

Vorlesung 15

EINLADUNG

zu den öffentlichen Antrittsvorlesungen
am Dies academicus
Mittwoch, den 7. Dezember 2022

Prof. Dr. Florian **Bernlochner**
(Experimentalphysik-Teilchenphysik)

*"Suche nach neuen Phänomenen in der Physik
mit schweren Quarks"*

anlässlich seiner Berufung auf eine W2-
Professur für Experimentalphysik-
Teilchenphysik
um **12:15 Uhr**
im Hörsaal XIV des
Universitätshauptgebäudes

Prof. Dr. Claude **Duhr**
(Theoretische Teilchenphysik)

*"It's Elementary – eine Einführung in die
Physik der Elementarteilchen"*

anlässlich seiner Berufung auf eine W3-
Professur für Theoretische Teilchenphysik
um **11:15 Uhr**
im Hörsaal XIV des
Universitätshauptgebäudes

Jun.-Prof. Dr. Leonie **Esters**
(Klimadynamik)

*"Wo der Himmel den Ozean berührt
– Der Gasaustausch zwischen Ozean und
Atmosphäre"*

anlässlich ihrer Berufung auf eine W1-Professur
für Klimadynamik
um **10:15 Uhr**
im Hörsaal XIV des
Universitätshauptgebäudes

Prof. Dr. Philipp **Hieronimi**
(Reine Mathematik)

*"Gödel, Tarski, Oei: Praktische Anwendungen
von Entscheidbarkeitsresultaten aus der
Mathematischen Logik"*

anlässlich seiner Berufung auf eine W2-
Professur für Reine Mathematik
um **13:15 Uhr**
im Hörsaal XIV des
Universitätshauptgebäudes

Dr. Tatjana **Lenz**
(Physik)

“ 10 Jahre Higgs-Boson: Was haben wir gelernt?“

zur Vollziehung ihrer Habilitation in der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen
Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-
Universität Bonn und zur Verleihung der
Bezeichnung Privatdozentin
um **14:15 Uhr**
im Hörsaal XIV des
Universitätshauptgebäudes

Prof. Dr. Connie **Lu**
(Anorganische Chemie)

*“Designing a Sustainable Future through
Chemistry“*

anlässlich ihrer Berufung auf eine W3-
Professur für Anorganische Chemie
um **15:15 Uhr**
im Hörsaal XIV des
Universitätshauptgebäudes

Prof. Dr. Zbyněk **Malenovský**
(Physische Geographie)

*“ Imaging the invisible: Revealing hidden traits
of plants with quantitative remote sensing“*

anlässlich seiner Berufung auf eine W3-
Professur für Physische Geographie
um **16:15 Uhr**
im Hörsaal XIV des
Universitätshauptgebäudes

Prof. Dr. Elvira **Mass**
(Developmental Biology of the Immune
System)

*“Entwicklungsursprünge von Gesundheit und
Krankheit“*

anlässlich ihrer Berufung auf eine W3-
Professur für Developmental Biology of the
Immune System
um **17:15 Uhr**
im Hörsaal XIV des
Universitätshauptgebäudes

Prof. Dr. Estela **Suarez**
(High Performance Computing /
Höchstleistungsrechnen)

