auf den Boden. Dort wandert das Sonnenabbild über die Markierung.



Der jährliche Lauf der Sonne

Verfolgt man den Sonnenlauf über ein ganzes Jahr und stellt die mit dem Quadranten gemessenen Sonnenhöchststände grafisch dar, dann erhält man die Deklinationskurve der Sonne (siehe Abbildung). Hier fallen sofort die Hauptpunkte ins Auge und ganz intuitiv erkennt man, wann astronomisch die Jahreszeiten beginnen. Die beiden Scheitelpunkte zur Sonnenwende markieren natürlich den Sommer- und Winteranfang. Die Schnittpunkte der Deklinationskurve mit der „Mittellinie“, die den Himmelsäquator repräsentiert, geben die Tag-und-Nacht-Gleichen: Frühlingsanfang, wenn die

Sonne im März den Äquator nordwärts überquert und schließlich Herbstanfang, wenn die Sonne im September unter den Äquator in den Bereich südlicher (negativer) Deklinationen geht.

Auf dem Äquator, der genau zwischen größter und kleinster Mittagshöhe liegt, ist die Deklination der Sonne $\delta = 0^\circ$ und es gilt, wie man ohne weiteres einsieht

$$\text{Höhe} = (90^\circ - \text{Breite}) = (h_{\max} + h_{\min})/2$$

Praktisch ist dies von großem Nutzen, denn es bedeutet, dass sich die geografische Breite des Beobachtungsortes aus der Messung der größten und kleinsten Kulminationshöhe direkt ohne Voraussetzungen bestimmen läßt! Für Trudering ergibt sich (auf $0,1^\circ$ gerundet)

$$\text{Breite} = 90^\circ - (65,4^\circ + 18,5^\circ)/2 = 48,1^\circ$$

Für die maximale Erhebung der Sonne über den Äquator, die sogenannte Schiefe der Ekliptik ε , findet man sogleich (ebenfalls auf $0,1^\circ$ gerundet)

$$\varepsilon = (h_{\max} - h_{\min})/2 = 23,5^\circ$$

Um diesen Winkel ist die Äquatorebene der Erde gegen die Ekliptik (Ebene der Erdbahn um die Sonne) geneigt. Hierin begründet sich das Zustandekommen der Jahreszeiten und auch die langsame Kreiselbewegung der Erdachse (Präzession).

Um die Genauigkeit der Werte zu verbessern, kann man versuchen, die Scheitelwerte der Deklinationskurve durch Approximation mit einer Parabel genauer zu bestimmen. Dabei besteht allerdings eine gewisse Willkür, denn das Ergebnis hängt von der konkreten Auswahl der Meßpunkte ab. Wenn man zu viele Punkte einbezieht, macht sich die Unsymmetrie des Kurvenverlaufs immer deutlicher bemerkbar, nimmt man zu wenige, wird das Ergebnis möglicherweise durch einen Einzelwert stark verfälscht. Außerdem macht sich bei der Wintersonnenwende das häufig schlechtere Wetter durch eine geringere Anzahl von Beobachtungen ungünstig bemerkbar. Ein Versuch, bei dem für das Maximum alle Höhen über $64,0^\circ$ und für das Minimum alle Höhen unter $20,0^\circ$ einbezogen wurden, ergab folgende Werte:

$h_{\max} = 65,359^\circ$ Sommeranfang 21.06.2020 01^h (20.06. 22:44)
 $h_{\min} = 18,510^\circ$ Winteranfang 21.12.2020 15^h (21.12. 11:02)

Die Zeiten der Solstitien wurden nur ungefähr getroffen, wie der Vergleich mit den tatsächlichen Werten (in Klammern) zeigt. Allerdings bringt hier, wo die Deklinationsänderung kaum $0,2^\circ$ pro Tag beträgt, schon ein Meßfehler von $0,1^\circ$ eine zeitliche Unsicherheit von einem halben Tag mit sich.

Nicht mehr zu vernachlässigen ist jetzt die Refraktion (Lichtbrechung in der Erdatmosphäre), wodurch alle Gestirne um $56''/\tan h_{\text{meß}}$ angehoben erscheinen [2]. Ist der Einfluß bei der maximalen Mittagshöhe mit $0,007^\circ$ noch kaum merklich, verfälscht er die Messung beim niedrigen Stand der Sonne im Winter aber bereits um $0,046^\circ$. Insgesamt wird damit:

$$\begin{aligned} \text{Schiefe der Ekliptik } \varepsilon &= 23,44^\circ = 23^\circ 27' \quad (23^\circ 26,2') \\ \text{Breite } \varphi &= 48,09^\circ = 48^\circ 05' \quad (48^\circ 07,4') \end{aligned}$$

Die Schiefe der Ekliptik ist sicher auf $3'$ zuverlässig, bei der Breite ist noch ein eventueller Nullpunktsfehler des Quadranten zu berücksichtigen (dazu später).

Mit Hilfe der Deklinationskurve läßt sich auch die Jahreslänge ermitteln: man muß nur schauen, wann die Sonne wieder in die gleiche Deklination bzw. Höhe kommt [4]! Da um die Tag-und-Nacht-Gleichen die Änderung der Deklination mit ungefähr $0,4^\circ/\text{Tag}$ ($= 24'/24^h$) am größten ist, wirkt sich hier ein Meßfehler am geringsten aus. Bei $0,1^\circ$ Fehler in der Höhenmessung ergibt sich aber trotzdem ein Zeitfehler von einem Vierteltag ($0,25^d$) und selbst bei $1'$ Fehler beträgt die zeitliche Unsicherheit immer noch eine Stunde. Deshalb war es vor Einführung des Fernrohrs so schwer, die Längen genau zu bestimmen. Man kann im Prinzip den „Nullpunktsdurchgang“ der Sonne, der für alle Beobachter auf der Erde gleichzeitig erfolgt (bis auf Parallaxe), zur Synchronisierung der Uhren hernehmen. Nur ist die Sonnenbewegung so langsam, dass die praktische Umsetzung kaum zu praktikablen Ergebnissen führt. In einer aktuellen Beobachtungsreihe mit einem Skalentheodoliten (Zeiss THEO 020B) beträgt die Genauigkeit der Sonnenhöhenmessung $0,1'$. Selbst damit muß man immer noch mit einem Zeitfehler von sechs Minuten rechnen. Aufgrund der Luftunruhe zu Mittag und der Schwierigkeit, die Sonnenränder genau zu erfassen, wird sich eine viel bessere Genauigkeit auch kaum erreichen lassen.

