

Beobachtungen zur Gestalt und zur Bewegung der Erde

Wagenscheins Überlegungen und Anregungen erneut nachgegangen

Udo Backhaus
Universität Duisburg-Essen

„Seltsamerweise dulden wir es, daß jedermann nur nachredet, die Erde laufe um die Sonne, ohne daß er jemals Planeten in ihrer Wirklichkeit angeschaut hat. Die Planetenbahnen sind das Phänomen, das Kopernikus deutet.“

Zitate und Abbildungen aus Martin Wagenschein:

Die Erde unter den Sternen (1955), Wie weit ist der Mond entfernt? (1962), Verdunkelndes Wissen (1965) , Die Erfahrung des Erdballs (1967)

Saturn

Venus, Jupiter, Mond und Saturn

am 15. August 2001 MESZ um 4:30

Jupiter

Venus

„Für ein Wissen, das im Ganzen des Menschen ebenso verwurzelt sein soll wie in seinem Gegenstand, genügt weder Anschaulichkeit des Dargebotenen noch Gründlichkeit der Beweisführung, wenn nicht zuvor die Sache selbst (die wir keinesfalls „Stoff“ nennen sollten), wenn nicht der Gegenstand selbst „*anwesend*“ geworden ist, das heißt in seiner eigenen Wirklichkeit vor dem Lernenden steht. Andernfalls *verdeckt* der Globus den Erdball, das Astrolabium den Himmel, und die Planetarien werden Mausoleen unseres ursprünglichen, geduldigen, weltoffenen Sehens.“

(„Die Erfahrung des Erdballs“. Aus der Einleitung von 1967)

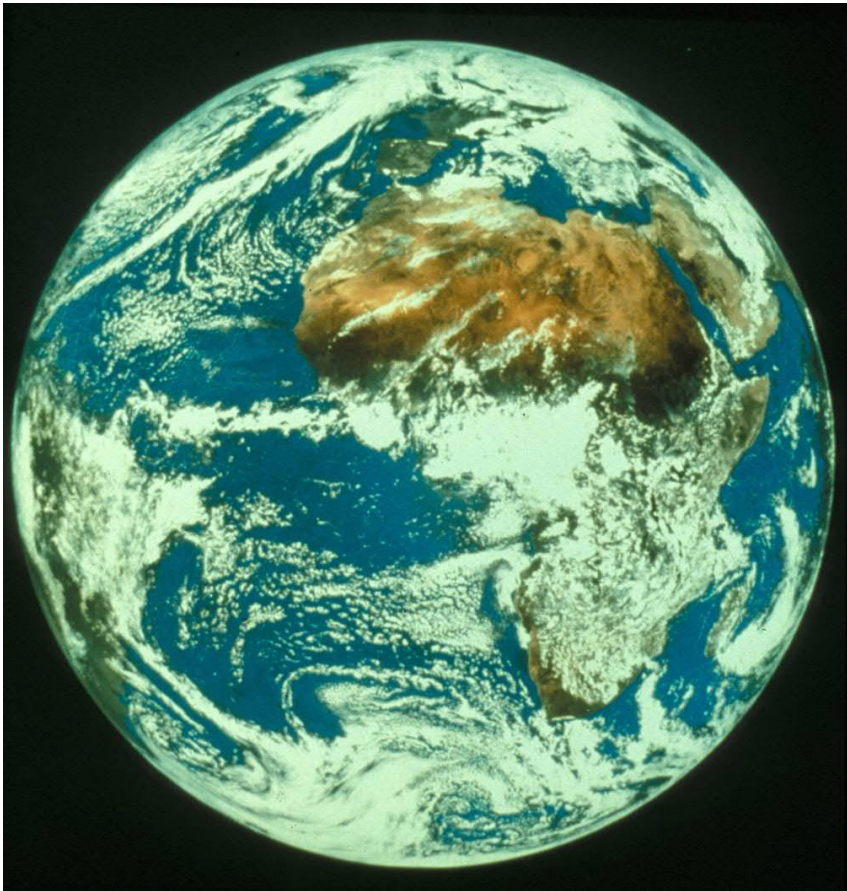
Gliederung

- Einleitung (Innensicht und Außensicht, Wolkendecke, Antipodenproblem, Drehung von Himmel und Erde)
- Die Kugelform
 - Schiffe am Meer
 - Sternenhimmel (Sternbilder)
 - Weltreisen (Verkipfung, Verdrehung)
 - Sonnenlauf (Auf- und Untergänge, Tageslänge, Kulminationshöhe, Uhrzeit)
 - Mondfinsternisse
 - Erdschatten
 - Sonnenuntergänge am Horizont

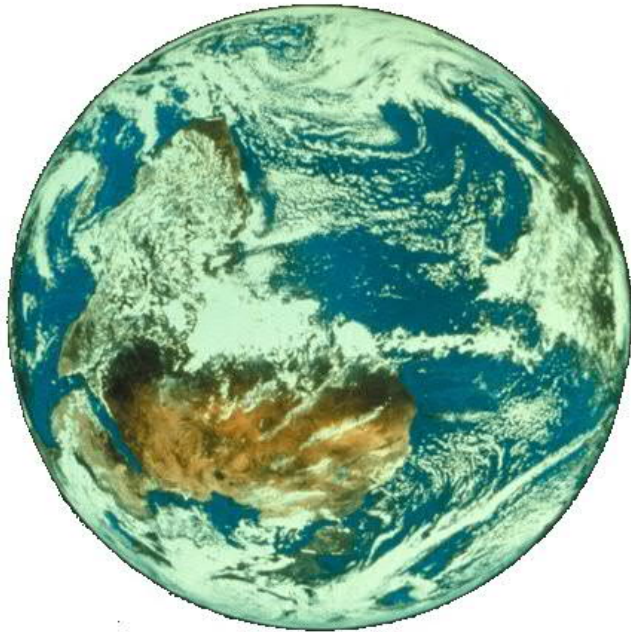
Einleitung

Die Erde ist eine Kugel.

Wirklich?



Das „Antipodenproblem“



aus „Astronomie plus“

„... Also müßte der Antipode wohl vielleicht Haken an seinen Schuhen haben ... ; aber er hat keine ... Ja, so wie wir uns einbilden oben auf der Erde zu seyn, so bildet es sich der Antipode auch ein und glaubt, daß wir unten sind. Vielleicht ist ihm eben so bange um uns als uns für ihn ist ... In der That, wenn sich jemand an der Decke eines Zimmers mit den Füßen halten wollte, so müßten die Haken an seinen Schuhen sehr stark seyn, und bey alle dem würde er doch eine sehr traurige Figur vorstellen ...“

(L. Euler, Briefe an eine deutsche Prinzessin, zitiert nach M. Wagenschein)

„... , aber in Wirklichkeit dreht sich die Erde. ... Oder?“



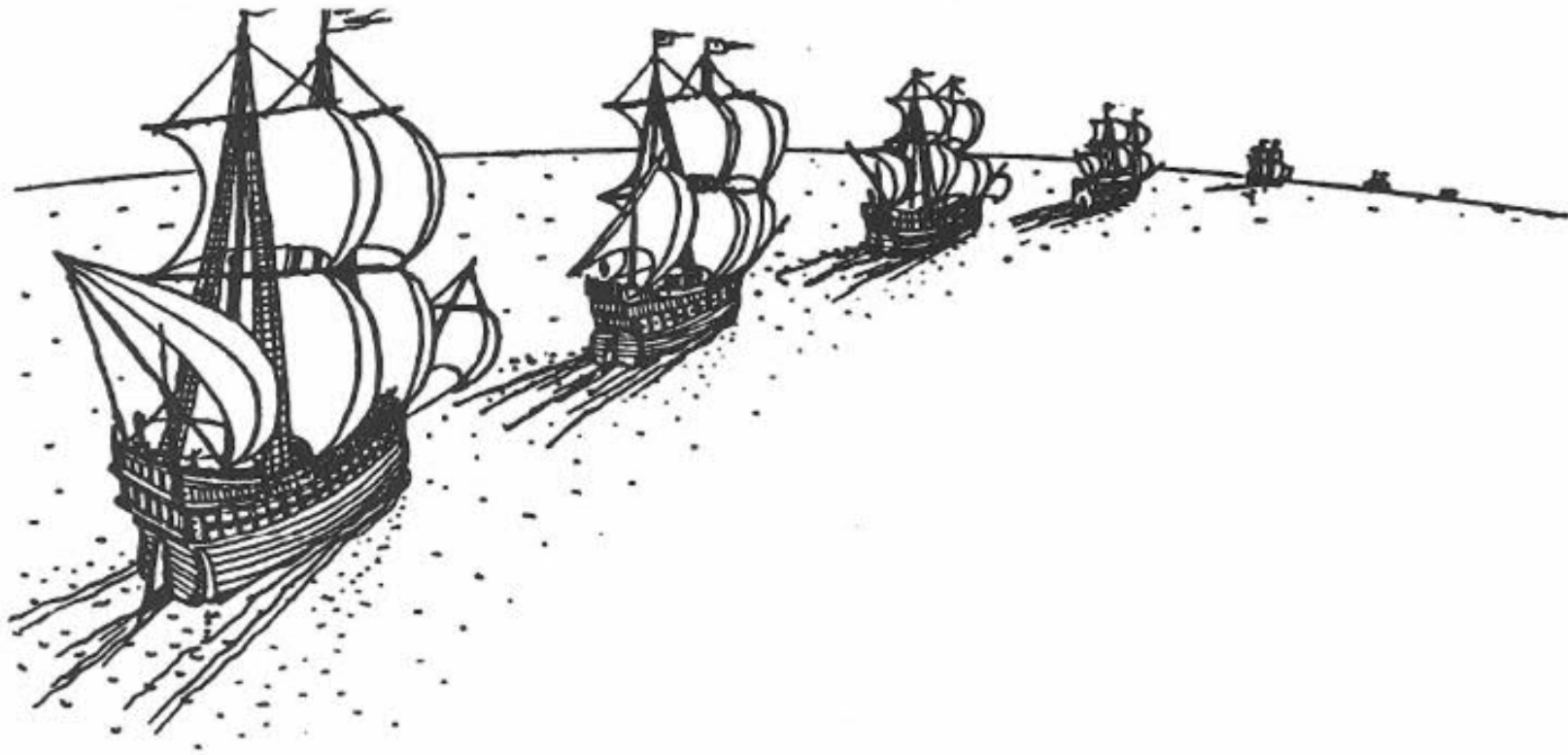
Der Erdkugel – von innen auf der Spur

- Die Wolkendecke bei Cumulusbewölkung
- Der Horizont am Meer
- Die „Reaktion“ des Himmels bei Nord- Süd-Reisen
- Die Veränderung der Uhrzeit bei O-W-Reisen
- Der Schatten der Erde
 - bei Mondfinsternissen,
 - bei Sonnenauf- oder -untergang



„Auch von unten, vom Boden aus, glaubt man dieser Cumulushülle manchmal Anschmiegung an eine gekrümmte Erde anzusehen. Ein tief und flach über uns hingewölbter Wolkenhimmel zeigt sich dann; ...“

Der Horizont am Meer



Der Versuch, Erdkrümmung am Meer zu beobachten ...



... und mit einfacher Kamera zu fotografieren



aus der Praktikumsaufgabe
„Schiffe am Horizont und der Erdradius“



Entfernung: 26.4 km



Entfernung: 28.5 km



Entfernung: 33.3 km

Leuchtturm Greifswalder Oie



Blick von der Düne (h = 4m) ...

... und vom Strand (h = 2m)

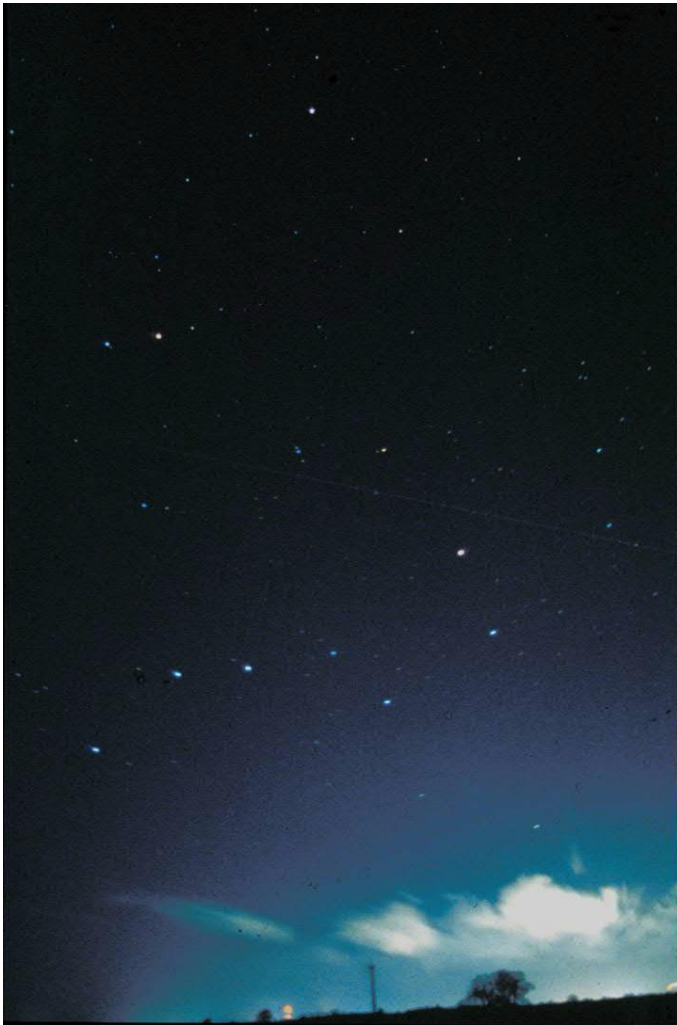
Der Leuchtturm ist 48 m hoch und 28 km entfernt.

(Quelle nicht mehr zu ermitteln)

Die Erdkugel bei Nord-Süd-Reisen

- Die Höhe des Polarsterns über dem Horizont nimmt zu (bzw. ab) bei Reisen nach Norden (bzw. nach Süden). Das ist bereits innerhalb Deutschlands leicht zu bemerken.
- Bei der Überquerung des Äquators nach Süden verschwindet der Polarstern unter dem Horizont: *Die Nordrichtung geht verloren.*
- Die Orientierung der Sternbilder ändert sich.
- Die Mittagshöhe der Sonne und die Tageslänge ändern sich.

Messung der Polhöhe mit einem Pendelquadranten oder einem Smartphone



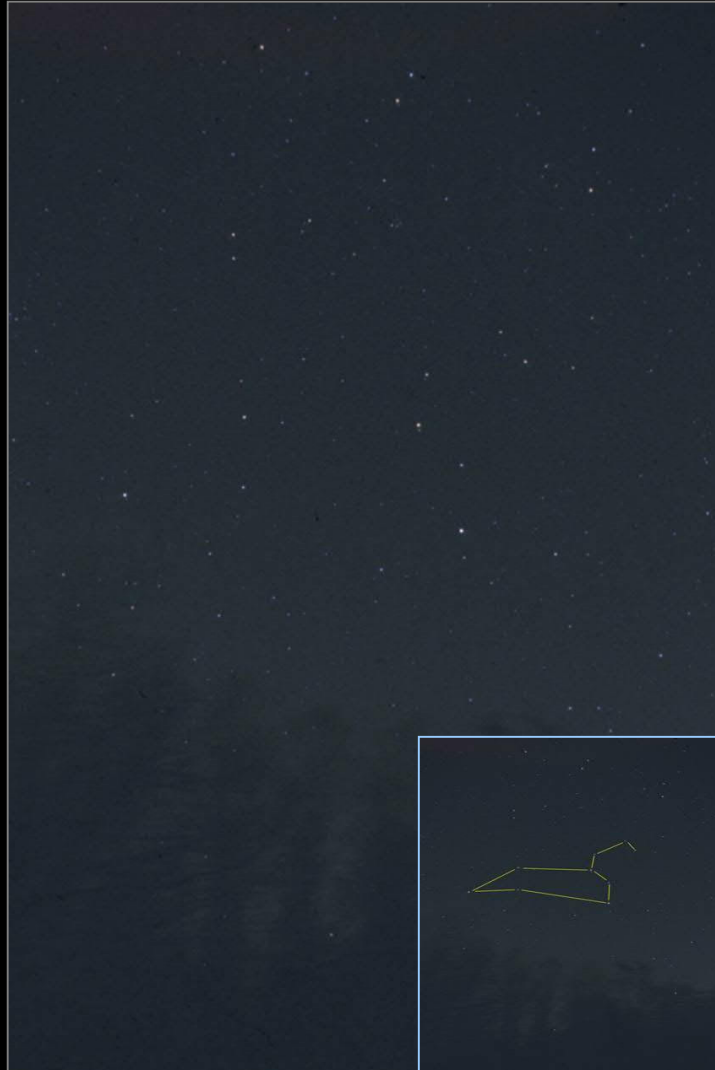
Die Orientierung einiger Sternbilder

1. Der Große Wagen



Die Orientierung einiger Sternbilder

2. Der Löwe

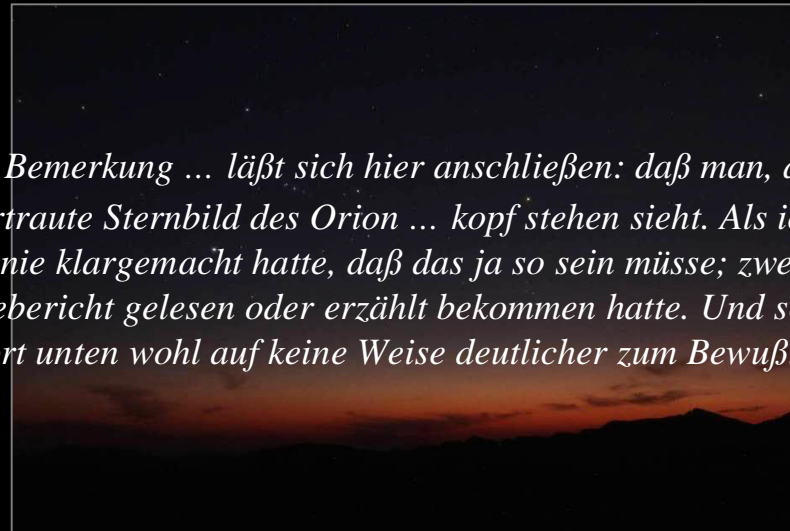


Die Orientierung einiger Sternbilder

3. Orion

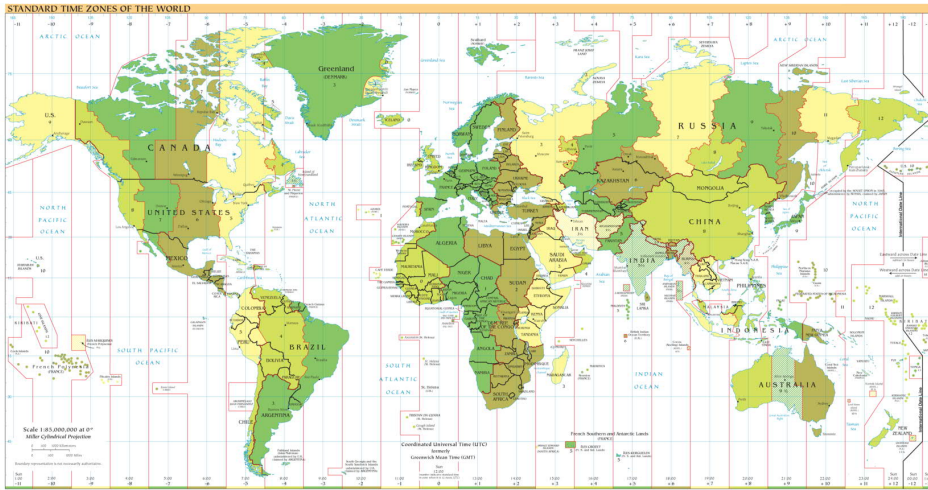


„Eine ganz beiläufige Bemerkung ... läßt sich hier anschließen: daß man, auf der südlichen Halbkugel angekommen, das vertraute Sternbild des Orion ... kopfstehen sieht. Als ich das las, war ich betroffen darüber, daß ich mir nie klargemacht hatte, daß das ja so sein müsse; zweitens, daß ich es noch in keinem anderen Reisebericht gelesen oder erzählt bekommen hatte. Und schließlich, daß uns das eigene Kopfstehen dort unten wohl auf keine Weise deutlicher zum Bewußtsein gebracht werden kann.“



