

# 9 ANHANG 4: UMBRA DOCET. DER SCHATTEN LEHRT?

## 9.4 Individuelle Leistungen:

Ein naturwissenschaftlich und v. a. mathematisch interessierter Schüler entdeckte schon bald nach Projektbeginn seine Vorliebe für die Astronomie und überschritt die ursprünglichen Erwartungen erheblich. Im Sinne anzustrebender Selbständigkeit übernahm er sehr bald die Eigenverantwortung für seinen Lernprozess und nützte alle Möglichkeiten der inneren Differenzierung, um Erkenntnisse und Wissen selbsttätig umzusetzen. So plante er nach Absprache einen „individuellen Lehrgang“, in dem er sich durch Selbststudium die nötigen Kenntnisse für die Konstruktion analemmatischer Zifferblätter aneignete, und führte die erforderlichen Berechnungen teils im Werkunterricht, teils in der Freizeit durch.

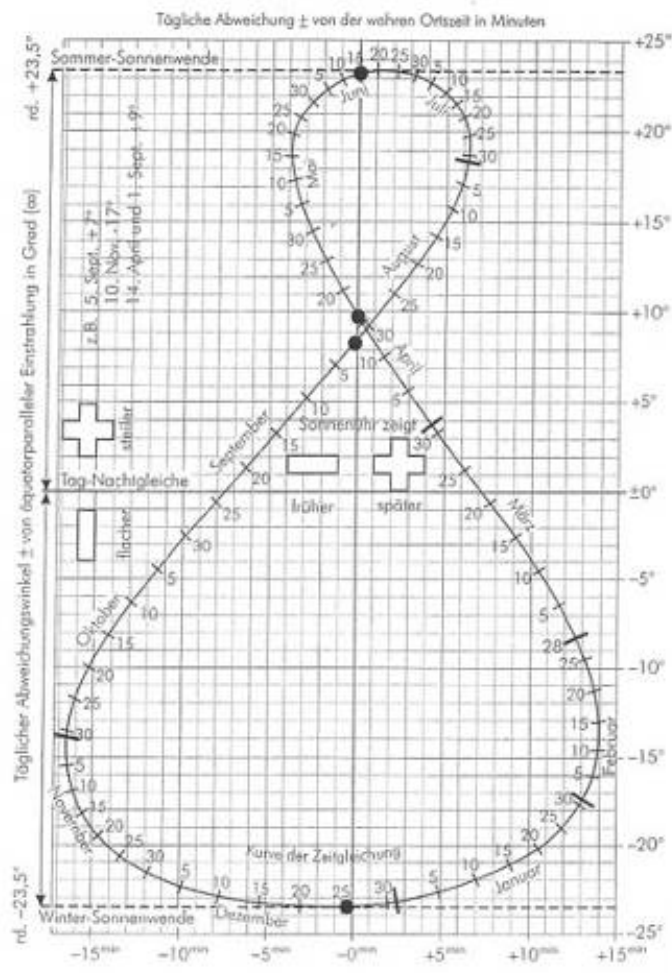


Abb. 30: Zeitgleichungsschleife (mit Skripten ausgehängte Arbeitsunterlage für das Selbststudium)

Darauf aufbauend erstellte er ein Computerprogramm, das auch astronomischen Laien ermöglicht, durch Eingabe der verlangten Daten für jeden Standort der Erde zum Ausdruck funktionstüchtiger (analemmatischer) Zifferblattkonstruktionen zu gelangen.

## 9.4.1 Berechnung des Zifferblattes einer Sonnenuhr für einen Tag

(Originalkonzept des Schülers)

**Zielsetzung:** Eigenständiger Entwurf eines Excel-Berechnungsprogramms zur Darstellung des Zifferblattes einer Sonnenuhr für einen Tag. Kein Aufbau auf andere Komplettlösungen, nur die benötigten Formeln sollen „abgeschaut“ werden.

**Vorgangsweise:** Informationsbeschaffung mittels Internet und Skripten

Konzept des eigenen Berechnungsprogramms  
Vergleich mit einer Komplettlösung

### Begriffsdefinitionen:

**Julianisches Datum:** Das Julianische Datum gibt die Anzahl der Tage an, die seit dem 1. Jänner 4712 vor Christi Geburt 12 Uhr UTC vergangen sind. Da weder Schalttage noch andere Unregelmäßigkeiten auftreten, wird es oft für astronomische Berechnungen verwendet.