Tabelle 4: Sonnenkulminationshöhen zum Frühlingsanfang (1585 in Kassel) (1987 bis 2021 in Trudering)

Datum	1585	1987	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
15.03.	36,644	39,7	40,1	.	.	39,8	40,2+	40,0	.	39,8+	.	40,0	39,9-	.	40,1	.
16.03.	37,042	40,2	.	40,4	.	.	40,5	40,4	.	.	40,5+	40,4	.	40,2	40,5+	.
17.03.	37,431	40,5	.	40,8	40,7+	.	40,9+	40,8	40,7	40,5-	40,8-	40,8+	.	40,6	40,9+	40,8+
18.03.	.	.	41,2-	41,2+	41,1+	.	41,2-	.	41,1	41,0	41,2-	.	.	.	41,2-	.
19.03.	.	41,3	41,7+	41,5	41,4-	.	.	41,5-	41,5	41,3-	41,7+	.	.	41,3	41,7	41,5
20.03.	.	41,7	42,0	42,0+	41,9	41,7-	42,1	42,0+	41,8-	41,7-	42,1	41,9	41,8	41,7-	42,1	42,0
21.03.	.	42,1	.	42,4	.	42,2+	42,5	42,3	42,2-	42,2	42,5	42,3	42,2-	42,2+	.	42,4
22.03.	39,417	42,5	42,9+	42,7	.	42,5	42,8-	42,8+	42,7	.	42,9	.	42,6	42,5-	42,8	.
23.03.	39,800	.	43,2-	43,2	43,0	42,9	43,2-	43,2	.	.	.	43,1-	.	43,0+	43,3+	43,2-
24.03.	40,194	.	43,6-	43,5-	43,5	43,3-	43,7	43,5	43,5+	43,4+	43,6-	.	43,4	43,3-	43,6-	43,5-
25.03.	40,589	43,7	44,0	44,0	43,8	43,8+	.	.	.	43,8+	.	43,9	43,8	43,8+	44,0	43,9
26.03.	40,978	.	44,4	44,4	44,3+	44,2	44,5+	.	44,3+	.	.	44,3	.	.	44,5	44,4+

Die Werte von Trudering sind auf $0,1^\circ$ abgelesen. Lag ein Wert genau zwischen zwei Zehntelgraden, ist dies durch + bzw. - angezeigt. Bei + wurde zum höhere Wert aufgerundet und bei - zum niedrigeren Wert abgerundet. Die Werte von Kassel sind im Beobachtungsprotokoll auf Bruchteile von Minuten angegeben und hier auf $0,001^\circ$ umgerechnet.

Aus der Grafik läßt sich die Jahreslänge schon grob zu etwa $365 \frac{1}{4}$ Tag abschätzen. Damit wiederholen sich die Sonnenhöhen nach vier Jahren, wie man in Tabelle 4 auch tatsächlich bestätigt findet. Hier sind von mir gemessenen Sonnenhöhen um die Zeit des Frühlingsanfanges zusammengestellt, Schaltjahre sind blau hervorgehoben.

Wenn man nun mit den Meßwerten die Frühlingsanfänge bestimmt, kann man die Jahreslänge aus dem Vergleich der Zeiten berechnen. Der Frühling 2020 begann danach zum Beispiel am 20. März um 04:34 (was zufällig ziemlich genau stimmt) und der Frühling 1987 am 21. März um 01:32 (was volle drei Stunden zu früh ist). Der Zeitunterschied zwischen diesen beiden Daten beträgt 33 mal 365 Tage minus 1 Tag plus 9 Schalttage plus 3 Stunden. Daraus ergibt sich für die Jahreslänge

$$\text{Jahreslänge} = 1\,2053,125 \text{ Tage} / 33 = 365,246\,2 \text{ Tage}$$

Im ungünstigsten Fall könnte der Fehler einen halben Tag (zweimal einen Vierteltag) betragen und die Jahreslänge ist also auf $\pm 0,015$ Tage, das sind rund 20 Minuten, ungewiß. Tatsächlich ist der Fehler mit 6 Minuten etwas kleiner. Einen zuverlässigeren Wert für die Jahreslänge bekommt man offensichtlich, wenn man einen längeren Zeitraum überspannt. Genau das hat natürlich auch schon Ptolemäus gemacht. Er konnte mit Beobachtungen rechnen, die über 300 Jahre zurücklagen [5] und sein Ergebnis war $365^d\ 5^h\ 55^m\ 12^s$, mithin 365,2467 Tage. Das ist genauso falsch wie „meine“ Jahreslänge oben. Es zeigt, dass die Meßgenauigkeit damals sicher nicht besser als $0,1^\circ$ gewesen sein kann.

Geht man in der Astronomiegeschichte 450 Jahre zurück nach Hessen-Kassel, dann trifft man auf eine der modernsten Sternwarten der damaligen Zeit [6]. Berühmt geworden ist der dort entstandene Sternkatalog, der den Arbeiten von Tycho Brahe an Genauigkeit nicht nachsteht. Erhalten geblieben sind auch Beobachtungsprotokolle von Sonnenhöhenmessungen aus den Jahren 1585 bis 1590. Ich habe mir den Spaß gemacht, aus diesen Daten den Frühlingsanfang 1585 zu ermitteln. Das Ergebnis ist 20.03.1585 17:21 (nach dem Gregorianischen Kalender) und damit

$$\text{Jahreslänge} = 15\,8880,467 \text{ Tage} / 435 = 365,242\,45 \text{ Tage}$$

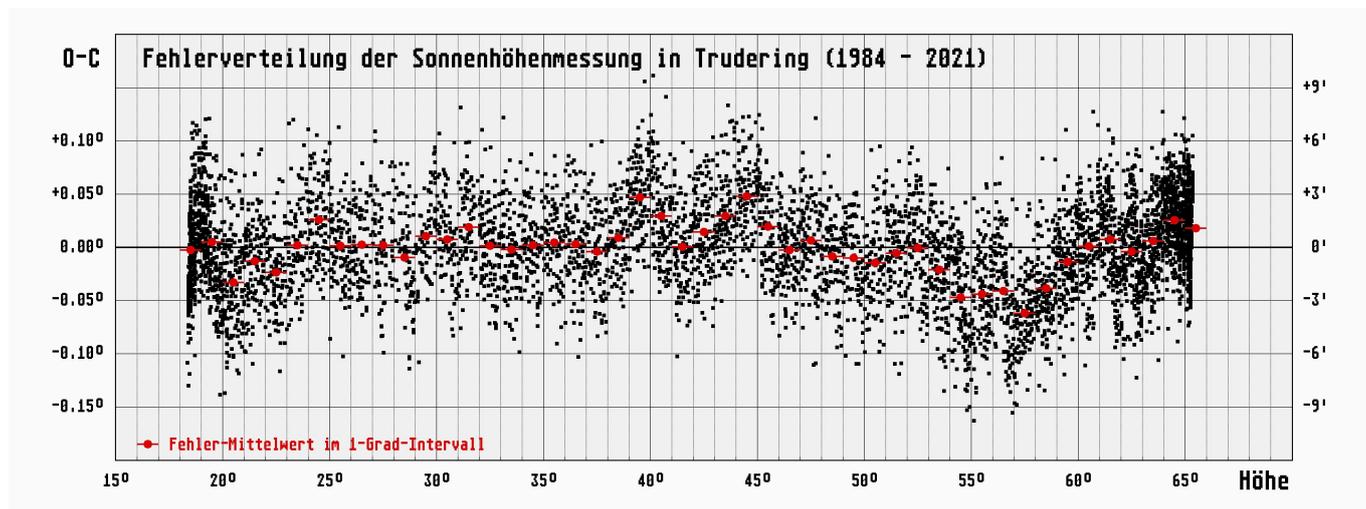
Der Unterschied zum heute gültigen Wert beträgt nur etwa 20 Sekunden und liegt also innerhalb der auf eine Minute geschätzten Unsicherheit.