Die Erdkugel bei Ost-West-Reisen

Bei einer weiten Reise nach Osten vergeht die Uhrzeit (Sonnenzeit) schneller. Deshalb muss man am Zielort die vorstellen. Deshalb gibt es Zeitzonen



Die Tagesschau, 31. Dezember, 20 Uhr MEZ

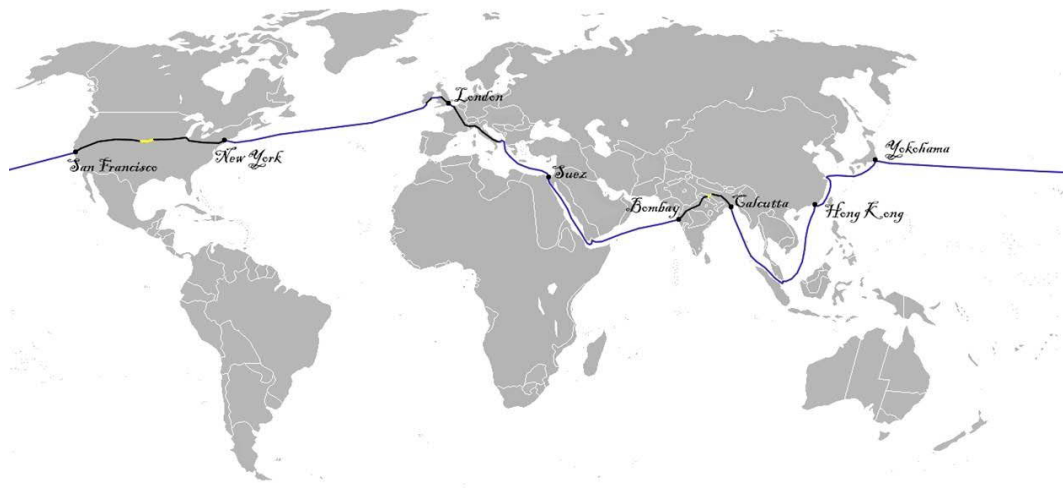


Die Erdkugel bei Ost-West-Reisen

Bei einer Erdumrundung

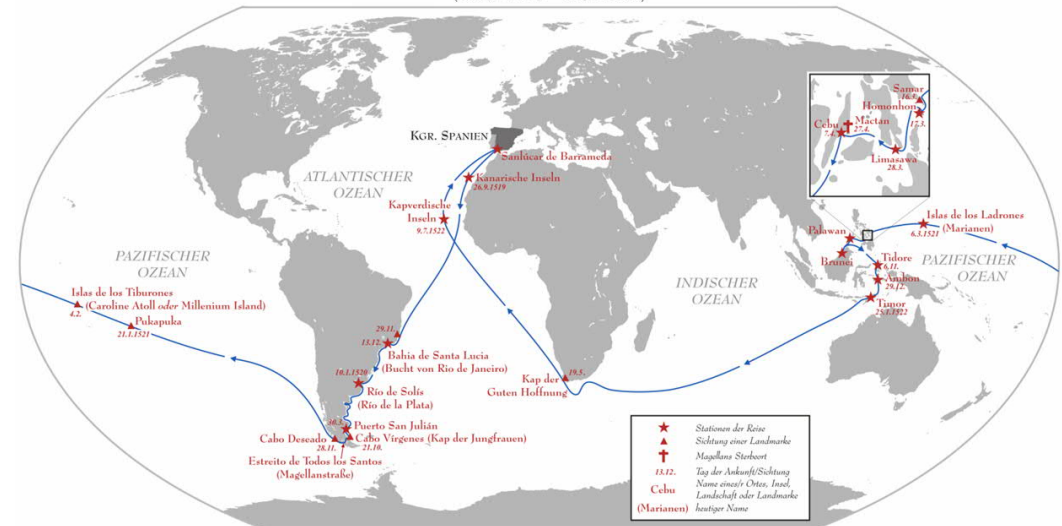
- von West nach Ost gewinnt man einen Tag („In 80 Tagen um die Welt“),
- von Ost nach West verliert man einen Tag (Magellan).

„In 80 Tagen um die Welt“



Wikipedia

Die Weltumsegelung von
Ferdinand Magellan und Juan Sebastián Elcano
(20.9.1519 – 6.9.1522)



Wikipedia

„(Deshalb) muß der bereiste Weg ein Kreisbogen sein. Daß die ganze Erde eine Kugel ist, beweist diese Erfahrung noch immer nicht. ... Es könnte noch immer so sein, wie Xenophanes es sich dachte, daß die Erde – ich zitiere wieder Aristoteles durch Keplers Mund – das die Erde vnder sich khain end habe, vnd auff einer vnentlichen vnauffhörlichen Wurzel stehe.“

Mondfinsternisse und die Form der Erde

„Und dafür (daß die „Wurzel“ (der Erde) fehlt, daß es rundum geht, auch unten herum) gibt es nun ein überwältigendes Indiz, das nicht einmal eine Reise verlangt und das kein Lehrer versäumen sollte, seinen Kindern zu zeigen. Es wird uns allen nicht allzu selten als ein riesiges Schattentheater vorgeführt: die „Mondfinsternis“.



„Hier feiert die Korruption unseres Schulwissens Triumphe. Fast alle lernen nach Büchern, was da angeblich vor sich geht, aber von 100 Abiturienten (hat) vielleicht ... einer hat sie genau gesehen. Die meisten sehen sie nicht, ohne daß sich die zuvor gelernte Scheingelehrsamkeit vor den Mond schiebt und ihn zum zweiten Mal verdunkelt.“

Mondphase oder Mondfinsternis?



*„Zunächst, für den Unwissenden, ist da nichts, was mit „Schatten“ zu tun hätte. ...
Und nun muß man freilich, um weiterzukommen, wissen, wie es mit den sogenannten
Mondphasen steht.“*



„Hier steht der Mond sich selbst im Lichte.“



Die Schattenkante ist ...



... bei Mondfinsternis ein Kreis ...

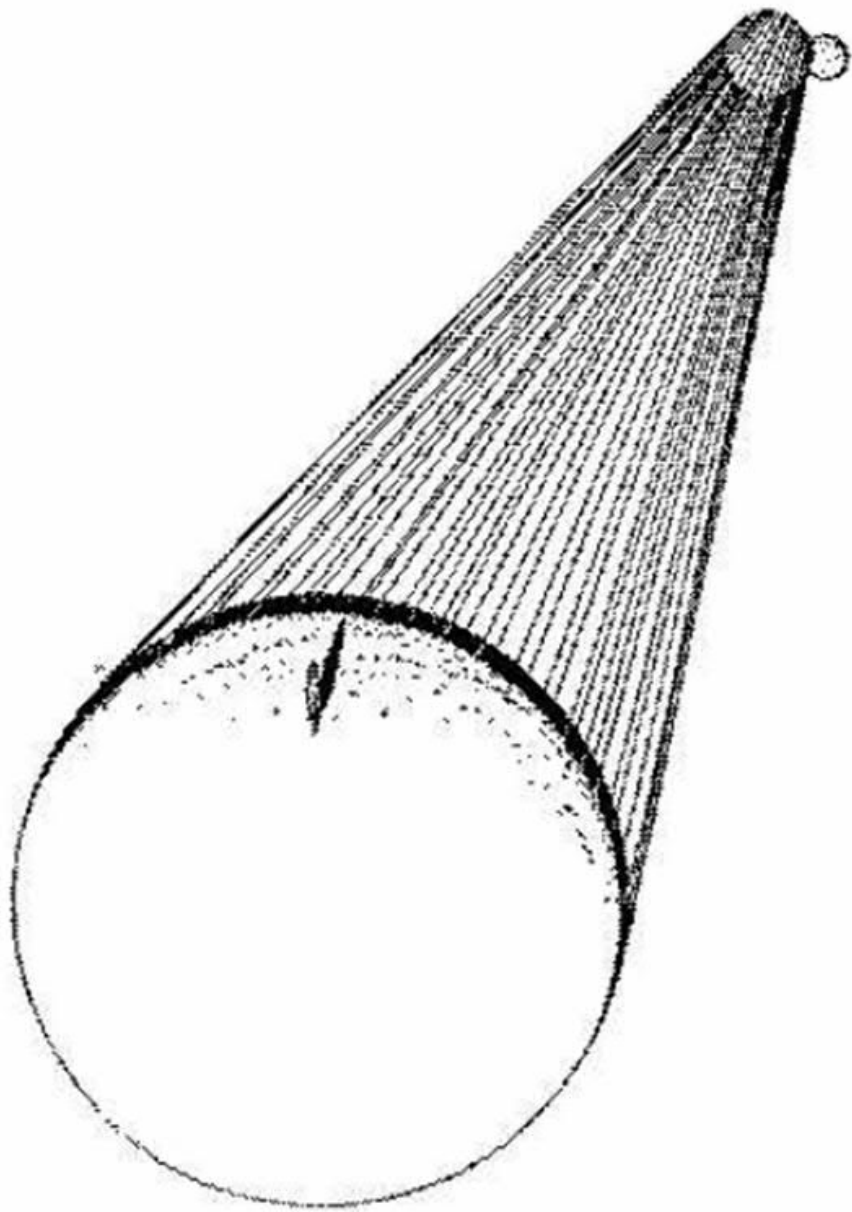


... und bei der Phasengestalt eine Ellipse.

Die Mondfinsternis am 4. Mai 1985 um 21:00,
kurz nach Sonnenuntergang



Unser eigener Schatten müsste eigentlich auf dem Mond zu sehen sein!



Mondfinsternis und Erdgestalt

Andere Perspektiven eines Außerirdischen zu selben Zeit auf dieselbe Mondfinsternis



Blick von der Sonne Richtung Erde



Blick vom Mond Richtung Erde

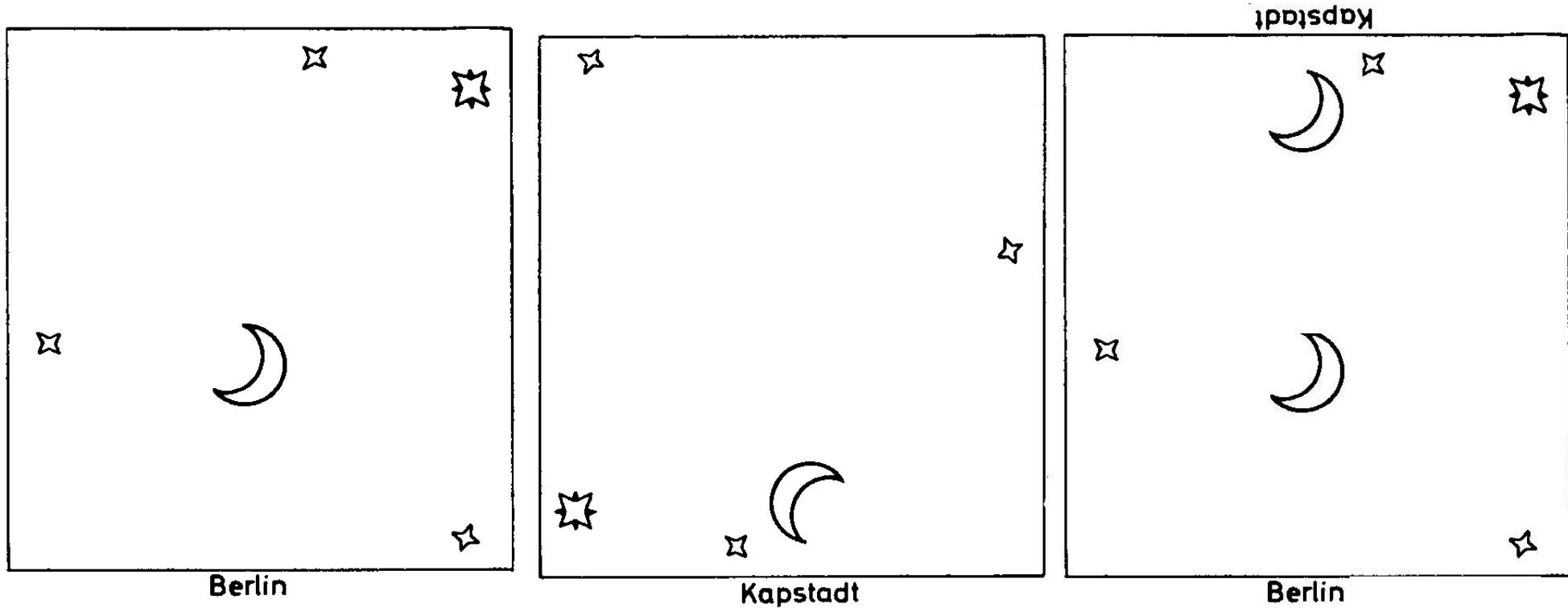
Die Mondfinsternis am 16. Juli 2019



„Das eigentlich Schreckliche ist ja, daß diese ‚Wurzel‘ fehlt, daß es rundum geht, auch unten herum.“ (Wagenschein)
(Foto: Alfred Knülle-Wenzel)

Die Entfernung des Mondes

(nach Wagenschein, „Wie weit ist der Mond von uns entfernt?“)



„Wäre die Erde der Kopf eines Riesen, der mit zwei Augen auf den Mond blickte (mit dem einen aus Berlin und dem anderen, 10000 km davon, aus Kapstadt zum Monde aufblickend, hinausblickend), und kniffe er abwechselnd das eine und das andere dieser Augen zu, so sähe er den Mond springen zwischen den Sternen. So weit ist der Mond von der Erde entfernt!“

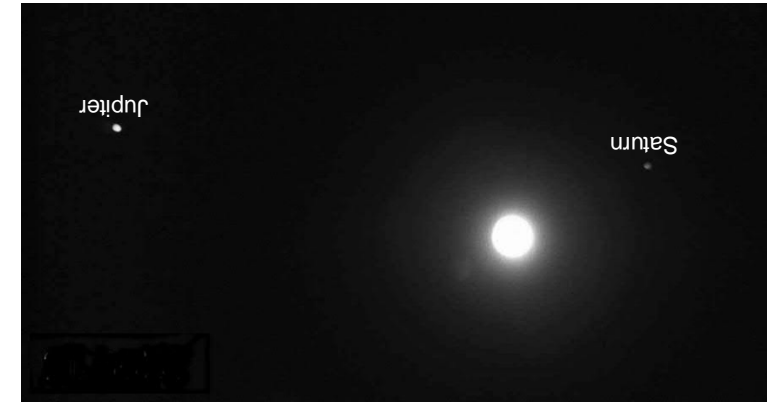
Der Mond zwischen Jupiter und Saturn am 9. Dezember 2000 um 21:00 UT



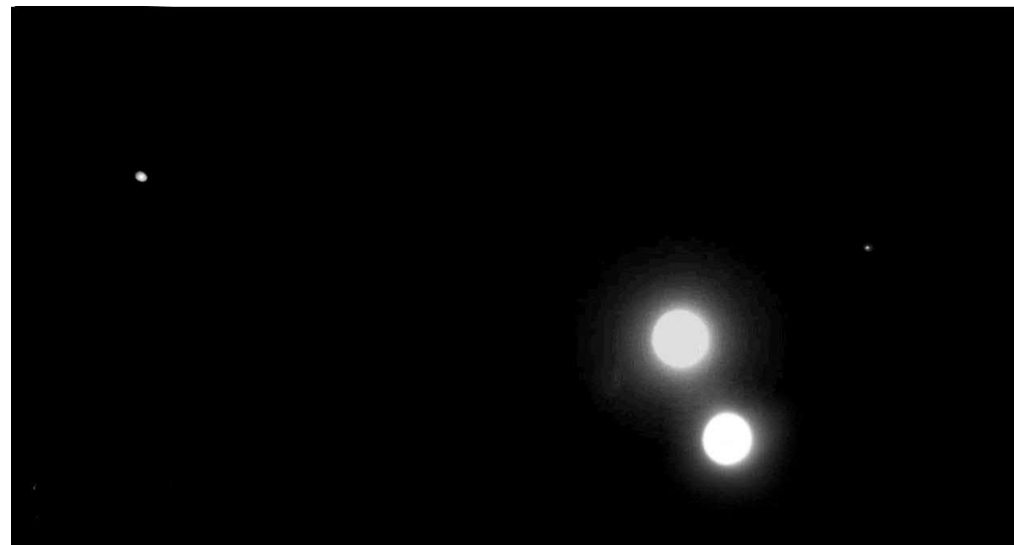
Fotografiert in Koblenz ...