**Schiefe der Ekliptik:** Winkel, in dem Erdbahn und Erdachse zueinander geneigt sind; Daraus ergeben sich die Jahreszeiten und noch etliches Anderes.

**Äquatorialkoordinatensystem:** Es geht wie viele Koordinatensysteme auf einer Kugel von zwei Angaben aus:

- Deklination, welche den Winkel zwischen der Äquatorebene und Objekt angibt
- Stundenwinkel, welcher jenen Winkel zwischen Objekt und Punkt des Frühlingsäquinoktiums (Tagundnachtgleiche im Frühling) beschreibt.  
Das System ist für die gesamte Erde gültig und muss nicht dem Standpunkt entsprechend transformiert werden.

**Horizontalkoordinatensystem:** Dieses ist im Gegensatz zum Äquatorialen System nur für den aktuellen Standpunkt gültig und muss daher für jeden Beobachtungspunkt aus den Äquatorialkoordinaten berechnet werden. Für die Position gibt es ebenfalls zwei Angaben:

- Azimut: bezeichnet jenen Winkel zwischen Objekt und Norden
- Höhe: gibt den Winkel zwischen Beobachtungshorizont und Objekt an

### Berechnungsschritte:

1. Berechnung des Julianischen Datums aus dem gewünschten Gregorianischen Datum
2. Korrektur der Zeitzone im Julianischen Datum
3. Berechnung der Äquatorialkoordinaten der Sonne mittels des genauen Julianischen Datums der Zeitpunkte
4. Berechnung der Zeit(un)gleichung aus den Äquatorialkoordinaten
5. Abermalige Errechnung der Äquatorialkoordinaten für die korrigierten Zeitpunkte
6. Transformation in Horizontalkoordinaten
7. Überführung in ein Zifferblattkoordinatensystem, bei dem der Schattenwerfer die Position 0/0 hat:
8. Darstellung in einem Diagramm mit interpolierten Linien zwischen den Punkten

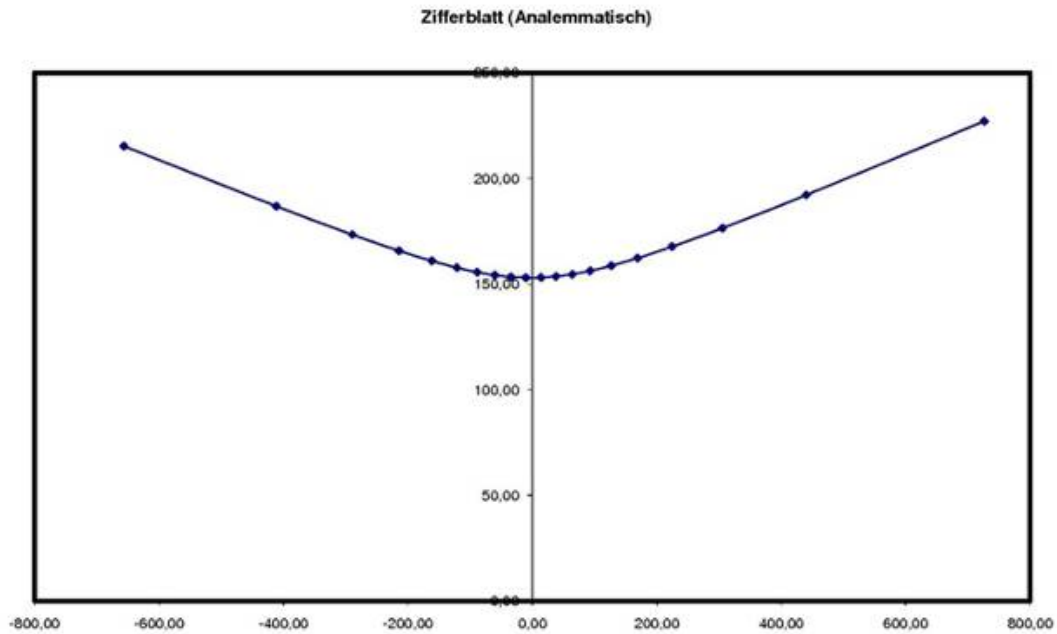


Abb. 31: Beispiel für einen Tagbogen der Sonne (WOZ)

