

Planetenzirkus mit dem Planetenzeigermodell

In Bezug auf „Aktuelles am Himmel: Der Himmel im Überblick“ in der Zeitschrift „Sterne und Weltraum“ 8/2020, WIS-ID-Nummer 1571274, Zielgruppe: Mittelstufe bis Oberstufe

Olaf Fischer

Die Herstellung und Nutzung eines Planetenzeigermodells können dabei helfen, den Aufbau des Planetensystems, verschiedene Planetenkonstellationen sowie den schwer vermittelbaren Begriff ‚Ekliptik‘ anschaulich und aktiv zu verinnerlichen.

Im folgenden WIS-Beitrag wird ein Planetenzeigermodell in verschiedenen Varianten vorgestellt.¹ Eine Variante, die mit einfachen Mitteln herstellbar ist, wird als Kopiervorlage geliefert. Eine andere Variante (die Deluxe-Ausführung) erfordert mehr Aufwand an Material und Werkzeug.

Nach der Vorstellung der Materialien und Herstellungsschritte wird eine Anleitung zur Nutzung des Planetenzeigermodells gegeben. Einige Anwendungen werden dazu exemplarisch vorgestellt, wobei Planetenkonstellationen betrachtet werden, die 2020/2021 noch bevorstehen. Auch die Ekliptiksternbilder, die als „Arena für den Planetenzirkus“ im Planetenzeigermodell ersichtlich sind, werden thematisiert. Für den Modellnutzer wird ersichtlich, dass die Planeten in ihrer Beobachtbarkeit an diese Himmelsregion gebunden sind.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Positionsastronomie, Planeten, Astropraxis	Ekliptik , Ekliptiksternbilder , Ekliptikkoordinaten , Ekliptiksternkarte , Aufsuchkarte , Planetenbahnen , Planetensystem , Planetensichtbarkeit , Planetenkonstellation , Opposition , Konjunktion , größte Elongation , große Konjunktion , Jahreszeitenanfänge , Addition scheinbarer Helligkeiten , Grenzgröße , Helligkeitsgewinn durch Optik , Aufsuchkarte für Uranus
Fächer- verknüpfung	Astro-Ma	Winkel, Polarkoordinaten
Lehre allgemein	Erkenntnis- kompetenz, Unterrichtsmittel	Nutzung eines Modells zur Ableitung von Erkenntnissen , Übung mit Sternkarte , Herstellung von Modellen , Schülerprojekt , Druck-/Kopiervorlagen , Bauanleitung , Planetenzeigermodell , Aufsuchkarte für Uranus , Ekliptiksternkarte

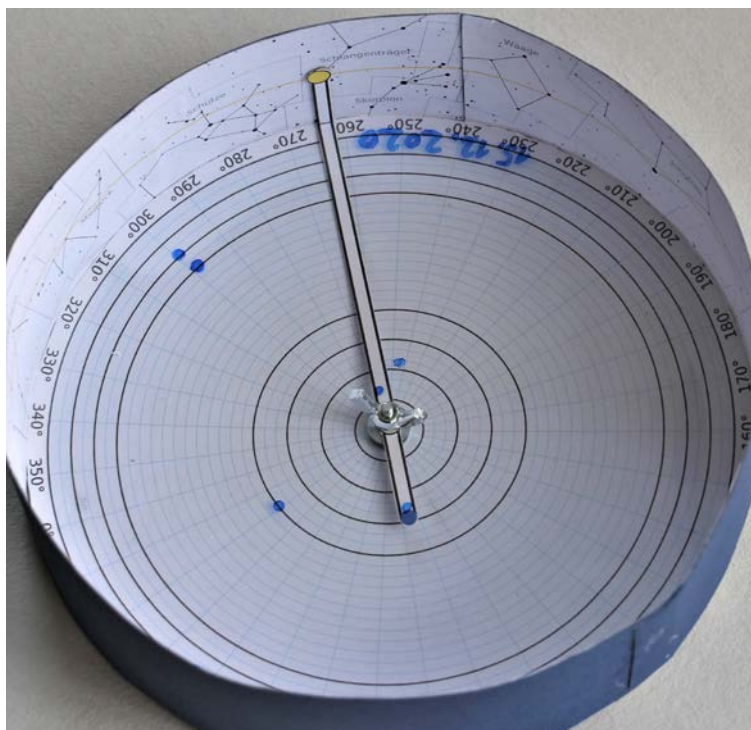


Abbildung 1: Planetenzeigermodell, hier in der Version mit beschreibbarer Grund-
scheibe. Das gezeigte Modell zeigt die
Planetenkonstellation (für die mit bloßen
Auge erkennbaren Planeten) und die Po-
sition der Sonne im Ekliptikgebiet des
Sternenhimmels für den 15. 12. 2020.
© Olaf Fischer / HdA.

¹Ein einfaches Planetenzeigermodell wurde be-
reits in WIS 8/2014 vorgestellt (siehe Quellen).

Vorwort

Erfolgreiches Lernen ist stark davon abhängig, wie sehr sich der Lernende auf den Sachverhalt einlässt. Dabei spielt natürlich die richtige Motivation eine Rolle. Wichtig sind dann aber vor allem Erfolgserlebnisse bei der eigenen Beschäftigung mit dem Neuen (wozu auch das eigene „Verstehenkönnen“ gehört).

Modelle sind fundamental für die Beschreibung naturwissenschaftlicher Tatsache. Ihr Spektrum reicht von Anschauungsmodell bis hin zur komplexen mathematischen Modellierung. Die Hinführung zum naturwissenschaftlichen Denken in der Schule erfordert dauerhaft den Umgang und die Auseinandersetzung mit Modellen, ihren Möglichkeiten und ihren Grenzen.

Für das Kennenlernen des solaren Planetensystems ist Anschaulichkeit wichtig. Das Planetenzeigermodell vermittelt dem Schüler einen Blick auf den Aufbau des Planetensystems mit der Abfolge der Planeten und ihrer Umläufe in einer (etwa) gemeinsamen Ebene. Das Modell verknüpft die Planeten mit dem Sternhimmel der Ekliptikregion und liefert so eine Verbindung zu deren Beobachtbarkeit und zu Sternkarten als Hintergrund und Aufsuchhilfe für die solaren Planeten. Und schließlich kann im Planetenzeigermodell auch der jährliche Lauf der Sonne durch die Sternbilder entlang der Ekliptik verfolgt werden.

Das Planetenzeigermodell in der Kartonausführung

Aufbau

Das Planetenzeigermodell besteht aus Grundscheibe (evt. mit Klarsichtfolienabdeckung), Ekliptikring, Erde-Sonne-Zeiger und evt. weiteren Planetenzeigern zum Aufsetzen. Figürliche Sternbilddarstellungen auf der Außenseite des Ekliptikrings können noch andere Aspekte ins Modell einbringen.

In den folgenden Abbildungen 2 bis 4 werden diese Grundelemente des Modells kurz vorgestellt.

Aufgrund der Materialien ist diese Modellvariante preiswert und relativ schnell (ca. 1 h) realisierbar.

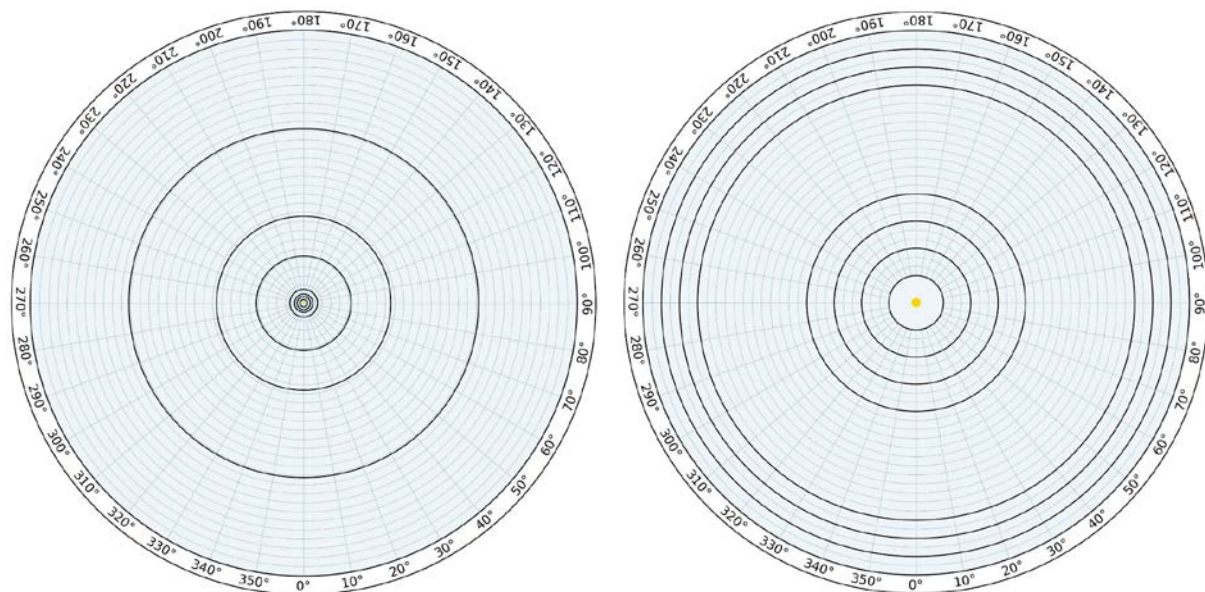


Abbildung 2: Die Grundscheibe des Planetenzeigermodells repräsentiert die Ekliptikebene (die Umlaufebene der Erde). Die Bahnebenen der anderen Planeten verlaufen in etwa in dieser Ebene. Die links dargestellte maßstäbliche Ausführung (Planetenabstände in AE: 0,387, 0,723, 1,0, 1,52, 5,20, 9,58, 19,20, 30,05) ist für das Modell ungünstig. Deshalb wird für das Planetenzeigermodell die rechts gezeigte nicht maßstäbliche Ausführung genutzt. Dabei wurden die Abstände so gewählt, dass die Zweiteilung des Planetensystems in innere Planeten (terrestrische Planeten) und äußere Planeten (Gasriesen) für den Nutzer offensichtlich wird. Die Form der Planetenbahnen und die nichtmaßstäbliche Größe von Sonne und Planeten sollten auch kurz erwähnt werden.

©: Thomas Müller / HdA. Herzlichen Dank an Thomas Müller (HdA Heidelberg) für die Python-Programmierung zur Grafikausgabe der Grundscheibe des Planetenzeigermodells.



Abbildung 3: Der Ekliptikring des Planetenzeigermodells repräsentiert einen schmalen Streifen des Sternhimmels ober- und unterhalb der Ekliptik. Hier wird ein ekliptikal Breitenbereich von -15° bis $+15^\circ$ genutzt. Dieser Streifen wird im Modell zu einem Ring verbunden, welcher die Grundebene umschließt. Abgedruckt sind die Sterne bis zur 6. Größenklasse (Hipparcos-Helligkeit). Um die Sternbilder leichter identifizieren zu können, wurden einige helle Sternbildsterne durch Striche verbunden. Auch die Grenzen der Sternbildgebiete sind (dunkelblau) ersichtlich. Schließlich wurden noch die Linien des Himmelsäquators (braun) und der Ekliptik (goldgelb) eingezeichnet.

©: Olaf Fischer / HdA. Die Sternkarte des Ekliptikstreifens wurde auf Grundlage der Daten des Hipparcos-Katalogs [3], der Sternbildstriche im Planetariumsprogramm ‚Stellarium‘ [2] und der von der IAU veröffentlichten Daten zu den Sternbildgrenzen [1] mittels eines Python-Programms erzeugt.

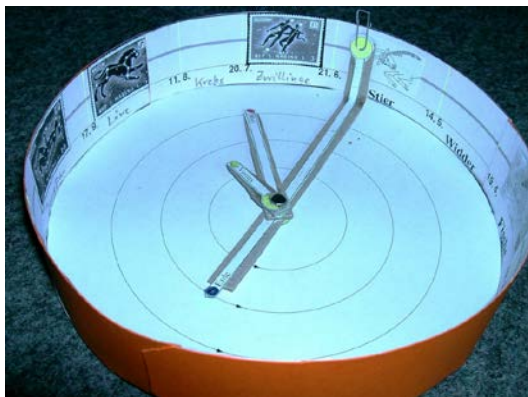
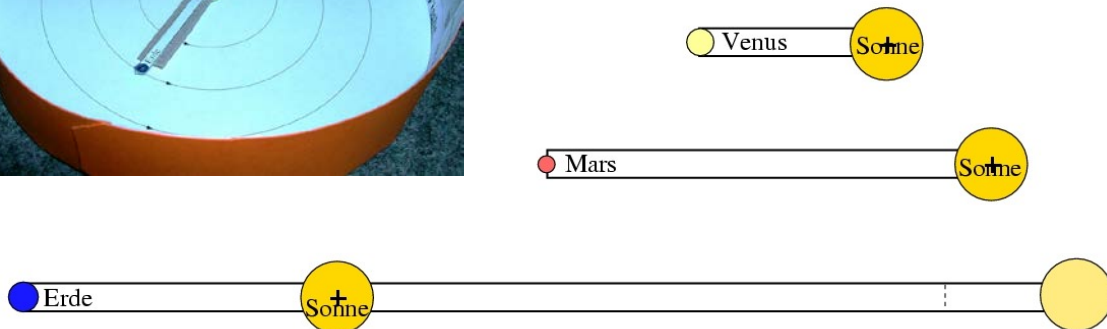


Abbildung 4: Der Erde-Sonne-Zeiger (ganz unten im Bild) verbindet die Bahnposition der Erde im Umlauf um die Sonne mit dem Himmelsanblick der Sonne (im Bild links ersichtlich). Beim Umlauf der Erde wird klar, dass die Sonne vor einem Teil des Sternhimmels steht und von Tag zu Tag auf einer scheinbaren Bahn weiterrückt. Die Planetenzeiger des Planetenzeigermodells weisen auf die Positionen der Planeten auf ihrer jeweiligen Bahn.
©: Olaf Fischer / HdA. [4]



Modellversion mit beschreibbarer Grundscheibe: Material, Werkzeug, Arbeitsschritte

Benötigt werden:

- 3 zuvor kopierte bzw. ausgedruckte Schnittbogen (siehe Anhang) jeweils auf A4 oder A3,
- stabile Pappe im A4- oder A3-Format für die Grundscheibe,
- ein Bogen Karton im A4- oder A3-Format für den Ekliptikring und den Erde-Sonne-Zeiger,
- stabile Klarsichtfolie im A4- oder A3-Format (z. B. transparente Einbanddeckel-Klarsichtfolie, 0,25 mm dick) als beschreibbare Abdeckung der Grundscheibe,
- Klebstoff,
- eine Spreizklammer oder eine Schraube (M3, >15 mm lang), 3 Muttern (M3, davon evt. Flügelmutter), 3 Unterlegscheiben (4,3 mm × 12 mm),
- Schere, Lineal, evt. ein Lochisen (3 mm Durchmesser) zum Stanzen der Löcher in Grundscheibe und Erde-Sonne-Zeiger.

Arbeitsschritte:

1. Die im Anhang gegebene Kopiervorlage (3 Seiten) ist auf A4 oder A3 ($A3 = \sqrt{2} \cdot A4$) auszudrucken bzw. zu kopieren. Die Grundscheibe wird doppelt benötigt.
2. Alle Teile (Grundscheibe, drei Ekliptikringe, Erde-Sonne-Zeiger) ausschneiden.
3. Optional: Bei Wunsch auch figürliche Sternbilddarstellungen für die Außenseite des Ekliptikrings ausschneiden.
4. Eine Grundscheibe auf Pappe, die andere auf Karton vollflächig aufkleben und erneut ausschneiden.
5. Kreisscheibe in Grundscheibengröße aus stabiler Klarsichtfolie ausschneiden.
6. Löcher (3 mm Durchmesser) jeweils in die Mitte der Grundscheiben und der Klarsichtscheibe stanzen.
7. Drei Ekliptikringelemente auf Karton kleben und ausschneiden und die Abnicklinie der Klebelaschen an den Längsseiten rillen, um das spätere Falten genau an der Linie zu erleichtern.
8. Zusammenkleben der drei Ringelemente zum Ekliptikstreifen.
9. Optional: An den passenden Stellen die figürlichen Sternbilddarstellungen auf die Rückseite des Ekliptikstreifens (die spätere Ringaußenseite) aufkleben.
10. Ekliptikstreifen zum Ekliptikring verbinden (verkleben), die Klebefalze an der Längsseite des Ekliptikrings nach innen falten und Ring mit Grundscheibe verkleben (Laschen unter Scheibe).
11. Erde-Sonne-Zeiger auf Karton kleben, erneut ausschneiden, im Sonnenmittelpunkt lochen und am Zeigerende mit dem Sonnenbild an der gestrichelten Linie um 90 Grad nach oben zu biegen.
12. Die Löcher jeweils durch eine Lochscheibe (z. B. Unterlegscheibe) verstärken.



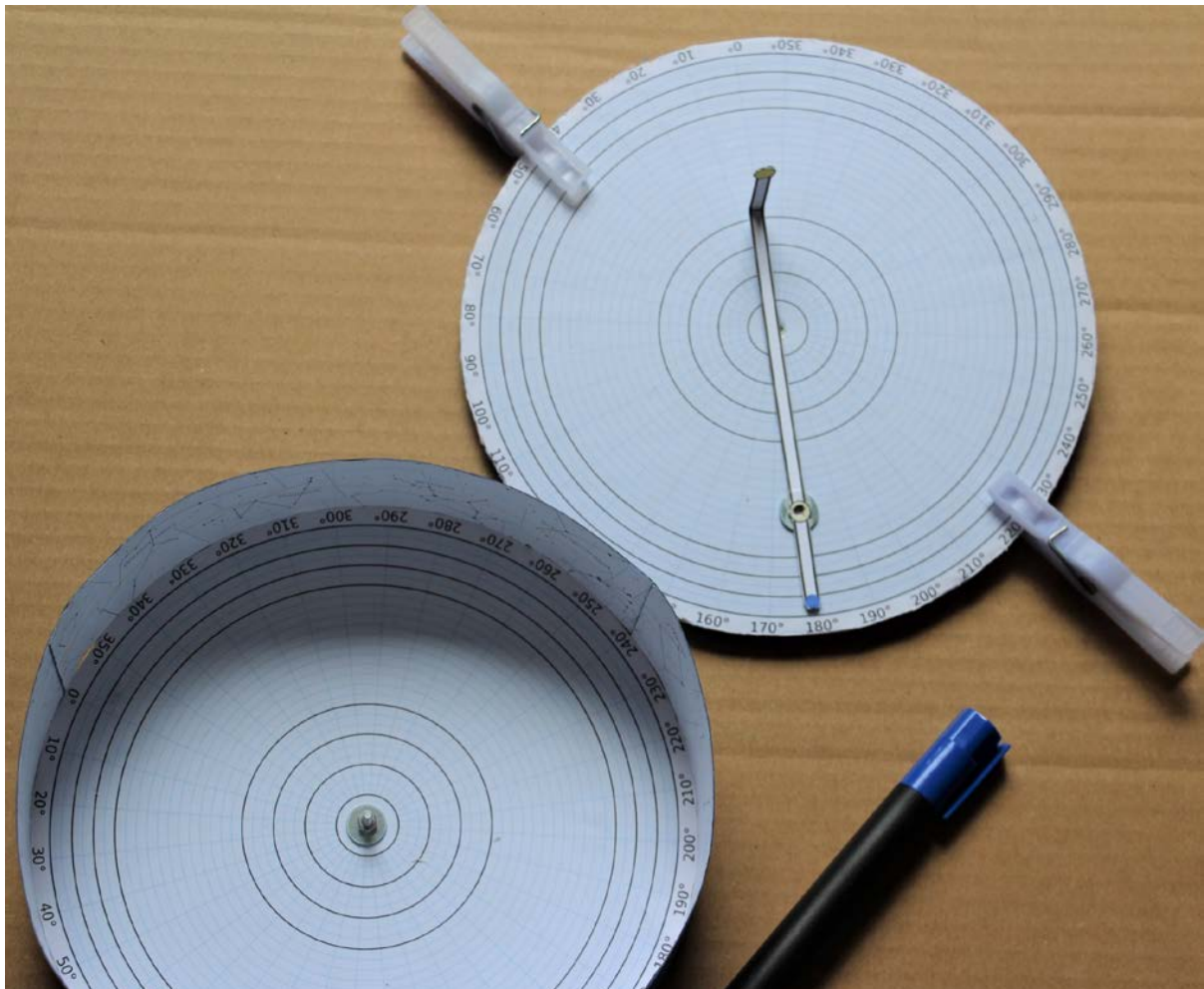
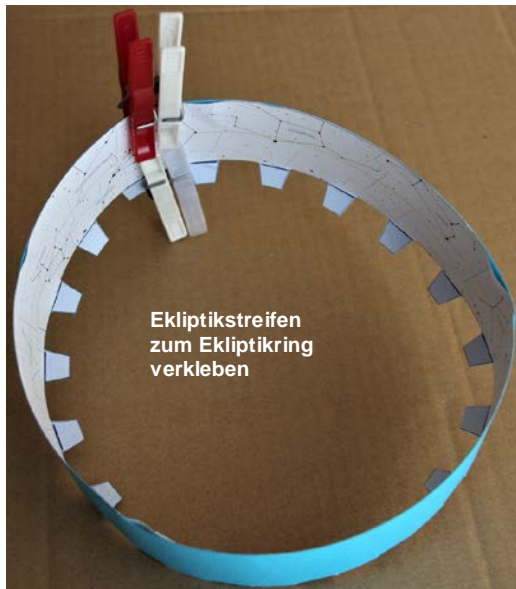


Abbildung 5: Modellversion mit beschreibbarer Grundscheibe. Die zweite Grundscheibe (oben rechts) dient als Vorlage zum Markieren der Planetenpositionen mit einem Permanent-Faserschreiber auf einen darauf befestigten (z. B. mit Wäscheklammern) Klarsichtfolienkreis. Zuerst wird der Erde-Sonne-Zeiger aufgesetzt (damit er später nichts verdeckt). Der Folienkreis wird anschließend auf die Grundscheibe mit Ekliptikring (unten links) aufgesetzt. Die fertige Einstellung kann mit einer hier nicht abgebildeten Mutter (z. B. Flügelmutter) fixiert werden. © O. Fischer / HdA.