... und in Namibia.



Das Namibia-Foto um 180° gedreht



... und nun anhand von Jupiter und Saturn kombiniert.

Der Mond am 29. Mai 2016 um 2:10 UT Hakos-Farm, Namibia



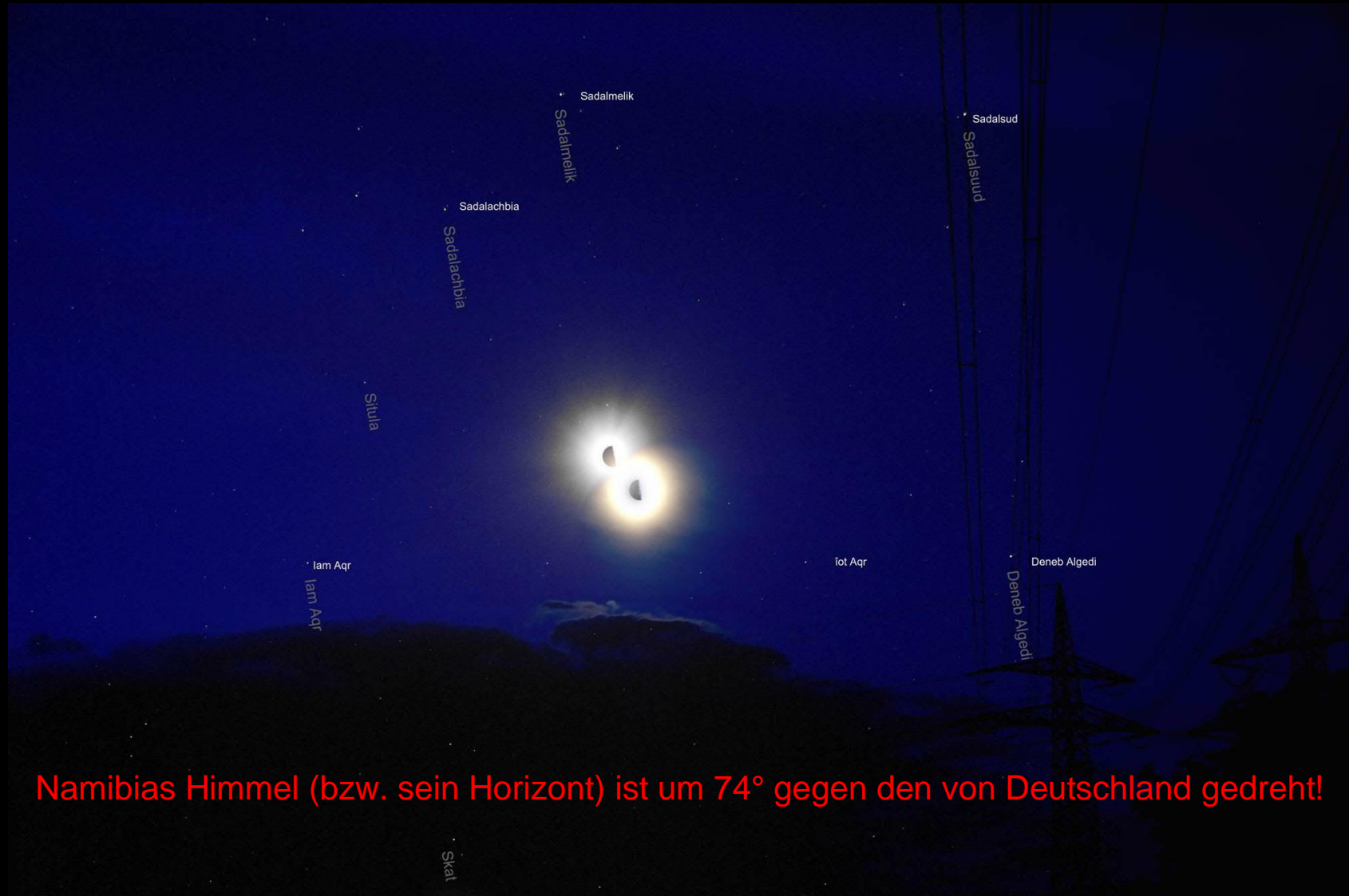
Erzeugung



Der Mond am 29. Mai 2016 um 2:10 UT Bochum (A. Knülle-Wenzel)



Bochum – Hakos mit Hilfe der Umgebungssterne

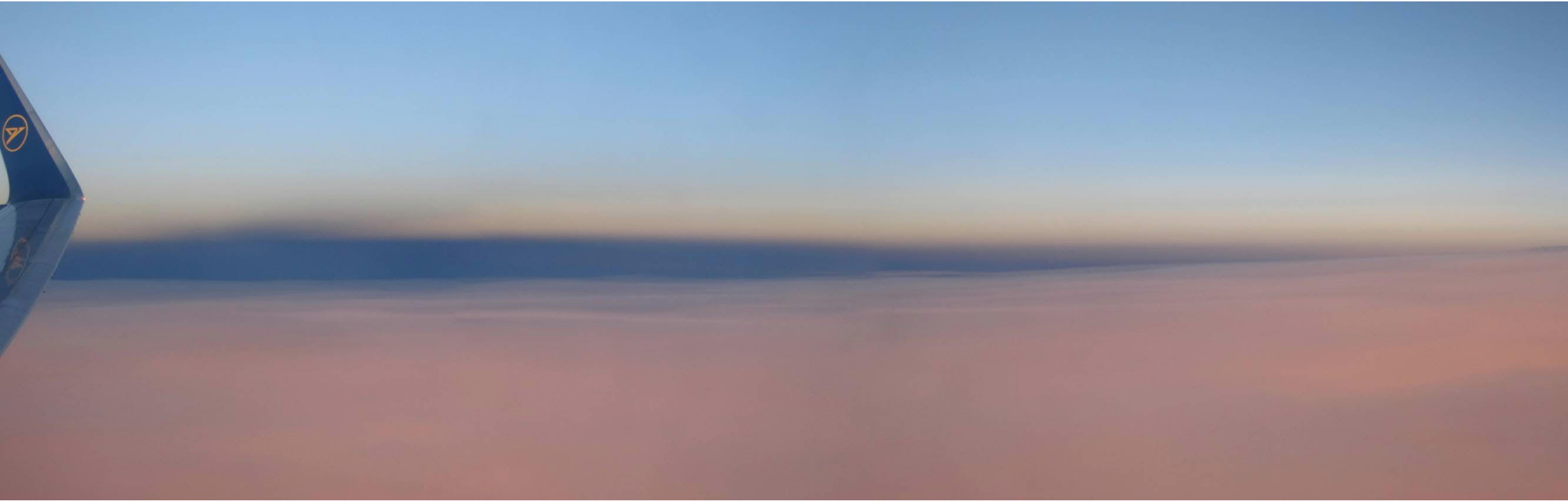


Namibias Himmel (bzw. sein Horizont) ist um 74° gegen den von Deutschland gedreht!

Der „Erdschatten“ geht unter,
wenn die Sonne aufgeht.



Sonnenaufgang beim Flug von Namibia nach Deutschland



Noch ein Nachweis der Krümmung der Erdoberfläche:

In Flugrichtung Norden wird der Erdschatten immer schmaler. In der Ferne ist er bereits verschwunden. Dort ist die Sonne bereits aufgegangen.

Der Untergang der fast runden Sonne überall auf der Erde direkt am Horizont zeigt uns, dass die Erde eine Kugel sein muss. (W. Schlosser)



Die Drehung von Himmel und Erde („Die tägliche Umwälzung“)

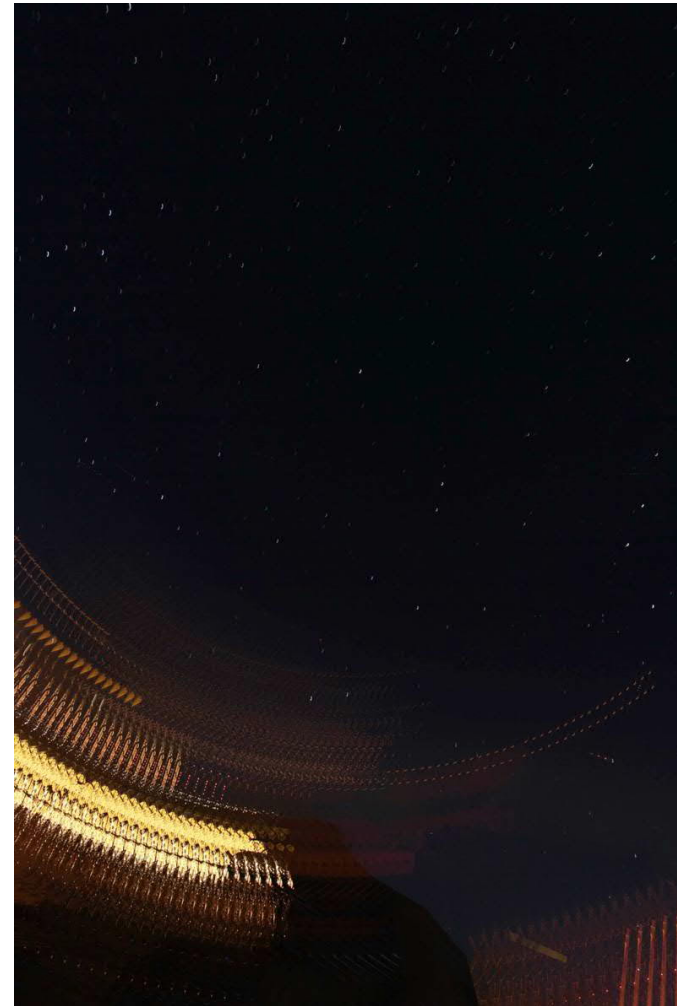
„Diesen Gedanken hatte es zweitausend Jahre vorher schon einmal gegeben, aber er hatte sich nicht durchsetzen können, so unglaublich war er. ... Daran zu glauben, ist nun wirklich für einen unbefangenen und selbständig denkenden Menschen eine noch viel größere Zumutung als die Anerkennung der Kugelgestalt. Hat er jene annähernd ... sich angeeignet, so fühlt er sich doch am ‚Leib‘ (in Keplers Sprache) der Erde ruhen. Nun soll er aber glauben, wenn er im Schweigen etwa des Gebirges steht, in dem nichts sich regt, er sei in rasender Fahrt; wir alle. Eine widersinnige Behauptung, weil sie aller ungekünstelten Erfahrung widerspricht.

...

Er (Aristarch) hatte also die Mondphasen verstanden. Sein ... produktiver Einfall muß es gewesen sein, die Mondsichel "im Hinblick auf" die Sonne (mit anderen Worten: die Konstellation Mond-Sonne als eine ‚Gestalt‘) zu deuten. Er muß gesehen haben, was auch heute jeder sehen kann ..., daß hier eine dunkle Kugel im Lichte einer Sonne hängt, die schräg hinter ihr, weit hinter ihr, schweben muß (und zwar einer deshalb riesigen Sonne) Dabei kann sich nun die kühne Idee aufdrängen, das gemeinsame Zum-Horizont-Niedersinken dieser ganzen Konstellation (gemeinsam trotz so verschiedener Abstände!) am einfachsten durch ein Rotieren unseres Erdballs fertiggebracht zu denken.“

Dreht sich der Himmel oder die Erde?

(Wie sähe das linke Bild aus, wenn die Kamera an der „Himmelskuppel“ festgemacht wäre?)



Die Drehung des Sternenhimmels um den Himmelsnordpol

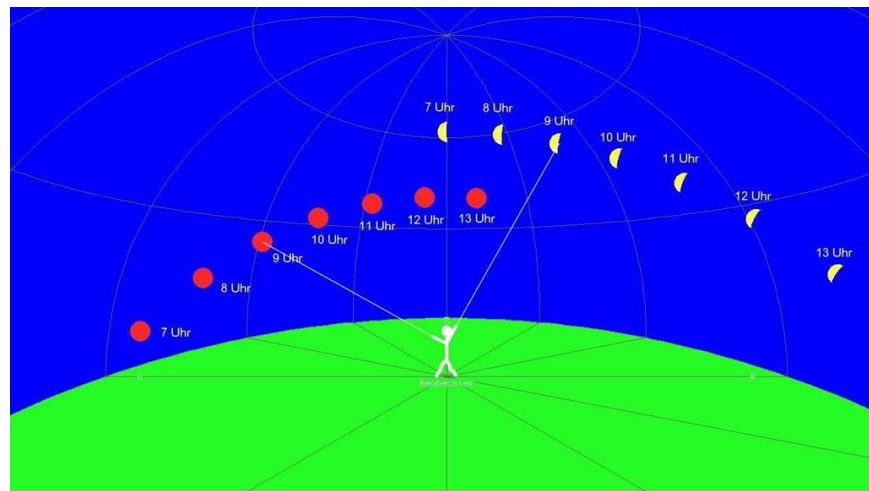
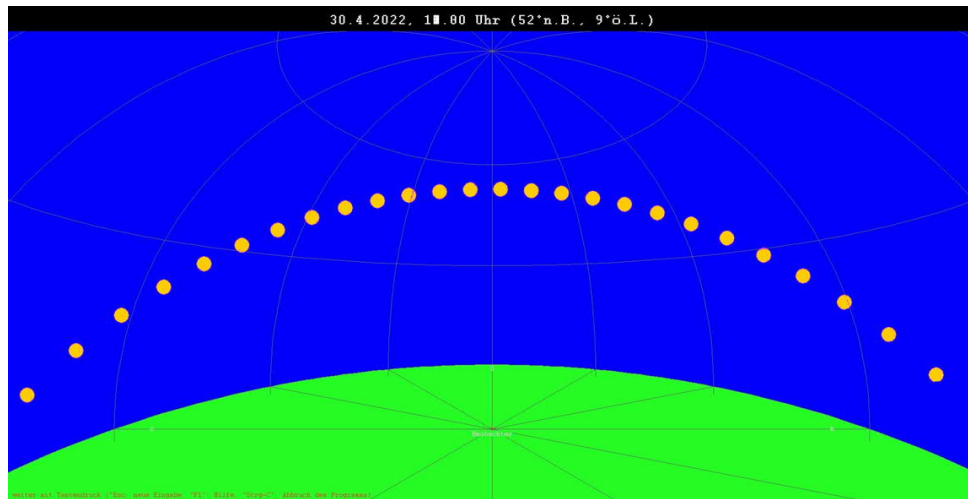


in Dänemark

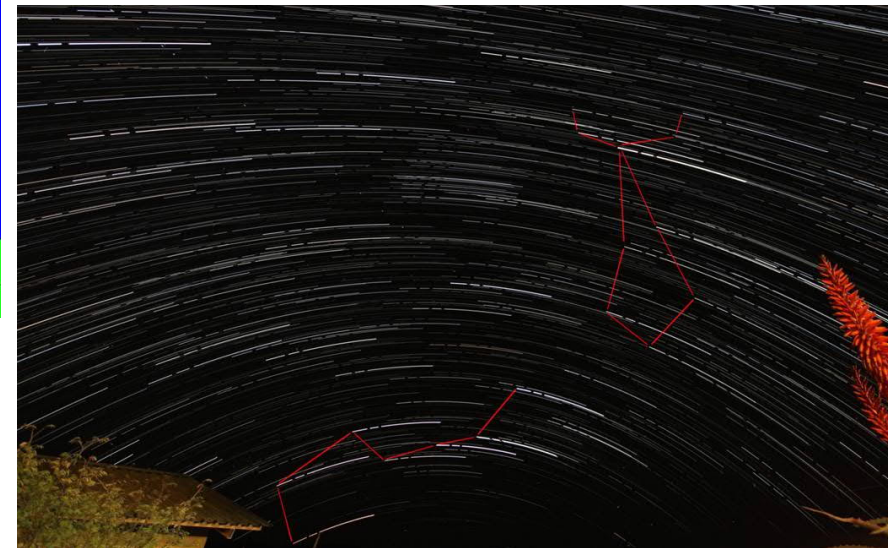


in Namibia

Der „Lauf“ von Sonne, Mond und Sternen über den Himmel



Sonne und Mond laufen auf (fast) gleichen Bahnen mit (fast) gleicher Geschwindigkeit über den Himmel. Auch die Sterne brauchen für einen Umlauf fast genau so lange.



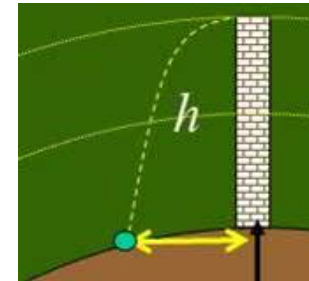
Der Einfluss der Erdgestalt auf den täglichen Sonnenlauf

- Im Norden und Süden (von Deutschland) ist die Sonne unterschiedlich lange über dem Horizont. Die Tageslängen („Sonnenscheindauern“) unterscheiden sich um bis zu eine Stunde.
- Die Sonne geht in Görlitz um mehr als eine halbe Stunde früher auf als in Aachen.
- Der Zeitpunkt des *wahren Mittags* (des Sonnenhöchststandes) ist von Ort zu Ort verschieden.
- Deshalb ist die Welt in 24 *Zeitzone*n eingeteilt.
- Bei Ost-West-Reisen entstehen durch Zeitverschiebungen „Jetlags“.