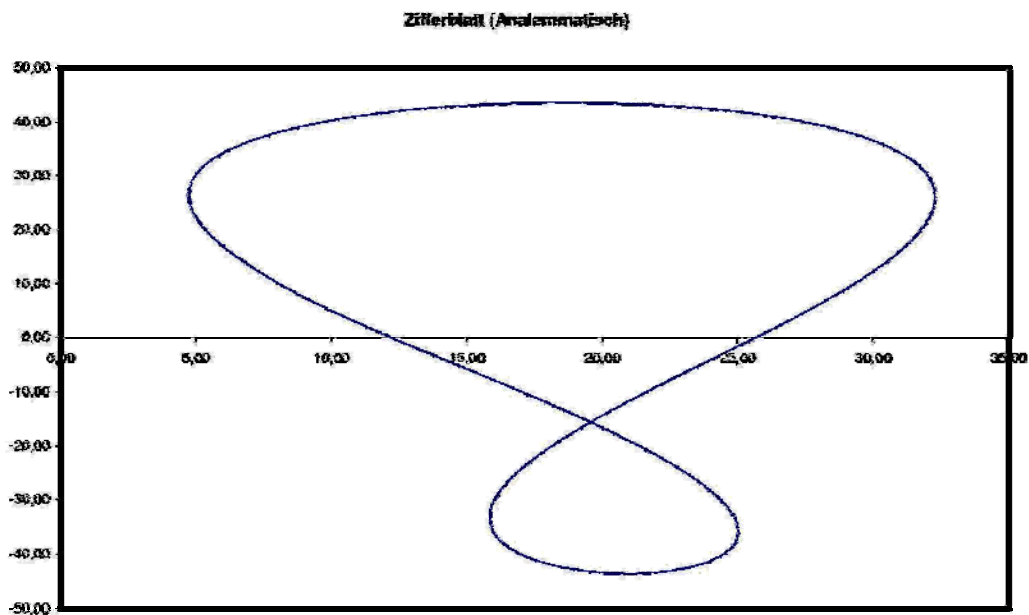


Abb. 32: Von einem Schüler erstelltes Analemma

Nach der Eingabe der gewünschten Höhe des Schattenwerfers, der geografischen Breite, des Jahres, der Uhrzeit (volle Stunden) und der Zeitzone kann man zur Anzeige „Diagramm WOZ“ wechseln. Hier ist zu sehen, wie sich die Position einer Stundenmarkierung im Laufe des Jahres ändert (→ **Projekt-Homepage** [www.wiednergymnasium.at/umbradocet/](http://www.wiednergymnasium.at/umbradocet/) , die ein anderer Schüler fast ohne Hilfe erstellte).

**Grunddaten:**

Höhe des Schattenwerfers:	100
Geographische Breite:	52,55
Geographische Länge:	13,37
Zeitzone:	UT 0
Sommerzeit:	Nein

**Berechnungstag:**

Tag:	9
Monat:	3
Jahr:	2007

daraus JD 0h: 2454168,5

**Anleitung:**

- 1.) Geben Sie bei rechts neben "Höhe des Schattenwerfers" die gewünschte Höhe in Millimetern ein
- 2.) Geben Sie Ihre geographische Breite rechts des entsprechenden Feldes ein
- 3.) Geben Sie Ihre geographische Länge rechts des entsprechenden Feldes ein
- 4.) Geben Sie in das Feld rechts von Zeitzone Ihre Zeitzone bezogen auf Greenwich ein
- 5.) Bei eventueller Sommerzeit geben Sie in das Feld neben Sommerzeit *Ja* ein, ansonsten *Nein*
- 6.) Geben Sie in die Felder rechts neben "Tag", "Monat" und "Jahr" den gewünschten Berechnungstag ein
- 7.) Wechseln sie auf die Anzeige "Diagramm WOZ" und bestaunen Sie das Ergebnis
- 8.) Jene Markierung die sich am nächsten bei der Mittellinie befindet, ist Mittag; von rechts nach links wird es immer später; im Abstand von halben Stunden