Die Genauigkeit des Quadranten

Die Skala des Quadranten ist in $0,5^\circ$ -Schritte unterteilt. Der Abstand der Teilstriche nimmt vom Rand bis zur Diagonalen von etwa 2,6 mm auf 5,2 mm zu, im Gegensatz zu einer Kreisteilung, bei der der Abstand konstant ist. Durch diese „Tangens-Teilung“ wird die Fläche des Quadranten besser genutzt und es ergibt sich bei 45° eine höhere Winkelauflösung als bei einer Kreisteilung mit Radius = Seitenlänge des Quadranten (hier 300 mm). In jedem Winkelabschnitt kann die Höhe auf 1/5 Teilstrichabstand sicher geschätzt werden, so dass eine Ablesegenauigkeit von $0,1^\circ$ erreicht wird. Sofern keine systematischen Fehler auftreten, sollte der arithmetische mittlere Fehler einer Messung bei exakter Einstellung und Ablesung also bei $0,025^\circ$ ($1,5'$) liegen, weil dann die Fehler gleichmäßig im Intervall zwischen $-0,05^\circ$ und $+0,05^\circ$ verteilt sind (das gilt natürlich nur für eine große Anzahl von Messungen in verschiedenen Höhen, nicht, wenn zum Beispiel 100mal die gleiche Höhe gemessen wird).

Ob dies auch der Genauigkeit des Quadranten entspricht, kann durch Vergleich der Meßwerte mit der tatsächlichen Höhe ermittelt werden. Da alle Sonnenkulminationshöhen im Rechner erfaßt sind ($N = 6\,061$), ist es natürlich eine leichte Aufgabe, sie mit den wirklichen Höhen aus dem Sonnenprogramm zu vergleichen. Ohne jede Korrektur an den Daten beträgt der mittlere arithmetische Fehler $4,04'$, während die Standardabweichung mit $4,78'$ naturgemäß etwas höher ist. Grundsätzlich liegt der Meßfehler also schon mal im Bereich der Ablesegenauigkeit. Die Refraktionskorrektur verringert den Fehler um knapp eine Bogenminute auf $3,20'$ ($3,91'$). Die Teilungsfehler machen in der Gesamtheit nur etwa $0,2'$ aus, obwohl sie für einzelne Werte auch mehrere Bogenminuten betragen können (siehe Grafik unten).

Der Nullpunkt des Quadranten bleibt mit ungefähr $0,04^\circ$ zwar noch unterhalb der Ablesegenauigkeit, aber ist doch merklich von Null verschieden: seine Korrektur bringt den mittleren Fehler auf $2,13'$ ($2,64'$). Dabei ist zu bemerken, dass sich die Visierlinie (durch Kontakt mit einem Dachbalken) 1986 und 2018 verstellt hat, was zu Änderungen des Nullpunktes von anfangs $-0,02^\circ$ auf dann $+0,04^\circ$ und schließlich zu $+0,03^\circ$ geführt hat. Außerdem treten von Jahr zu Jahr auch Schwankungen von bis zu einer Bogenminute auf. Im Gegensatz zu den anderen Fehlern ist eine detaillierte Untersuchung des Nullpunktsfehlers ohne Kenntnis der



genauen geografischen Breite schwierig und wurde bisher von mir auch nicht versucht.

Ab 2007 habe ich auch Auf- oder Abrundungen der Meßwerte notiert. Bringt man dies durch einen kleinen Auf- oder Abschlag von $0,04^\circ$ zum Meßwert in Rechnung, dann verringert sich der Fehler weiter auf $1,95'$ ($2,44'$). Berücksichtigt man nur die Werte ab 2007, ist der Fehler mit $1,82'$ noch etwas kleiner - die Ablesung wird durch Übung wirklich besser. Paßt man die Parameter des Sonnen-Programms mittels Ausgleichsrechnung an alle Meßwerte an, dann ergibt sich schließlich ein mittlerer Fehler von $1,90'$ ($2,37'$), wobei 79 Prozent der Fehler innerhalb von $\pm 0,05^\circ$ liegen. Man kann also festhalten, dass die Meßgenauigkeit des Quadranten bei $2'$ ($2,4'$ Standardabweichung) liegt. Das entspricht ganz der Erwartung, denn auch bei völlig fehlerfreier Ablesung kann trotzdem immer noch ein Einstellfehler vorkommen: selbst wenn das Sonnenscheibchen nur um $1/20$ seines Durchmessers falsch eingemittelt ist, begeht man damit nämlich schon einen Fehler von etwa $1,5'$!

Um das volle Potential der Meßreihe auszunutzen, sollen abschließend alle Kulminationshöhen zur Auswertung herangezogen werden, indem die Parameter der Erdbahn in einer großen Ausgleichsrechnung bestimmt werden. Gegenüber dem Sonnen-Programm werden aber zwei Vereinfachungen gemacht: die Änderung der Schiefe der Ekliptik und die Verlagerung des Perihels werden vernachlässigt. Beide Effekte sind viel zu gering, als dass sie durch die Meßreihe erkannt werden könnten. Leider kann ich hier nicht auf die Einzelheiten der Rechnung eingehen. Die interessanteren Ergebnisse sind:

Schiefe der Ekliptik	$\epsilon = 23,431^\circ$	($23,439^\circ$)
Breite	$\varphi = 48,123^\circ$	($48,124^\circ$)
Jahreslänge	$T = 365,2429^d$	($365,2422^d$)
Bahnexzentrizität	$e = 0,0169$	($0,0167$)

Die Schiefe der Ekliptik ist auf $0,5'$ getroffen, die Jahreslänge ist auf eine Minute richtig und damit würde „mein“ Kalender erst in etwa 1400 Jahren um einen Tag falsch gehen. Für einen einfachen, hölzernen 30-cm-Selbstbau-Quadranten ist das sicher ein schönes Ergebnis!

Vorherige Seite: Die Teilungsfehler des Quadranten. Mit den Mittelwerten können die Meßwerte korrigiert werden.

Unten: Die Höhenmessungen in Kassel zeigen sowohl die Qualität der Beobachtung als auch des verwendeten Gerätes. 72 Prozent der Werte sind auf mindestens $1'$ genau. Die größte Abweichung beträgt lediglich $2,2'$. Soweit die wenigen Meßwerte erkennen lassen, liegen ausgeprägte Teilungsfehler nicht vor.