“ High Performance Computing goes Modular “

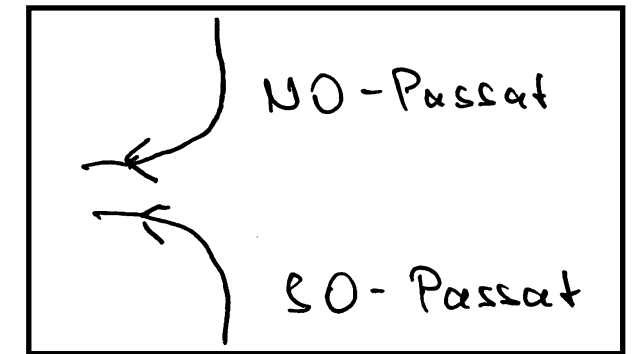
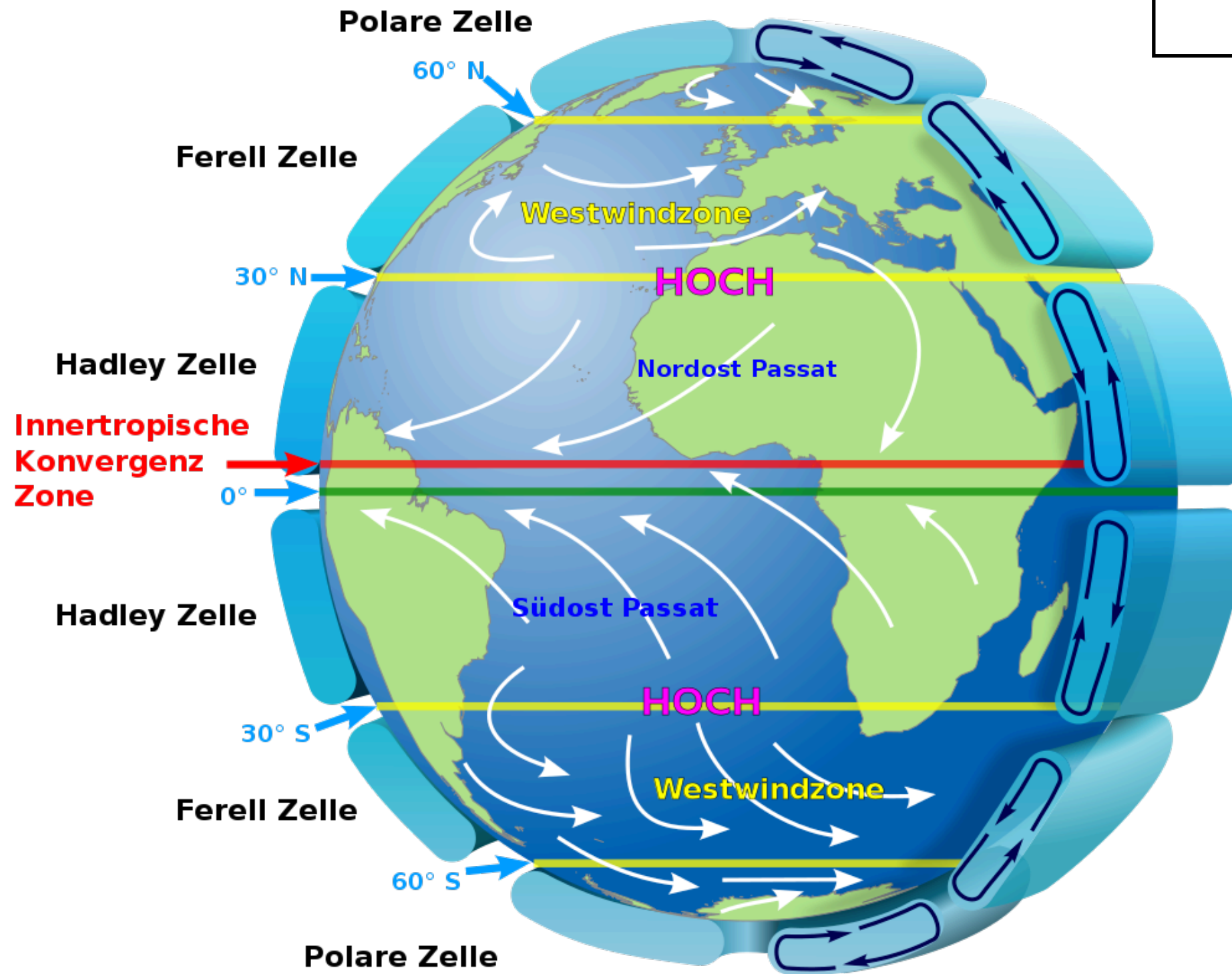
anlässlich ihrer Berufung auf eine W2-Professur
für High Performance Computing /
Höchstleistungsrechnen
um **16:15 Uhr**
im Hörsaal XIII des
Universitätshauptgebäudes

Dr. Timo **Thünken**
(Zoologie)