Modellversion mit Planetenzeigern: Materialien, Werkzeug und Arbeitsschritte

Benötigt werden:

- 3 zuvor kopierte bzw. ausgedruckte Schnittbogen jeweils auf A4 oder A3,
- Stabile Pappe im A4- oder A3-Format für die Grundscheibe,
- ein Bogen Karton im A4- oder A3-Format für den Ekliptikring und für alle Zeiger,
- Klebstoff,
- eine Schraube (M3, >15 mm lang), 3 Muttern (M3, davon evt. Flügelmutter), 9 Unterlegscheiben (4,3 mm × 12 mm) für Grundscheibe und alle Zeiger,
- Schere, Lineal, evt. ein Locheisen/Lochstanzer (3 mm Durchmesser) zum Stanzen der Löcher in Grundscheibe, Erde-Sonne-Zeiger und Planetenzeiger.

Arbeitsschritte:

1. Die im Anhang gegebenen Kopiervorlagen (3 Seiten) sind auf A4 oder A3 ($A3 = \sqrt{2} \cdot A4$) auszudrucken bzw. kopieren.
2. Alle Teile (Grundscheibe, drei Ekliptikringteile, Erde-Sonne-Zeiger, alle Planetenzeiger) ausschneiden.
3. Grundscheibe vollflächig auf Pappe kleben und erneut ausschneiden.
4. Loch (3 mm Durchmesser) in die Mitte der Grundscheibe stanzen.
5. Drei Ekliptikringelemente auf Karton kleben und ausschneiden und die Abknicklinie der Klebelaschen an den Längsseiten rillen, um das spätere Falten genau an der Linie zu erleichtern.
6. Zusammenkleben der drei Ringelemente zum Ekliptikstreifen.
7. Optional: An den passenden Stellen die figurlichen Sternbilddarstellungen auf die Rückseite des Ekliptikstreifens (die spätere Ringaußenseite) aufkleben. Dazu steht auch eine horizontal gespiegelte Version zur Verfügung.
8. Ekliptikstreifen zum Ekliptikring verbinden (verkleben).
9. Klebefalze an der Längsseite des Ekliptikrings nach innen falten und Ring mit Grundscheibe verkleben (Laschen unter Scheibe).
10. Erde-Sonne-Zeiger und alle Planetenzeiger auf Karton kleben, erneut ausschneiden und im Sonnenmittelpunkt lochen.
11. Erde-Sonne-Zeiger am Zeigerende mit dem Sonnenbild an der gestrichelten Linie um 90 Grad nach oben zu biegen.
12. Alle Löcher jeweils durch eine Unterlegscheibe verstärken.



Abbildung 6: Planetenzeigermodell - Modellversion mit Planetenzeigern. Hinsichtlich der Arbeitsschritte siehe auch Bilder zuvor.

Das Planetenzeigermodell in der Deluxe-Ausführung

Im Unterschied zur zuvor vorgestellten einfachen Ausführung des Planetenzeigermodells werden bei der Deluxe-Ausführung alle Modell-Himmelskörper (von außerhalb gesehen Sonne, Planeten auf ihren Umlaufbahnen, von innen betrachtet Sonne und Planeten im Ekliptikgebiet des Himmels) magnetisch gehalten.

Diese Modellvariante erfordert verschiedene Materialien und deutlich mehr Aufwand (ca. 3 h). Einige Bearbeitungsschritte erfordern die Nutzung einer entsprechend ausgerüsteten Werkstatt.



Abbildung 7: Planetenzeigermodell „Deluxe“ zur Darstellung der Positionen der Planeten bis hin zum Saturn. Es werden zwei Versionen mit verschiedenen Hintergrundfarben gezeigt.

Auf der Grundscheibe sind jeweils Sonne und Planeten (als Halbkugeln) in der Draufsicht auf ihre Umlaufbahnen („von außen“) zu sehen, wo sie magnetisch haften. Auf dem Ekliptikring erscheinen sie (als Scheiben) in der „Innenansicht“ vor dem Sternhimmel der Ekliptikregion, wie man sie von der Erde aus sieht. ©: Olaf Fischer / HdA.

Materialien, Werkzeug und Arbeitsschritte

Benötigt werden für ein Modell mit ca. 29 cm Grundscheiben-Durchmesser (A3):

- Grundplatte aus mitteldichter Faserplatte (MDF), 1 cm dick, 35 cm × 40 cm,
- Kreisscheibe aus MDF-Platte, 1 cm dick, Durchmesser: 31 cm,
- Kreisscheibe aus Glattblech (Stahl, verzinkt), 0,5 mm dick, Durchmesser: 31 cm,
- Streifen aus Glattblech (Stahl, verzinkt), 0,5 mm dick, Breite: 5 cm, Länge: 100 cm,
- 2 Senkkopfgewindeschrauben (M2, 3 mm lang) + 2 Sechskantmuttern (M2),
- 4 kurze Holzschrauben (15 mm lang),
- 4 Holzhalbkugeln (Durchmesser: 8 mm), 2 Holzhalbkugeln (Durchmesser von 12 mm), 1 Holzhalbkugel (Durchmesser: 20 mm),
- Rundholzleisten (Durchmesser 20 mm, 12mm und 8 mm) zum Absägen von Holzscheibchen,
- 13 Neodym-Scheibenmagnete (Durchmesser: 6 mm, Dicke: 1 mm),
- A3-Papierausdrucke (Grundscheibe und drei Ekliptikringteile). Der in Abb. 7 ersichtliche als Außenring angebrachte Tierkreisstreifen ist optional und muss selbst entworfen werden,
- Klebstoff, Laminierfolie A3,
- Farben zur Bemalung der Holzhalbkugeln und Holzscheibchen (weiß, schwarz, rot, blau, gelb, braun),
- evt. Folien als Schutzabdeckung oder Schutzlack, 1 m Kantenschutz für obere Blechringkante,
- Werkzeuge und Maschinen: Blechschere, Dekupiersäge, Fuchsschwanz, Akku-Bohrschrauber, Feile, Spiralbohrer für Metall (Durchmesser 2 mm und 3 mm), Bitsatz, Zirkel, Schleifklotz (Sandpapier), Schere, Kreuzschlitz-Schraubendreher für Schraubverbindung von Ekliptikplatte mit Grundplatte, Werkstatt-Schraubendreher für Blechschraube, Holzraspel, Kombizange zum Halten der Mutter bei Blechschraube, Schraubzwingen zum Zusammenhalten des Ekliptikrings beim Bohren der Löcher für Gewindeschrauben, evt. Laminiergerät.

Arbeitsschritte:

1. Säge aus der MDF-Platte (1 cm dick) eine Kreisscheibe mit einem Durchmesser von 31 cm aus!
2. Schneide mit der Blechschere einen 5 cm breiten und 100 cm langen Glattblechstreifen ab!
3. Entgrate und entschärfe die Schnittkanten mittels einer Feile.
4. Spanne den Blechstreifen straff um die MDF-Kreisscheibe und füge sie mittels zweier Gewindeschrauben und dazu passenden Muttern zusammen! Zuvor sind die 2 Löcher durch die mittels einer kleinen Schraubzwinde zusammengehaltenen Blechstreifenenden zu bohren! Das evt. aus der Mutter herausstehendes Schraubenende sollte angesägt werden.
5. Schraube oder klebe die MDF-Kreisscheibe mittig auf die MDF-Grundplatte (oben noch Platz für Überschrift, unten noch Platz für Magnete)!
6. Stecke den Blechring auf die MDF-Kreisscheibe und verklebe ihn dabei!
7. Schneide aus der Blechplatte eine Scheibe mit einem Durchmesser von 28,5 cm aus, entgrate sie und klebe die Blechscheibe auf die MDF-Kreisscheibe mittig in den Ring! Achte beim Ausschneiden darauf, dass möglichst wenig Material beansprucht wird!
8. Drucke nun die anhängenden Papiervorlagen für die Ekliptikebene und den Ekliptiksternbilderring aus (A4-Vorlage muss um 142 % vergrößert werden, um A3 gut zu füllen.), schneide diese aus und klebe die Ringteile zusammen (verbinde sie aber noch nicht zum Ring)!
9. Klebe den Papierkreis mit der Ekliptikebene so auf die Blechscheibe, dass der Nullpunkt der ekliptikalischen Längenzählung nach rechts weist (siehe Abb. 8)!
10. Lege die Ringstreifen innen und außen an, richte sie nach dem Nullpunkt (Frühlingspunkt bei ca. 21. März \rightarrow 0° ekliptikaler Länge) aus, verbinde sie passend und verklebe sie mit dem Blechring.
11. Schneide von den runden Holzleisten Scheibchen ab oder aus Pappe aus (4 mal 8 mm Durchmesser, zweimal 12 mm Durchmesser, einmal 20 mm Durchmesser).
12. Verbinde alle Holzhalbkugeln (7) und alle Scheibchen (6) mit Neodym-Scheibenmagneten.
13. Bemale die Holzhalbkugeln und Scheibchen passend zu ihren Himmelskörpern.

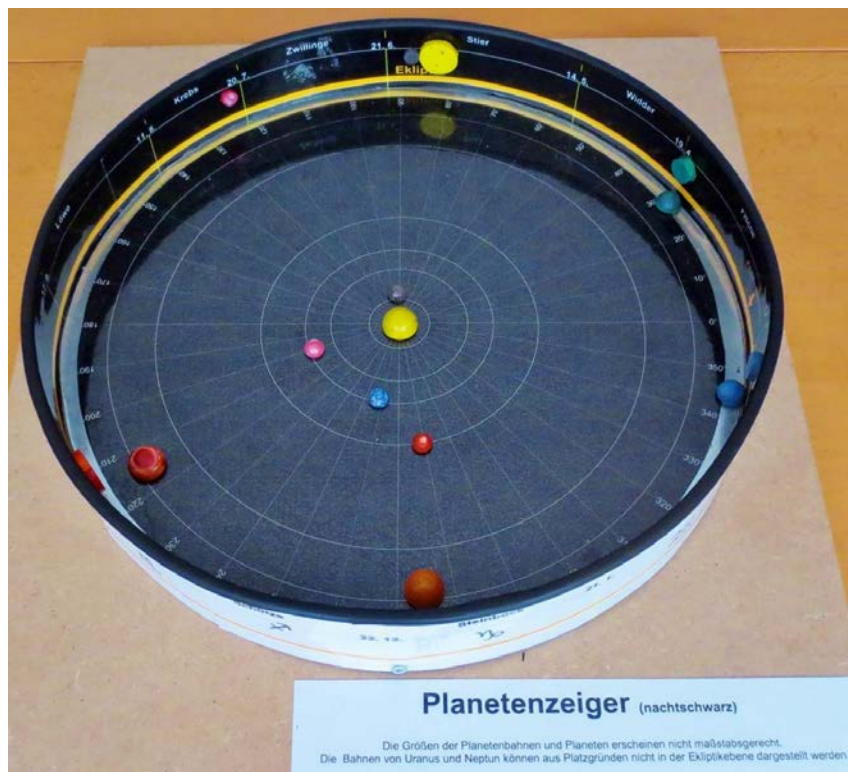


Abbildung 8: Planetenzeigermodell „Deluxe“ zur Darstellung der Positionen der Planeten bis hin zum Saturn. Auf der Grundscheibe sind Sonne und Planeten (als Halbkugeln) in der Draufsicht auf ihre Umlaufbahnen („von außen“) zu sehen. Auf dem Ekliptikring erscheinen die Planeten (als Scheibchen) in der „Innenansicht“ vor ihrem Sternhimmelshintergrund der Ekliptikregion, so wie man sie von der Erde aus sieht. Das Modell ist zum Aufhängen an die Wand im Klassenraum gedacht.
©: Olaf Fischer / HdA.

Anleitung zur Nutzung des Planetenzeigermodells

1. Bestimme zunächst die **heliocentrischen ekliptikalen Längen** der Planeten! Dazu kannst du auf verschiedene Quellen und Hilfsmittel zurückgreifen.
 - a) Vorausberechnete Werte z. B. bei: <https://planetarium.wvu.edu/files/d/e0ba9626-6377-4fff-8589-16ec25f27712/heliocentric-longitudes-2020pdf.pdf>,
<https://planetarium.wvu.edu/files/d/5cc5d42b-a17e-4cc4-a830-a7a66e73bd8e/heliocentric-longitudes-2021pdf.pdf>,
 - b) Nutzung von Berechnungs-Tools im Internet, z. B. der Planetenrechner des Arbeitskreises Astronomie Handeloh e.V.: <https://astronomie-handeloh.de/planetenrechner/plr.htm>.
 - c) Nutzung von in WIS 8/2014 gegebenen Beziehungen zur Transformation von Äquatorkoordinaten zu Ekliptikkoordinaten. Die Äquatorkoordinaten der Objekte findet man meist leichter, z. B. im Himmelskalender CalSky → <https://www.calsky.com/cs.cgi>. Für die Erde findet man dabei direkt keine Daten, kann dieser aber indirekt über die geozentrische Position der Sonne erhalten. Die geozentrische ekliptikale Länge der Sonne und die heliozentrische ekliptikale Länge der Erde unterscheiden sich um 180° .
2. **Positioniere** nun die Planeten auf ihren Bahnen auf der Grundscheibe!
 - a) Im Falle der **Modellausführung „Deluxe“** werden die Planeten auf ihren Umlaufbahnen durch Magnete auf der stählernen Grundscheibe gehalten.
 - b) Im Falle der **Modellversion mit Planetenzeigern** und Erde-Sonne-Zeiger werden die Zeiger auf die entsprechenden Positionen gedreht. Diese Version wird insbesondere dann eingesetzt, wenn besondere Planetenkonstellationen für nur ein oder zwei Planeten (zusätzlich zur Erde) gezeigt werden sollen. Entsprechend werden nur diese Planetenzeiger (Reihenfolge mit abnehmendem Abstand) auf die Schraube gesteckt. Der Erde-Sonne-Zeiger wird so aufgesteckt, dass die Zeigerseite mit der Sonne im Ekliptikgebiet keine anderen Planeten verdeckt. Die Einstellung wird dann mit einer abschließenden Mutter (z. B. eine Flügelmutter) fixiert.
 - c) Im Falle der **Modellversion mit beschreibbarer Grundscheibe** werden die Planetenpositionen auf der in diesem Falle vorliegenden zweiten Grundscheibe auf der darauf liegenden beschreibbaren Folie mit permanenten Faserschreibern durch Kreisscheibchen markiert. Es ist zu empfehlen, die Folie dazu mittels Klammern mit der Grundscheibe zu verbinden. Die mit den Planetenpositionen versehene Folie (oder die zweite Grundscheibe mit Folie) wird dann auf die „Sonnenschraube“ aufgesteckt. Für die Position der Erde wird der Erde-Sonne-Zeiger darübergesteckt. Eine abschließende Mutter (z. B. eine Flügelmutter) fixiert dann das Ganze.
3. Jetzt kannst du die für einen irdischen Beobachter erscheinenden **Positionen der Planeten auf dem Ekliptikstreifen** des Sternenhimmels finden, indem du einen **Sehstrahl von der Erde aus** über den jeweiligen Planeten oder die Sonne zum Sternenhimmel in der Ekliptikebene verlängerst. In der Deluxe-Ausführung des Modells kannst du an den ausgemachten Positionen die Scheibchen der Planeten positionieren. Beachte dabei, dass es aufgrund der Nichtmaßstäblichkeit des Modells (insbesondere die „Nähe“ der sichtbaren Ekliptiksterne) zu Abweichungen kommt.
4. Treffe nun Schlussfolgerungen auf die Planetensichtbarkeit für das eingestellte Datum (in welchem Sternbild der Ekliptik, am Abendhimmel oder am Morgenhimmel oder die ganze Nacht oder nur am Taghimmel, Phasengestalt der Venus?)!
5. Überlege dir dazu die jeweilige Lage des Horizonts eines irdischen Beobachters bei Sonnenaufgang, Mittag, Sonnenuntergang und Mitternacht sowie die Rotationsrichtung der Erde beim Blick auf die Ekliptikebene vom ekliptikalen Nordpol aus (siehe dazu weiter hinten).

Beispieleinstellungen des Planetenzeigermodells

Im Folgenden werden exemplarisch einige Einstellungen und Interpretationen des Planetenzeigermodells für einige 2020/2021 bevorstehende Planetenkonstellationen oder beobachtbare Planetenbegegnungen aufgeführt. Tabelle 1 enthält dazu auch die Einstelldaten (**heliocentrische ekliptikale Längen**), wobei die Einstellungen des Modells aber nur für die farblich hervorgehobenen Fälle demonstriert werden. Zur Sprache kommen die Positionen der Erde bzw. Sonne zu Beginn der Jahreszeiten, spezielle Konstellationen im System Erde-Sonne-Planet (größte Elongationen der inneren Planeten, Opposition und Konjunktion für äußere Planeten) und einige beobachtbare Treffen von Planeten.