Die Kasseler Sonnenhöhen von 1584 - 1590

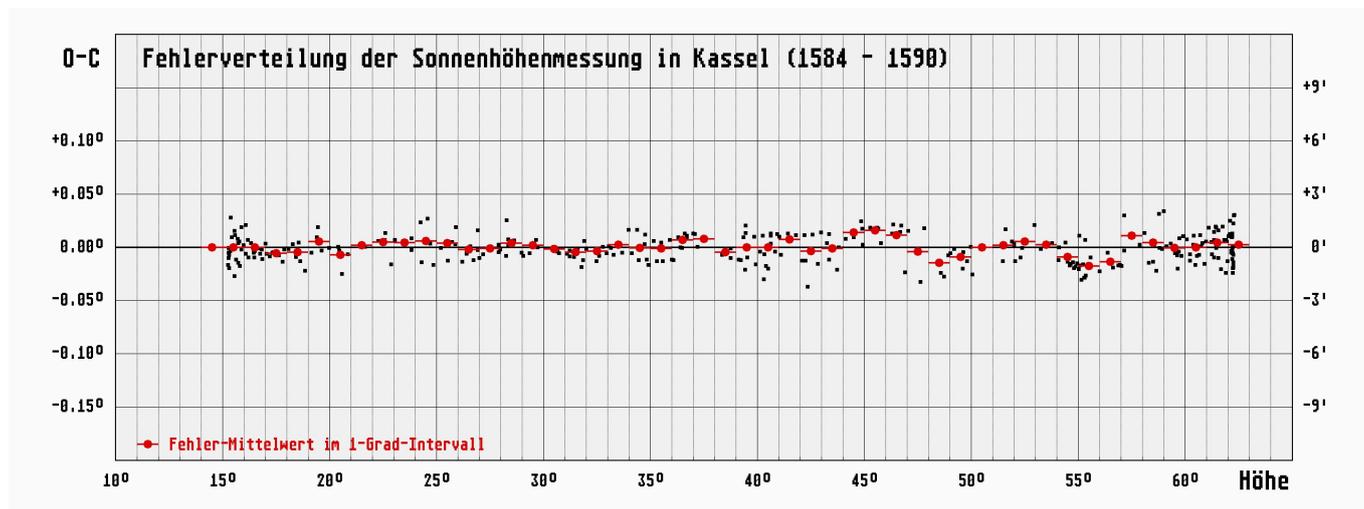
Die Sternwarte von Landgraf Wilhelm IV. von Hessen-Kassel war Mitte des 16. Jahrhunderts eine, wenn nicht sogar die bedeutendste überhaupt. Man hatte sich hier die Aufgabe gestellt, mit modernsten Instrumenten den Himmel von Grund auf neu zu vermessen und man kann feststellen, dass mit vorteilhaftesten Mitteln außer von Tycho Brahe und J. Hevelius nie wieder bessere Ergebnisse erzielt wurden. Vom Wirken besonders des Hofastronomen Christoph Rothmann sind Beobachtungsprotokolle bis auf den heutigen Tag erhalten geblieben und liegen inzwischen zum Teil auch digitalisiert vor - so seine Beobachtungen der Sonne im Meridian von November 1584 bis März 1590. Ich konnte leider bisher nicht herausfinden, mit welchem Instrument diese Beobachtungen gemacht wurden - es war sehr wahrscheinlich nicht der noch erhaltene kleinere „Wilhelmsquadrant“, den man in Kassel im Museum anschauen kann. Mit den Sonnenkulminationshöhen dieser Reihe, die 339 Werte umfaßt (drei Höhen habe ich wegen offensichtlicher Fehler ausgeschlossen), liefert die Ausgleichsrechnung jetzt

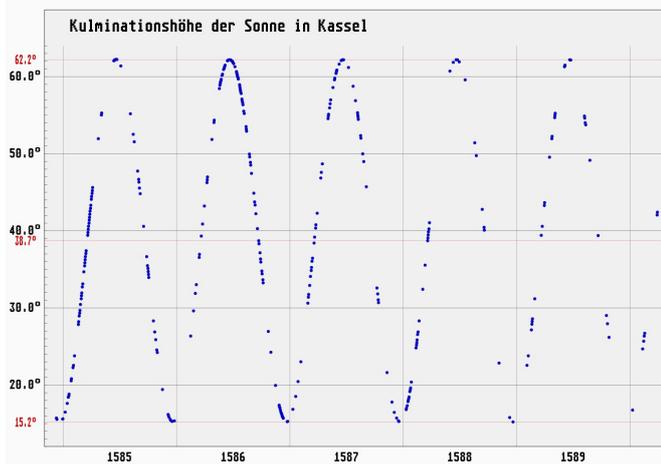
Schiefe der Ekliptik	$\epsilon = 23,503^\circ$	($23,493^\circ$)
Breite	$\varphi = 51,308^\circ$	($51,319^\circ$)
Jahreslänge	$T = 365,2476^d$	($365,2422^d$)
Bahnexzentrizität	$e = 0,0167$	($0,0169$)

Der mittlere Fehler einer Beobachtung liegt bei bewundernswürdigen $0,6'$ (die Standardabweichung bei $0,7'$). Die Fehlerverteilung (im gleichen Maßstab wie für meinen Quadranten) zeigt die Grafik unten. Der Unterschied ist schon beeindruckend!

Der Fehler in der Jahreslänge ist etwas größer als bei mir, aber das liegt sicher an der viel kürzeren Zeitspanne der Meßreihe. Die Schiefe der Ekliptik ist um $0,6'$ zu hoch. Hier mag es sein, dass die doch recht ungleiche Verteilung der Höhen über den Meßzeitraum ein besseres Ergebnis verhindert hat (siehe Grafik nächste Seite).

Mit der so ermittelten geografischen Breite von Kassel habe ich zuvor auch den Frühlingsanfang 1585 aus den Kulminationshöhen berechnet. Dabei bleiben eventuelle Nullpunkts-





Grafische Darstellung der von Rothmann gemessenen Sonnenhöhen („Altitudinis Solis Meridianae“). Die Messungen sollten wohl zur Überprüfung der Breite und der Schiefe der Ekliptik dienen. Rothmann hat dann Anfang 1590 Kassel verlassen.

fehler nämlich ohne Einfluß, da sie alle Höhen der Meßreihe in gleichem Maße betreffen. Unabhängig davon sollte die Breite auf wenigstens 1' richtig sein.

Vergleicht man die beiden Werte für die Ekliptikschiefe, so ergibt sich eine Abnahme von 4,3' in 415 Jahren, also rund 60" pro Jahrhundert - genau sind es $46,8''/100^a$. Für einen aussagekräftigen Wert ist die Zeitspanne aber angesichts der

Meßgenauigkeiten noch zu kurz. Leider sind die Werte von Ptolemäus für einen Vergleich zu ungenau - der Unterschied zum wahren Wert beläuft sich bei ihm auf etwa 10' (was wiederum zeigt, dass die Meßgenauigkeit in der Antike noch kaum besser als 0,2° gewesen sein dürfte).