“Evolution von Inzuchtpräferenz“

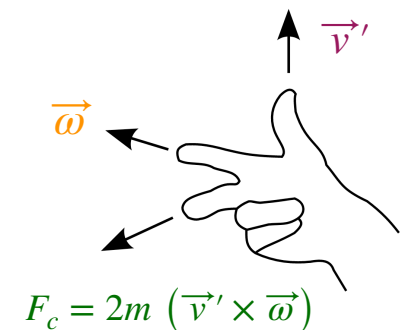
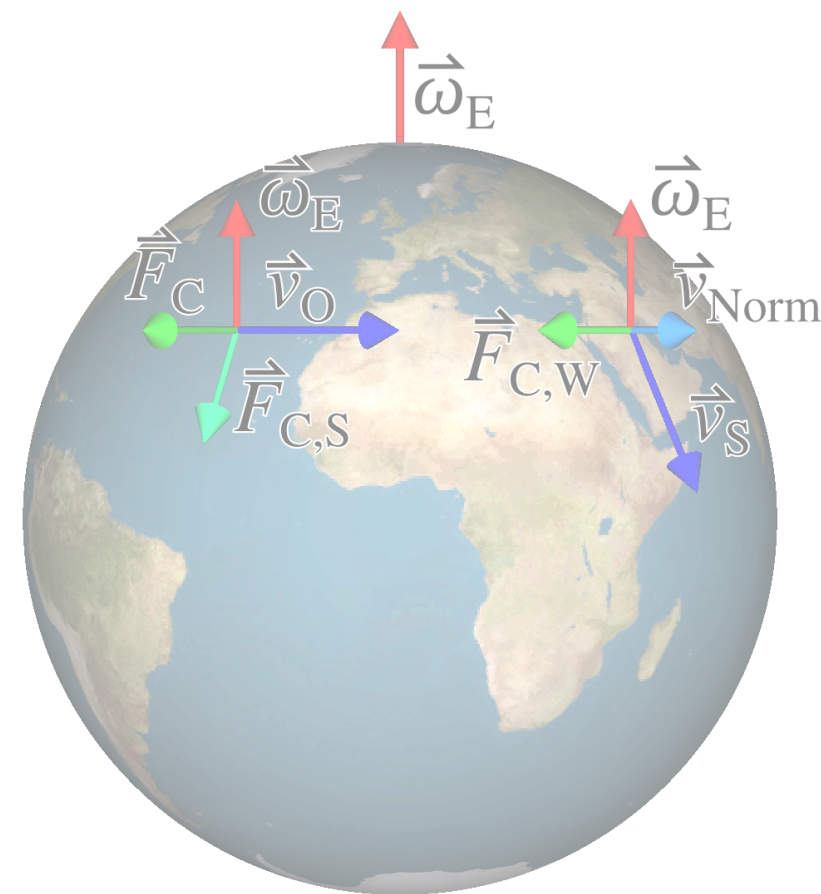
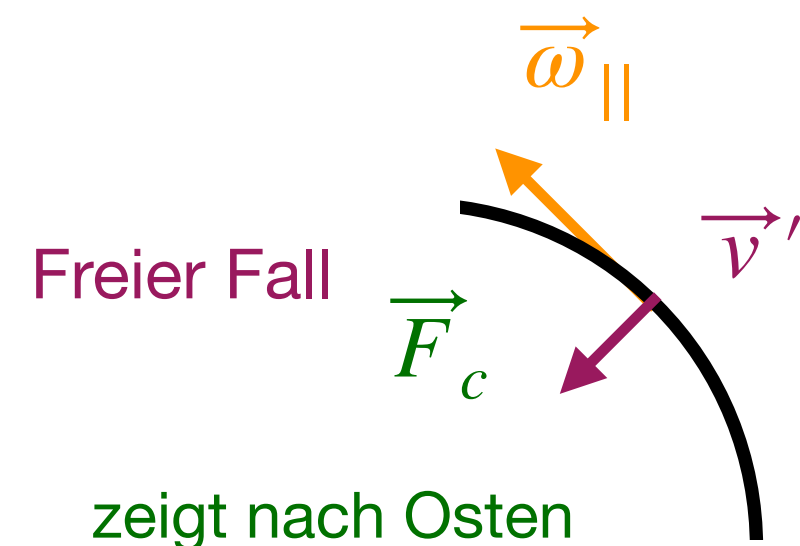
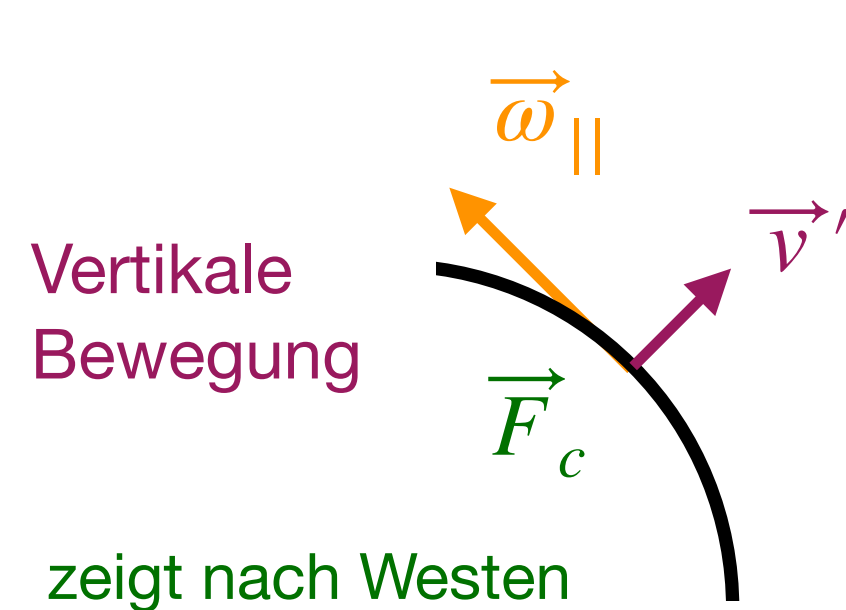
zur Vollziehung seiner Habilitation in der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen
Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-
Universität Bonn und zur Verleihung der
Bezeichnung Privatdozent
um **17:15 Uhr**
im Hörsaal XIII des
Universitätshauptgebäudes