Argumente für die Drehung der Erde

- Mond, Sonne und Sterne umlaufen die Erde in fast gleichen Zeiten – trotz sehr unterschiedlicher Entfernungen von der Erde.

- Aus großer Höhe fallende Körper fallen etwas nach Osten voraus.

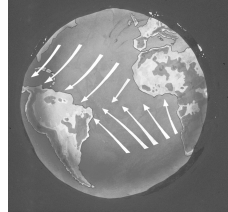


- Foucault-Pendel



- „Moderne“ Effekte

- Passatwinde

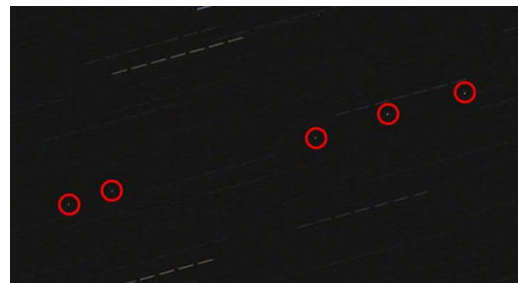


-

Zyklone



- Geostationäre Satelliten



Der jährliche Umlauf

„Daß die Erdkugel um sich selber kreiselt, betont nur den Mittelpunkt, um den sie sich ordnet, bestärkt uns also in dem Glauben, in der Mitte auch der Welt zu wohnen. – Was macht uns wankend?

Die Mond-Sonne-Konstellation verrät uns ... eine sehr ferne und riesige Sonne. (Deshalb) zögert man, auch die jährliche Bewegung der Sonne, ihr selber, diesem Riesenball, zuzuschreiben. Aristarch mag so gedacht haben. ...“

- Die Veränderung des Tageslaufs der Sonne

- Sonnenuntergangspunkt
- Mittagshöhe
- Richtung des Sonnenhöchststandes
- Mittagszeitpunkt
- Das Sonnenanalemma

- Sommer- und Wintersternbilder 

(„Orion etwa ist in unserem Sommer von keinem Ort der Erde aus zu sehen. Es ist aber nicht schwer, ihn zu verfolgen.“)

- Die Bewegung der Planeten

- Die Fixsternparallaxe

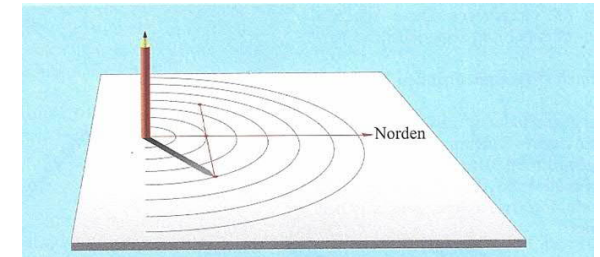
Anregungen zur Beobachtung des Sonnenlaufs



Schattenwanderung



Die Sonnenkuppel

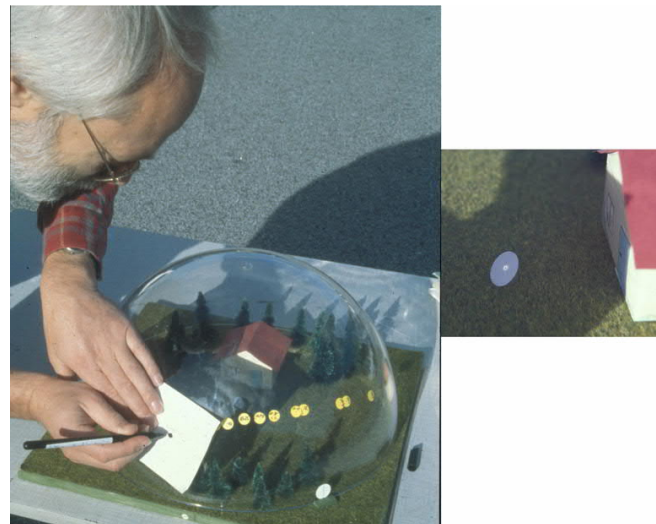
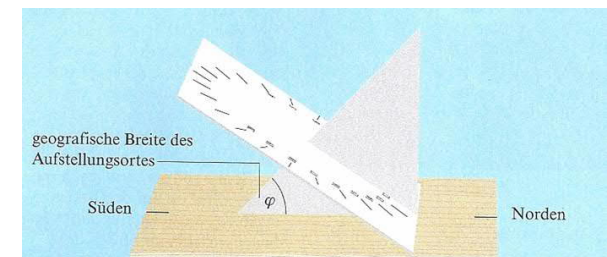


Beobachtungen und Messungen mit einem Schattenstab

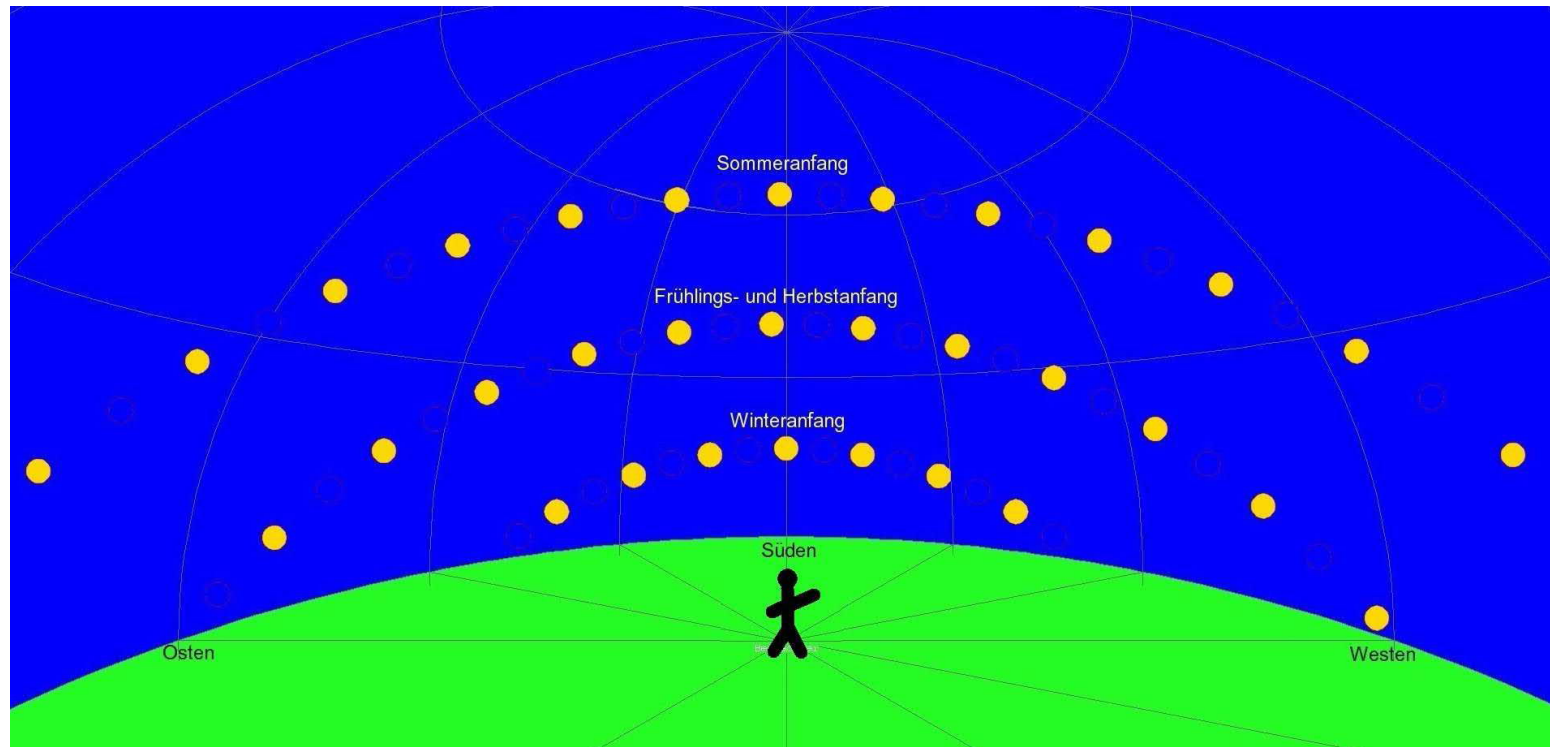


„Lebendige Sonnenuhr“

Selbstbau einer Sonnenuhr



Die jährliche Veränderung des Sonnenlaufes

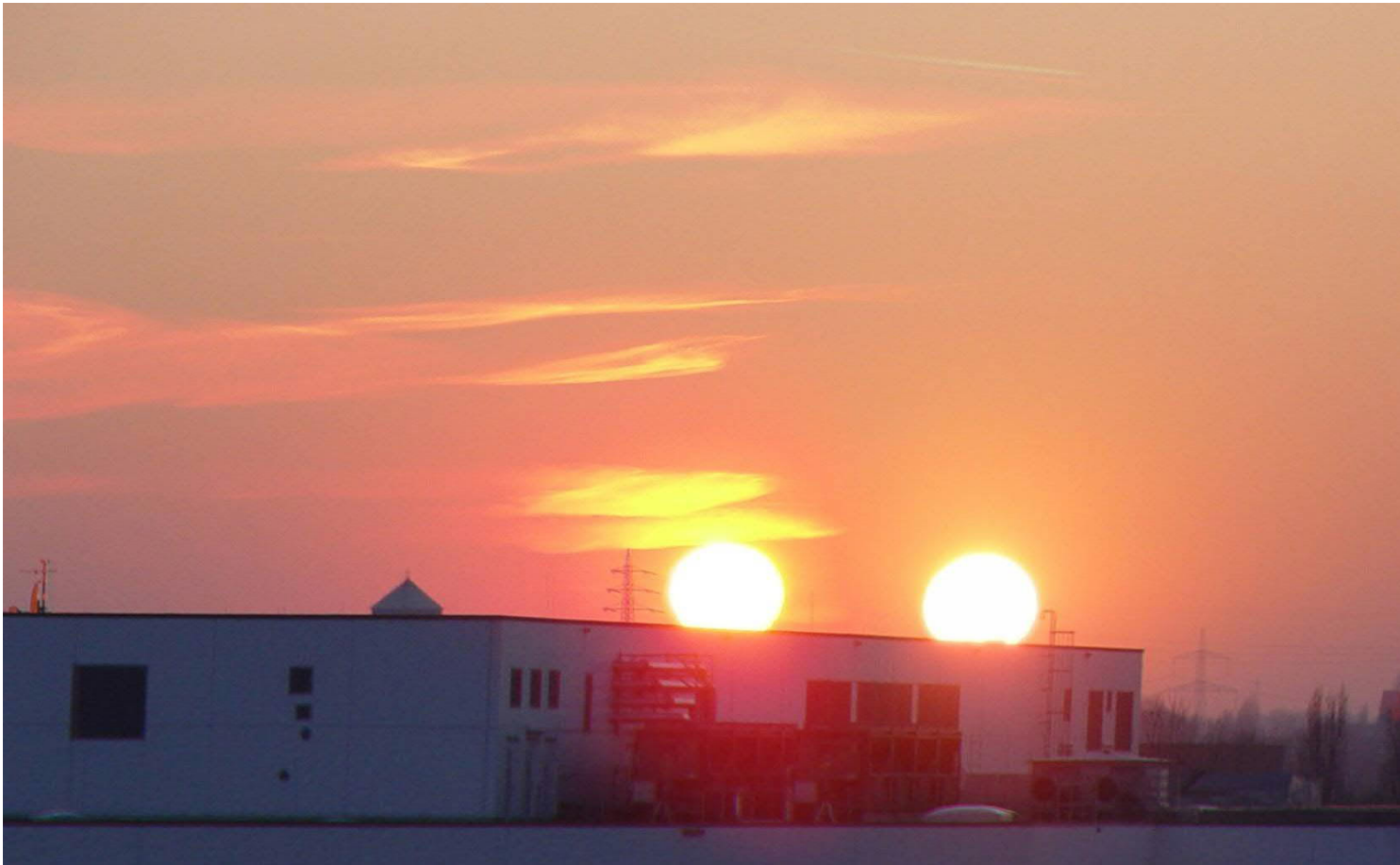


Im Jahreslauf

- ist die Sonne unterschiedlich lange über dem Horizont. Die Zeiten variieren in Deutschland etwa zwischen 8 und 16 Stunden,
- variiert die Mittagshöhe der Sonne um $\pm 23,5^\circ$,
- ändern sich die Himmelsrichtungen der Sonnenauf- und -untergangspunkte in Deutschland um ungefähr $\pm 45^\circ$, erreicht die Sonne ihren Höchststand immer in genau derselben Himmelsrichtung (Süden) und um fast dieselbe Uhrzeit, die von der geografischen Länge des Beobachtungsortes abhängt.

Diese Eigenschaften des Sonnen- und Sternenlaufs ermöglichen es, viel über die Drehung der Erde herauszufinden.

Beispiel: Die Wanderung des Sonnenuntergangspunktes



Die Veränderung innerhalb von 2 Tagen (17. – 19. Februar)

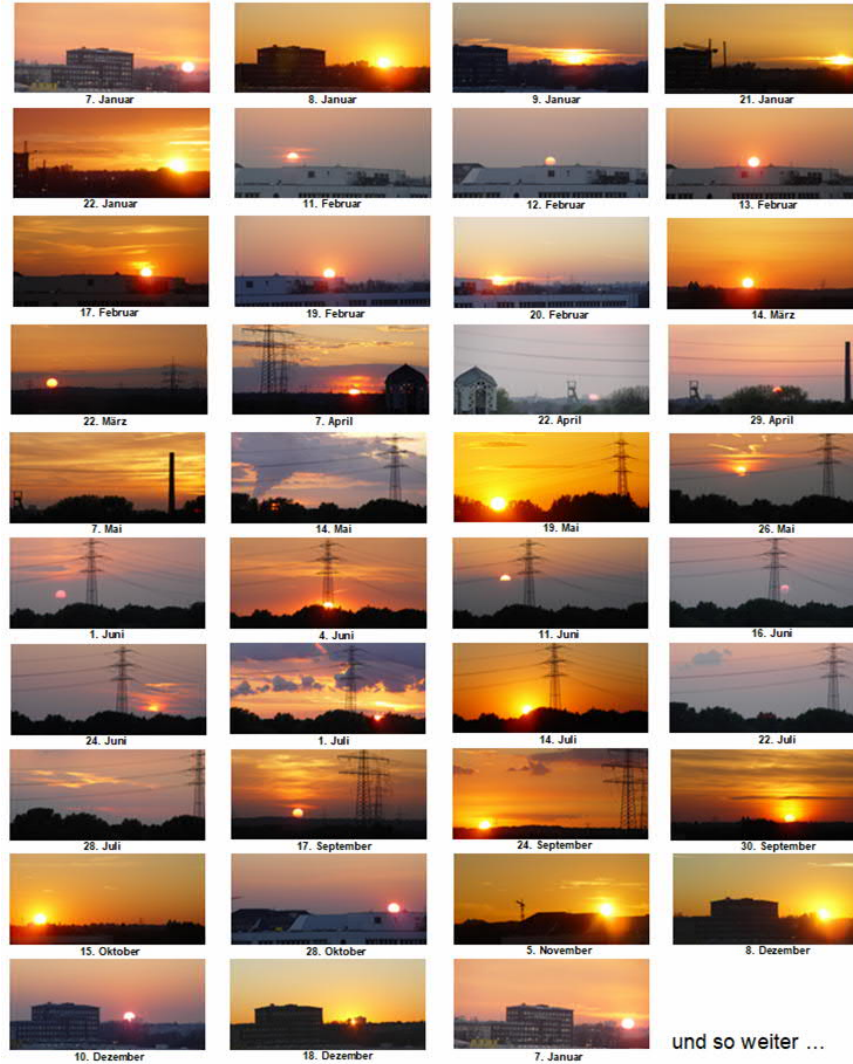
Die Wanderung des Untergangspunktes von Südwesten im Januar nach Nordwesten im Juni





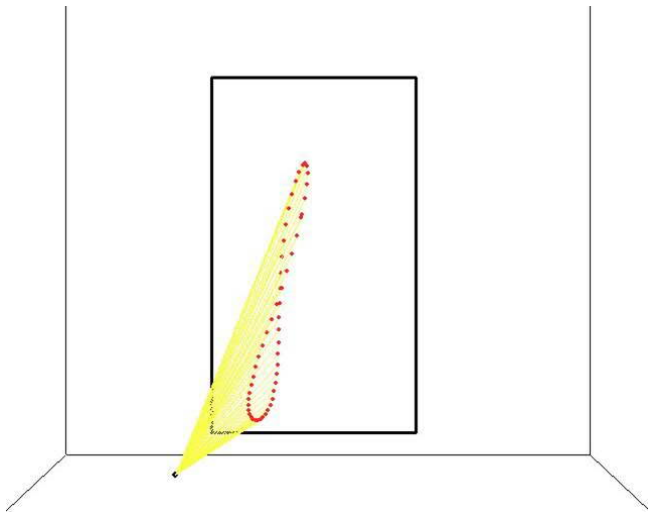
Die Veränderung des Sonnenuntergangspunktes im Jahreslauf

(fotografiert im Jahre 2003 von Udo Backhaus)

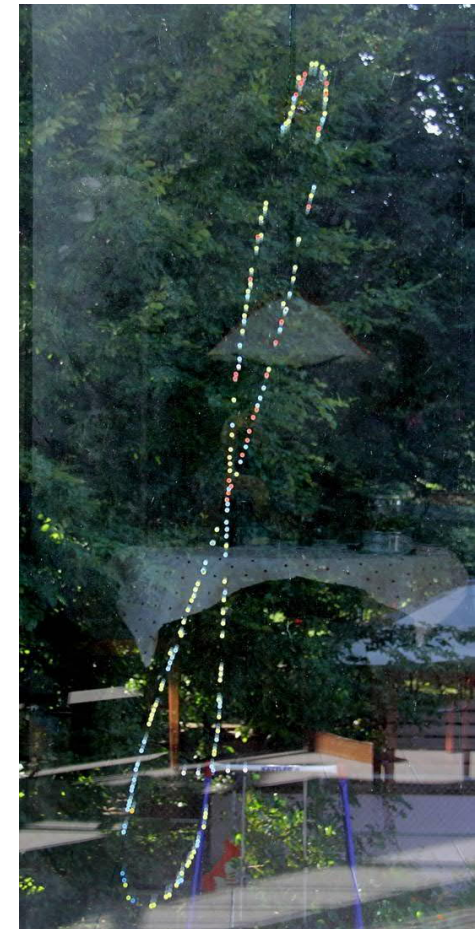


und so weiter ...