Datum	Geozentrische ekliptikale Länge der Sonne (Sternbild)	Planeten (für das bloße Auge oder ein einfaches Fernglas)	Konstellation, Sichtbarkeit	Heliocentrische ekliptikale Längen der Planeten ¹
13. 08. 2020	141° Löwe	Venus	Größte westliche Elongation	95,4°
22. 09. 2020	180° Jungfrau ²	Erde	Herbstanfang	0°
06. 10. 2020	194° Jungfrau	Mars	Größte Erdnähe (0,415 AE)	23°
14. 10. 2020	202° Jungfrau	Mars	Opposition	21°
31. 10. 2020	218° Waage	Uranus	Opposition	39°
15. 12. 2020	264° Schlangenträger	Merkur Venus Erde Mars Jupiter Saturn Uranus		261° 240° 84° 21° 299° 300° 37°
21. 12. 2020	270° Schütze ²	Erde	Winteranfang, Sonne	90°
21. 12. 2020	270° Schütze	Jupiter, Saturn	Jupiter 6,26' südlich Saturn	J: 300° S: 300°
24. 01. 2021	305° Steinbock	Saturn	Konjunktion	304°
24. 01. 2021	305° Steinbock	Merkur	Größte östliche Elongation	323°
29. 01. 2021	310° Steinbock	Jupiter	Konjunktion	310°
05. 03. 2021	345° Wassermann	Merkur, Jupiter	Merkur 19,5' nördlich Jupiter	Me: 318° J: 318°
06. 03. 2021	346° Wassermann	Merkur	Größte westliche Elongation	319°
20. 03. 2021	0° Fische ²	Erde	Frühlingsanfang	180°
17. 05. 2021	57° Stier	Merkur	Größte östliche Elongation	79°
21. 06. 2021	90° Stier ²	Erde	Sommeranfang	270°
04. 07. 2021	103° Zwillinge	Merkur	Größte westliche Elongation	81°
13. 07. 2021	111° Zwillinge	Venus, Mars	Venus 29,7' nördlich Mars	V: 140° Ma: 140°
02. 08. 2021	130° Krebs	Saturn	Opposition	310°
20. 08. 2021	147° Löwe	Jupiter	Opposition	327°
29. 10. 2021	216° Jungfrau	Venus	Größte östliche Elongation	263°

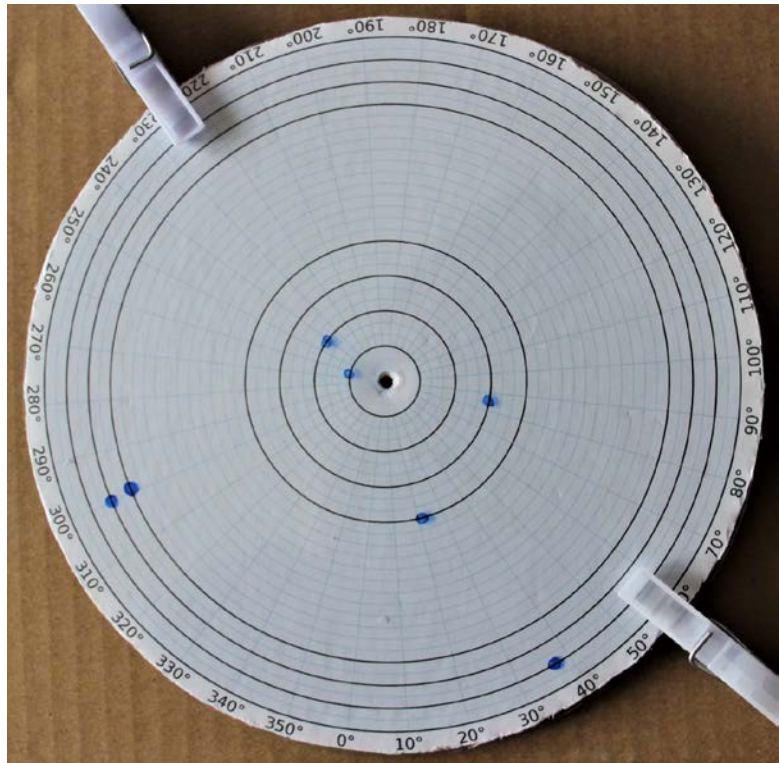
Tabelle 1: Besondere Planetenstellungen hinsichtlich des Anblicks von außen (besondere Planetenkonstellationen in Bezug auf die Verbindungslinie Erde-Sonne bzw. bei der Erde in Bezug auf die Richtung der Erdachse) und hinsichtlich des Anblicks von innen (Beobachtbarkeit von „Planetentreffen“) [5].

¹Die Angaben sind gerundet und beziehen sich meist auf die Tagesmitte (12:00 h, je nachdem: MEZ oder MESZ). ²Aufgrund der Präzession der Erdachse wandern die Orte der Sonne bei den Jahreszeitanfängen durch die Ekliptiksternbilder. So z. B. befindet sich die Sonne im Sternbild Stier bei Sommeranfang im Jahreszeitraum 1990-4619 [6].

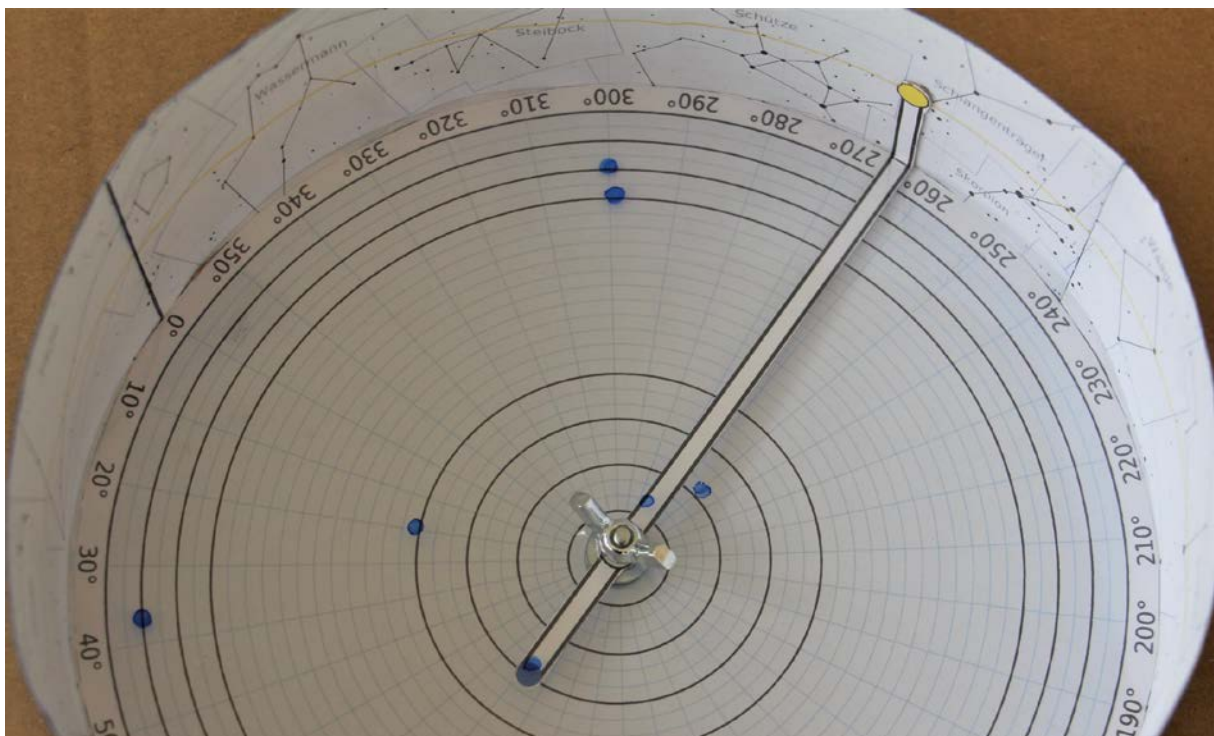
Planetenkonstellation am 15. 12. 2020

Modellversion mit beschreibbarer Grundscheibe

Planet	Heliozentrische ekliptikale Länge
Merkur	261°
Venus	240°
Erde	84°
Mars	21°
Jupiter	299°
Saturn	300°
Uranus	37°
Geozentrische ekliptikale Länge der Sonne (Sternbild)	
264° Schlangenträger	



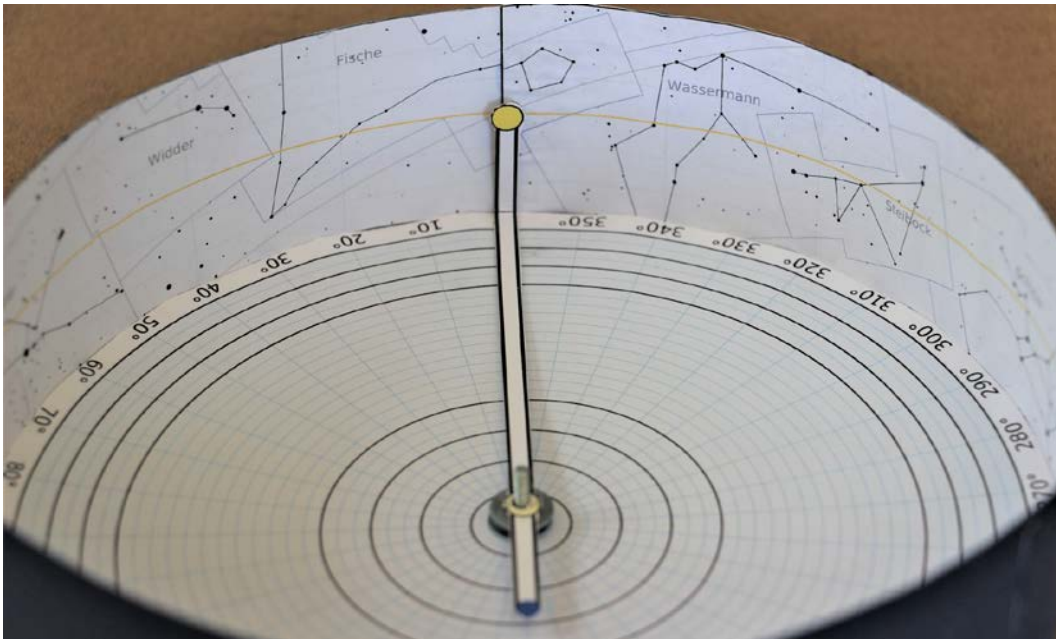
Planetenzeigermodell mit beschreibbarer Grundscheibe mit den Planetenpositionen (Merkur bis Uranus) für den 15. 12. 2020.



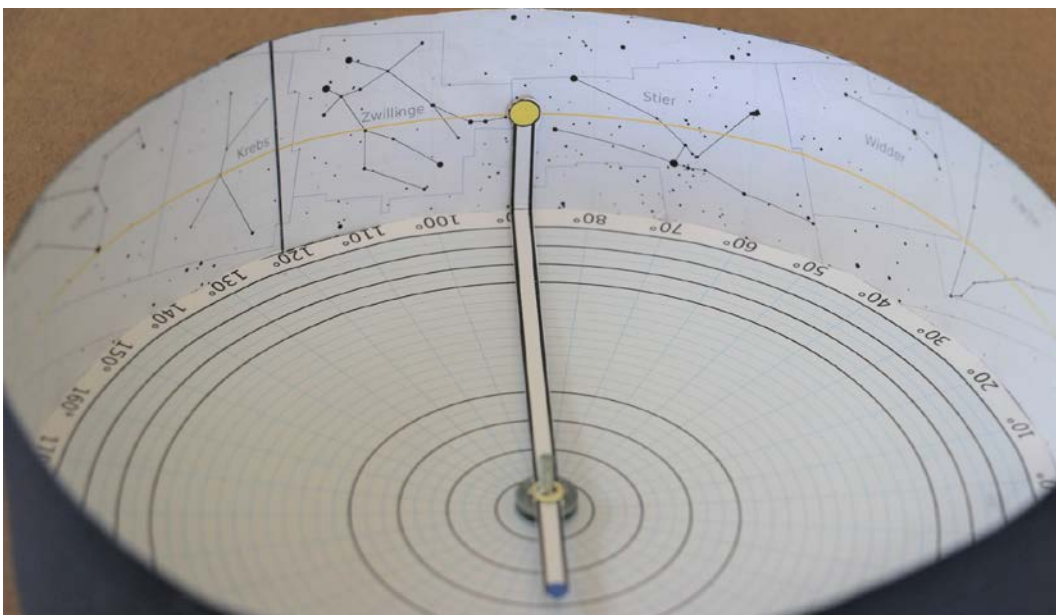
Am 15. 12. 2020 steht die Sonne im Schlangenträger. Hinsichtlich der Planetensichtbarkeit kann zunächst festgestellt werden, dass Merkur beinahe „hinter“ der Sonne steht, also nicht beobachtbar ist. Um Schlussfolgerungen über die Beobachtbarkeit der anderen Planeten (von der Erde aus!) zu ziehen, müssen weitere Aspekte ins Modell eingeführt werden: die Tag-/Nachtseite der Erde sowie der Beobachterhorizont. Dazu mehr weiter hinten. ©: Olaf Fischer / HdA.

Erde: Jahreszeitenanfänge am 22. 09 2020, 21. 12. 2020, 20. 03. 2021, 21. 06. 2021

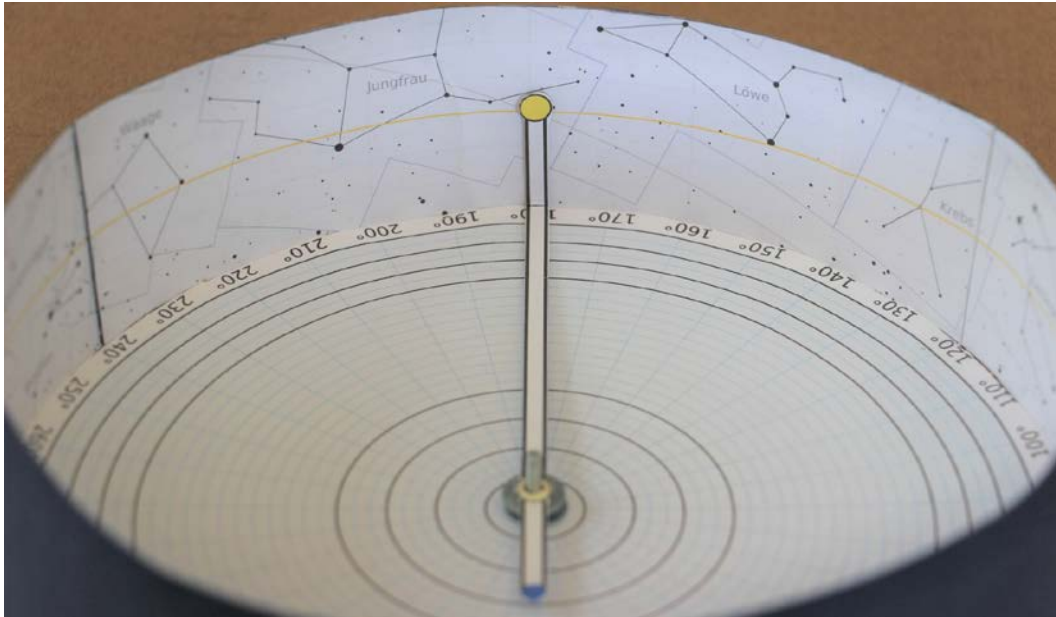
Frühlingsanfang (Nordhalbkugel): Die Erde hat eine heliozentrische ekliptikale Länge von 180° . Von der Erde aus gesehen (geozentrisch) erscheint die Sonne bei einer ekliptikalen Länge von 0° . Sie steht in diesem Moment genau auf dem Himmelsäquator (dünne braune Linie) im Frühlingspunkt im Sternbild Fische.



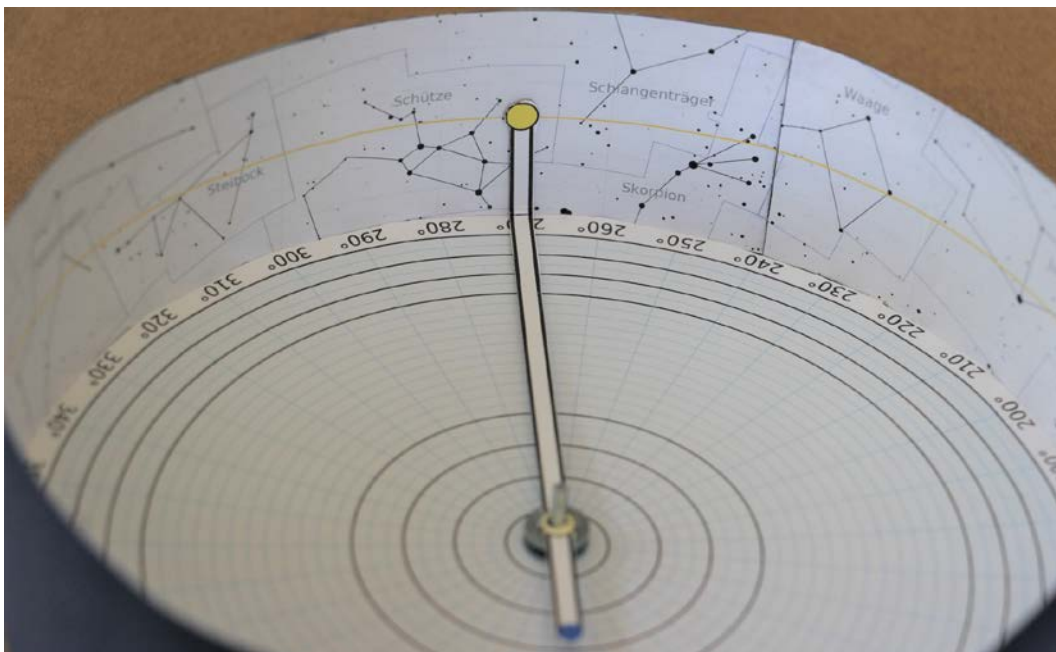
Sommeranfang (Nordhalbkugel): Die Erde hat eine heliozentrische ekliptikale Länge von 270° . Von der Erde aus gesehen (geozentrisch) erscheint die Sonne bei einer ekliptikalen Länge von 90° . Sie steht in diesem Moment am weitesten nördlich des Himmelsäquators (sie „wendet“ hinsichtlich ihrer Bewegung senkrecht zum Himmelsäquator, d. h. in Deklinationsrichtung) im Sternbild Stier.



Herbstanfang (Nordhalbkugel): Die Erde hat eine heliozentrische ekliptikale Länge von 360° . Von der Erde aus gesehen (geozentrisch) erscheint die Sonne bei einer ekliptikalen Länge von 180° . Sie steht in diesem Moment genau auf dem Himmelsäquator im Herbstpunkt im Sternbild Jungfrau.



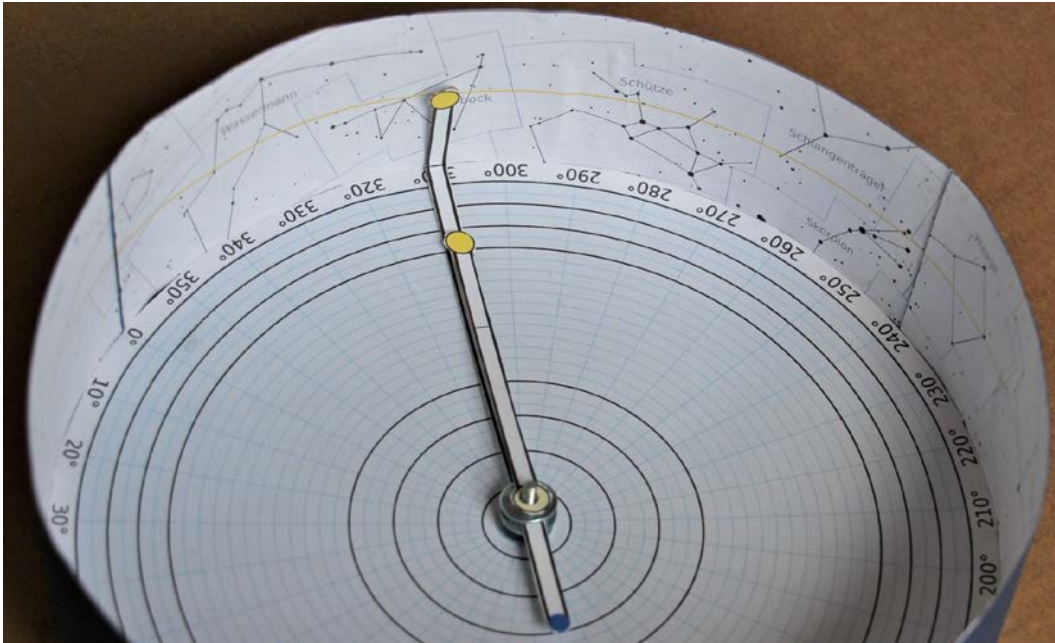
Winteranfang (Nordhalbkugel): Die Erde hat eine heliozentrische ekliptikale Länge von 90° . Von der Erde aus gesehen (geozentrisch) erscheint die Sonne bei einer ekliptikalen Länge von 270° . Sie steht in diesem Moment am weitesten südlich des Himmelsäquators (sie „wendet“ hinsichtlich ihrer Bewegung senkrecht zum Himmelsäquator, d. h. in Deklinationsrichtung) im Sternbild Schütze.