Idee und Ausführung: ©p.winkler

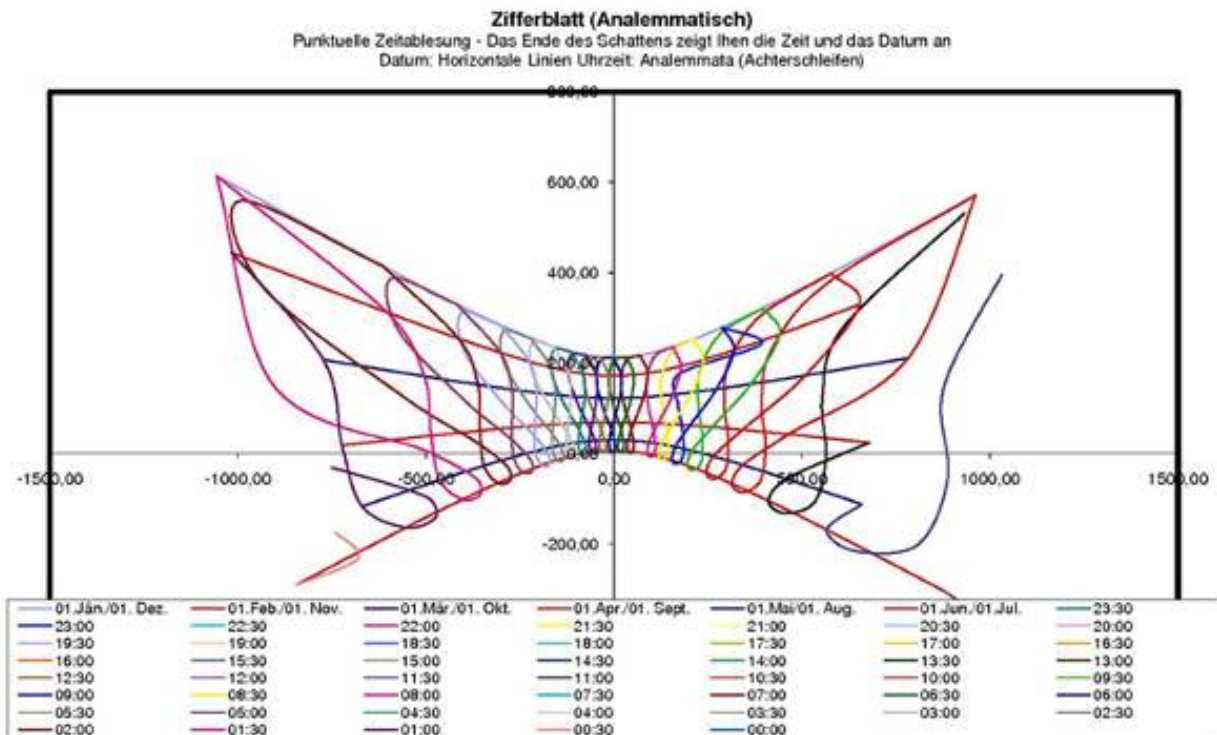


Abb. 33: Analematisches Zifferblatt

Das komplette Programm stellt der Autor auf der Projektseite der Schul-Homepage unter [www.wiednergymnasium.at/umbradocet/](http://www.wiednergymnasium.at/umbradocet/) zur Verfügung.

Berechnung:

Tag	Äquatorialkoordinaten		Horizontkoordinaten		Höhe msl	Zifferblatt		01.Jan	01.Feb	01.Mar
	Stundenwinkel	Deklination	Höhe	Azimuth		Rel.	X - Koordinate			
Tag	Grad (Greenwich)	Grad	Grad	Grad	Rel.	X - Koordinate	Y - Koordinate			
1. Jänner 00:00	-262,20	-23,01	-16,21	251,57	-15,92	665,20	-221,66	0,0	#NV	#NV
1. Jänner 00:30	-254,71	-23,01	-22,75	253,91	-22,45	464,96	-134,16	0,5	#NV	#NV
1. Jänner 01:00	-247,21	-23,01	-29,30	256,09	-29,05	349,31	-66,50	1,0	#NV	#NV
1. Jänner 01:30	-239,72	-23,00	-36,04	258,17	-35,73	272,07	-57,01	1,5	#NV	#NV
1. Jänner 02:00	-232,22	-23,00	-42,78	260,16	-42,46	215,36	-37,35	2,0	#NV	#NV
1. Jänner 02:30	-224,73	-23,00	-49,53	262,12	-49,22	170,90	-23,66	2,5	#NV	#NV
1. Jänner 03:00	-217,23	-23,00	-56,32	264,08	-56,01	134,12	-13,96	3,0	#NV	#NV
1. Jänner 03:30	-209,74	-23,00	-63,14	266,14	-62,83	102,41	-6,92	3,5	#NV	#NV
1. Jänner 04:00	-202,24	-23,00	-69,98	268,44	-69,67	74,07	-2,01	4,0	#NV	#NV
1. Jänner 04:30	-194,74	-22,99	-76,83	88,51	-76,52	47,94	1,25	4,5	#NV	#NV
1. Jänner 05:00	-187,25	-22,99	-83,66	82,23	-83,34	23,13	3,16	5,0	#NV	#NV
1. Jänner 05:30	-179,75	-22,99	-90,52	31,23	-88,51	-2,70	4,45	5,5	#NV	#NV
1. Jänner 06:00	-172,26	-22,99	-97,45	83,94	-82,14	-27,46	2,92	6,0	#NV	#NV
1. Jänner 06:30	-164,76	-22,99	-104,41	89,12	-75,30	-52,45	0,60	6,5	#NV	#NV
1. Jänner 07:00	-157,27	-22,98	-111,41	91,97	-68,40	-76,91	-2,71	7,0	#NV	#NV
1. Jänner 07:30	-149,77	-22,98	-118,43	94,21	-61,62	-107,76	7,93	7,5	#NV	#NV
1. Jänner 08:00	-142,28	-22,98	-125,48	96,24	-54,90	-140,23	-15,33	8,0	#NV	#NV
1. Jänner 08:30	-134,78	-22,98	-132,56	98,20	-48,01	-178,16	-25,67	8,5	#NV	#NV
1. Jänner 09:00	-127,29	-22,98	-139,67	100,16	-41,26	-224,43	-40,21	9,0	#NV	#NV
1. Jänner 09:30	-119,79	-22,98	-146,81	102,16	-34,54	-284,03	-61,21	9,5	#NV	#NV
1. Jänner 10:00	-112,30	-22,97	-153,98	104,25	-27,98	-366,44	-93,08	10,0	#NV	#NV
1. Jänner 10:30	-104,80	-22,97	-161,18	106,46	-21,28	-482,47	-146,61	10,5	#NV	#NV
1. Jänner 11:00	-97,31	-22,97	-168,41	108,82	-14,76	-632,97	-244,97	11,0	#NV	#NV
1. Jänner 11:30	-89,81	-22,97	-175,67	111,35	-8,33	-817,77	-487,91	11,5	#NV	#NV
1. Jänner 12:00	-82,32	-22,97	-183,06	114,16	-2,02	-1137,47	-821,73	12,0	#NV	#NV
1. Jänner 12:30	-74,82	-22,97	-190,58	117,27	4,15	-1492,48	-1264,12	12,5	#NV	#NV
1. Jänner 13:00	-67,33	-22,96	-198,23	120,72	10,13	-1893,94	-1716,60	13,0	961,84	571,60
1. Jänner 13:30	-59,83	-22,96	-205,99	124,61	15,90	-2342,94	-2189,79	13,5	577,94	398,79
1. Jänner 14:00	-52,34	-22,96	-213,88	129,02	21,38	-2840,56	-2683,61	14,0	396,86	321,61
1. Jänner 14:30	-44,84	-22,96	-221,89	134,06	26,51	-3387,82	-3187,86	14,5	288,12	278,86
1. Jänner 15:00	-37,35	-22,96	-230,02	139,84	31,19	-3985,76	-3703,52	15,0	213,06	252,52
1. Jänner 15:30	-29,85	-22,95	-238,28	146,45	35,30	-4634,52	-4241,41	15,5	166,09	236,41
1. Jänner 16:00	-22,36	-22,95	-246,67	153,95	38,71	-5334,24	-4801,18	16,0	109,60	224,18
1. Jänner 16:30	-14,86	-22,95	-255,18	162,28	41,27	-6085,08	-5382,06	16,5	69,25	217,06
1. Jänner 17:00	-7,37	-22,95	-263,81	171,30	42,84	-6887,10	-6003,18	17,0	32,62	213,18
1. Jänner 17:30	0,13	-22,95	-272,56	180,99	43,37	-7730,46	-6665,65	17,5	-2,55	212,05
1. Jänner 18:00	7,62	-22,95	-281,43	191,05	42,68	-8615,22	-7369,54	18,0	-37,84	213,54
1. Jänner 18:30	15,12	-22,94	-290,42	196,96	40,96	-9541,44	-8114,84	18,5	-74,94	217,84
1. Jänner 19:00	22,61	-22,94	-299,53	207,21	38,27	-10509,28	-8901,64	19,0	-115,90	226,44
1. Jänner 19:30	30,11	-22,94	-308,86	214,57	34,75	-11528,80	-9730,05	19,5	-163,58	237,35
1. Jänner 20:00	37,60	-22,94	-318,41	221,06	30,55	-12599,97	-10601,07	20,0	-222,57	255,47
1. Jänner 20:30	45,10	-22,94	-328,18	226,73	25,80	-13723,76	-11515,53	20,5	-301,22	283,53
1. Jänner 21:00	52,59	-22,93	-338,18	231,68	20,62	-14900,26	-12473,60	21,0	-417,06	329,60
1. Jänner 21:30	60,09	-22,93	-348,41	236,02	15,09	-16129,46	-13475,30	21,5	-565,03	414,60
1. Jänner 22:00	67,58	-22,93	-358,88	239,84	9,29	-17511,26	-14520,61	22,0	-746,09	514,31
1. Jänner 22:30	75,08	-22,93	-369,59	243,24	3,27	-19046,66	-15610,56	22,5	#NV	#NV
1. Jänner 23:00	-277,43	-22,93	-320	246,28	-2,92	3594,83	-1579,24	23,0	#NV	#NV
1. Jänner 23:30	-269,93	-22,93	-249,05	249,05	-9,25	1147,44	-439,38	23,5	#NV	#NV
2. Jänner 00:00	-262,44	-22,92	-15,90	251,56	-15,09	675,62	-225,03			
2. Jänner 00:30	-254,94	-22,92	-22,52	253,93	-22,22	470,46	-135,57			