Beispiel: Die Veränderung der Sonnenhöhe und der Sonnenzeit
Das Sonnenanalemma als Schulprojekt

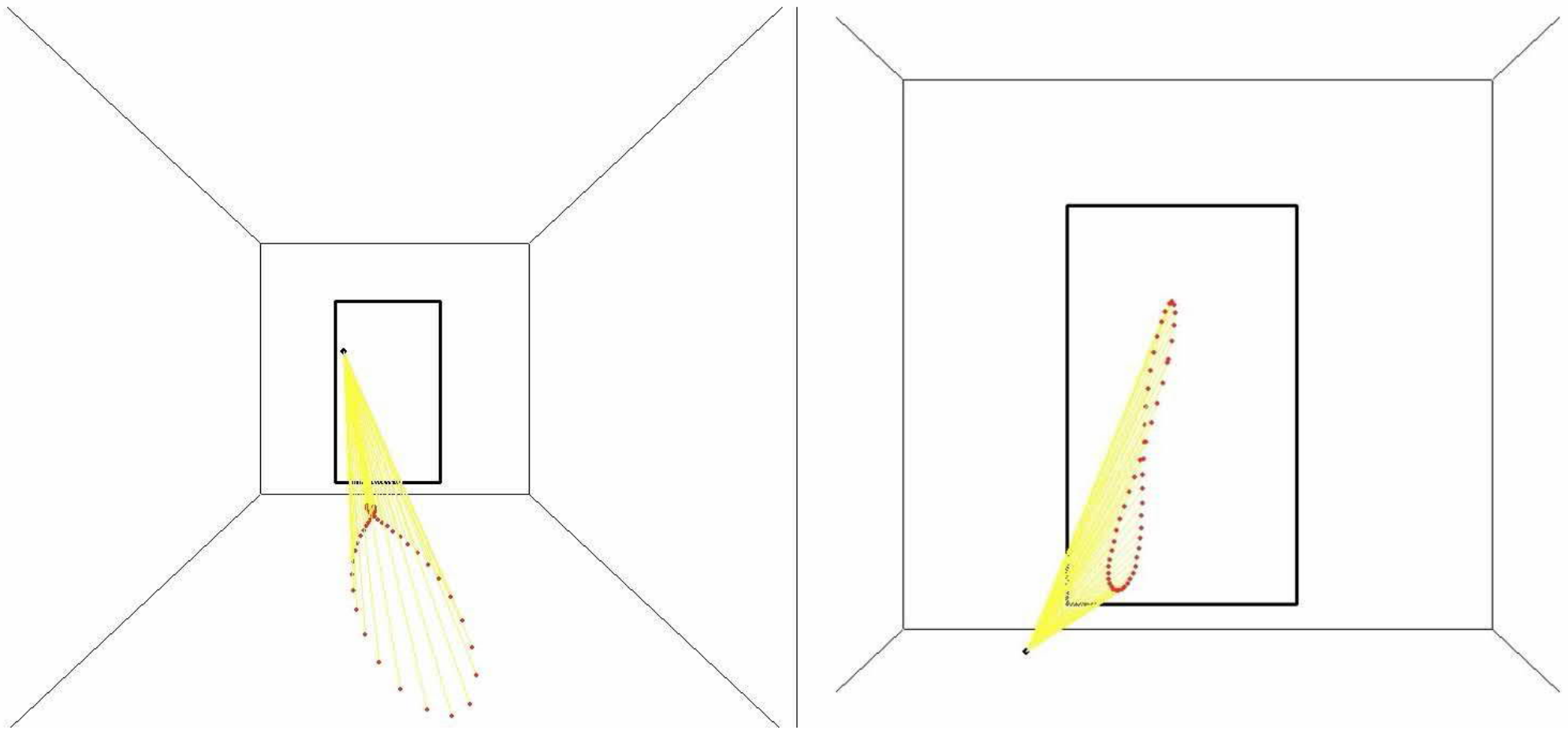


Das erste Jahr



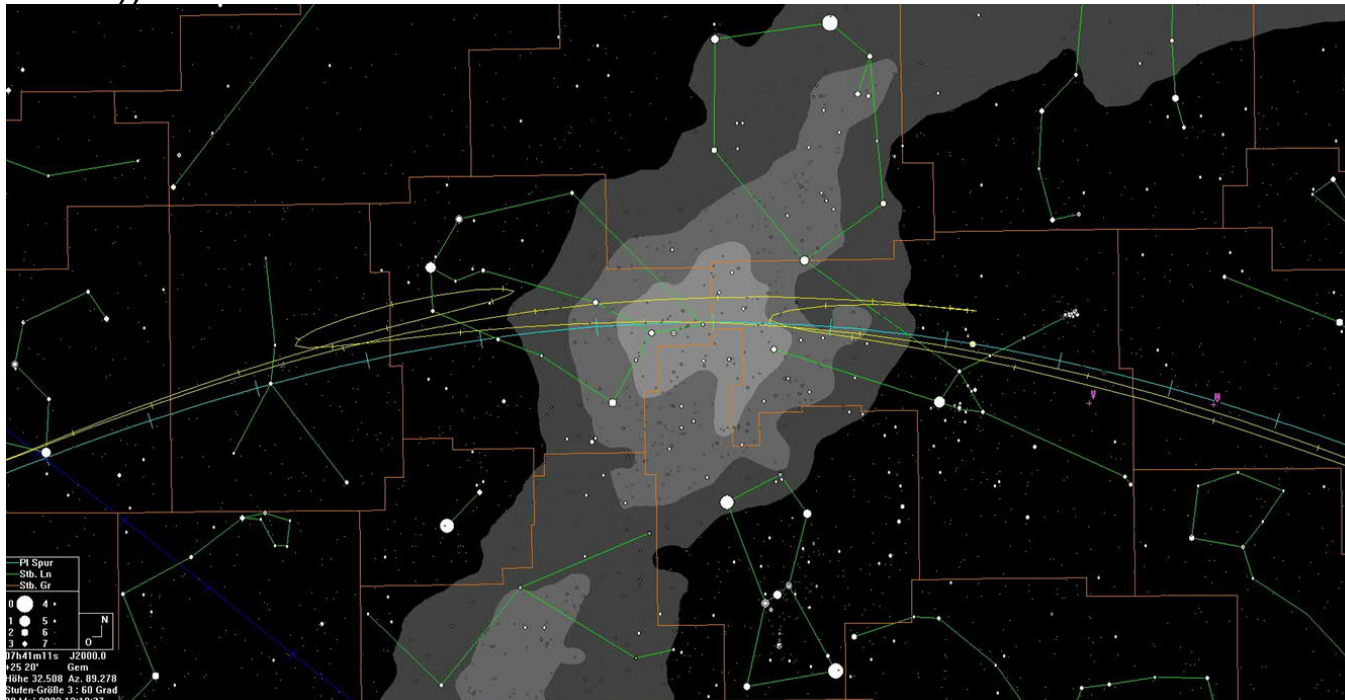
Das Ergebnis der dreijährigen Messungen

Zwei Möglichkeiten, das Analemma durch Projektion zu erzeugen



Die Bewegung der Planeten

*„Wie Viele, denen die „Keplerschen Gesetze“ so leicht von der Zunge gehen, haben jemals einen Planeten gesehen, das heißt: nicht nur einfach als einen hellen Stern gezeigt bekommen, sondern sich etwas mit ihm angefreundet und seiner Wegspur durch die Sternbilder, seinem zögernden Gang, seinem heimlichen Aufglänzen? ... Seltsamerweise dulden wir es, daß jedermann nur nachredet, die Erde laufe um die Sonne, ohne daß er jemals Planeten in ihrer Wirklichkeit angeschaut hat. **Die Planetenbahnen sind das Phänomen, das Kopernikus deutet.**“*
(Hervorhebung von mir))



Die Marsschleifen 2022 – 2025
In den Sternbildern Stier, Zwillinge und Löwe

Mars am 20. und 26. März 1993

Zwar ändert sich die Stellung der Sterne über dem Horizont im Laufe der Nacht. Aber ihre Positionen relativ zueinander bleiben unverändert.

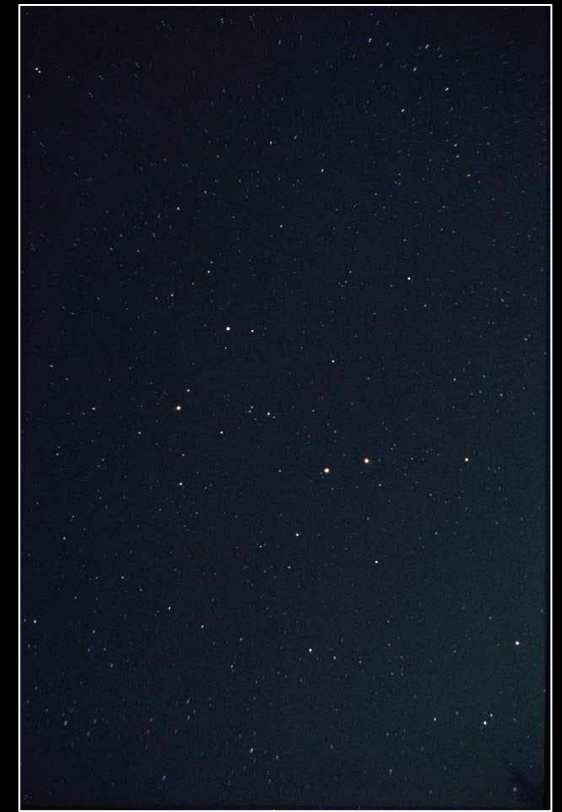
Aber da gibt es Objekte, die Planeten, oft sogar besonders helle, für die das nicht gilt.



20. März



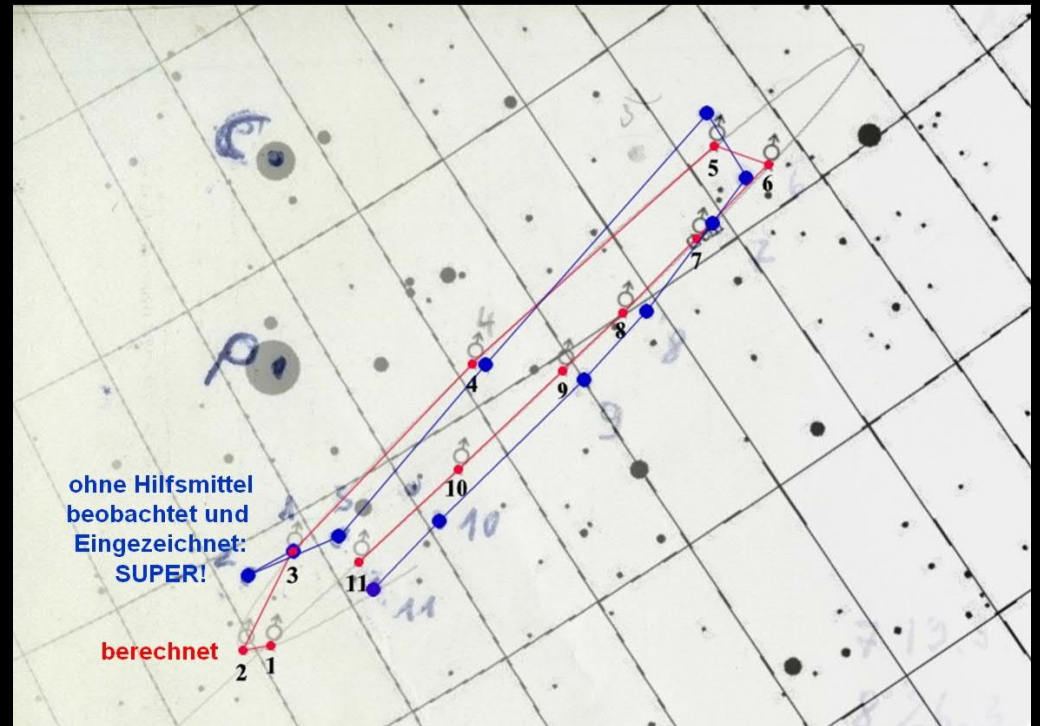
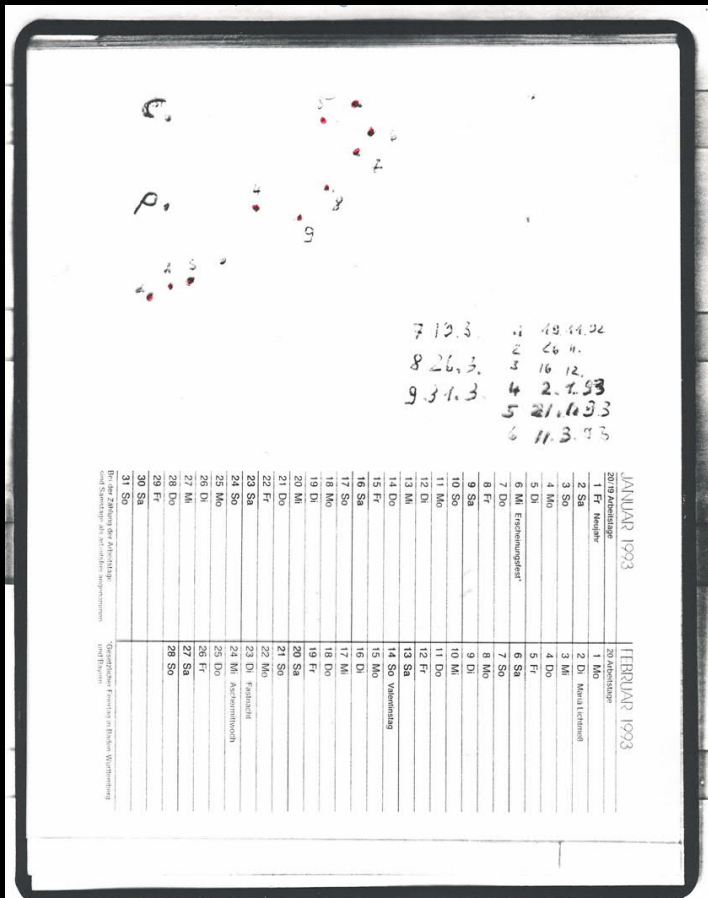
26. März



Überlagerung

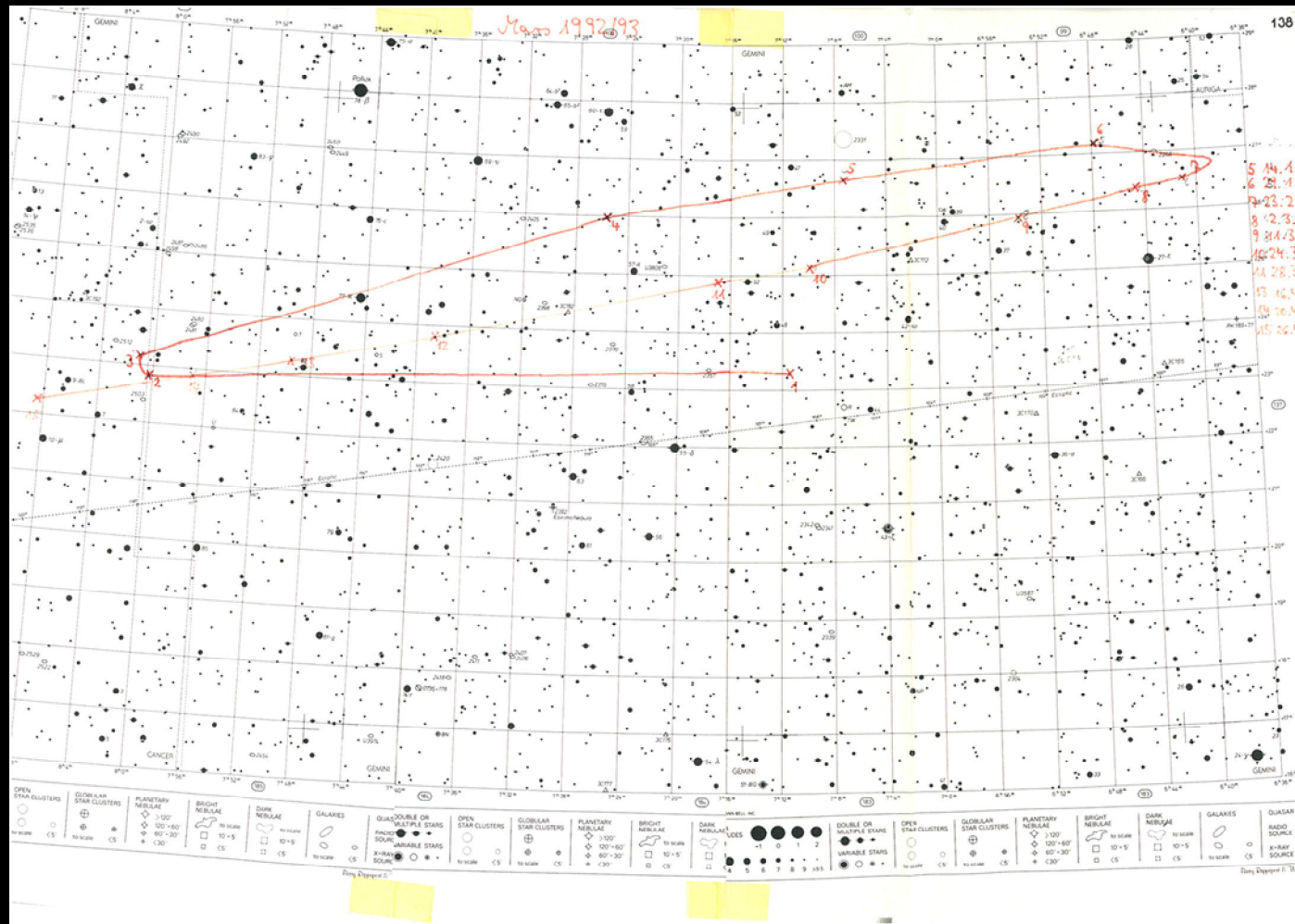
„Die Planeten sind leicht zu finden, ... Der Lehrer braucht nur am Anfang einen Hinweis zu geben ..., wo sich Venus, Mars, Jupiter und Saturn gerade aufhalten. Sollte es dann nicht möglich sein (vielleicht nicht die ganze Gruppe, aber doch) einzelne Kameradschaften dafür zu erwärmen, einen solchen „irrenden“ Stern detektivisch durch einige Monate zu verfolgen und seine Spur in einer Skizze des gerade von ihm besuchten Sternbildes aufzunehmen?“

Mars„verfolgung“ mit bloßen Augen und ohne Sternkarte (L. Schön)



Die komplette Marsschleife 1992-93

Die Positionen wurden mit einem Fernglas beobachtet und anschließend in eine Sternkarte eingetragen.