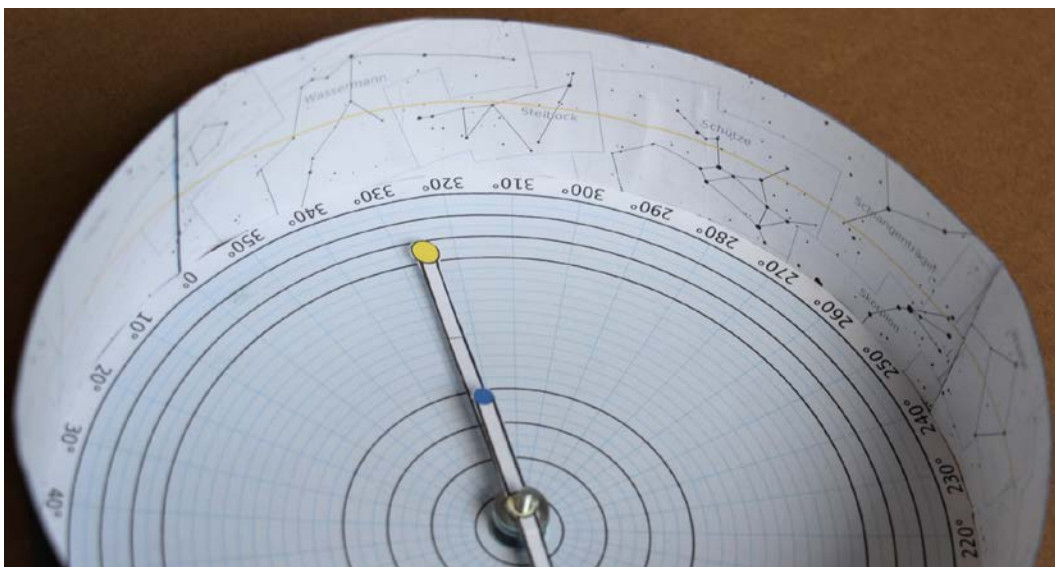
Bei Drehung des Erde-Sonne-Zeigers wird zugleich die **wahre jährliche Bewegung der Erde** um die Sonne und die von der Erde aus beobachtbare **scheinbare jährliche Bewegung der Sonne** vor den Sternbildern der Ekliptikregion sichtbar.

Jupiter: Konjunktion am 29. 01. 2021 und Opposition am 20. 8. 2021
Modellversion mit Planetenzeigern

Befindet sich ein äußerer Planet in Bezug auf der Verbindungslinie Erde-Sonne auf der Seite der Sonne, also von der Erde aus gesehen genau in Richtung zur Sonne, dann spricht man von der **Konjunktion** (aus dem Lateinischen *con-*: zusammen und *iungere*: sich verbinden, vereinigen).
 Am 29. 01. 2021 hat Jupiter eine heliozentrische ekliptikale Länge von 310° und die Sonne eine geozentrische ekliptikale Länge von 310° . Sonne und Jupiter sind in Konjunktion. Jupiter ist damit nicht beobachtbar.



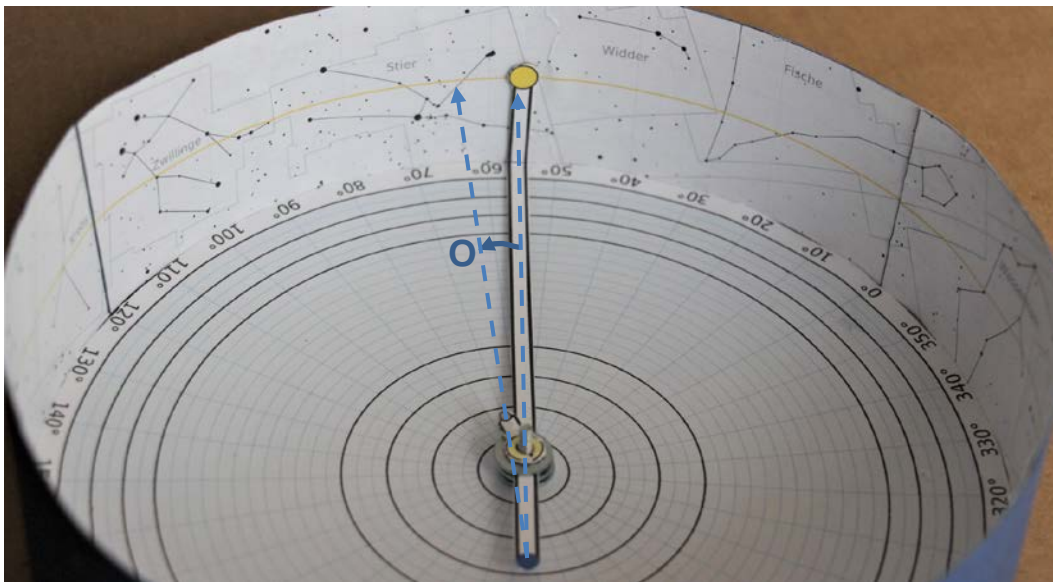
Befindet sich ein äußerer Planet in Bezug auf der Verbindungslinie Erde-Sonne auf der Seite der Erde, also von der Erde aus gesehen entgegengesetzt zur Sonne, dann spricht man von der **Opposition** (aus dem Lateinischen *oppositus*: gegenüberliegend, entgegengesetzt).
 Am 20. 08. 2021 hat Jupiter eine heliozentrische ekliptikale Länge von 327° und die Sonne eine geozentrische ekliptikale Länge von 147° . Sonne und Jupiter sind in Opposition. Jupiter liegt also gegenüber der Sonne und ist damit die ganze Nacht über beobachtbar.



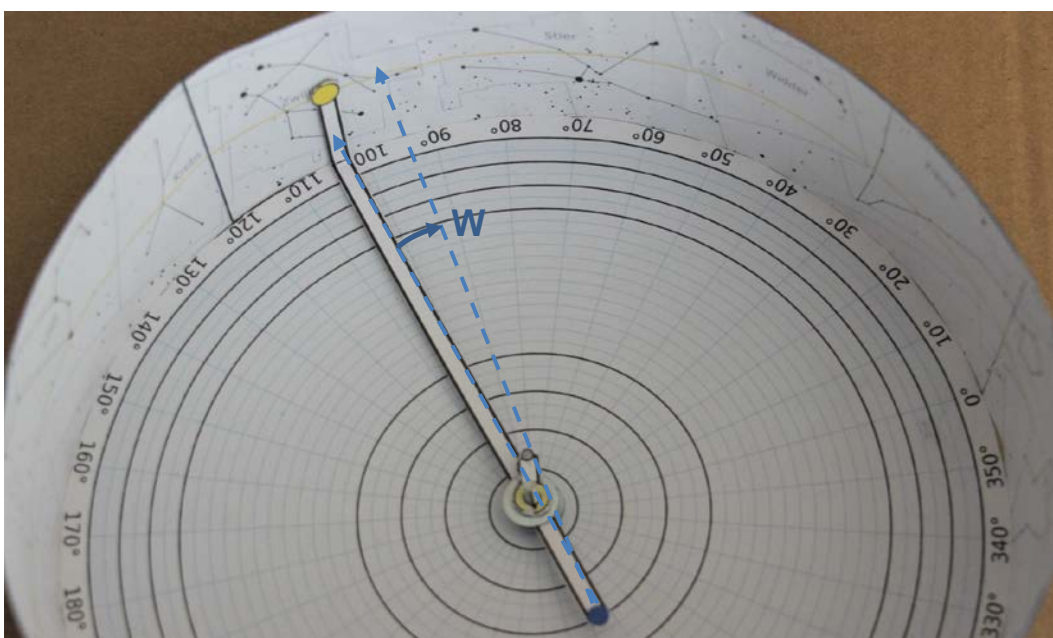
**Merkur: größte östliche Elongation am 17. 05. 2021 und
größte westliche Elongation am 04. 07. 2021**

Modellversion mit Planetenzeigern

So, wie ein Fadenpendel um seine Nulllage schwingt, so scheinen insbesondere die inneren Planeten für einen irdischen Beobachter um die Sonne zu pendeln. Beim Fadenpendel nennt man die Auslenkung auch Elongation. Die Amplitude der Schwingung entspricht der maximalen Elongation. Merkur und Venus sind gut beobachtbar, wenn sie den größten Winkelabstand zur Sonne, die größte Elongation aufweisen. Im Falle der **größten östlichen Elongation** steht der Planet östlich von der Sonne. Damit geht er später als die Sonne unter, ist also am Abendhimmel beobachtbar.

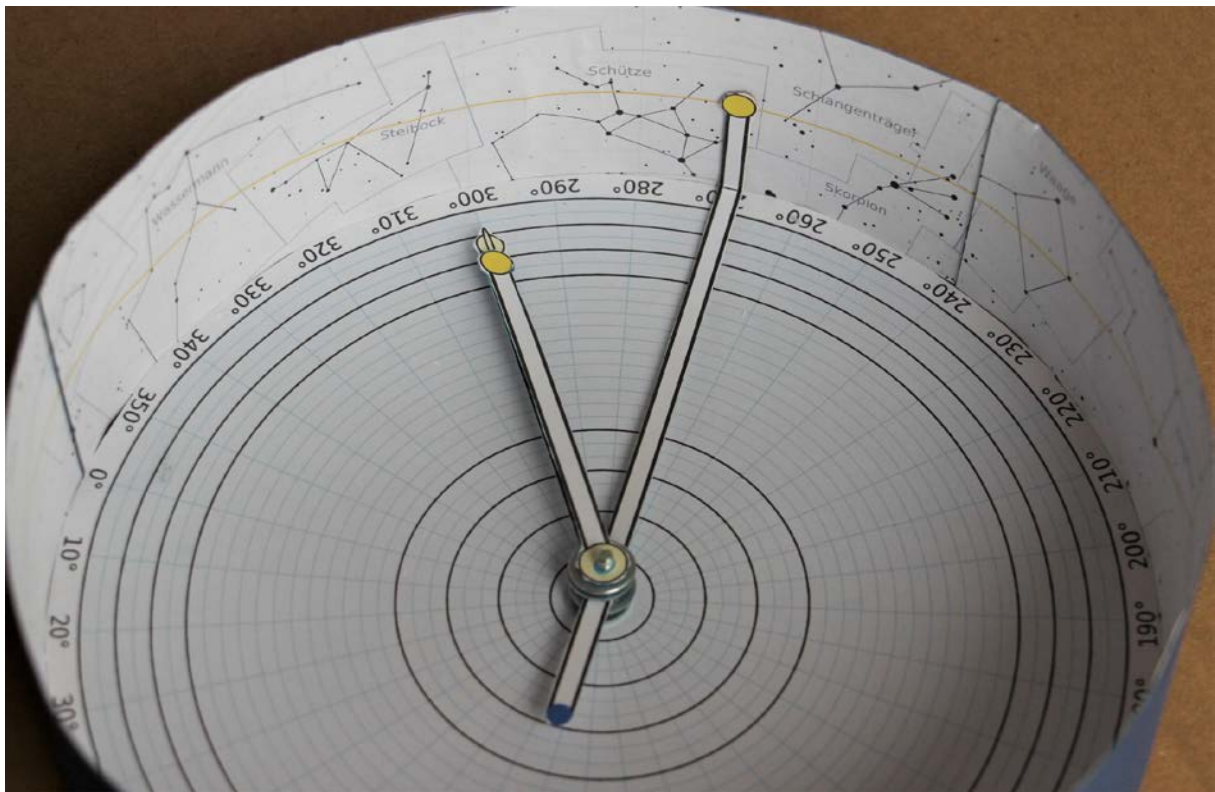


Im Falle der **größten westlichen Elongation** erreicht der Planet (hier der Merkur) den größtmöglichen Winkelabstand westlich von der Sonne. Damit geht der Planet schon vor der Sonne auf, ist also am Morgenhimmel beobachtbar.



Jupiter und Saturn: Zusammentreffen (geringster Abstand: 6,26') am 21. 12. 2020 Modellversion mit Planetenzeigern

Das himmlische Zusammentreffen (eine Konjunktion) von Jupiter und Saturn am 21. 12. 2020 ereignet sich nur rund alle 20 Jahre. (Beim Treffen von Jupiter und Saturn spricht man sogar von einer großen Konjunktion). Die nächste große Konjunktion findet also erst wieder im Jahre 2040 (am 31. 10.) statt. Die Konjunktion vom 21. 12. 2020 ist im Planetenzeigermodell dargestellt. Es kann nachvollzogen werden, dass das Planetentreffen von der Erde aus im Sternbild Steinbock beobachtbar ist. Im Modell kann man auch sehen, dass die Planeten nur wenig östlich von der Sonne stehen. Dies bedeutet, dass die große Konjunktion am Abendhimmel kurz vor Sonnenuntergang beobachtet werden kann. Weiteres zur Interpretation des Modells wird im folgenden Abschnitt dargestellt.



Bei einer großen Konjunktion hat man am Himmel eine augenfällige Erscheinung. Die Gesamthelligkeit übersteigt das gewohnte Maß, so dass man diese Veränderung am Himmel zu früherer (nichtwissenschaftlicher) Zeit durchaus abergläubig deutete.

Die **Gesamthelligkeit von Jupiter und Saturn** zusammengenommen kann nicht einfach addiert werden, sondern muss wie folgt berechnet werden (Herkunft siehe Anhang):

$$m_{\text{gesamt}} = -2,5 \lg \left(10^{\frac{m_{\text{Jupiter}}}{-2,5}} + 10^{\frac{m_{\text{Saturn}}}{-2,5}} \right)$$

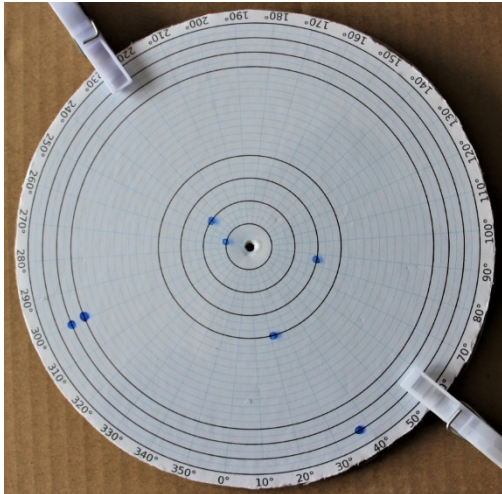
Die scheinbaren Helligkeiten betragen (laut Stellarium) für Jupiter -1,97 (bzw. -1,12 bei ca. 8,5° Höhe) und 0,63 (bzw. 1,47 bei ca. 8,5° Höhe). Für die Gesamthelligkeit ergibt sich also

$$m_{\text{gesamt}} = -2,5 \lg \left(10^{\frac{-1,97}{-2,5}} + 10^{\frac{0,63}{-2,5}} \right) \approx -2,5 \lg(6,14 + 0,56) \approx -2,1.$$

bzw. bei der geringen Höhe von ca. 8,5° über dem Horizont (große Luftmasse):

$$m_{\text{gesamt}} = -2,5 \lg \left(10^{\frac{-1,12}{-2,5}} + 10^{\frac{1,47}{-2,5}} \right) \approx -2,5 \lg(2,81 + 0,26) \approx 0,49.$$

Schlussfolgerungen zur Planetenbeobachtbarkeit

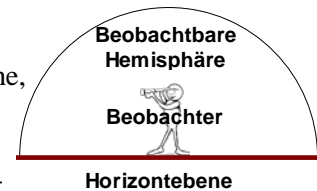


Planetenzeigermodell mit beschreibbarer Grund-scheibe mit den Planetenpositionen (Merkur bis Uranus) für den 15. 12. 2020. ©: O. Fischer / HdA.

Es bleibt die wichtige Aufgabe, aus der im Planetenzeigermodell eingestellten Konstellation (dem **Blick von außen**) auf die Beobachtbarkeit der Planeten (**Blick von innen**) zu schließen. Dazu müssen erst einige Tatsachen und Begriffe zum Thema ‚Beobachter auf der Erde‘ geklärt werden.

Horizontebene

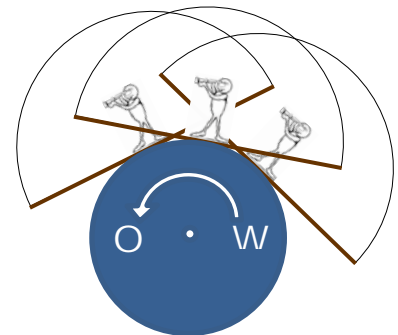
Zunächst gilt es, den Begriff ‚Horizontebene‘ als die Ebene, die die scheinbare Himmelskugel in die sichtbare Hemisphäre „über“ dem Beobachter und die unsichtbare Hemisphäre „unter“ dem Beobachter teilt, einzuführen.



Im Weiteren wird die Horizontebene im Schnitt „von der Seite“ wie hier abgebildet dargestellt.

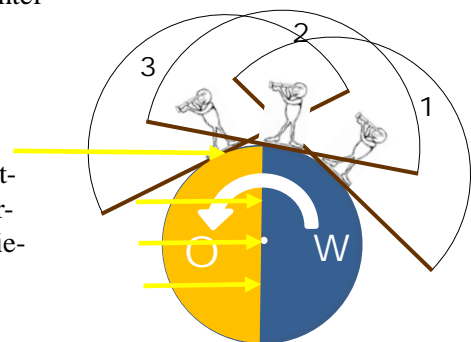
Beobachter auf rotierender Erde

Im nächsten Schritt wird der Aspekt der Rotation der Erde und damit auch der Horizontebene eingeführt. Der Blick auf die Erde ist der Blick auf die Grundebene des Planetenzeigermodells, also auf die Umlaufebene der Erde. Die Neigung der Erdachse wird vernachlässigt, so dass die Achse im Bild mittig erscheint. Weil sich der Himmel von Ost nach West scheinbar dreht, erfolgt die wahre Drehung der Erde von West nach Ost. Beim Blick vom ekliptikalischen Nordpol aus erscheint diese Drehung entgegen dem Uhrzeigersinn. Festzustellen ist, dass sich der mit dem Beobachter auf der rotierenden Erde verbundene Horizont im Laufe der Zeit auch entgegen dem Uhrzeigersinn dreht.



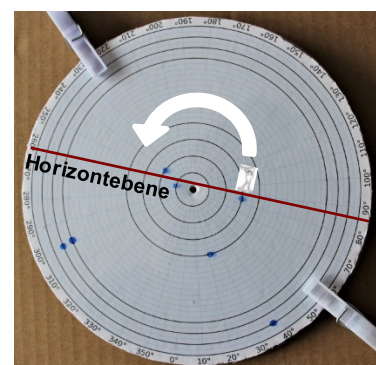
Tag-Nacht-Seite der Erde

Da die Sterne und in der Regel auch die Planeten nur am Nachthimmel beobachtet werden können, gilt es nun, die Beobachterhemisphären zu identifizieren, die den Nachthimmel repräsentieren, d. h., diejenigen, deren Horizontebenen (von „oben“) von den Sonnenstrahlen getroffen werden. Im Beispiel rechts gilt dies nur für Beobachter 3.

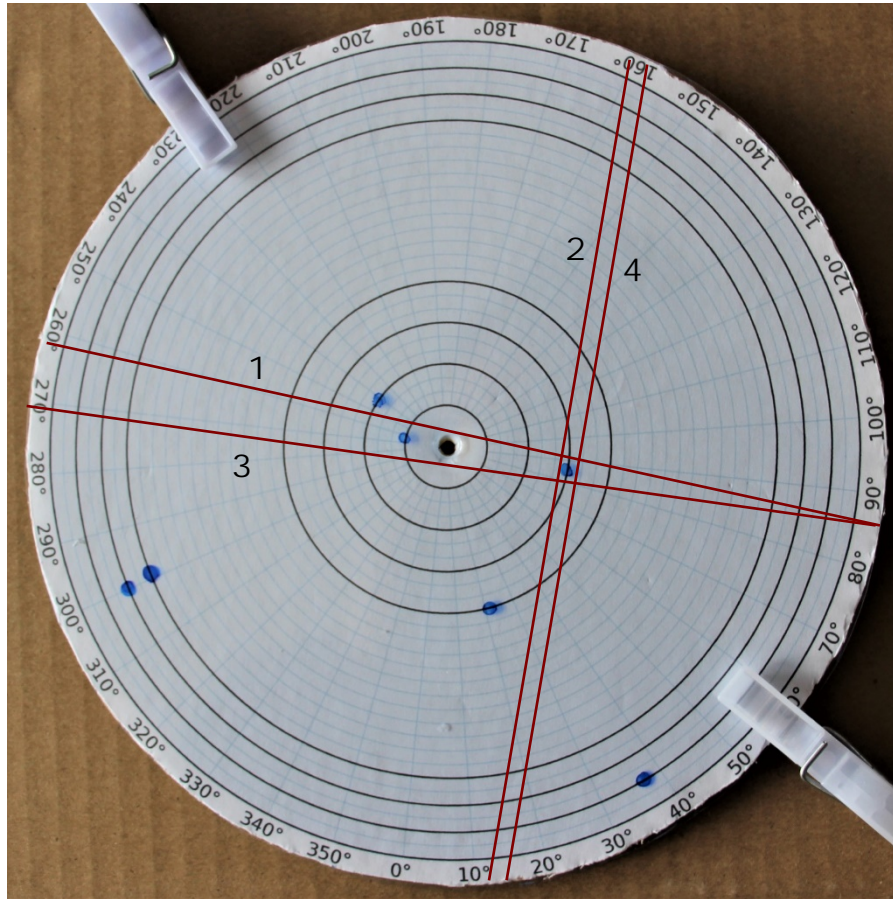


Blick auf Grundebene des Planetenzeigermodells – Reduktion auf Horizont

Schließlich muss die zuletzt dargestellte Situation in die Grundebene des Planetenzeigermodells übertragen werden. Für das dort erscheinende kleine Erdscheibchen wird nur noch die Horizontlinie gezeigt. Entsprechend verschiedener Tageszeiten zeigt die Horizontlinie in verschiedene Richtungen. Im gezeigten Falle zeigt sie in Richtung Sonne, wobei diese aber noch unter der Horizontlinie liegt. Die Drehrichtung der Horizontlinie legt nahe, dass die Sonne kurz vor ihrem Aufgang ist.