Schlußbemerkung: Mit den erwähnten Theodolitmessungen ist $\varepsilon_{2019} = 23,4362^\circ$ (mittlerer Fehler: 4"). Nach einer im *Astronomischen Jahrbuch 1793* auf S. 206 mitgeteilten Beobachtung aus Paris war $\varepsilon_{1788} = 23^\circ 27' 58,4''$, und damit $\Delta\varepsilon = (-47'' \pm 3'')$ pro Jahrhundert [allerdings ohne Rücksicht auf Nutation].

Michael Parl

Quellenhinweise:

- [1] Bernd Loibl, Es geht auch ohne GPS. Navigation mit einem Kartosextant, *Sterne und Weltraum* 12/2020
- [2] M. Parl, Die Größe der Erde selbst bestimmen, *Blick ins All* 2019/2
- [3] Paul Ahnert, *Kleine praktische Astronomie*, J. A. Barth
- [4] J. Meuus, D. Savoie, *The history of the tropical year*, *J. Br. Astron. Assoc.* 102, 1, 1992
- [5] Ptolemäus, *Handbuch der Astronomie*, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1963
- [6] Jürgen Hamel, *Die astronomischen Forschungen in Kassel unter Wilhelm IV.*, Verlag Harri Deutsch

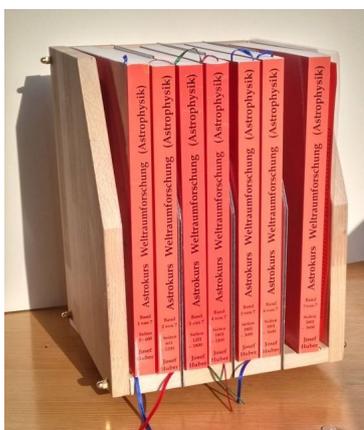
Nachtleuchtende Wolken sind in unseren Breiten selten und erscheinen hauptsächlich während des Sommers am nordwestlichen (abends) oder nordöstlichen Horizont (morgens). Die Aufnahme dieser besonders intensiven Wolken gelang Johannes Gütter von der Plattform der Volkssternwarte.



Aus dem Verein

Fotogruppe virtuell

Die Fotogruppe der Volkssternwarte gibt es seit bald acht Jahren. Neben der Mailingliste zum Austausch haben wir uns immer an jedem 2. und 4. Montag im Monat im Gemeinschaftsraum der Sternwarte getroffen. Mit Corona waren diese Treffen lange Zeit nicht möglich. Wir sind dann auf Onlinemeetings umgestiegen, was auch durchaus Vorteile hat: Die Anreise entfällt, was einigen die Teilnahme erleichtert. Auch fällt das Zeigen und Besprechen von Bildern oder Methoden der Bildbearbeitung aus der heimischen Landschaft heraus leichter. Leider wird der persönliche Kontakt natürlich schwieriger und gemeinsames „Erfassen und Begreifen“ von Gerätschaften geht kaum mehr. Wenn sich die Zeiten wieder normalisiert haben, werden wir wohl zu einem Mischbetrieb kommen, mal online, mal offline ...



Corona und der Astrokurs Weltraumforschung

Früher war alles besser/anders. Dort konnte sich in der Volkssternwarte München jeden Montag um 18:30 eine kleine Gruppe zu einem Astrokurs Weltraumforschung (Astrophysik) treffen. In diesem Kurs wurden die Grundlagen der Astronomie und der Astrophysik behandelt und erläutert. Dann kam der kleine Corona-Virus und veränderte alles. Nun war auf einmal ein Versammlungsverbot und der Kurs kam kurzzeitig zum Erliegen. Jedoch liegt in jeder Krise auch eine Chance, dachte sich dann Josef Huber, der den Kurs seit elf Jahren betreute. Eine Lösung musste erdacht werden. Ein Mann muss ja in seinem Leben einen Baum pflanzen, ein Kind machen und ein Buch schreiben, erinnerte sich Josef. Nun kam die Idee, den Astrokurs online fortzuführen, da der Virenschanner des PC ja Coronavirenverbreitung verhindert und rausfiltert. Jedoch brauchten nun die Kursteilnehmer auch die Unterlagen zu Hause, um dem Kurs folgen zu können. Also schrieb Josef ein Buch. Schnell stellte er fest, dass in ein Buch nicht der gesamte Kurs hineinpasste und es kamen noch fünf Bücher dazu. Nun ist der gesamte Kurs mit 3 583 Seiten in sechs Bänden erhältlich und die Kursteilnehmer treffen sich jetzt jeden Montag um 18:30 online in einem Zoom-Meetingraum. Interessierte können sich unter

`astrokurs-weltraumforschung-owner@lists.sternwarte-muenchen.de`

anmelden.

Josef Huber

Ankündigung: Die Schöne auf der Plattform

Auf unserer Beobachtungsplattform haben wir ja neben den großen Geräten auch diverse kleine Fernrohre im Einsatz, die sogenannten „Spaghettis“. Hier haben wir drei robuste kleine Refraktoren, die dann von den Besuchern selber benutzt werden können. Auch wenn die ersten Versuche der Besucher hier gelegentlich holperig sind, so ist dieses „selber was machen können, selber was einstellen“ doch ein wichtiges Angebot, das die Besucher gerne annehmen. Neben den Spaghettis haben wir auch ein großes 25x100-Fernglas mit Winkeleinblick und einen einfachen 8-Zoll-Dobson, der hier benutzt werden kann. Aber auch dessen Handhabung ist nicht sooo einfach.

Im Jahr 2019 hat uns ein langjähriger Freund der Sternwarte einen klassischen 6-Zoll-Refraktor (f/8) gespendet, genannt „La Hermosa“. Mit einem vorhandenen 2-Zoll-Okular ist das eine tolle Erweiterung der Spaghettis (auch wenn der nicht wirklich lang und dünn ist), die trotz der Abmessungen auf unseren azimutalen Montierungen noch intuitiv zu benutzen ist. Das Gerät zeigt die typischen ersten Objekte der Besucher (Mond, Plejaden, $h + \chi$, Jupiter mit Monden, Saturn mit Ring) schon sehr schön. Bei den Planeten wird dann natürlich auch der Vorteil unserer großen Geräte sichtbar werden.

La Hermosa wird wohl in Zukunft einen der drei Spaghettis ersetzen und selbst eine mobile Nutzung mit einer der Säulen bei den Exkursionen des Astrokurses ist denkbar. Nun müssen wir nur noch einen praktischen Lagerplatz finden, denn für den Stahlschrank im Kontrollraum ist sie leider zu lang. UND das Orange des Tubus passt noch gar nicht zu unserem Corporate Design, aber mit dem 50-cm-Teleskop wurden hier ja auch schon bunte neue Wege beschritten.