Die für eine Examensarbeit fotografierte Marsbewegung 1997



19. Januar



31. März



9. April



23. April



31. Mai



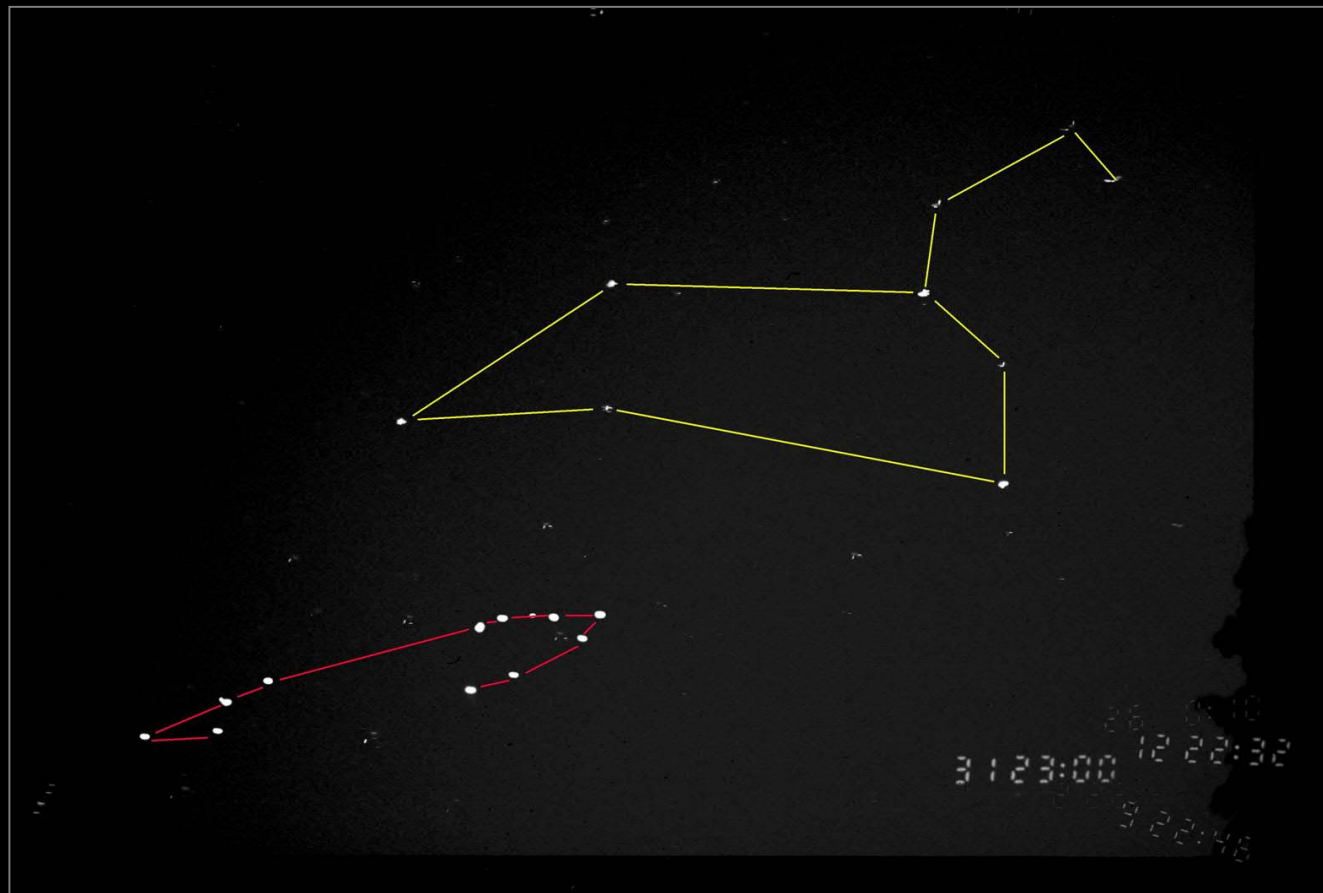
23 22:22

9 22:46

Die gesamte fotografierte Marsschleife 1997

(Examensarbeit von S. Stein)

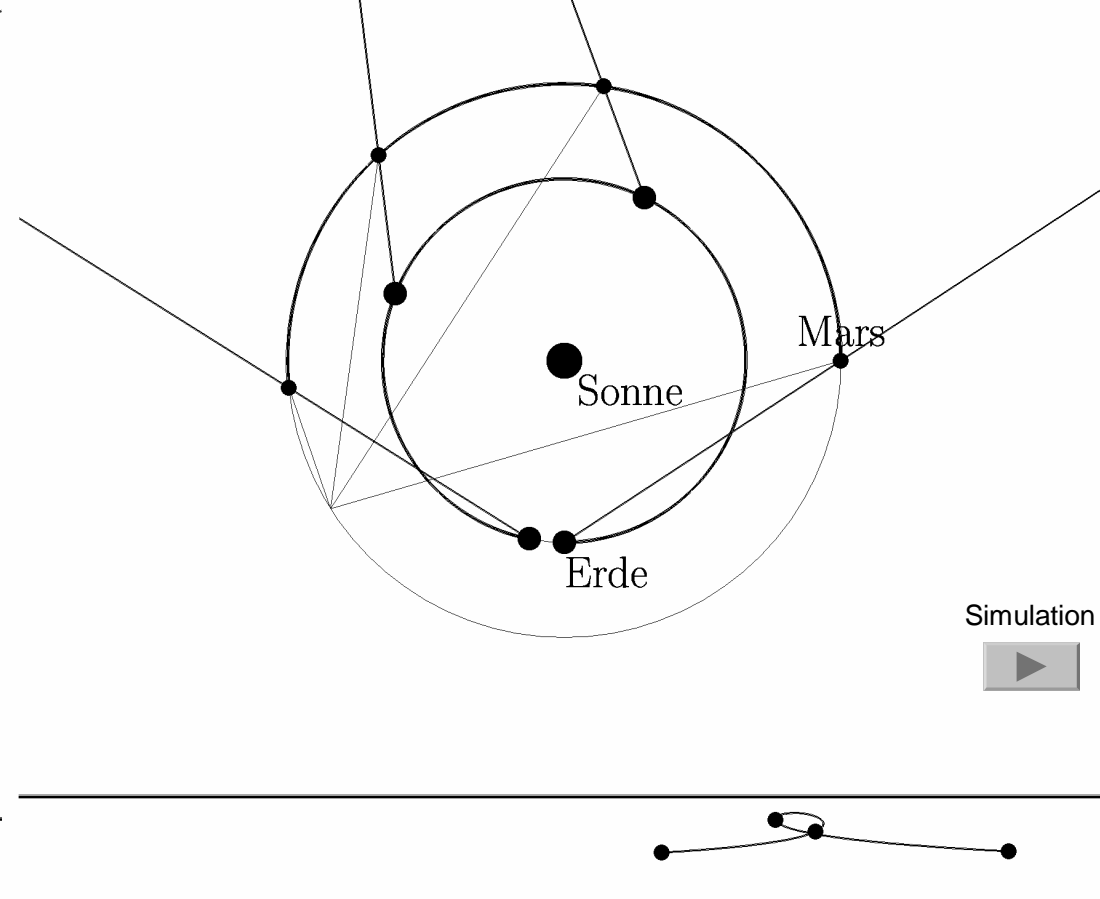
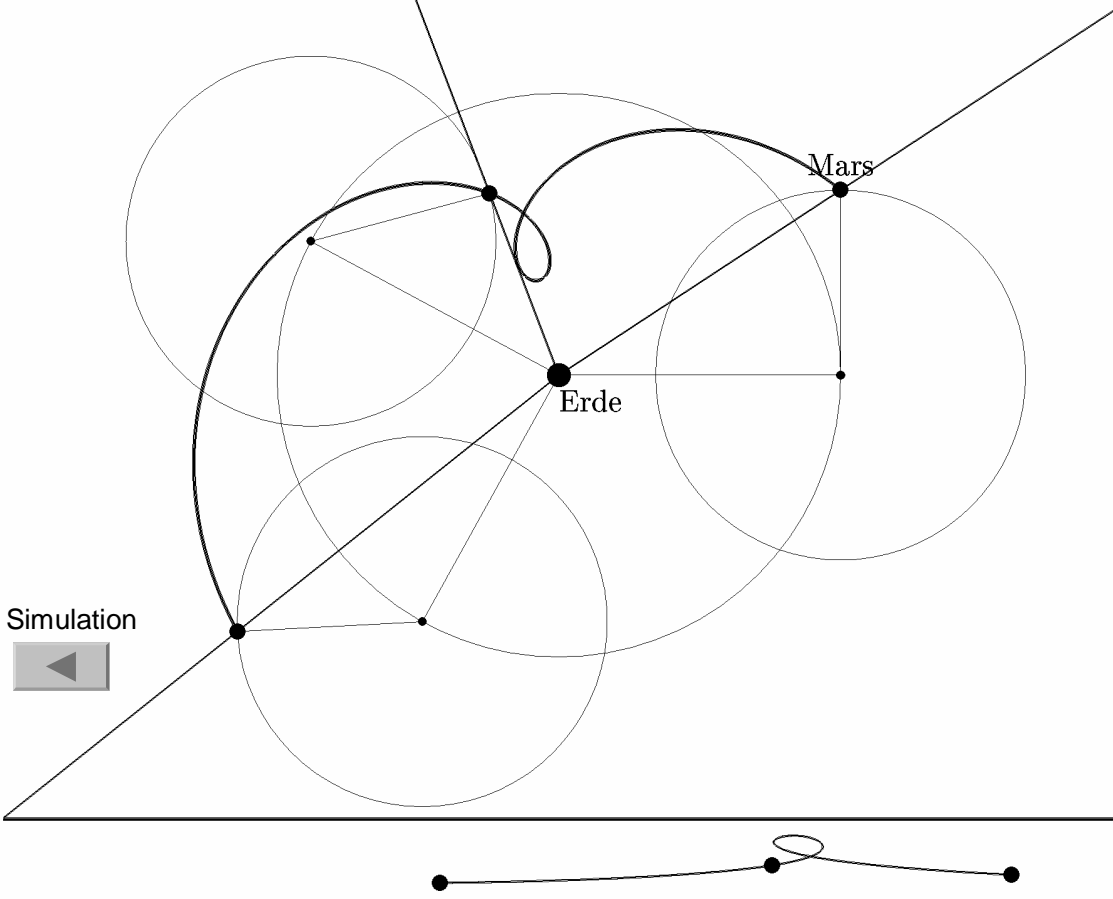
Mars im Löwen wurde analog fotografiert. Die Fotos wurden später digitalisiert und mit Hilfe der Sterne des Löwen passgenau überlagert



Beschreibung der Planetenbewegung

geozentrisch

heliocentrisch



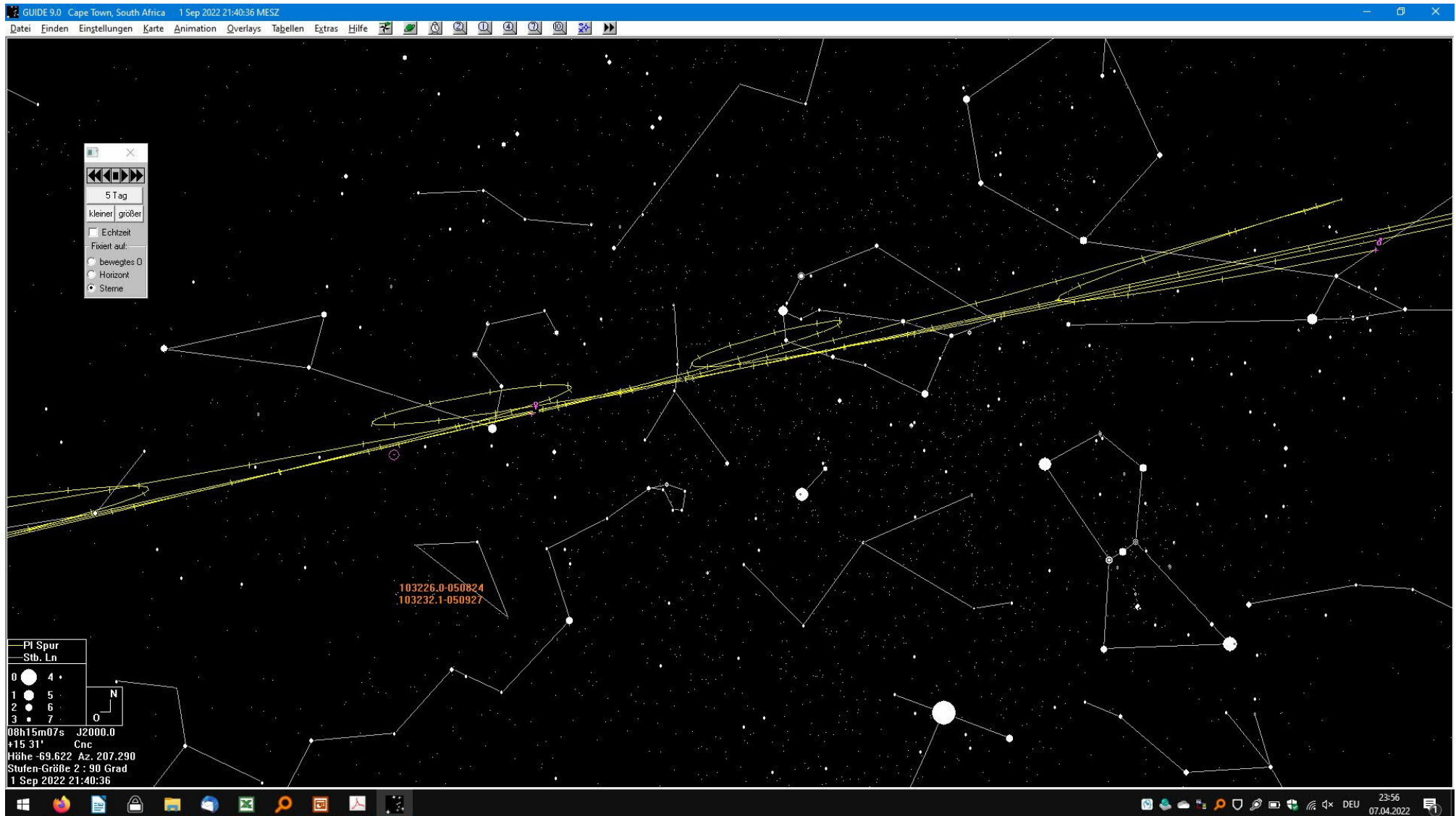
Simulation



Simulation



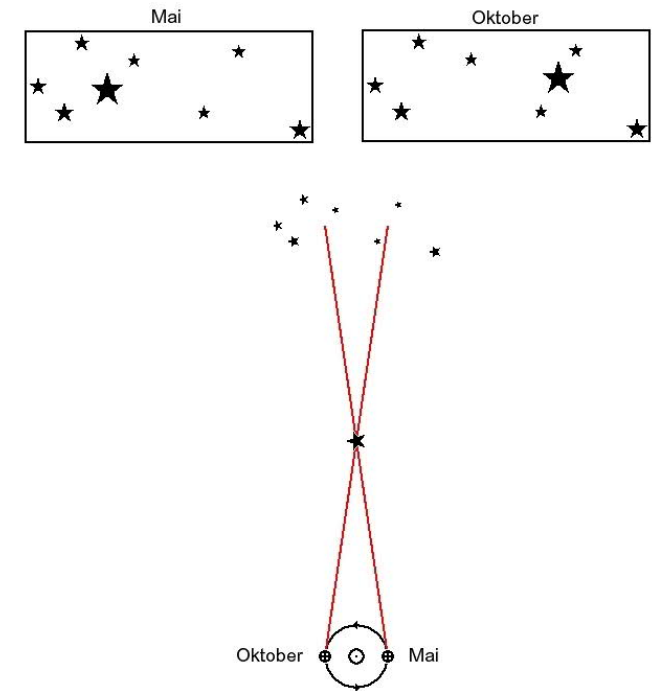
Die Marsbewegung in den kommenden Jahren 2023 - 2028



Parallaxe (und Eigenbewegung) von Fixsternen

Barnards Stern schwankt auf seiner geradlinigen Bahn im Rhythmus unserer Jahreszeiten hin und her.

1. 5. 1995	10. 10. 1995
12. 5. 1994	22. 9. 1994
	17. 10. 1993



Zusammenfassung

Über die Erde als Himmelskörper, das Sonnensystem und das ganze Weltall sind heute *Informationen* in einem Umfang verfügbar, der für Wagenschein sicher unvorstellbar war. Trotzdem sind die eigenen astronomischen *Erfahrungen* der Menschen wohl nicht größer, wahrscheinlich sogar deutlich geringer geworden.