[zurück zum Anfang](#)



Ableitung der Planetensichtbarkeit für den 15. 12. 2020 ausgehend von der Draufsicht auf die Planetenpositionen auf der Grundscheibe des Planetenzeigermodells. Für 4 verschiedene Beobachterhorizonte (verschiedene Tageszeiten) sind die Horizonte dargestellt. Jeweils wird festgestellt, welche Planeten beobachtbar sind.

Das Modell ist stark vereinfachend und vernachlässigt die Neigung der Erdachse wie auch die Breitengradabhängigkeit der Beobachtung.

© O. Fischer / HdA.

Horizont 1:

Dieser Horizont liegt kurz vor Sonnenaufgang vor. Die Venus befindet sich schon oberhalb des Horizonts, sie ist also als Morgenstern beobachtbar. Weitere Planeten sind am Morgenhimmel nicht vertreten.

Horizont 2:

Horizont 2 stellt den Mittagshorizont dar. Die Beobachtung von Planeten am Taghimmel ist zwar möglich, aber sehr schwer zu bewerkstelligen (und in der Nähe der Sonne auch gefährlich).

Horizont 3:

Im Falle von Horizont 3 ist die Sonne vor Kurzem wieder unter dem Horizont gelaufen. Am Abendhimmel sind die eng beieinander stehenden äußeren Planeten Jupiter und Saturn wie auch der Mars zu sehen. Jupiter und Saturn gehen schon wenige Stunden nach Sonnenuntergang unter. Mars dagegen ist bis kurz vor Mitternacht über dem Horizont.

Horizont 4:

Über dem Mitternachtshorizont (4) befindet sich nur noch Uranus, der geschätzte zwei Stunden nach Mitternacht untergeht.

Uranus – eine Suchaufgabe in der Ekliptikregion (der Arena des Planetenzirkus)

Uranus-Opposition am 31. 10. 2020

Selbst Uranus kann unter günstigen Umständen (keine Lichtverschmutzung, klare und ruhige Luft, am besten bei seiner Opposition) mit bloßem Auge beobachtet werden. Seine Oppositionshelligkeit beträgt in 2020 ca. 5,7^m. Die Daten zur bevorstehenden und weiteren Uranus-Oppositionen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Datum	Abstand	Scheinbare Helligkeit	Winkeldurchmesser	Sternbild	Äquatorkoordinaten	Ekliptikkoordinaten
31. Okt. 2020	18,788 AE	5,7 mag	3,75"	Widder	2 h 24 min 44 s / 13° 51' 29"	38,69° / -0,47°
5. Nov. 2021	18,759 AE	5,7 mag	3,76"	Widder	2 h 40 min 36 s / 15° 10' 22"	42,76° / -0,42°
9. Nov. 2022	18,687 AE	5,7 mag	3,77"	Widder	2 h 56 min 56 s / 16° 26' 13"	46,90° / -0,37°
13. Nov. 2023	18,631 AE	5,7 mag	3,78"	Widder	3 h 13 min 35 s / 17° 37' 42"	51,07° / -0,32°
17. Nov. 2024	18,572 AE	5,6 mag	3,79"	Stier	3 h 30 min 22 s / 18° 43' 43"	55,23° / -0,26°

Daten zu Uranus Oppositionen. Aus: <https://de.wikipedia.org/wiki/Uranuspositionen> und von <https://theskylive.com/>.

Prinzipiell zur Beobachtbarkeit - Helligkeitsproblematik

Mit einem einfachen Fernglas 8×30 (d. h. 8-fache Vergrößerung und Objektivöffnung 30 mm) sollte dies

auch in stark lichtverschmutzter Region gelingen.

Die folgende kleine Rechnung zum Helligkeitsgewinn durch "Vergrößerung der Pupille" beim Einsatz einer Optik soll dies belegen. Im Falle des 8×30-Fernglases ist die Pupille um den Faktor 30 mm / 6 mm vergrößert, wobei die 6 mm für den Durchmesser der entspannten Augenpupille stehen. Desweiteren gehen wir zunächst von der mit bloßem Auge erreichbaren **Grenzgröße** vom 6^m bzw. 6 mag aus. Um den Helligkeitsgewinn $\Delta m = m_{\text{Auge}} - m_{\text{Fernglas}}$ zu ermitteln, nutzen wir folgenden grundlegenden Zusammenhang:

$$m_{\text{Auge}} - m_{\text{Fernglas}} = -2,5 \lg \left(\frac{S_{\text{Auge}}}{S_{\text{Fernglas}}} \right).$$

Die Strahlungsströme S_{Auge} und S_{Fernglas} sind proportional zu den Flächen A_{Auge} und A_{Fernglas} der das Licht einlassenden Öffnungen (Pupillen) bzw. Man kann also schreiben:

$$m_{\text{Auge}} - m_{\text{Fernglas}} = -2,5 \lg \left(\frac{A_{\text{Auge}}}{A_{\text{Fernglas}}} \right) = -2,5 \lg \left(\frac{\frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{Auge}}^2}{\frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{Fernglas}}^2} \right) = -2,5 \lg \left(\frac{d_{\text{Auge}}}{d_{\text{Fernglas}}} \right)^2,$$

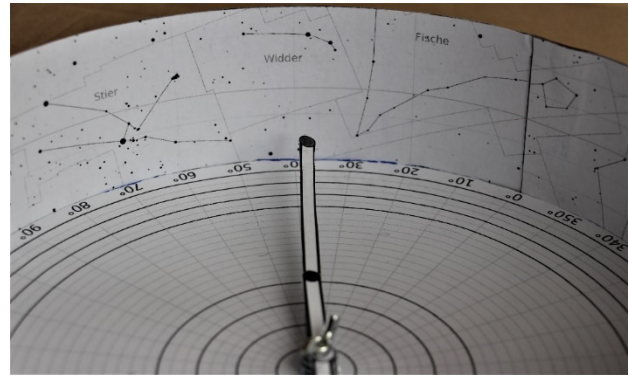
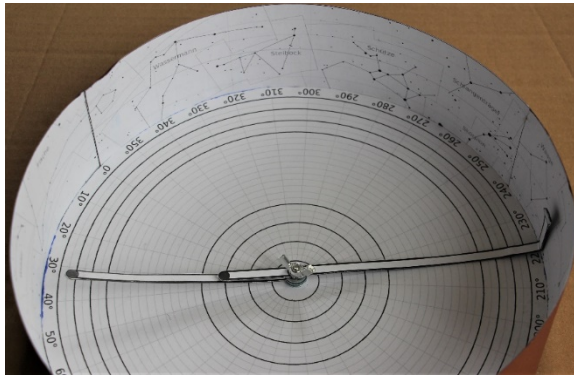
$$m_{\text{Auge}} - m_{\text{Fernglas}} = -2,5 \lg \left(\frac{6 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} \right)^2 \approx -3,5 \text{ mag.}$$

$$m_{\text{Fernglas}} = m_{\text{Auge}} + 3,5 \text{ mag} = 9,5 \text{ mag.}$$

In einer stark lichtverschmutzten Region mit der Grenzgröße 4^m für das bloße Auge wäre Uranus ohne optische Hilfsmittel nicht beobachtbar. Mit einem 8×30-Fernglas könnten aber immer noch Punktquellen bis zur scheinbaren Helligkeit 7,5^m erkannt werden.

Finden von Uranus unter den Sternen - Aufsuchproblematik

Die geringe scheinbare Helligkeit von Uranus erschwert seine Identifikation unter den vielen Sternen erheblich. Zur groben Orientierung genügt zunächst die Information zum Sternbild, in dem sich Uranus gerade befindet. Im Planetenzeigermodell wird ersichtlich, dass Uranus zur Zeit (2018-2023) im Sternbild Widder steht (siehe Folgeseite). Für das Aufsuchen am Himmel benötigt man jedoch **Sternkarten**, die im Folgenden gegeben werden.



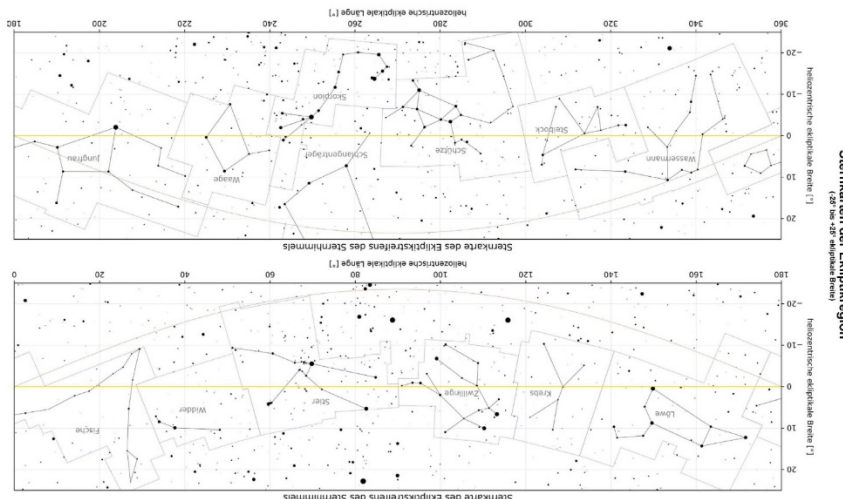
Am 31. 10. 2020 steht Uranus gegenüber der Sonne, also in Oppositionsstellung. Damit kommt er der Erde sehr nahe und ist zudem die ganze Nacht über im Sternbild Widder beobachtbar. © O. Fischer / HdA.

Übung mit Sternkarte

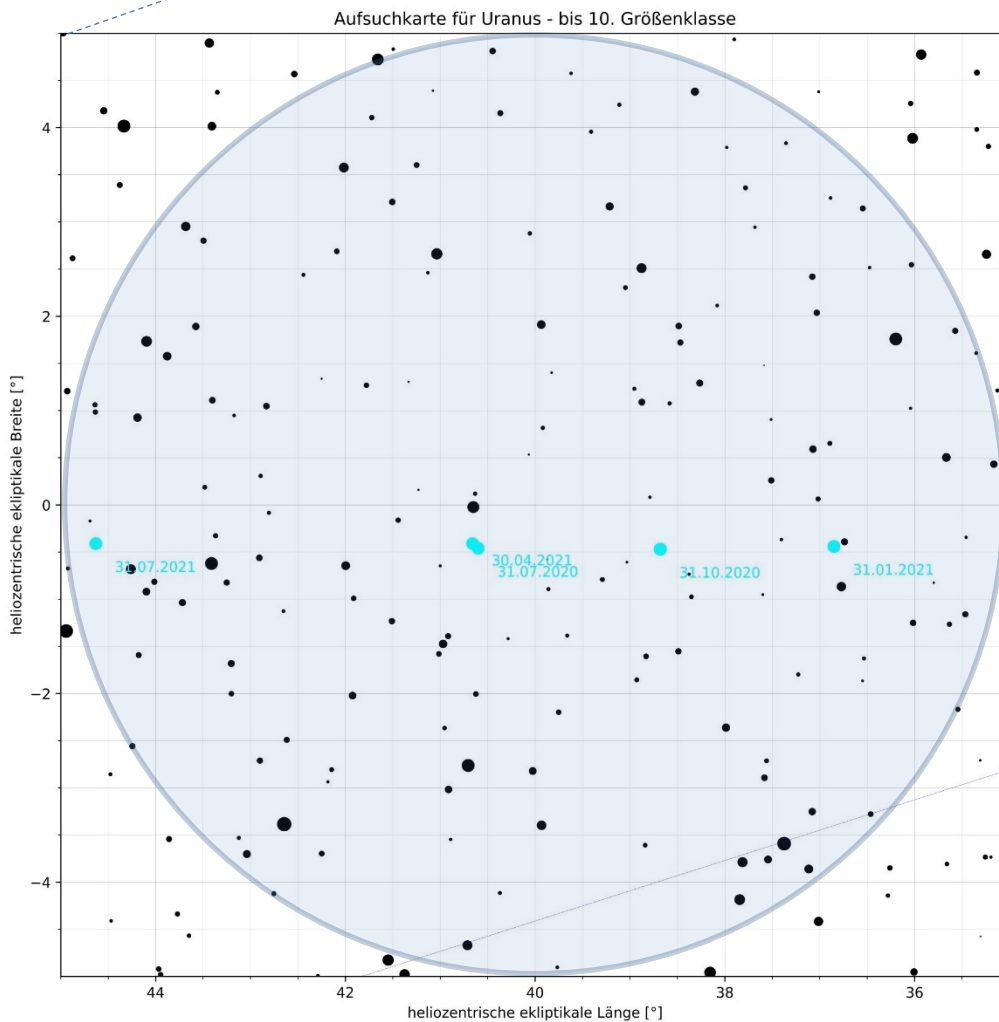
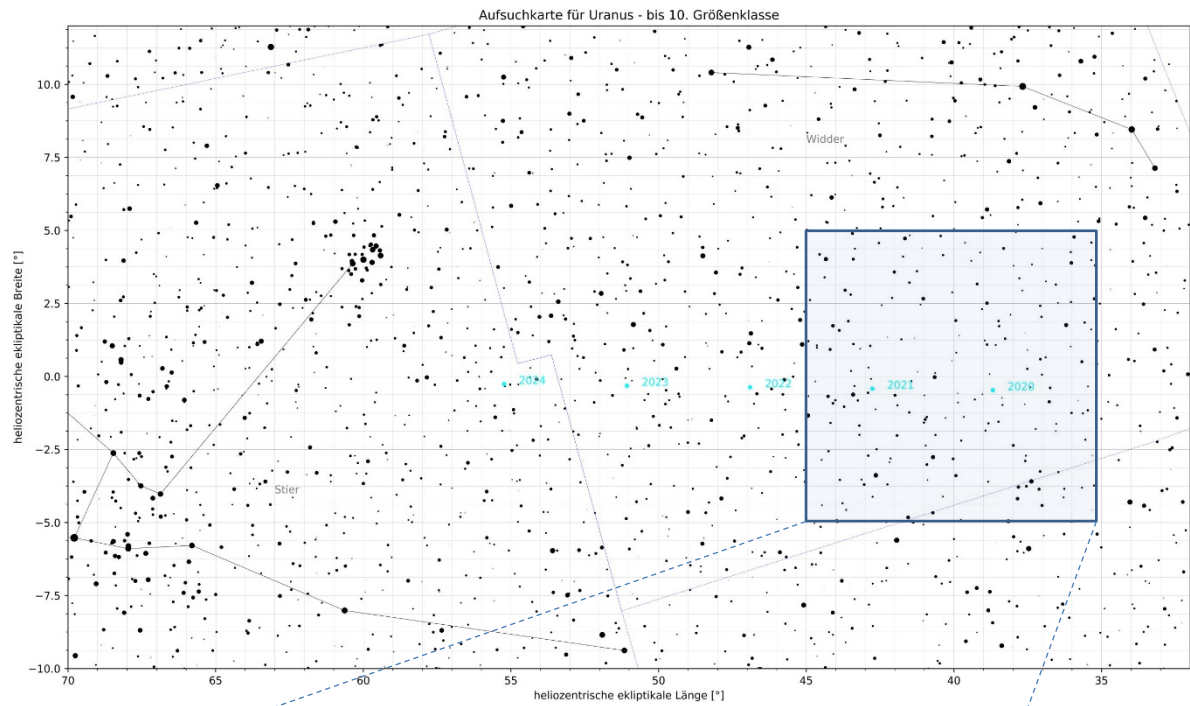
Bevor Uranus mittels einer Karte aufgesucht wird, sollten zunächst die anderen am 31. 10. 2020 um 18:00 Uhr sichtbaren Planeten als Übung zum Kartenlesens mit Hilfe einer Sternkarte am Himmel aufgefunden werden. Dazu nutzen wir die unten gezeigte und im Anhang als Kopiervorlage gegebene Sternkarte des Ekliptikstreifens (ekliptikaler Breitenbereich: $\pm 25^\circ$) des Sternhimmels.

Aufgabe: Nutze die in der folgenden Tabelle gegebenen Daten der Planetenpositionen für den 31. 10. 2020, 18:00 Uhr und trage die Örter der Planeten und der Sonne in die Sternkarte des Ekliptikstreifens ein. Identifiziere die Planeten am Himmel dann am 31. 10. 2020 mit Hilfe der Sternkarte.

Planet	Scheinbare Helligkeit [mag]	Sternbild	Heliozentrische ekliptikale	
			Länge [°]	Breite [°]
Merkur	1,7	Jungfrau	206,78°	1,01°
Venus	-4,0	Jungfrau	184,41°	1,60°
Mars	-2,2	Fische	16,42°	-1,77°
Jupiter	-2,2	Schütze	291,00°	-0,45°
Saturn	1,2	Schütze	296,20°	-0,34°
Uranus	5,7	Widder	38,68°	-0,47°
			Geozentrische ekliptikale	
			Länge [°]	Breite [°]
Sonne	-26,7	Waage	218,73°	0°



Diese Sternkarte der Ekliptikregion zeigt Sterne bis zur 6. Größenklasse für ekliptikale Längen von 0° bis 360° und ekliptikale Breiten von -25° bis $+25^\circ$. Diese Karte liegt als Kopiervorlage im Anhang vor. © O. Fischer / HdA.



Nach der Arbeit mit der Übersichtskarte der Ekliptikregion für das bloße Auge können die hier gezeigten Aufsuchkarten zum Auffinden von Uranus zum Einsatz kommen. Diese Karten zeigen die Positionen von Uranus in den Sternbildern Widder und Stier in den Jahren 2020 bis 2024 (Karte oben) und zu verschiedenen Zeitpunkten im Zeitraum 31. 07. 2020 bis 31. 07. 2021 (Ausschnittskarte unten). Die Uranuspositionen in der Ausschnittskarte zeigen, dass Uranus zunächst rückläufig ist und in 2021 (ab dem 14.01.2021) wieder rechtläufig ist. Die Karten befinden sich als Kopiervorlagen zum Ausdrucken im Anhang. © O. Fischer / HdA, CC BY 4.0.