**Berechnung:**

Zeitpunkte Stunden am	Äquatorialkoordinaten		Horizontkoordinaten		Höhe mit Ref	Zifferblatt		X-Koordinate Selektion 2	Y-Koordinate Selektion 1
	Stundenwinkel Grad (Greenwich)	Deklination Grad	Grad	Azimut Grad		X - Koordinate	Y - Koordinate		
0,71	-182,69	-4,73	-41,37	14,25	-41,01	-28,31	111,45	#NV	#NV
1,21	-175,19	-4,72	-39,87	23,90	-39,51	-49,14	110,86	#NV	#NV
1,71	-167,69	-4,71	-37,69	33,08	-37,33	-71,58	109,87	#NV	#NV
2,21	-160,18	-4,71	-34,91	41,70	-34,55	-96,59	108,42	#NV	#NV
2,71	-152,68	-4,70	-31,64	49,74	-31,28	-125,59	106,35	#NV	#NV
3,21	-145,18	-4,69	-27,97	57,25	-27,62	-160,76	103,40	#NV	#NV
3,71	-137,68	-4,68	-23,98	64,29	-23,64	-205,87	99,13	#NV	#NV
4,21	-130,18	-4,67	-19,76	70,94	-19,42	-268,09	92,62	#NV	#NV
4,71	-122,68	-4,67	-15,37	77,29	-15,04	-363,15	81,91	#NV	#NV
5,21	-115,18	-4,66	-10,86	83,42	-10,54	-533,79	61,57	#NV	#NV
5,71	-107,68	-4,65	-6,31	89,42	-5,99	-952,42	9,70	#NV	#NV
6,21	-100,17	-4,64	-1,75	95,36	-1,44	-3961,53	-371,44	#NV	#NV
6,71	-92,67	-4,63	2,77	101,32	3,07	1828,06	365,81	#NV	#NV
7,21	-85,17	-4,62	7,20	107,37	7,49	726,20	227,13	726,20	227,13
7,71	-77,67	-4,62	11,47	113,58	11,76	440,27	192,20	440,27	192,20
8,21	-70,17	-4,61	15,55	120,03	15,83	305,35	176,52	305,35	176,52
8,71	-62,67	-4,60	19,36	126,78	19,64	224,47	167,77	224,47	167,77
9,21	-55,17	-4,59	22,85	133,87	23,12	168,87	162,33	168,87	162,33
9,71	-47,67	-4,58	25,93	141,35	26,20	126,94	158,74	126,94	158,74
10,21	-40,16	-4,58	28,54	149,24	28,80	93,04	156,30	93,04	156,30
10,71	-32,66	-4,57	30,59	157,51	30,85	64,05	154,68	64,05	154,68
11,21	-25,16	-4,56	32,02	166,10	32,28	38,03	153,65	38,03	153,65
11,71	-17,66	-4,55	32,78	174,91	33,04	13,64	153,13	13,64	153,13
12,21	-10,16	-4,54	32,84	183,81	33,10	-10,19	153,05	-10,19	153,05
12,71	-2,66	-4,54	32,20	192,65	32,46	-34,43	153,41	-34,43	153,41
13,21	4,84	-4,53	30,87	201,29	31,14	-60,10	154,25	-60,10	154,25
13,71	-347,66	-4,52	28,92	209,62	29,18	-88,48	155,66	-88,48	155,66
14,21	-340,15	-4,51	26,40	217,57	26,67	-121,38	157,80	-121,38	157,80
14,71	-332,65	-4,50	23,40	225,12	23,67	-161,67	160,99	-161,67	160,99
15,21	-325,15	-4,49	19,98	232,28	20,25	-214,38	165,81	-214,38	165,81
15,71	-317,65	-4,49	16,22	239,08	16,50	-289,65	173,47	-289,65	173,47
16,21	-310,15	-4,48	12,19	245,58	12,47	-411,66	186,89	-411,66	186,89
16,71	-302,65	-4,47	7,95	251,84	8,24	-656,36	215,30	-656,36	215,30
17,22	-295,15	-4,46	3,55	257,92	3,85	-1453,34	310,98	#NV	#NV
17,72	-287,64	-4,45	-0,94	263,90	-0,64	8918,62	-952,83	#NV	#NV
18,22	-280,14	-4,45	-5,49	269,85	-5,18	1103,74	-2,87	#NV	#NV
18,72	-272,64	-4,44	-10,04	-84,15	-9,72	581,00	59,48	#NV	#NV
19,22	-265,14	-4,43	-14,53	-78,04	-14,21	386,44	81,88	#NV	#NV
19,72	-257,64	-4,42	-18,93	-71,72	-18,59	282,25	93,26	#NV	#NV
20,22	-250,14	-4,41	-23,16	-65,11	-22,82	215,59	100,04	#NV	#NV
20,72	-242,64	-4,41	-27,17	-58,13	-26,82	167,98	104,46	#NV	#NV
21,22	-235,14	-4,40	-30,87	-50,69	-30,51	131,28	107,49	#NV	#NV
21,72	-227,63	-4,39	-34,18	-42,73	-33,82	101,27	109,63	#NV	#NV