Wagenscheins lebenslanger Einsatz für die *Anwesenheit der zu behandelnden Phänomene* ist deshalb ebenso aktuell wie damals.

Ich habe während meiner Berufstätigkeit und darüber hinaus Jahrzehnte lang zusammen mit Schülern, Studenten, Freunden und Kollegen astronomische Phänomene aufgesucht und – manchmal messend und auswertend – verfolgt.

Die *Gegenwärtigkeit der Phänomene* ist in der Ausbildung oft nur schwierig zu realisieren. Die hier angerissenen Beispiele sollen aber dazu anregen, sich ergebende Gelegenheiten zu nutzen (den Sonnenlauf z. B. in den Zeiten der schnellsten Änderungen und Planeten während ihrer größten Helligkeit in der Oppositionsphase zu beobachten und nicht bei Sonnenfinsternis die Fenster zu verdunkeln).

Während der Schulzeit von Kindern und während des Studiums treten die meisten der behandelten Phänomene sicher mehrmals auf.

Die Beobachtungen und Projekte, von denen ich hier berichtet habe und zu deren Nachvollzug ich versuche anzuregen, beziehen sich auf *Veränderungen* am Himmel, die sich oft über mehrere Tage, manchmal auch über Wochen und Monate hinziehen. Die Unterrichtenden werden sich deshalb meist auf *exemplarische Beobachtungen* beschränken müssen. Viel besser wäre es natürlich, wenn es gelänge, *langfristige Projekte* anzuregen und zu organisieren und die Heranwachsenden zu *eigenen Beobachtungen* in der Freizeit durchzuführen.

Literatur

- Martin Wagenschein
 - Die Erde unter den Sternen, Oldenbourg: München 1955
(elektronische Fassung von M. Soostmeier 1997 und U. Backhaus 2017)
 - Die Erfahrung des Erdballs 1967 und 1988
 - Wie weit ist der Mond entfernt? (1962), in: Naturphänomene sehen und verstehen. 2. korrigierte Auflage, Klett: Stuttgart 1988, S. 302-308, elektronische Fassung von U. Backhaus)
 - Verdunkelndes Wissen, 1965
- Eigene Literatur
 - Astronomie plus Cornelsen: Berlin 2011 (zusammen mit K. Lindner)
 - Astronomische Phänomene, Springer: Berlin 2022 (erscheint im Sommer und enthält aktualisierte Fassungen der folgenden Aufsätze)
 - „Ist die Erde wirklich eine Kugel?“
 - Das Sonnenanalemma als Schulprojekt
 - Beobachtung und Interpretation von Planetenbewegungen
 - Dreht sich die Erde wirklich?
 - Der Lauf der Sonne über den Himmel
 - Gedanken bei einem Sonnenuntergang
 - Gedanken und Beobachtungen beim Betrachten einer Mondfinsternis
 - Versuche des Astronomischen Schlechtwetterpraktikums
 - Das Verschwinden eines Schiffes am Horizont
 - Radius und Neigung der Marsbahn

Ergänzungen

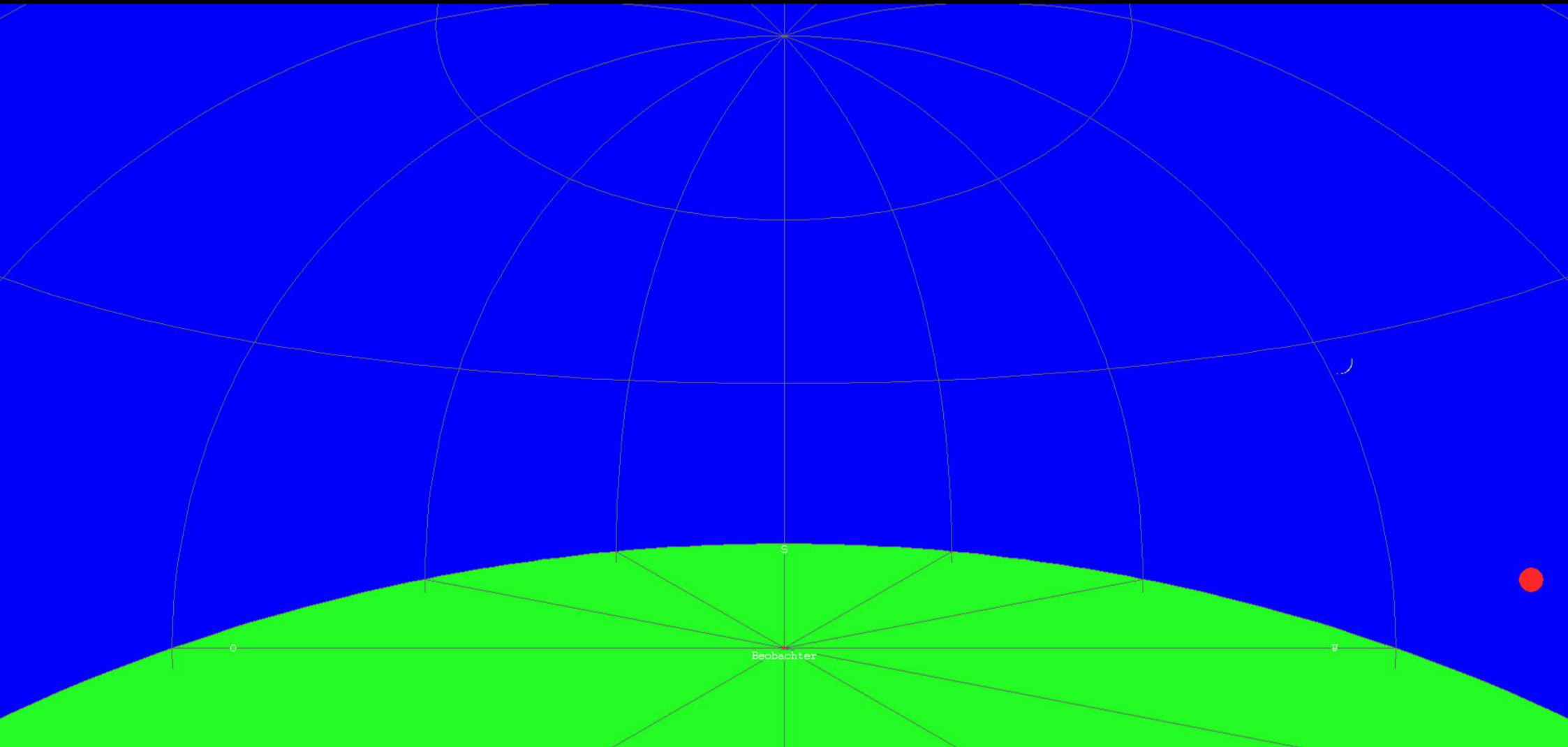
Kann es sein, dass der Schatten der Erde die Mondsichel verdunkelt?



(Es nützt nichts, in den Mond allein zu starren.) „... Denn auf diesen Genieblick – die Sonne-Mond-Konstellation als eine „Gestalt“ zu sehen – wird der Einzelne von selbst kaum kommen; . . . Durchschaut er die Konstellation, so sieht er, allmählich, wie der Mond als eine dunkle Kugel im Licht der Sonne hängt, und zwar einer sehr weit schräg hinter dem Mond schwebenden riesigen Sonne. – Das ist ein großer Augenblick: die Himmelskuppel löst sich in Raum auf.“



2.5.2022, 18.45 Uhr (50°n.B., 7°ö.L.)



zurück



Erzeugung auswertbarer Fotos trotz schwacher Umgebungssterne

kurz belichtet
Mond scharf
keine Sterne sichtbar

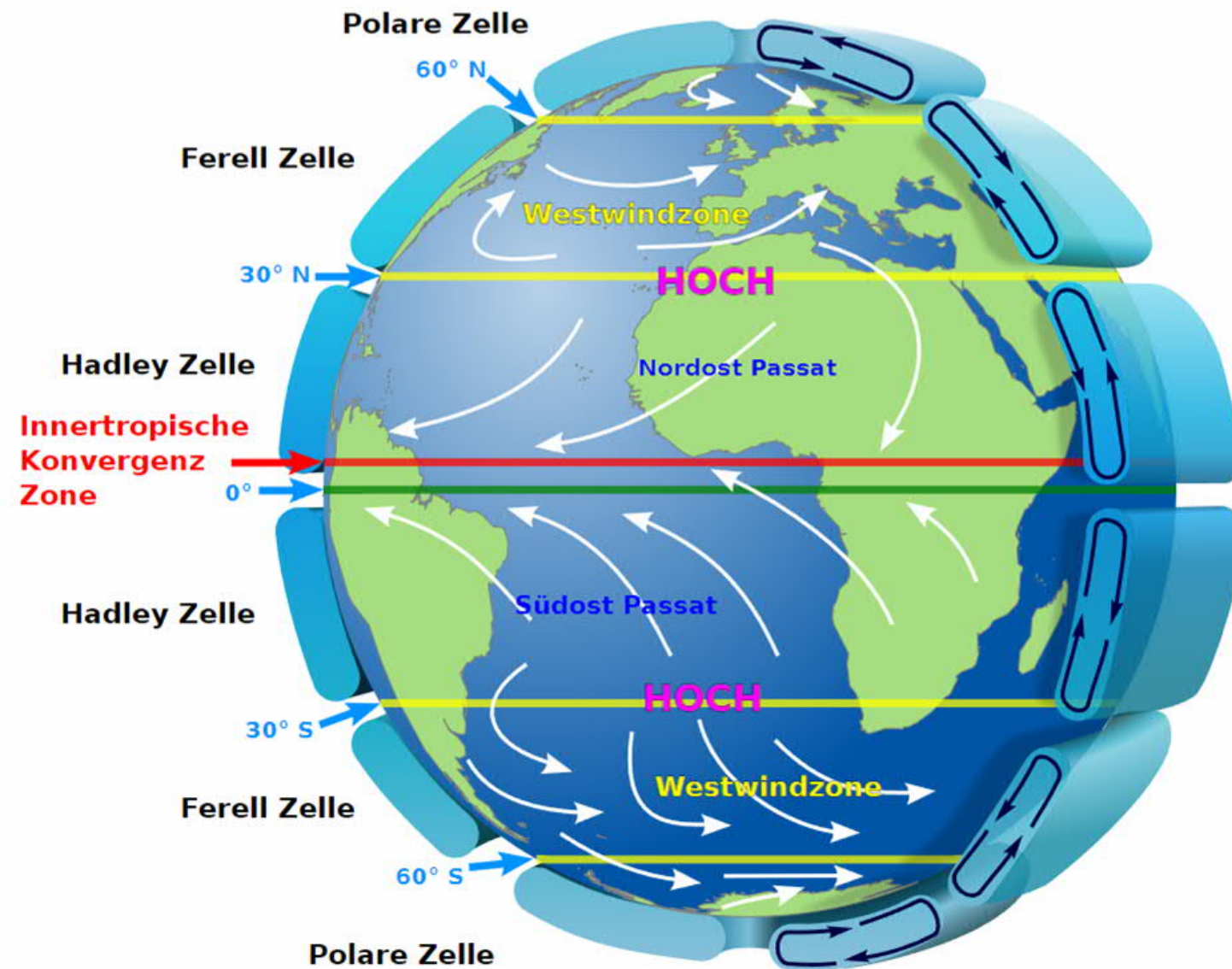




lang belichtet
Mond überbelichtet
Sterne sichtbar und identifizierbar

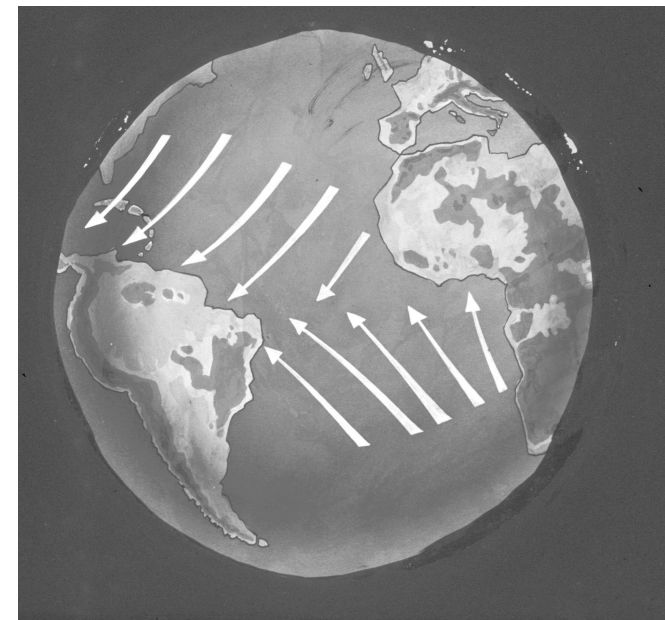


Differenzbild
Mondnegativ scharf
Sterne sichtbar und identifizierbar



Wikimedia

Passatwinde
als Indiz für die Erdrotation:
Luft, die aus mittleren Breiten zum
Äquator fließt, bleibt nach Westen
zurück.

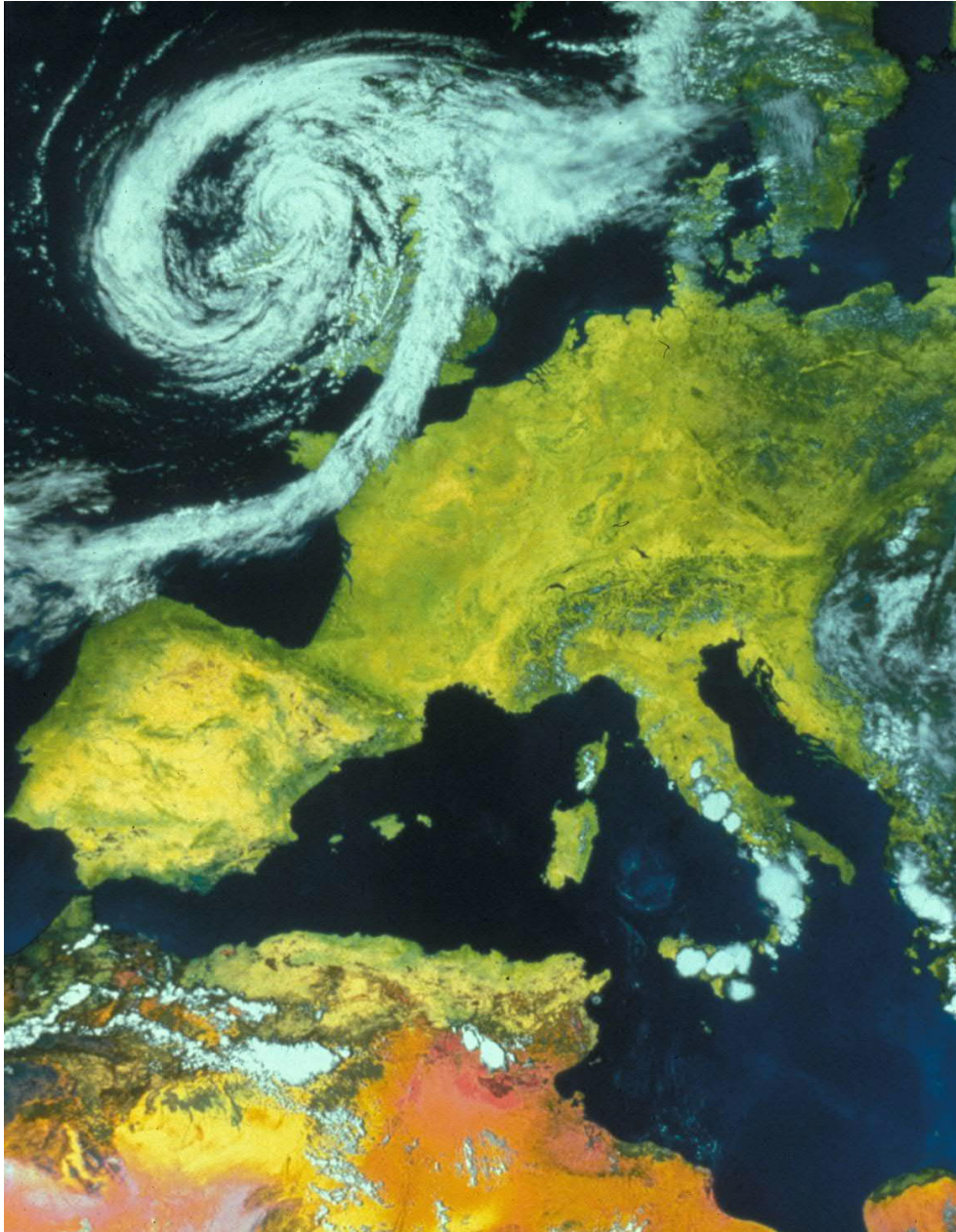




Nachweis der Erdrotation durch Foucaultpendel:
Die Schwingungsebene des Pendels dreht sich.

Wikipedia





Zyklone
als Indiz für die Erdrotation:
Die Luft fließt nicht direkt vom
Hochdruckgebiet ins Tiefdruckgebiet.



Geostationäre Satelliten „stehen“ über einem festen Äquatorpunkt –
obwohl sie der Schwerkraft unterliegen.