Quellen

- [1] Sternbildgrenzen unter: <https://www.iau.org/public/themes/constellations/>
- [2] HIP-Nummern der Sternbildsterne, die durch Striche verbunden werden, stammen aus dem Programm ‚Stellarium‘
- [3] Sterndaten (Äquatorkoordinaten, scheinbare Helligkeit) stammen aus dem Hipparcos-Katalog, siehe: The Astrometric Catalogue unter dem Link <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-3?-source=I/311/hip2&-out.max=50&-out.form=HTML%20Table&-out.add=r&-out.add=RAJ,DEJ&-sort=r&-oc.form=sex>
- [4] WIS 8/2014: „Begegnungen und Treffen am Augusthimmel 2014 mit Modellen nachvollziehen“, <http://www.wissenschaft-schulen.de/alias/material/begegnungen-und-treffen-am-augusthimmel-2014-mit-modellen-nachvollziehen/1183907>
- [5] https://de.wikibooks.org/wiki/Einf%C3%BChrung_in_die_Astronomie:_Astronomische_Ereignisse_2020, https://de.wikibooks.org/wiki/Einf%C3%BChrung_in_die_Astronomie:_Astronomische_Ereignisse_2021
- [6] <https://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenwende>

Anhang

Seite I: Kopiervorlage

Planetenzeigermodell – Grundscheibe und Erde-Sonne-Zeiger

Seite II: Kopiervorlage

Planetenzeigermodell – 3 Teile für Ekliptikstreifen

Seite III: Kopiervorlage

Planetenzeigermodell – Planetenzeiger und Sternbildfiguren

Seiten IV und V: Kopiervorlage

13 Sternbildfiguren der Ekliptikregion

Seiten VI und VII: Kopiervorlage

13 horizontal gespiegelte Sternbildfiguren der Ekliptikregion

Seite VIII: Kopiervorlage

Sternkarten der Ekliptikregion, Sterne bis zur 6. Größenklasse
(ekliptikale Länge: 0° bis 360° , ekliptikale Breite: -25° bis $+25^\circ$)

Seite IX:

Sternkarten der Ekliptikregion mit Planetenpositionen
für den 31. 10. 2020, 18 Uhr MEZ
(ekliptikale Länge: 0° bis 360° , ekliptikale Breite: -25° bis $+25^\circ$)

Seite X: Kopiervorlage

Aufsuchkarte für Uranus, Sterne bis zur 10. Größenklasse
(ekliptikale Länge: 32° bis 70° , ekliptikale Breite: -10° bis $+13^\circ$)

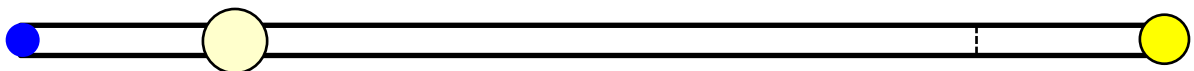
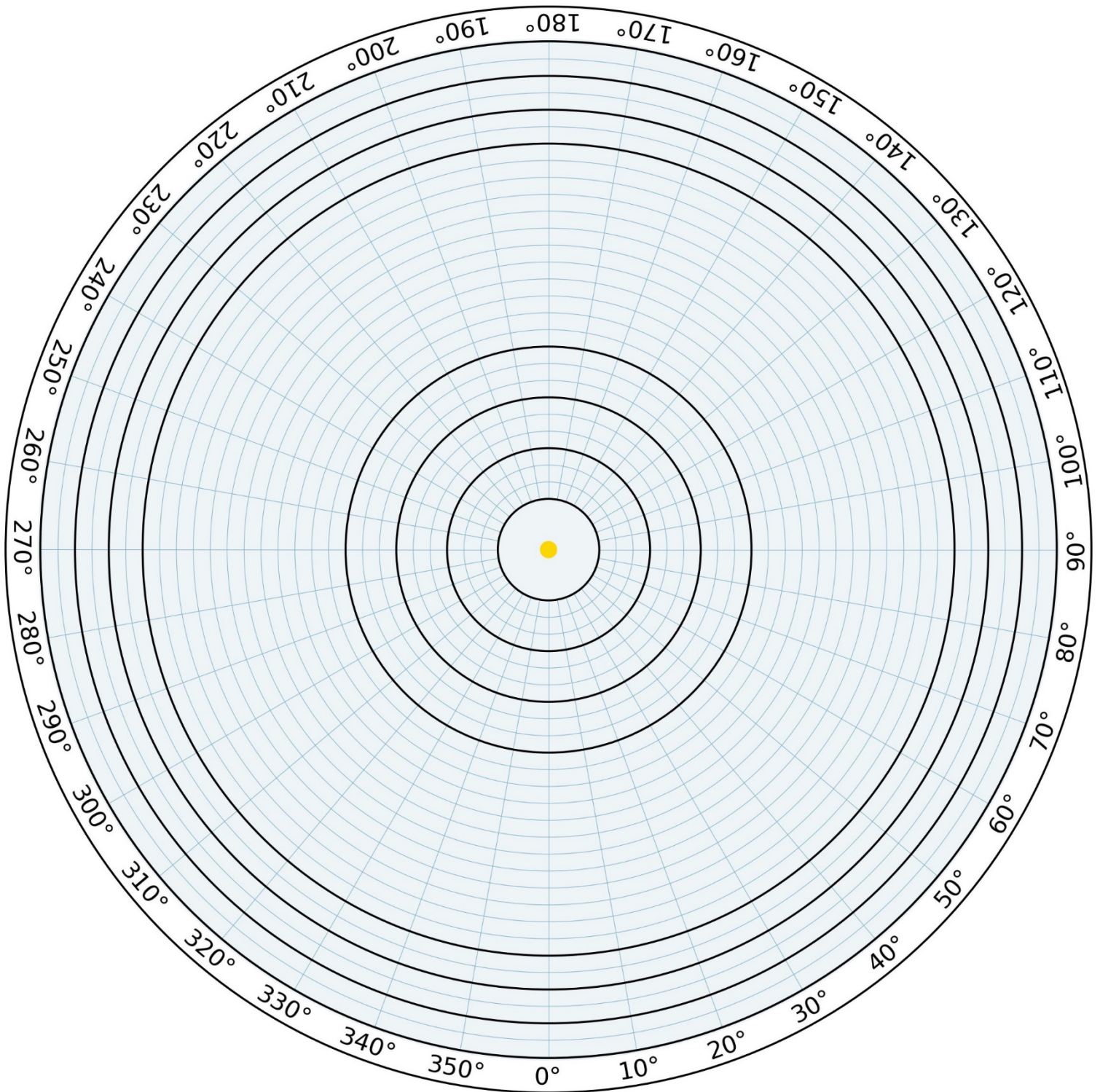
Seite XI: Kopiervorlage

vergrößerter Ausschnitt aus Aufsuchkarte für Uranus,
Sterne bis zur 10. Größenklasse
(ekliptikale Länge: 35° bis 45° , ekliptikale Breite: -5° bis $+5^\circ$)

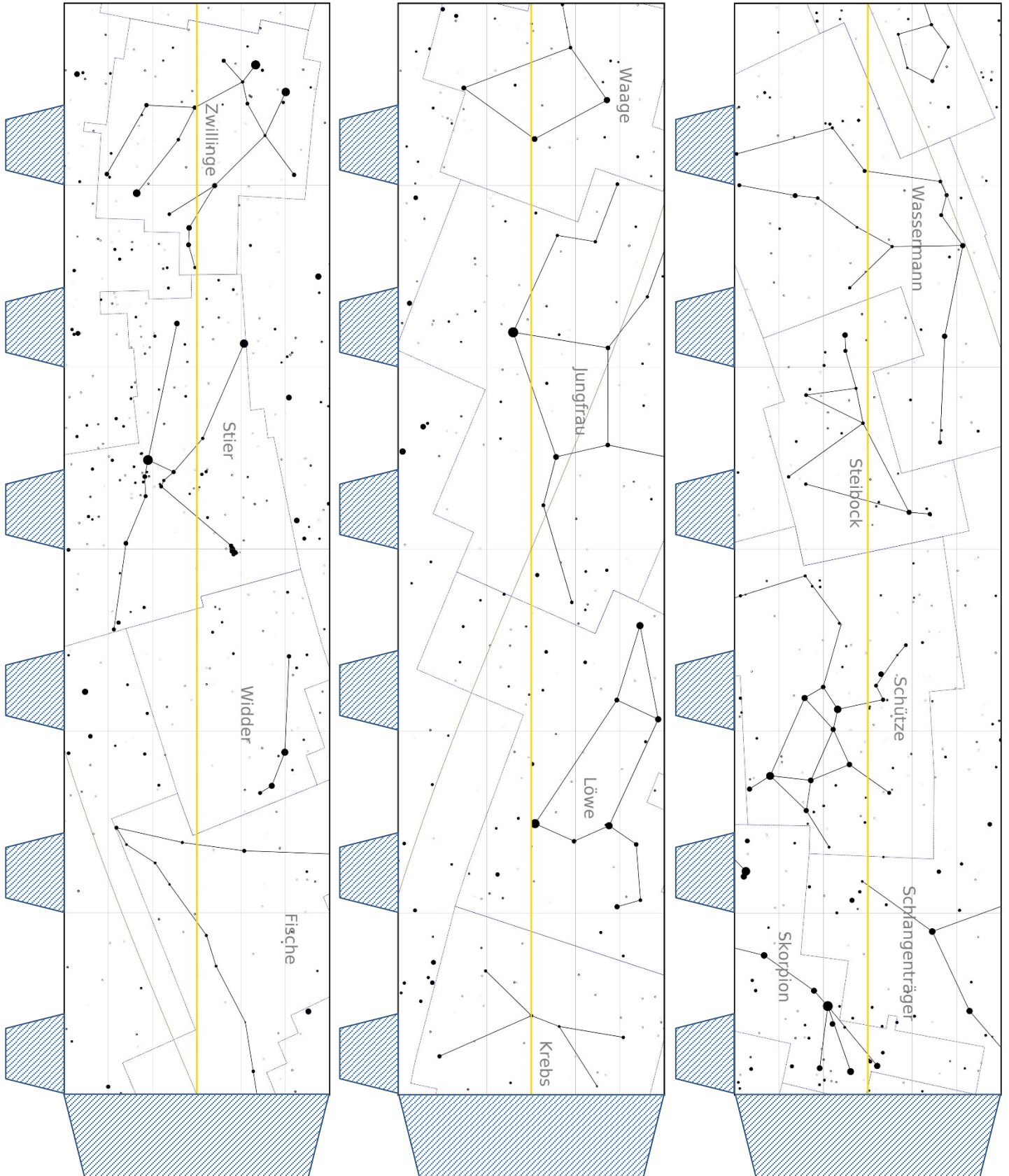
Seite XII:

Bestimmung der Formel zur Berechnung der Gesamthelligkeit
aus zwei Einzelhelligkeiten

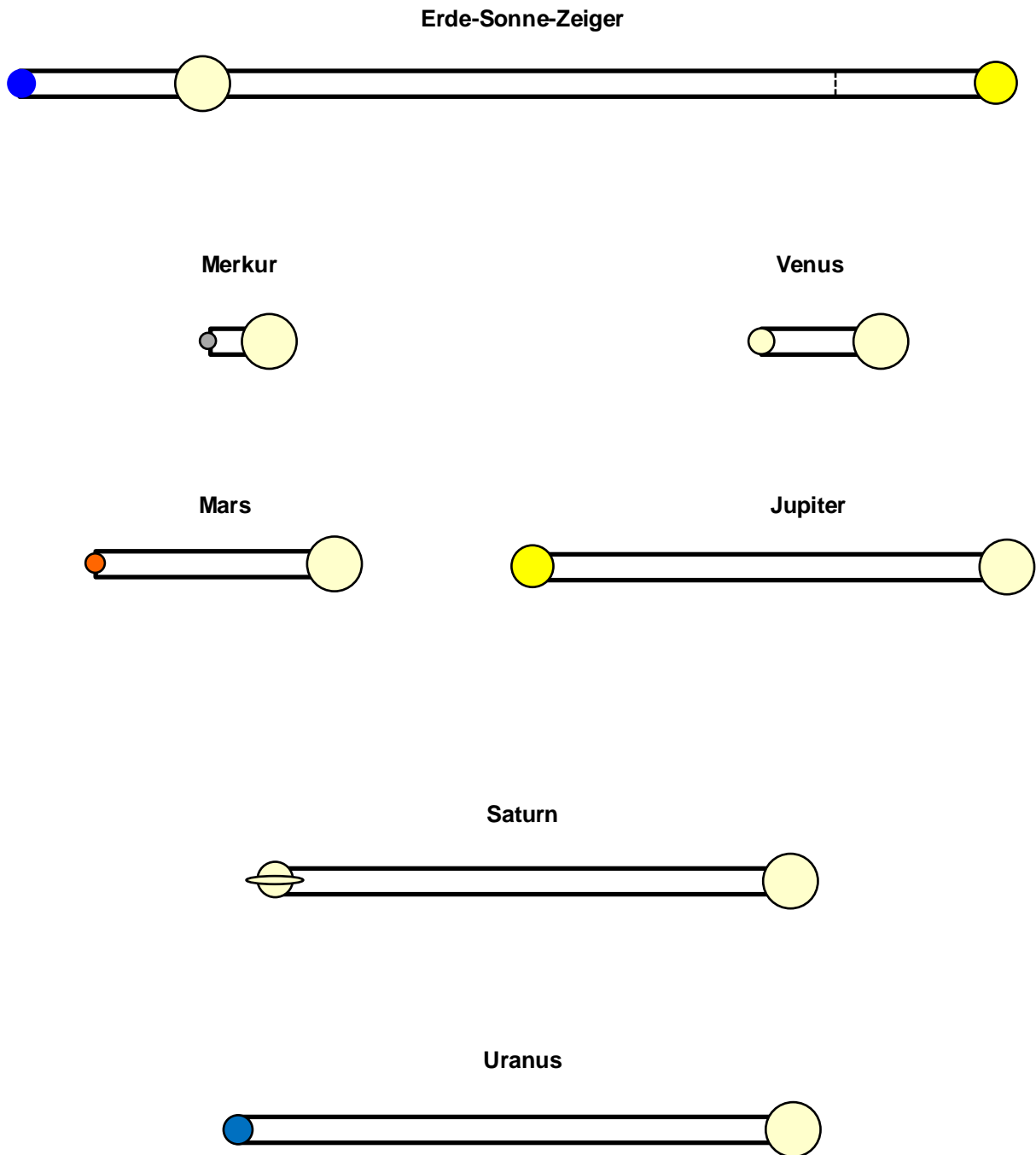
Kopiervorlage zum Planetenzeigermodell – Grundscheibe und Erde-Sonne-Zeiger



Kopiervorlage zum Planetenzeigermodell – 3 Teile für Ekliptikring



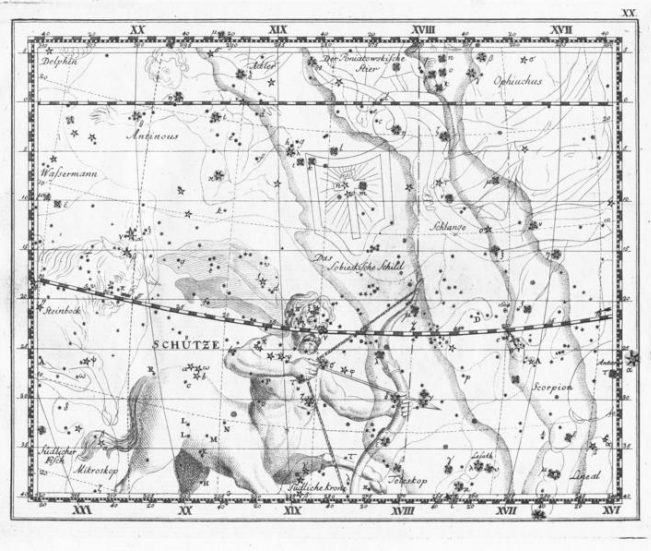
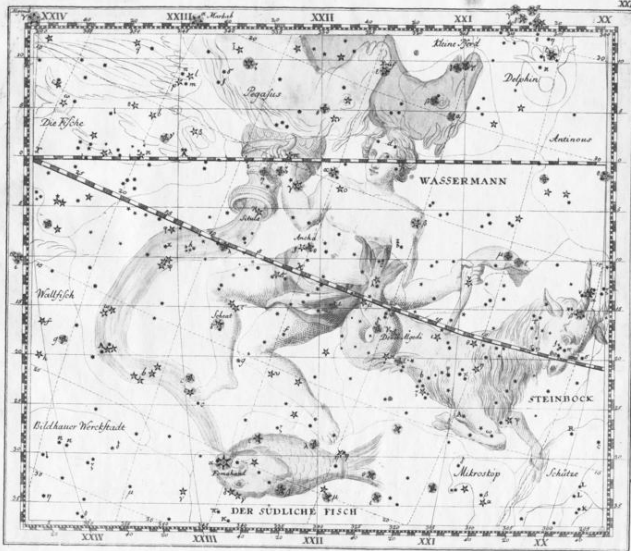
Planetenzeigermodell – Erde-Sonne-Zeiger und Planetenzeiger



Planetenzeigermodell – Ekliptiksternbildfiguren

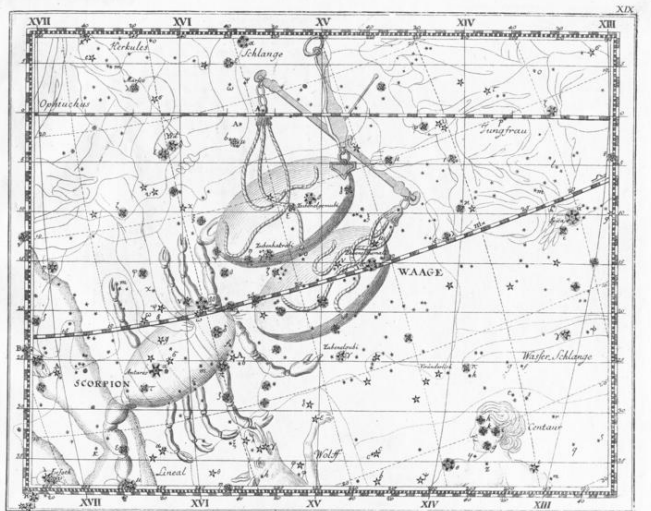
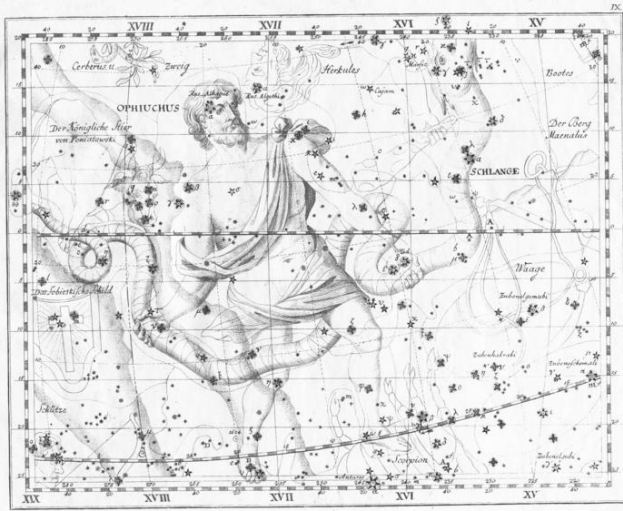
Wassermann, Steinbock

Schütze



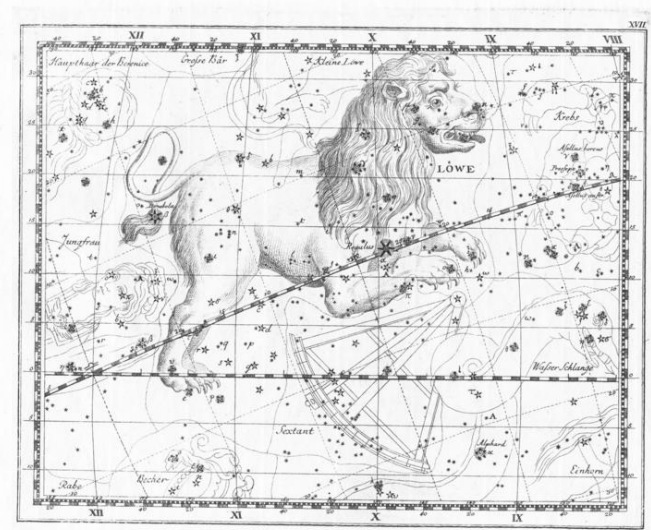
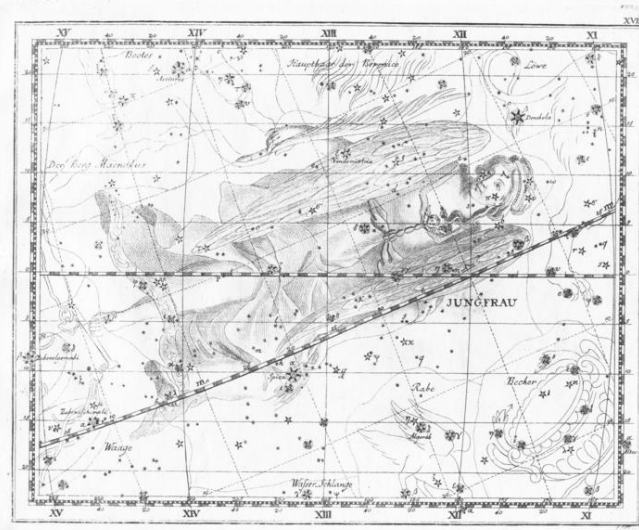
Schlangenträger