Die Teleskopbaugruppe

Die Teleskopbaugruppe trifft sich jeden Dienstagabend ab circa 20 Uhr im Seminarraum bzw. zur Zeit coronakonform draußen auf der Plattform der Sternwarte. Das Angebot richtet sich an alle, die einen Teleskopspiegel schleifen oder ein Teleskop bauen möchten. Wir sitzen formlos zusammen und diskutieren Fragen rund um Optikfertigung und Teleskopbau. Wir freuen uns, Neulinge oder Fortgeschrittene anleiten zu können, wie sie zu ihrem Traumgerät kommen können, das sie mit eigenen Händen geschaffen haben. Weitere Details unter:

<https://www.stathis-firstlight.de/spiegelschleifen/matm.htm>

Stathis Kafalis

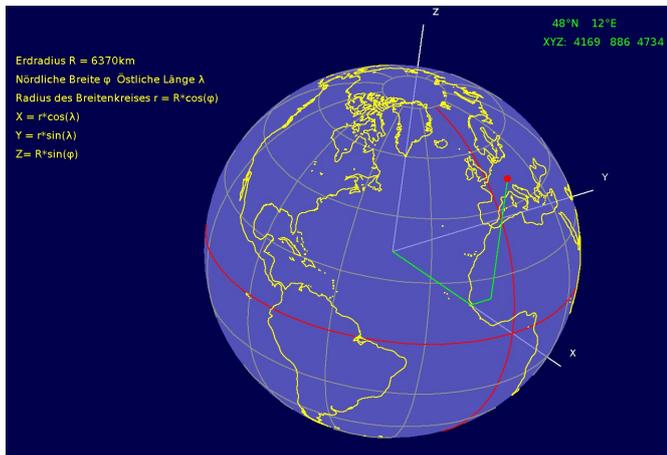


Abbildung 1: XYZ-Koordinatensystem

Der Weg ist das Ziel

Im Frühjahr haben wir an der Volkssternwarte eine Gruppe für astronomisches Rechnen eingerichtet. Sternfreunde, die damit nur wenig Erfahrung haben, sollen an einfache astronomische Berechnungen herangeführt werden. Statt nach einem Lehrbuch vorzugehen, schien es interessanter, ein konkretes Projekt zu bearbeiten und daran die Probleme zu erkennen und Lösungen zu suchen. Es geht nicht um das Ergebnis, sondern darum, an den verschiedenen Aspekten zu lernen. Wir nahmen uns vor, eine Position der Internationalen Raumstation, ISS, durch Triangulation zu bestimmen, indem wir von verschiedenen Orten aus bei Überflügen gleichzeitig Fotos der Bahnspur der ISS vor dem Sternhimmel machen und die Unterschiede in der Perspektive auswerten. Unsere Basis reichte bis Grafing, Freising und Tutzing. Den Schnittpunkt zweier Sichtlinien berechnet man am besten in einem rechtwinkligen, dreidimensionalen (kartesischen) Koordinatensystem, die Koordinaten der Beobachtungsorte sind aber in den sphärischen Koordinaten, nördliche Breite und östliche Länge, angegeben; dazu kommt noch die Höhe über Normalnull. Die Umwandlung der geographischen Koordinaten der Orte in ein XYZ-System mit Nullpunkt im Erdmittelpunkt war die erste Aufgabe; sie wird dadurch erschwert, dass nicht eine Erdkugel die Basis der geographischen Koordinaten ist, sondern ein Rotationsellipsoid. Diese Umrechnung ist gelungen, die Ergebnisse wurden an mehreren geodätischen Referenzpunkten in Bayern bestätigt:

<https://www.ldbv.bayern.de/vermessung/satellitenpositionierung/referenzpunkte.html>

In München gibt es einen Referenzpunkt auf dem Olympiaberg.

Die ISS bewegt sich näher am Gebiet der Ornithologen als an dem der Astronomen. Wozu brauchen wir da überhaupt die Sterne, wir brauchten doch nur den Winkel zu messen zwischen ISS und dem anderen Beobachtungsort? Das wird schwierig, denn von Freising aus kann man Grafing nicht sehen. Aber von beiden Orten aus zieht die ISS an den Sternen im Hintergrund vorbei. Diese sind sehr genau vermessen, ihre Koordinaten stehen in Sternkatalogen und sie bieten uns eine perfekte Skala, die Sichtwinkel der ISS zu finden. Dazu werden einige Sterne auf den Fotos mit Katalogsternen identifiziert, die ISS-Position im Foto zu diesen

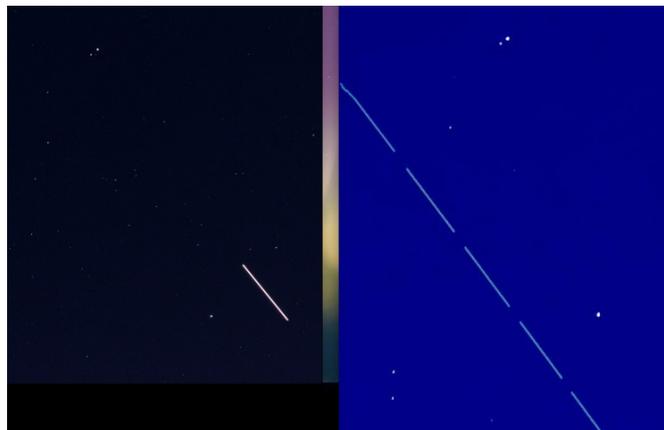


Abbildung 2: Unterschiedliche Perspektiven der ISS-Spur von Freising (links) und Grafing. Oben im Bild die Sterne Alkor und Mizar (Reiterlein) im Großen Bären.

Sternen wird ausgemessen und die Winkel werden berechnet. Inzwischen konnten wir einige Fotos auswerten und die Entfernung der ISS von den Beobachtungsorten berechnen.

Dieses Vorhaben hat einige Mitglieder abgeschreckt, es blieben hauptsächlich Leute, die es sowieso schon können. Das ist nicht der Zweck der Gruppe. Dieser Artikel soll zum Mitmachen ermuntern. Niemand braucht Bedenken zu haben; jeder kann teilnehmen, Fragen stellen, Vorschläge machen. Es gibt keine dummen Fragen!

Wer mitmachen möchte oder Fragen zur Gruppe für astronomisches Rechnen der Volkssternwarte hat, kann mich einfach unter nagel.klaus@t-online.de kontaktieren.

Klaus Nagel

Testimonial: Was ist die Volkssternwarte?

Die Sternwarte kann vieles sein: Ein Platz, wo ich was lernen kann, wo ich was lehren kann, manche leeren auch etwas. Eine Zuflucht, eine Ausrede, eine Spielwiese, ein Meilenstein. Ich kann dort über den Dingen stehen (zumindest knapp 40 Meter) und in die unendlichen Weiten schauen.