Geostationäre Satelliten der Astra- Familie Virgo - Corvus

21. April 2019

Nikon D610

Sigma 2,8/150mm @5,6

ISO 800 7x25s

Guntram Lampert

Foto: G. Lampert



Fallversuche zum Nachweis der Erddrehung

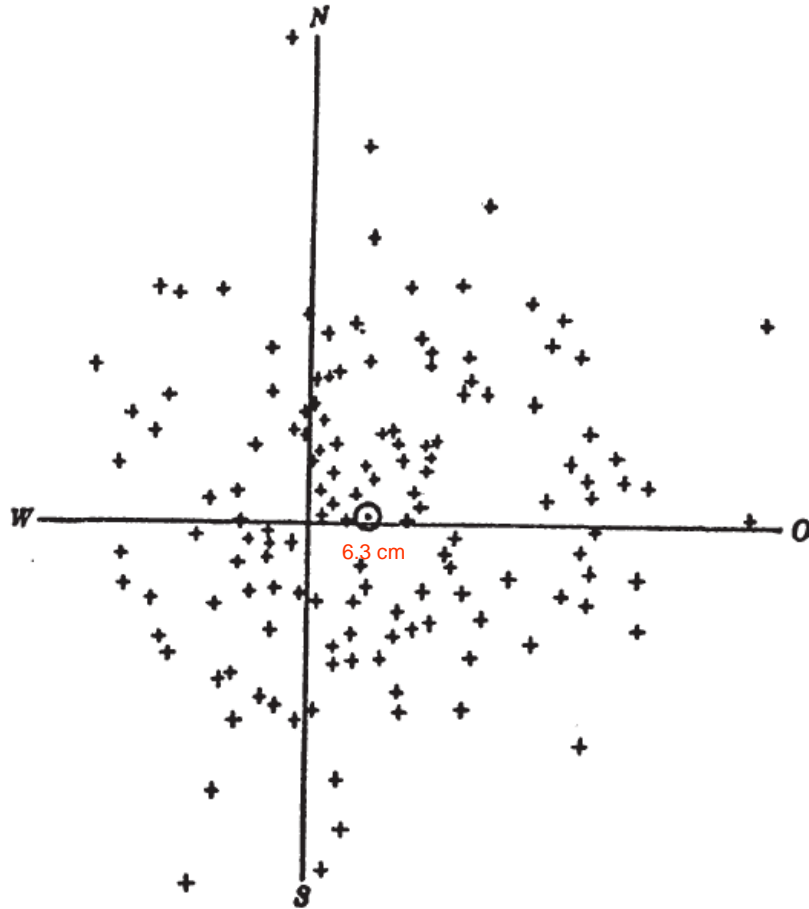
(nach Wagenschein)

- *„Es braucht also auf einer rotierenden Erde der Apfel nicht zurückzubleiben. Daß er senkrecht fällt, ist kein Einwand gegen die Rotation. Freilich auch kein Argument dafür!“*
- *„Es war Newton, der 1679 der Royal Society ein entscheidendes Experiment vorschlug: Wenn die Erdkugel wirklich wie ein Karussell umläuft, dann müßte beim Sturz eines Steines aus einem sehr hohen Turm sich bemerkbar machen, daß der Stein da oben (da außen) einen viel schnelleren Schwung hat als der Erdboden, auf dem er schließlich landen wird. Daß also die Turmspitze den Stein nach Osten voraus-schleudern müßte!“*

Ergebnisse von Fallversuchen

Paris 1908

Fallhöhe 68 m (Flammarion),

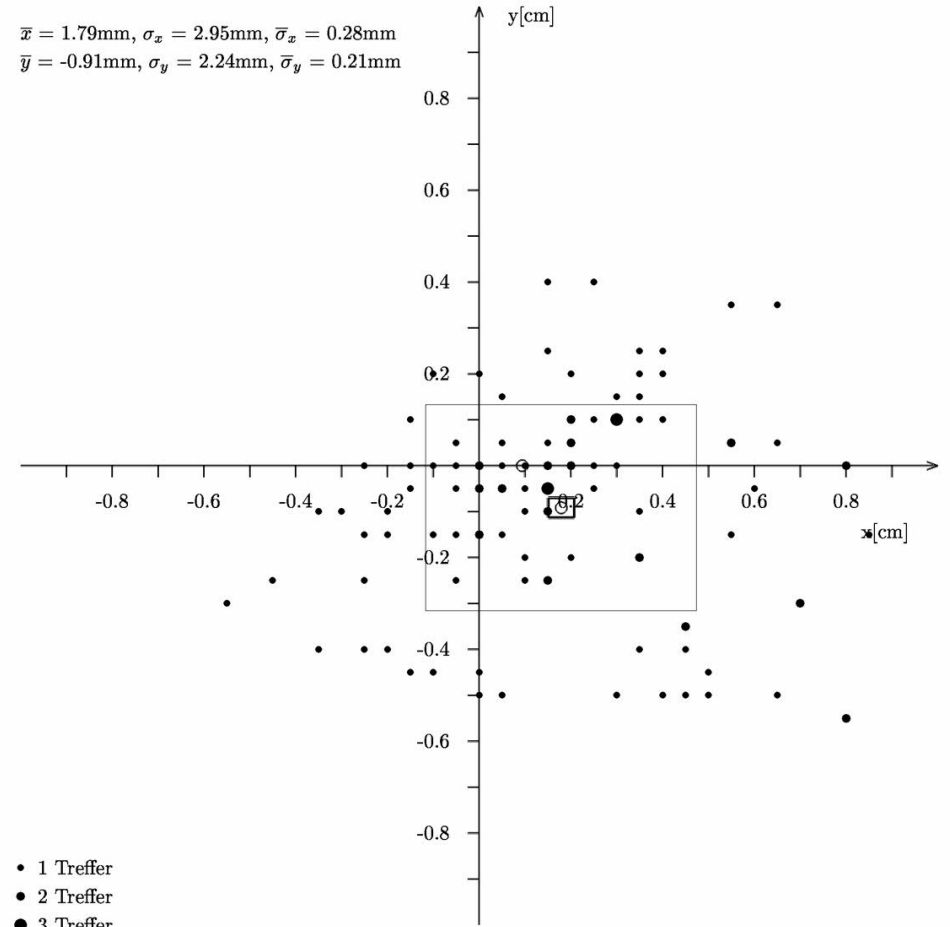


Paris 1908. Fallhöhe 68m, Maßstab 1:1

Koblenz 1996

Fallhöhe 16.51 m (S. Draszow)

$$\bar{x} = 1.79\text{mm}, \sigma_x = 2.95\text{mm}, \bar{\sigma}_x = 0.28\text{mm}$$
$$\bar{y} = -0.91\text{mm}, \sigma_y = 2.24\text{mm}, \bar{\sigma}_y = 0.21\text{mm}$$



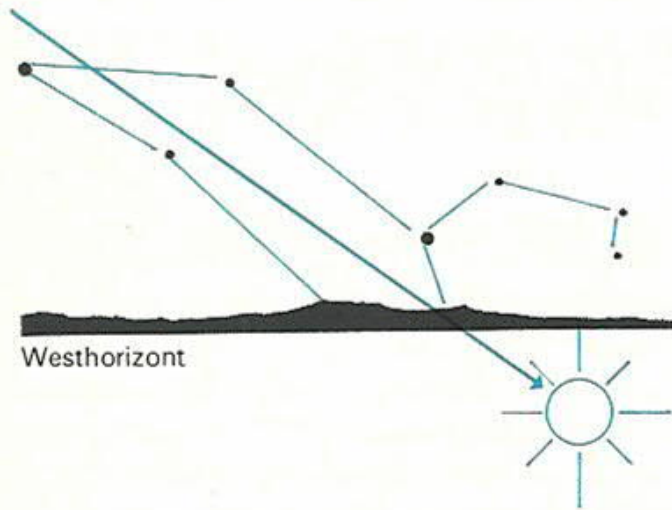
- 1 Treffer
- 2 Treffer
- 3 Treffer

Beobachter und Zeit	Ort (geogr. Breite)	Zahl der Versuche	Fallhöhe in m	Ostl. Abweichung in mm	
				beobachtet	berechnet
Guglielmini 1791/92	Bologna $\varphi = 40^{\circ}30'$	16	78,3	19±2,5 <small>wahrscheinl. Fehler</small>	11,3
Benzenberg 1802	Hamburg $\varphi = 53^{\circ}33'$	31	76,34	9,0 ± 3,6	8,7
Benzenberg 1804	Schlebusch $\varphi = 51^{\circ}25'$	29	85,1	11,5 ± 2,9	10,4
Reich 1831	Freiburg i.S. $\varphi = 50^{\circ}33'.1$	106	158,5	28,3 ± 4	27,4
Hall 1902	Cambridge (Mass.) $\varphi = 42^{\circ}22'.8$	948	23	1,5 ± 0,05	1,77
Flammarion 1903	Paris $\varphi = 48^{\circ}50'.8$	144	68	6,3	8,1
Draszow 1996	Koblenz $\varphi = 50^{\circ}$	109	16.5	17.9 ± 2.8	9.4

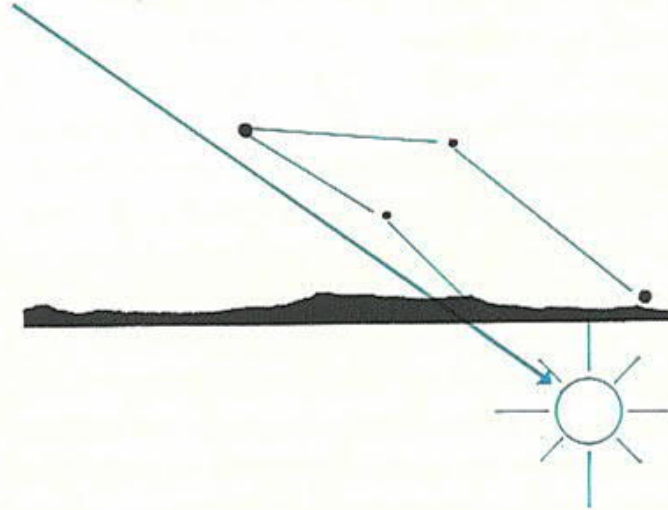


Das Sternbild Löwe ist im Sommer und Herbst nur schwer zu entdecken: Die Sonne wandert daran vorbei und überstrahlt es.

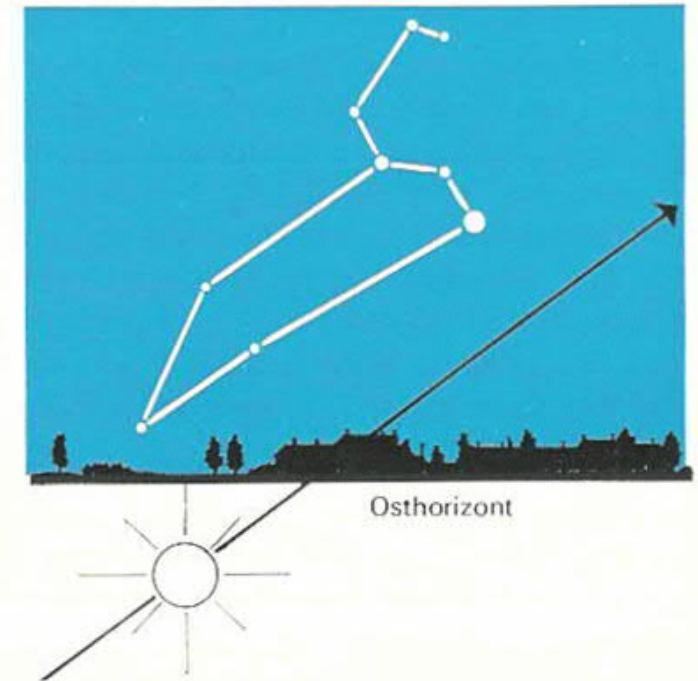
10. August abends



20. August abends



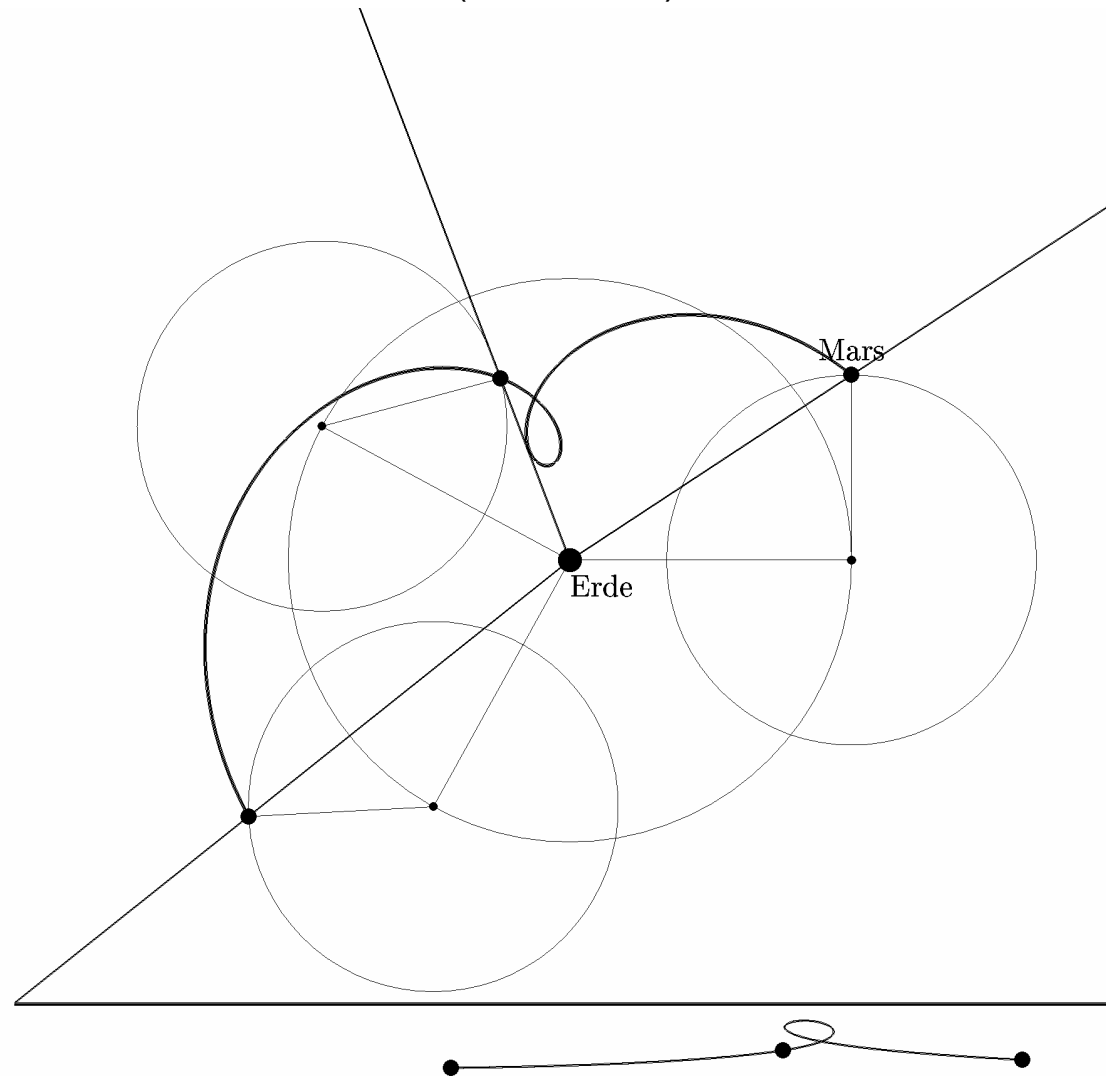
12. September früh



aus Lindner: Astronomie selbst erlebt



Die Bewegung von Mars - geozentrisch beschrieben (Simulation)



allgemein



ohne/mit Neigung

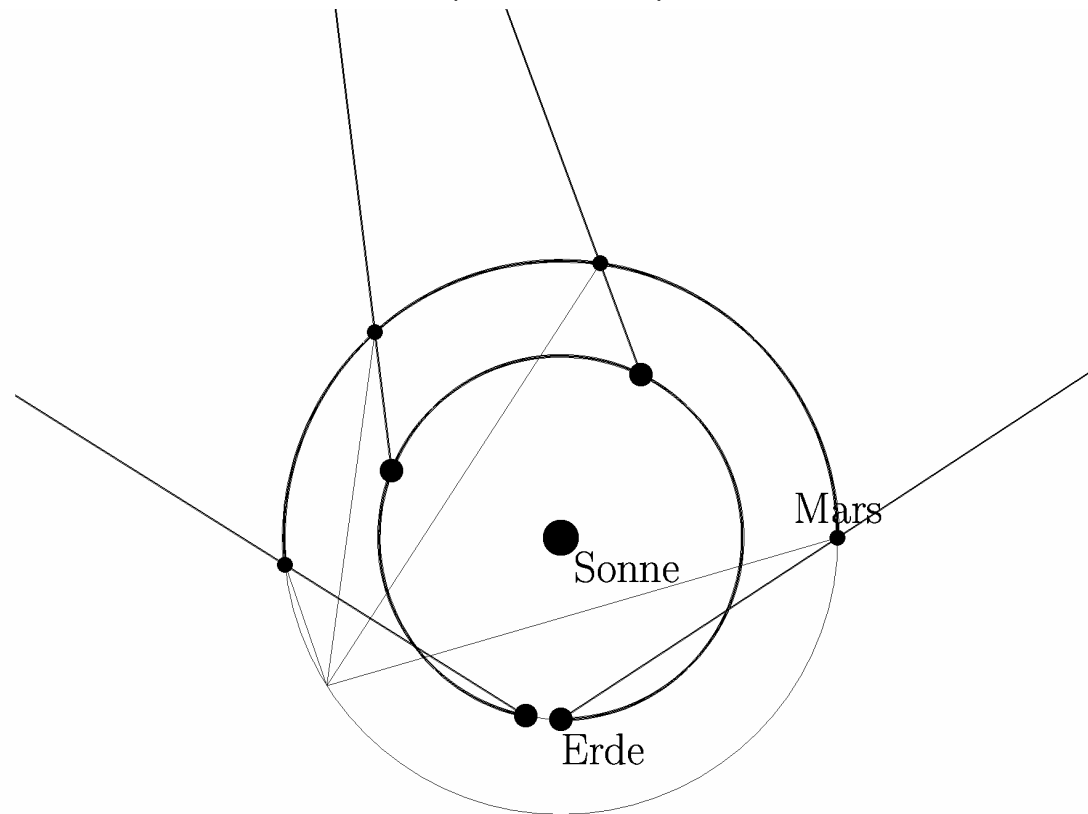


zurück



Die Bewegung von Mars – heliozentrisch beschrieben

(Simulation)



allgemein



mit Neigung



zurück