## 9.4.2 Sonnenbestrahlung des Mondes

Als Beispiel einer Reihe weiterführender „Privatprojekte“, die der Schüler in seiner Freizeit durchführte und sich noch im Planungsstadium befinden, mögen Berechnungen der Sonnenzeit des Mondes dienen, die nach dem gleichen Prinzip aufgebaut sind und für alle Interessierten ohne Vorkenntnisse ein leicht bedienbares Programm bereitstellen.

Mondphasen:

Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel	Zurück
Der vorhergehende Neumond war am 5.5.2008 um 12:00.	Das vorhergehende erste Viertel wurde am 12.5.2008 um 03:02 erreicht.	Der vorhergehende Vollmond war am 20.5.2008 um 02:00.	Das nächste letzte Viertel wird am 28.5.2008 um 02:02 erreicht werden.	

Eingabe

Jahr	Monat	Tag	Stunde	Minute	Zeitzone		
2008	Mai	22	17	54	1	<input type="checkbox"/> Sommerzeit	Jetzt! Berechnen!

Ausgabe:

Der erleuchtete Teil des Mondes

Mondphasen

Bedienung:

- 1.) Wählen Sie mit Hilfe der Menüs das gewünschte Datum, die gewünschte Uhrzeit und Ihre Zeitzone
- 2.) Klicken Sie auf "Berechnen!"
- 3.) Wählen Sie aus dem Bereich "Ausgabe" die gewünschte Ansicht durch Klicken

**WICHTIG:** Nach jeder Änderung des Datums, der Uhrzeit oder der Zeitzone müssen Sie auf "Berechnen!" klicken, sonst erhalten Sie bedeutungslose Ergebnisse!

Idee und Ausführung: © p.winkler



### Der Mond

ist die Schattenlinie blau,  
ist der Teil links der Linie erleuchtet  
ist die Schattenlinie rot,  
ist der Teil rechts der Linie erleuchtet.

Zurück

Abb. 34: Bestrahlter Teil des Mondes (linker Teil)