Ich kann mit Leuten interagieren, von unten, von oben, auf Augenhöhe. Ich kann alleine sein oder Freunde treffen. Arbeiten oder Freizeit haben. Kostenlos, mit Kosten oder mit Umsatz. Frei oder verplant. Mit freiem Auge oder mit toller Technik, ganz einfach so oder sehr technisch. Im Saal mit 60 anderen, oder alleine auf dem Dach.

Ich kann still und leise etwas für mich lesen, etwas schreiben und veröffentlichen oder „meine Botschaft“ laut verkünden. Ich kann mich produzieren oder eher leise helfen, muß aber nichts tun müssen. Ich kann was basteln, reparieren, verbessern, erbauen, aber manchmal geht auch was kaputt. Ich kann und darf dort fast alles, will aber auch vieles müssen.

Manche kamen alleine, gingen zu zweit und irgendwann waren sie dann mehr. So kann es gehen. Wenn es sie nicht gäbe, müssten wir sie dringend gründen. Haben aber andere schon, also müssen wir nur weitermachen.

Martin Elsässer



Gemeinschaftsraum renoviert

Die Renovierung des Gemeinschaftsraums konnte im Februar abgeschlossen werden. Neben den neuen Tischen und Stühlen hat sich an der Decke am meisten getan. Hier hat unser Technischer Leiter die Beleuchtung neu gestaltet, wobei ein astronomisches Großmodell hinzugekommen ist: Die Sterne der näheren Sonnenumgebung wurden in eine gemeinsame Ebene projiziert und dann mit korrekter Richtung und Abstand als selbstleuchtende Kugeln an die Decke gehängt. Diese astronomische Beleuchtung reicht zum „Nur-so-Zusammensitzen“ gut aus und kann separat zur normalen Beleuchtung gedimmt werden. Für feine Arbeiten gibt es noch ein paar optionale Spots an den Tischen. Damit hat der Raum nun ein interessantes Highlight (Licht, oben) bekommen, das die vielfältigen Nutzungen unterstützen kann.

Verbesserter Brandschutz im Kassenbereich

Bei einer Brandschutzbegehung Ende 2020 wurden wir auf die alte Holzdecke im Kassenbereich als reales Problem im Brandfall hingewiesen. Durch gute Beziehungen konnte schnell eine Fachfirma gefunden werden, die uns zu sehr günstigen Konditionen die Holzdecke entfernt hat und eine sauber gestrichene Fläche hinterließ. Für den Umbau wurde die Zeit der coronabedingten Schließung der Volkssternwarte genutzt.

Barrierefreiheit im Planetarium

Eine ganz zentrale Einrichtung der Volkssternwarte ist das Planetarium, das bei quasi allen öffentlichen Führungen ein wichtiger Programmpunkt ist. Hier können wir den Besuchern den gestirnten Himmel zu allen Jahreszeiten und in sehr guter Qualität zeigen, gerade auch mit dem Vergleich zu Münchner Verhältnissen. Andererseits war es durch die beengten Verhältnisse bisher praktisch nicht möglich, unser Planetarium auch für Rollstuhlfahrer erlebbar zu machen. Nun wurde ein Konzept realisiert, das es ermöglicht, mit einem Rollstuhl im Planetarium teilzunehmen. Durch einen einfachen Mechanismus kann die erste Treppenstufe im Planetarium weggeschoben werden, wodurch nun Platz für einen Rollstuhl geschaffen wurde. Leider ist die Position deutlich tiefer als die der anderen Besucher in den Stühlen, dennoch ist das schon viel mehr als bisher möglich war. Gleichzeitig könnten wir diesen einen Rollstuhl aber leicht

wegfahren, falls die Besucher das Planetarium einmal schnell verlassen müssen. Zusammen mit dem barrierefreien 50-cm-Teleskop und dem Plattformlift ist das nun ein weiterer Schritt, ein komplettes Angebot für mobilitätseingeschränkte Personen anzubieten.

Zur aktuelle Lage des Vereins

Nach sieben Monaten Schließung konnten wir aufgrund gesunkener Inzidenz ab 26. Mai wieder öffnen. Die Einnahmen waren dringend notwendig, um die laufenden Fixkosten unserer Volkssternwarte zu decken. Begonnen haben wir mit der Abendführung in Gruppen von sieben Personen. Je nach Möglichkeit der ehrenamtlichen Führungsteams besteht die aktuelle Führung aus mehreren Gruppen parallel.

Der weitere Betrieb wurde sukzessiv hochgefahren, erst die Kindervorstellungen, dann Kinderplanetarium (Flappi) und die Kindergärten sowie Schulführungen tagsüber. Ab 9. Juli sind Vorträge jeden Freitag bis Anfang der Sommerferien und weiter ab Mitte September geplant. Wir hoffen, im Herbst auch wieder externe Referenten gewinnen zu können.

Alle Veranstaltungen sind sehr gut gebucht und meist schon Tage vorher ausverkauft. Um bei unseren Wetterverhältnissen Besuchern die Möglichkeit zu geben, spontan bei schönem Wetter zu kommen, ist das Plattformticket geschaffen worden: Buchung kurzfristig telefonisch.

Die Zeit der Schließung haben wir genutzt, um eine neue Webseite auszuarbeiten. Sie soll unseren Neustart unterstützen und ist inzwischen online gegangen. Unsere Infrastruktur ist währenddessen auch erweitert und verbessert worden und auch neue Besucherformate wurden erarbeitet.

Ein spezielles Augenmerk ist auf unsere Finanzen gerichtet. Etwa 50 Prozent unserer Einnahmen werden durch einen Zuschuss der Stadt München gedeckt. Den Rest müssen wir selber erwirtschaften. Kurzarbeit, striktes Sparen und Hilfen des Bundes, die wir beantragt hatten, haben uns ermöglicht, trotz Fehlen von Besuchereinnahmen, im ersten Halbjahr ein ausgeglichenes Ergebnis zu erzielen.

Für das zweite Halbjahr sind weitere Überbrückungshilfen des Bundes für Vereine beantragt. Mit dem Beschluss, die Volkssternwarte aufgrund des hohen Interesses an unseren Führungen weiter geöffnet zu lassen, werden wir das Jahr mit einem leichten Minus abschließen. Nächsten Jahr, in 2022, wenn unsere Eintrittspreiserhöhung durch mehr Besucher stärker zum Tragen kommt, soll der Ausgleich erfolgen.

Ebenfalls für das zweite Halbjahr haben wir inzwischen die Zuschussgenehmigung des Programms „Neustart Kultur“ vom Bund erhalten. Gefördert wird eine Belüftung von Ausstellungsraum, Vortragssaal und Planetarium mit Frischluft. Wer unsere Räume kennt, weiß wie stickig die Luft bei Vorträgen werden kann - das wird in einigen Monaten der Vergangenheit angehören!

All diese Maßnahmen erfordern einen deutlich größeren Dokumentations- und Planungsbedarf, der sich in einer stark erhöhten Arbeitszeit des Vorstandes niederschlägt.

In dem Sinne können wir positiv auf die weitere Entwicklung dieses Jahr sehen.