Skorpion, Waage

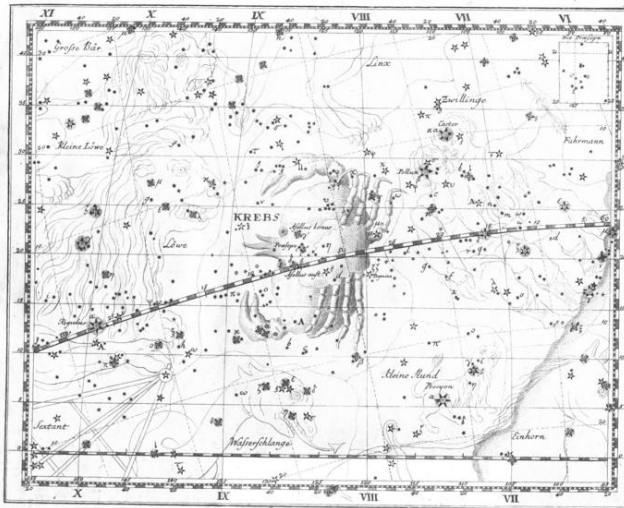


Jungfrau

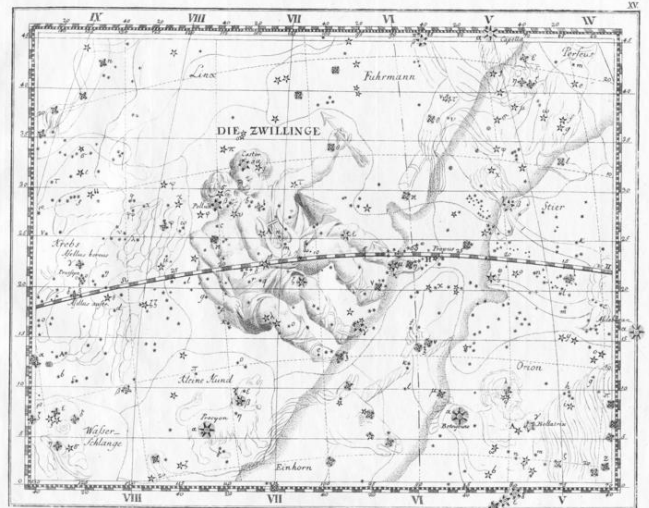
Löwe



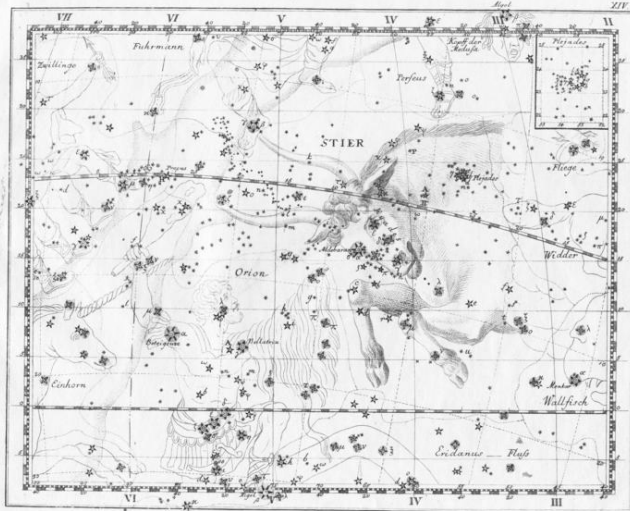
Krebs



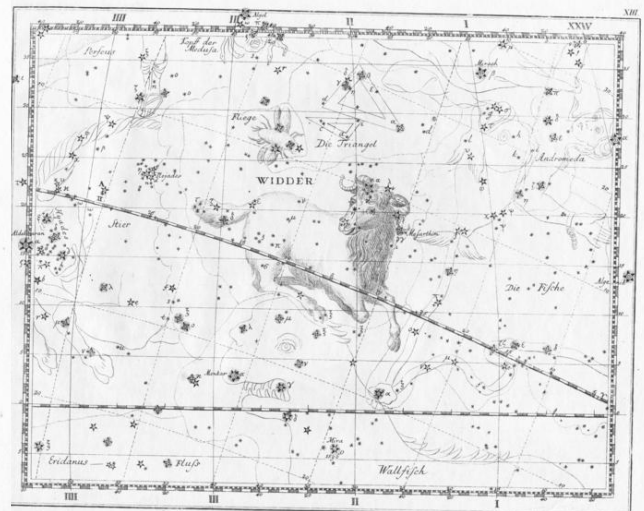
Zwillinge



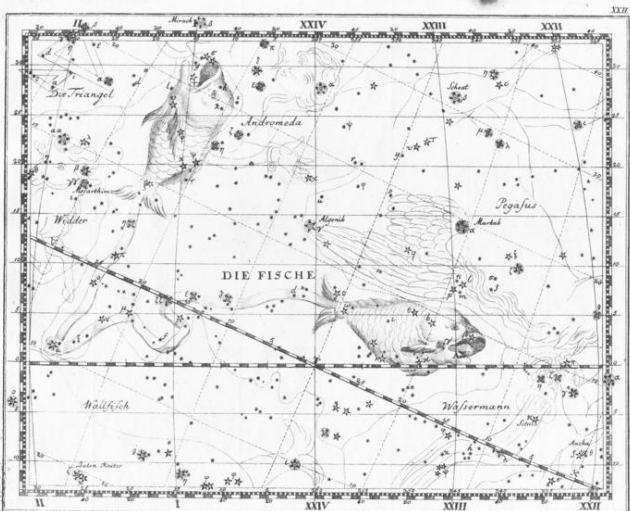
Stier



Widder



Fische



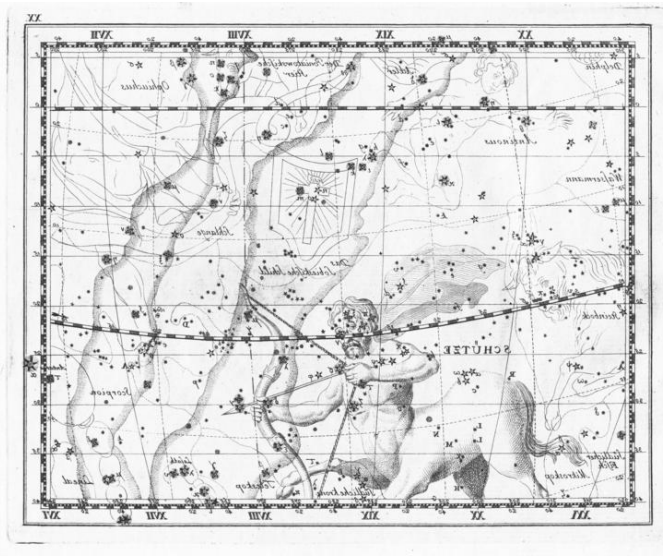
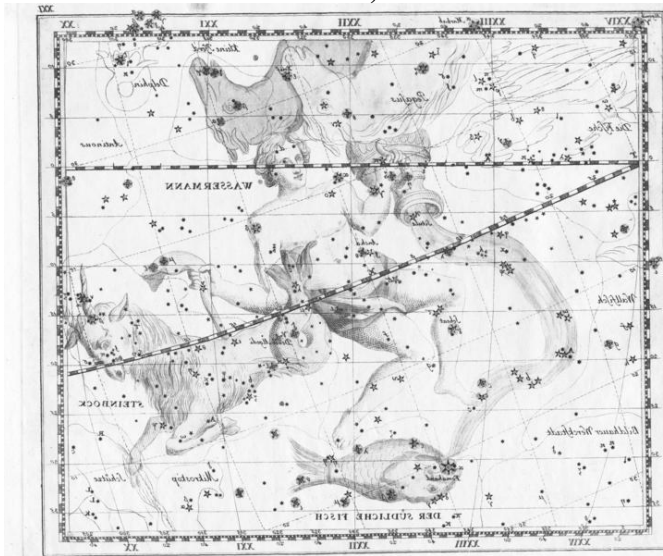
Kartenblätter aus Bode's Atlas "Vorstellung der Gestirne" von 1782 mit den 13 Sternbildern, durch die Ekliptik verläuft.

(Scans durchgeführt vom Förderkreis der Landessternwarte Heidelberg e.V., https://www.lsw.uni-heidelberg.de/foerderkreis/bode/atlas_e.html)

Planetenzeigermodell – Ekliptiksternbildfiguren horizontal gespiegelt

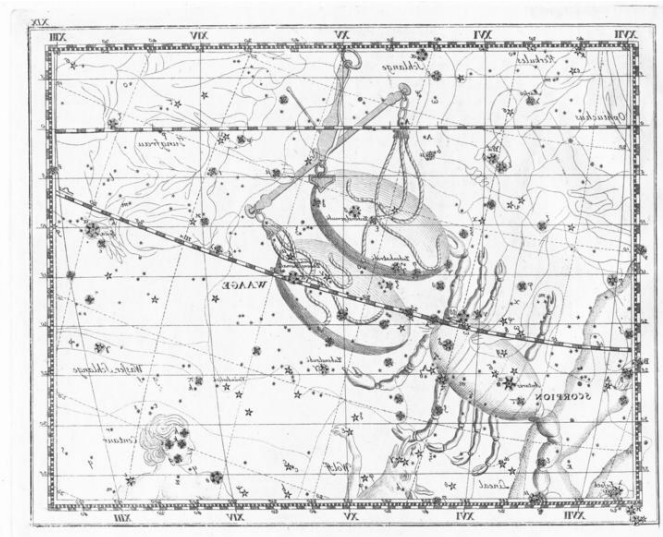
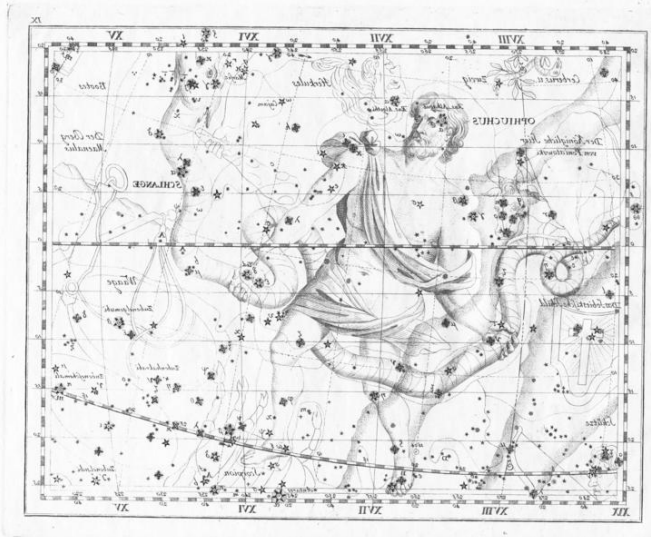
Wassermann, Steinbock

Schütze



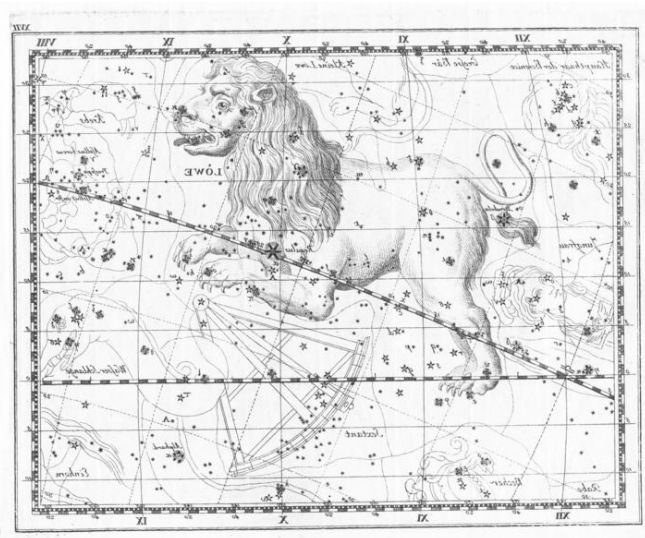
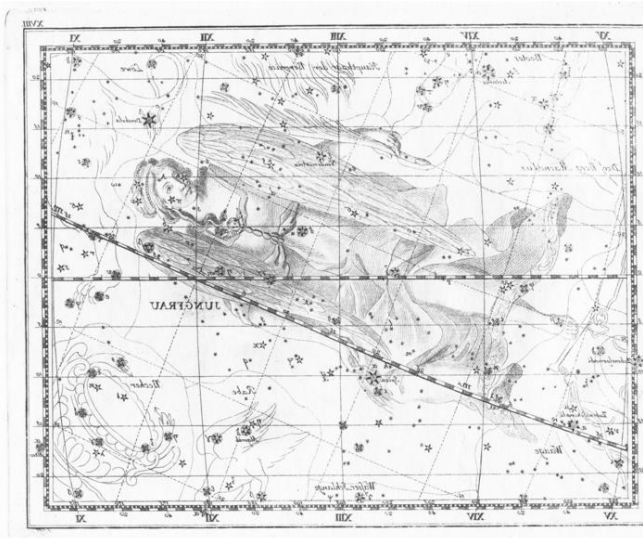
Schlangenträger

Skorpion, Waage

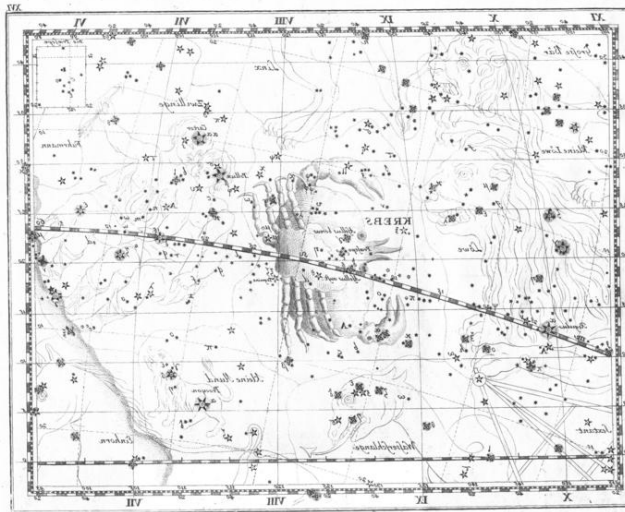


Jungfrau

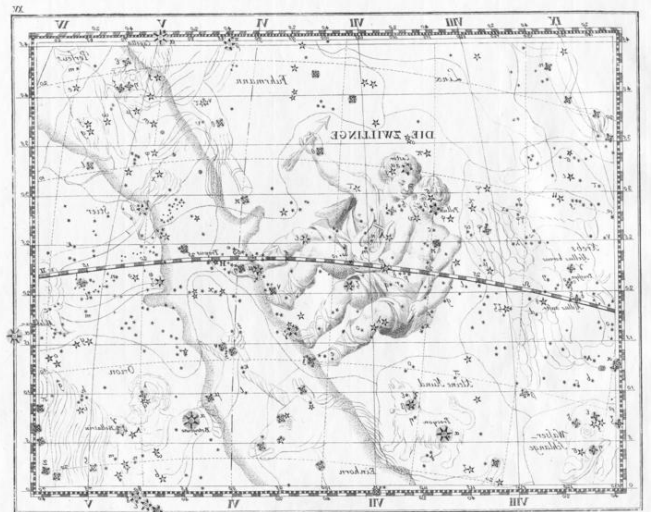
Löwe



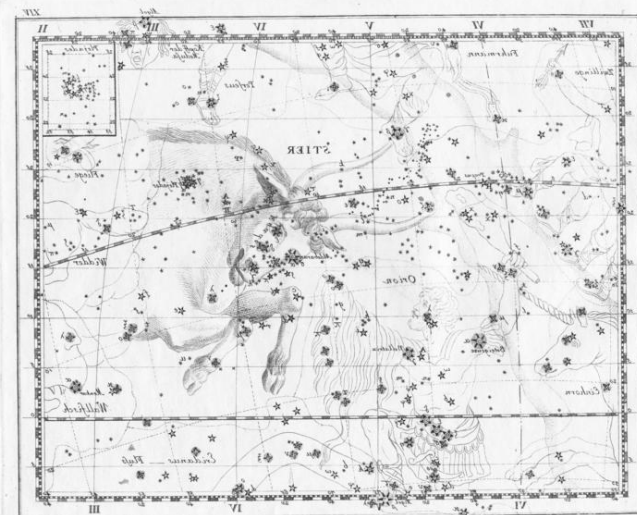
Krebs



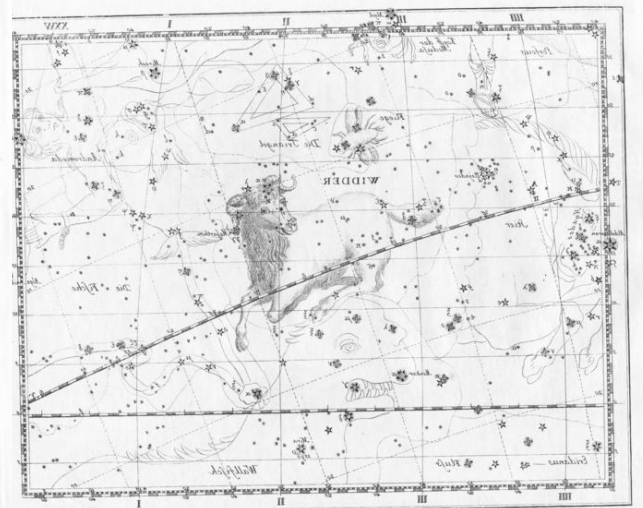
Zwillinge



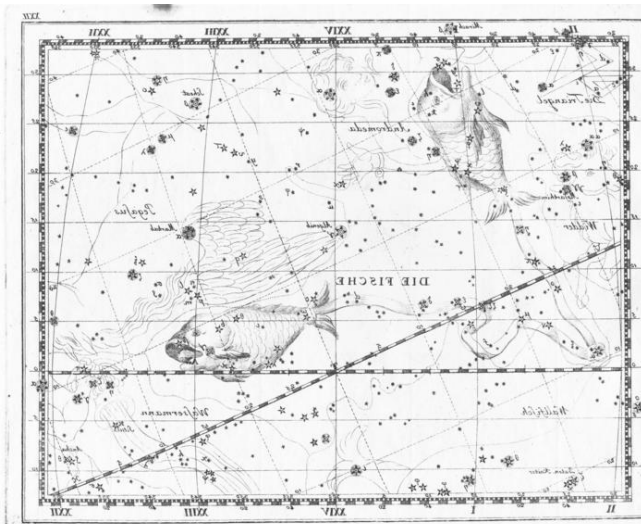
Stier



Widder

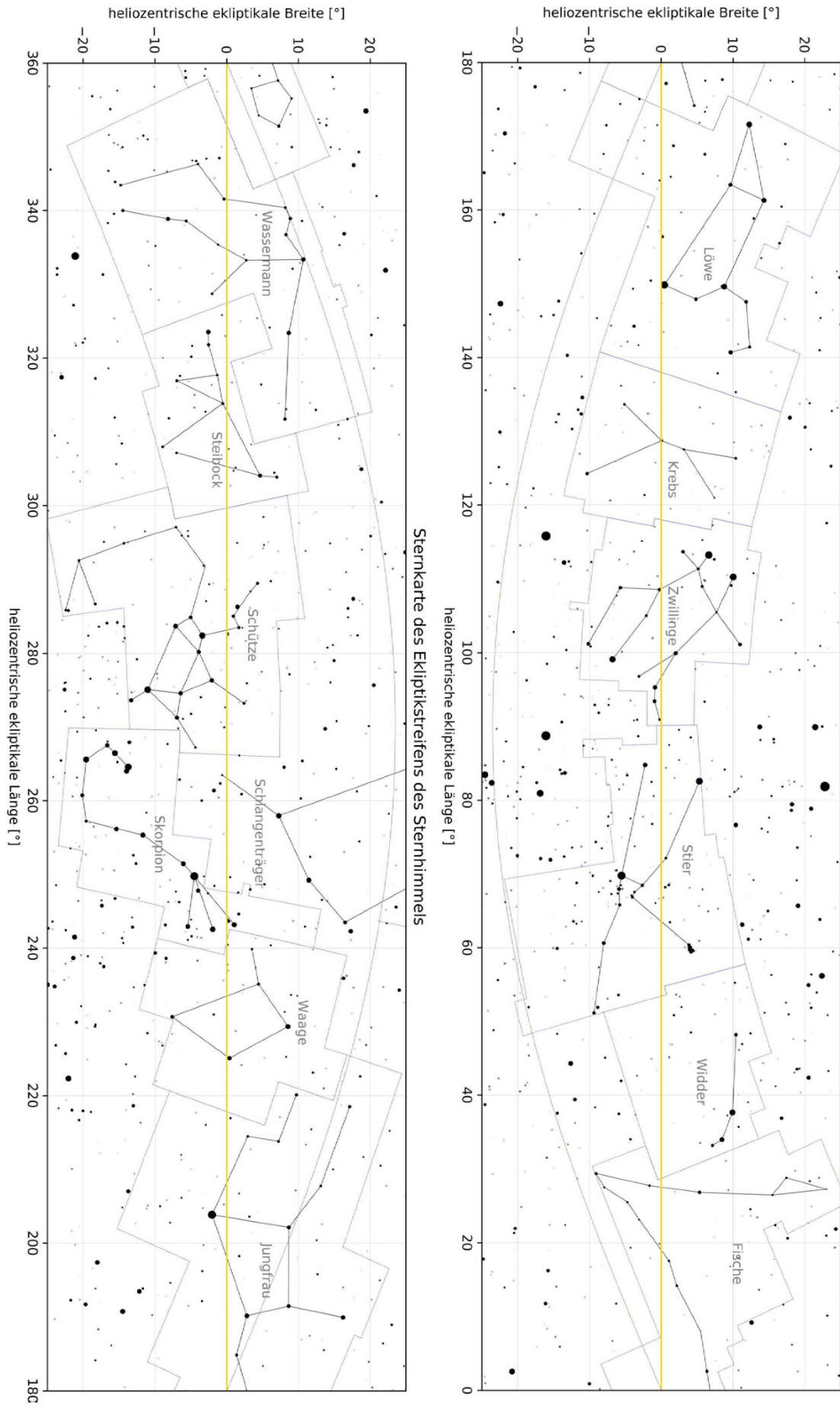


Fische



Horizontal gespiegelte Kartenblätter aus Bode's Atlas "Vorstellung der Gestirne" von 1782 mit den 13 Sternbildern, durch die Ekliptik verläuft (Blick von außen). (Scans durchgeführt vom Förderkreis der Landessternwarte Heidelberg e.V., https://www.lsw.uni-heidelberg.de/foerderkreis/bode/atlas_e.html)