Volkmar Voigtländer

Der Himmel im Sommer und Herbst 2021

Die **Venus** kann den ganzen Sommer und Herbst hindurch als „Abendstern“ im Westen aufgesucht werden. Da sich die Sonne zu der Zeit aber durchgehend „auf dem absteigenden Ast“ befindet, und die Venus ihr auf der Ekliptik links vorausseilt - also noch südlicher steht -, ergibt sich keine günstige Sichtbarkeit. Man kann im Fernrohr aber dennoch verfolgen, wie der Planet allmählich schmaler und sichelförmiger wird und dabei an Durchmesser gewinnt. Ende Oktober erscheint er gerade halb beleuchtet, dann steht er für uns am weitesten von der Sonne ab.

Wer erinnert sich: Letzten Dezember war es zu einer engen Konjunktion zwischen **Jupiter** und **Saturn** gekommen. Seitdem hat der Jupiter den Saturn noch nicht allzu weit abgehängt. So kommen sie beide innerhalb von 18 Tagen in Opposition zur Sonne, der Saturn am 2., und der Jupiter am 20. August. Dann sind sie Objekte für die ganze Nacht und werden in den Wochen darauf immer besser am Abendhimmel zu sehen sein.

Der Jupiter zeigt schon im kleinen Fernrohr Wolkenbänder, deren Erscheinungsbild derzeit immer wieder Veränderungen unterworfen ist. Und wie schön ist der Eindruck des Planeten zusammen mit der Kette seiner vier großen Monde! Wobei es manchmal auch weniger Monde sind, etwa weil einer gerade vor oder hinter dem Jupiter steht - die sind ja dauernd in Bewegung. In unserem Zehnzöller läßt der Riesenplanet schon viele Details in seinen Wolkenbändern erkennen, das bekannteste ist der „Große Rote Fleck“.

Wunderbar auch der Saturn: Den berühmten Ring kann man ab etwa 30facher Vergrößerung gut erkennen, dazu genügen bereits unsere kleinen Fernrohre. Und im Zehnzöller hat man auch gute Chancen, eine durchgehende Trennung innerhalb des Ringes zu sehen, die sogenannte Cassiniteilung. Dabei gilt für beide Planeten: Wie scharf das Bild ist und was wir an Details im Fernrohr ausmachen können, hängt ganz entscheidend von der Luftruhe ab. Es gibt immer wieder Nächte, in denen Saturn auch bei 450facher Vergrößerung messerscharf im Okular steht und einen traumhaften Anblick bietet!

Bei den hellen Planeten spielt es nicht so die Rolle, dass der Stadthimmel eben doch sehr aufgehellt ist. Jetzt aber verlassen wir das Sonnensystem, und gehen zur „Deep-Sky“-Beobachtung über. Da gibt es viele Objekte, die sehr empfindlich auf Lichtverschmutzung reagieren. Noch am wenigsten trifft das auf die Doppelsterne zu: Bei **Epsilon Lyrae** (ϵ Lyr) - gleich neben der hellen Wega - erkennt man im Feldstecher zwei Sterne, die im Zehnzöller bei 200facher Vergrößerung jeweils wieder doppelt erscheinen - ein schönes Vierfachsystem. Will jemand Farben sehen? Schon das kleine Fernrohr löst **Albireo** (β Cyg) bequem in zwei Sterne auf: In eine hellere gelblich-orange, und eine schwächere bläuliche Komponente - ein toller Kontrast! Das waren zwei klassische Doppelsterne des Sommers und im Lauf des Herbstes kommt noch **Alamak** (γ And) dazu: Ein ähnlich schöner Farbkontrast wie bei Albireo, nur stehen die Sterne näher zusammen, sodass man zumindest 50fach vergrößern sollte.

Auch sehr gut kommen in der Stadt kleine, dabei aber sehr flächenhelle planetarische Nebel heraus: Ich denke da an **NGC 6543** und **NGC 7662**; ersterer ein Objekt des Sommers,

der andere vor allem des Herbstes. Beide können in unserem großen 80-cm-Fernrohr hoch vergrößert werden und zeigen dabei sehr interessante Details.

Schauen wir zu ein paar klassischen Objekten des Sommerhimmels: Da stehen einmal die beiden planetarischen Nebel **M 27** („Hantelnebel“) und **M 57** („Ringnebel“). M 27 ist recht flächenhell und in unseren größeren Fernrohren kommt die rechteckige Form deutlich heraus. M 57 macht seinem Namen alle Ehre: Bei 100facher Vergrößerung zeigt sich im Zehnzöller ein schöner Rauchring. Und zum anderen zwei offene Sternhaufen: Der dichtgepackte **M 11** erscheint im kleinen Fernrohr als kleiner Nebel, löst sich mit zunehmender Öffnung aber in eine Fülle von Einzelsternen auf - sehr eindrucksvoll. Und bei **NGC 6633** zeigt schon unser großer 25x100-Feldstecher eine gut aufgelöste, lockere Sternfigur. Im Lauf des Herbstes kommen weitere schöne Sternhaufen ins Spiel: Einmal der Doppelhaufen $\eta + \chi$ im Perseus, ein tolles Objekt für jedes Instrument; dann die hellen **Plejaden** (M 45), ein Paradeobjekt für Feldstecher und kleines Fernrohr; und schließlich zum Winter hin **M 37**: Eine eindrucksvolle Ballung von Sternen schon in kleineren Fernrohren.

Und nicht zu vergessen die hellen Kugelsternhaufen: Den Sommer über sind **M 5** und **M 13** abends noch gut positioniert und mit dem Zehnzöller kann man bei 170fach schon zahlreiche Einzelsterne erkennen. Noch toller ist der Eindruck in unserem großen 80er, da zeigt sich ein dichter Schwarm voller Sterne! Bis tief in den Herbst hinein kann noch **M 15** beobachtet werden, der im Vergleich zu M 5 und M 13 aber viel dichter und schwerer aufzulösen ist.

Am meisten unter dem hellen Stadthimmel leiden Galaxien und Gasnebel: Dennoch können wir an der Volkssternwarte zumindest den Kern des **Andromedanebels** (M 31) erkennen, unserer großen Nachbargalaxie. Und gegen Jahresende kommt abends noch ein spektakulärer Gasnebel dazu, der auch widrigen Bedingungen trotzt, und sich in allen Instrumenten sehr eindrucksvoll präsentiert: Der **Orionnebel** M 42.

Ben Nagorsen

BLICK INS ALL

Herausgeber: Bayerische Volkssternwarte München e.V.

Volkmar Voigtländer

Redaktion: Martin Elsässer

Layout: Michael Parl

Anschrift: Rosenheimer Str. 145 h, D-81671 München

Telefon: (089) 406239

E-Mail: info@sternwarte-muenchen.de

www.sternwarte-muenchen.de



Die Beauftragte der Bundesregierung
für Kultur und Medien

Die Volkssternwarte wird gefördert durch das
Kulturreferat der Landeshauptstadt München.