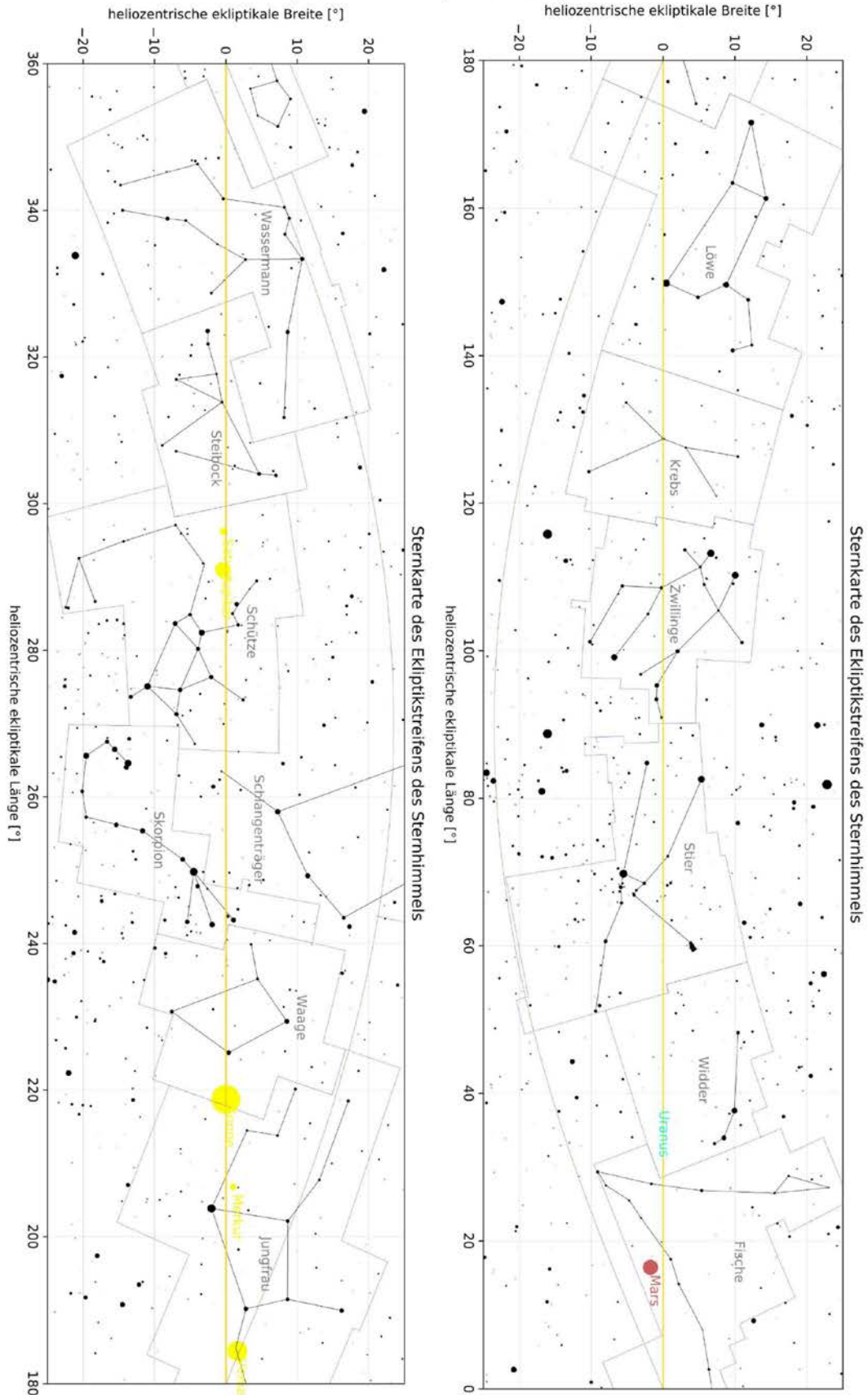
Sternkarten der Ekliptikregion (-25° bis +25° ekliptikale Breite)

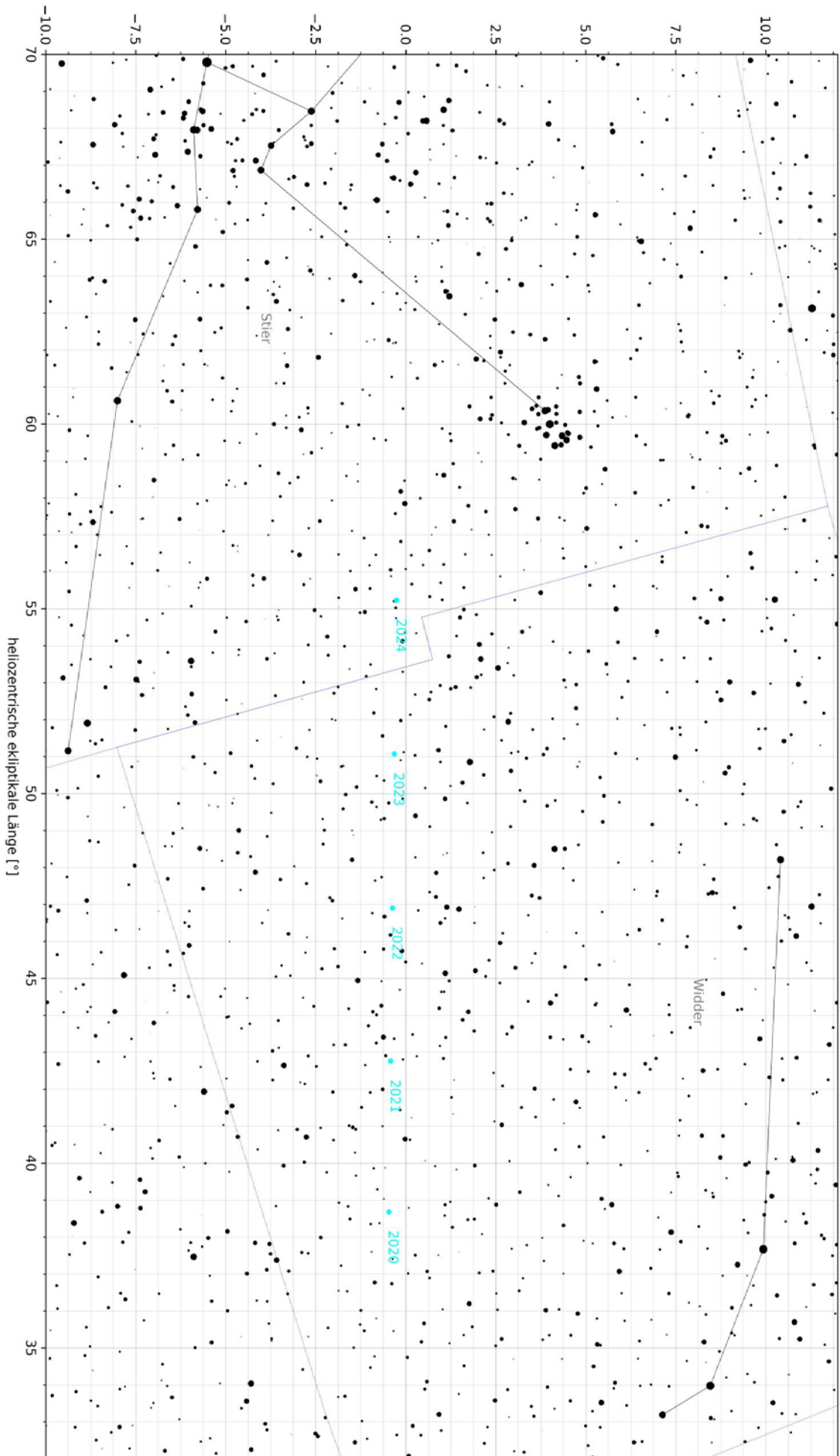


Lösung – Planetenpositionen am 31. 10. 2020, 18 Uhr

Sternkarten der Ekliptikregion

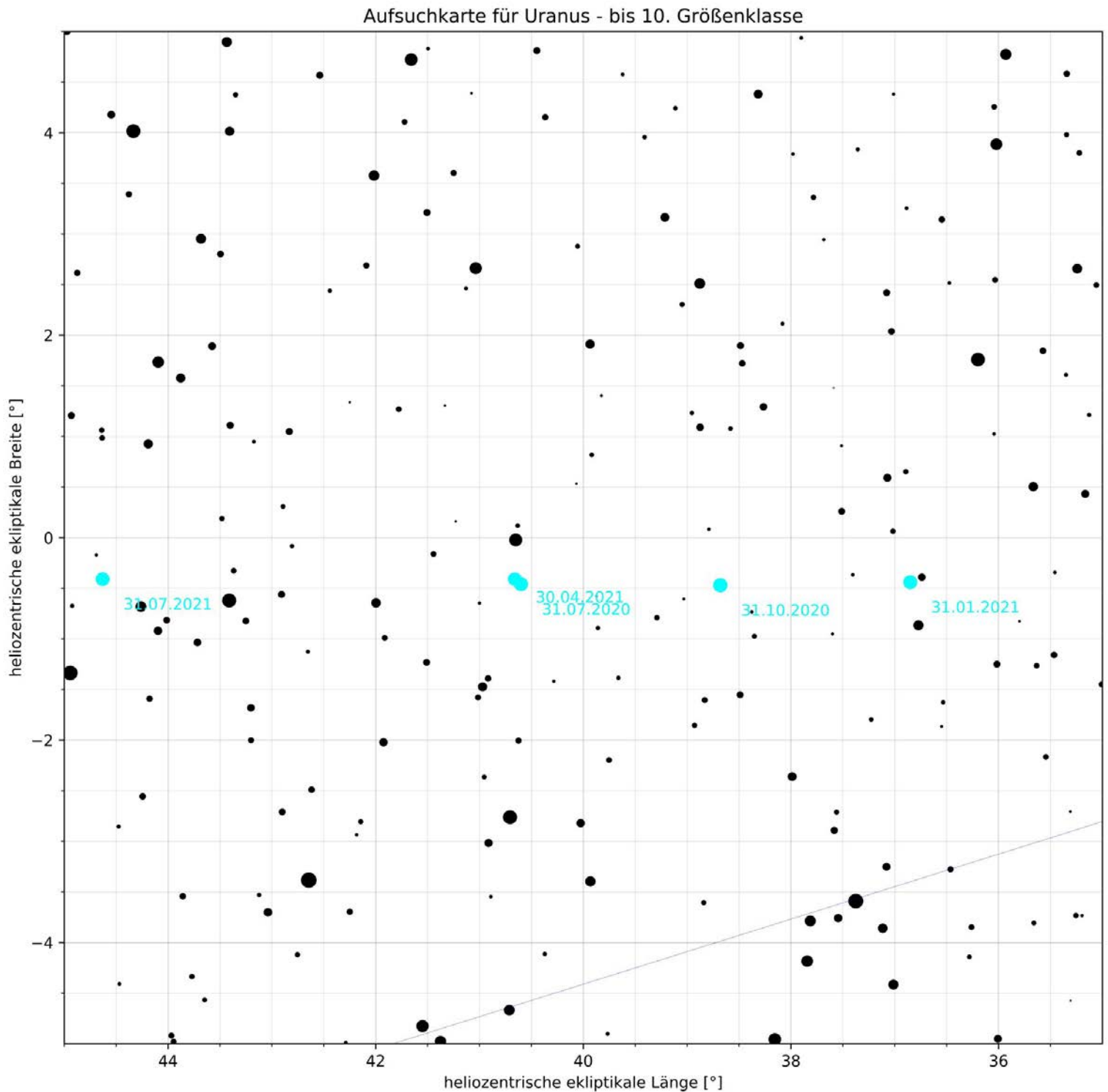
(-25° bis +25° ekliptikale Breite)





Sternkarte zum Aufsuchen von Uranus vor dem Hintergrund der Sterne bis zur Größenklasse 10 in der Widderregion

(Es wurden 5 Positionen von Uranus im zeitlichen Umfeld seiner Opposition 2020 eingetragen.)



Bestimmung der Formel zur Berechnung der Gesamthelligkeit aus zwei Einzelhelligkeiten

Scheinbare Helligkeiten zweier Objekte (z.B. Jupiter und Saturn) addieren sich nicht, ihre Strahlungsströme S aber schon:

$$S_{\text{gesamt}} = S_{\text{Jupiter}} + S_{\text{Saturn}}$$

Die Differenz der scheinbaren Helligkeit von Jupiter m_{Jupiter} und der 0. Größenklasse $m_0 (=0)$ steht mit dem Strahlungsströmen S_{Jupiter} und S_0 in folgendem bekannten Zusammenhang:

Jupiter:

$$m_{\text{Jupiter}} - m_0 = -2,5 \lg \left(\frac{S_{\text{Jupiter}}}{S_0} \right)$$

$$m_{\text{Jupiter}} - m_0 = -2,5 \lg(S_{\text{Jupiter}}) + 2,5 \lg(S_0)$$

$$-2,5 \lg(S_{\text{Jupiter}}) = m_{\text{Jupiter}} - m_0 - 2,5 \lg(S_0)$$

$$\lg(S_{\text{Jupiter}}) = \frac{(m_{\text{Jupiter}} - m_0)}{-2,5} + \lg(S_0)$$

$$S_{\text{Jupiter}} = 10^{\left[\frac{(m_{\text{Jupiter}} - m_0)}{-2,5} + \lg(S_0) \right]} = 10^{-\frac{m_{\text{Jupiter}}}{2,5}} \cdot 10^{\frac{m_0}{2,5}} \cdot 10^{\lg(S_0)}$$

$$S_{\text{Jupiter}} = 10^{-\frac{m_{\text{Jupiter}}}{2,5}} \cdot 10^{\frac{m_0}{2,5}} \cdot 10^{\lg(S_0)} = 10^{-\frac{m_{\text{Jupiter}}}{2,5}} \cdot k$$

Für Saturn analog:

Saturn:

$$m_{\text{Saturn}} - m_0 = -2,5 \lg \left(\frac{S_{\text{Saturn}}}{S_0} \right)$$

$$m_{\text{Saturn}} - m_0 = -2,5 \lg(S_{\text{Saturn}}) + 2,5 \lg(S_0)$$

$$-2,5 \lg(S_{\text{Saturn}}) = m_{\text{Saturn}} - m_0 - 2,5 \lg(S_0)$$

$$\lg(S_{\text{Saturn}}) = \frac{(m_{\text{Saturn}} - m_0)}{-2,5} + \lg(S_0)$$

$$S_{\text{Saturn}} = 10^{\left[\frac{(m_{\text{Saturn}} - m_0)}{-2,5} + \lg(S_0) \right]} = 10^{-\frac{m_{\text{Saturn}}}{2,5}} \cdot 10^{\frac{m_0}{2,5}} \cdot 10^{\lg(S_0)}$$

$$S_{\text{Saturn}} = 10^{-\frac{m_{\text{Saturn}}}{2,5}} \cdot 10^{\frac{m_0}{2,5}} \cdot 10^{\lg(S_0)} = 10^{-\frac{m_{\text{Saturn}}}{2,5}} \cdot k$$

$$S_{\text{gesamt}} = S_{\text{Jupiter}} + S_{\text{Saturn}}$$

$$S_{\text{gesamt}} = 10^{-\frac{m_{\text{Jupiter}}}{2,5}} \cdot k + 10^{-\frac{m_{\text{Saturn}}}{2,5}} \cdot k = \left(10^{-\frac{m_{\text{Jupiter}}}{2,5}} + 10^{-\frac{m_{\text{Saturn}}}{2,5}} \right) \cdot k$$

Nun wird der Formalismus für die Differenz zwischen Gesamthelligkeit und der 0. Größenklasse $m_0 (=0)$ aufgeschrieben:

$$m_{\text{gesamt}} - m_0 = -2,5 \lg \left(\frac{S_{\text{gesamt}}}{S_0} \right)$$

$$m_{\text{gesamt}} = -2,5 \lg \left(\frac{S_{\text{gesamt}}}{S_0} \right) + m_0$$

$$m_{\text{gesamt}} = -2,5 \lg(S_{\text{gesamt}}) + 2,5 \lg(S_0) + m_0$$

$$m_{\text{gesamt}} = -2,5 \lg \left(\left(10^{-\frac{m_{\text{Jupiter}}}{2,5}} + 10^{-\frac{m_{\text{Saturn}}}{2,5}} \right) \cdot 10^{\frac{m_0}{2,5}} \cdot 10^{\lg(S_0)} \right) + 2,5 \lg(S_0) + m_0$$

Für $m_0 = 0$ gilt:

$$m_{\text{gesamt}} = -2,5 \cdot \lg \left(\left(10^{-\frac{m_{\text{Jupiter}}}{2,5}} + 10^{-\frac{m_{\text{Saturn}}}{2,5}} \right) \cdot 10^{\lg(S_0)} \right) + 2,5 \lg(S_0)$$

$$m_{\text{gesamt}} = -2,5 \lg \left(10^{-\frac{m_{\text{Jupiter}}}{2,5}} + 10^{-\frac{m_{\text{Saturn}}}{2,5}} \right) - 2,5 \lg(10^{\lg(S_0)}) + 2,5 \lg(S_0)$$

$$m_{\text{gesamt}} = -2,5 \lg \left(10^{-\frac{m_{\text{Jupiter}}}{2,5}} + 10^{-\frac{m_{\text{Saturn}}}{2,5}} \right) - 2,5 \lg(S_0) + 2,5 \lg(S_0)$$

Das Ergebnis lautet:

$$m_{\text{gesamt}} = -2,5 \lg \left(10^{-\frac{m_{\text{Jupiter}}}{2,5}} + 10^{-\frac{m_{\text{Saturn}}}{2,5}} \right).$$