Passat-Winde : Strömung zum Äquator



b) \perp zur Erde : freier Fall \vec{g} zeigt nicht zum Erdmittelpunkt

Abweichung klein (20 cm auf 100 m durch F_{ZF} , kleiner durch F_c)

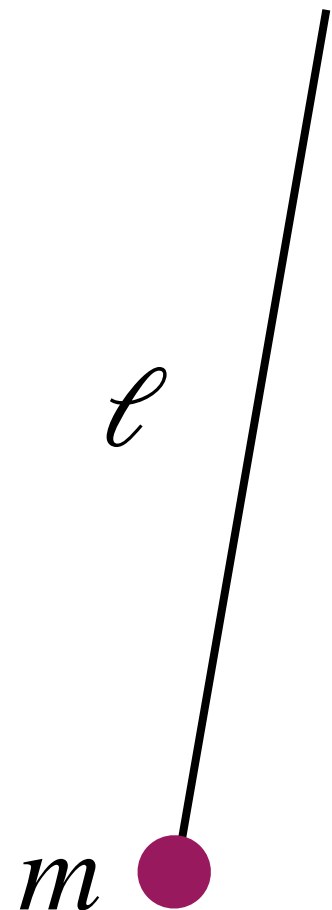


Gerade umgekehrt in der Südhalbkugel

($\vec{\omega}_{||}$ ändert seine Richtung nicht, aber \vec{v} zeigt für einen freien Fall in die andere Richtung)

Pendel mit Länge ℓ , kleine Amplitude

Damit Richtungsänderung in z vernachlässigbar und Gleichungen des mathematischen Pendels gelten



Horizontale Coriolisbeschleunigung:

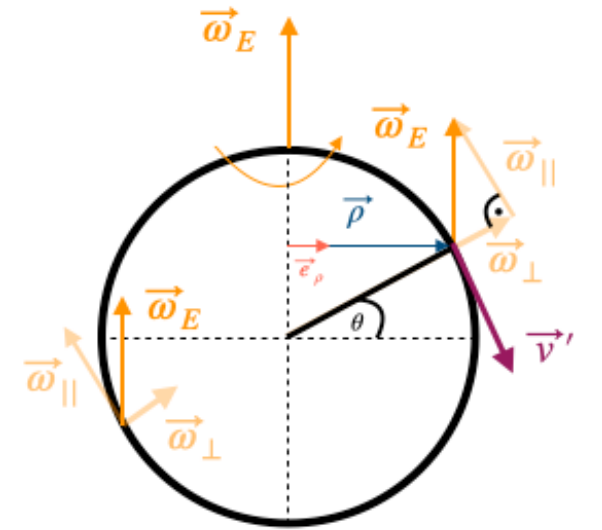
$$F_c = 2m (\vec{v}' \times \vec{\omega}_E) = 2m (\vec{v}' \times \vec{\omega}_\perp)$$

$$= - (2m \omega v' \sin \theta) \cdot (\vec{e}_{\omega_\perp} \times \vec{e}_{v'})$$

$$\omega_\perp = \omega \sin \theta$$

$\vec{\omega}_\parallel$ zeigt immer in N-S Richtung

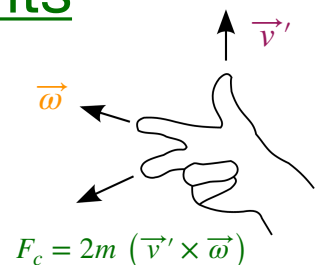
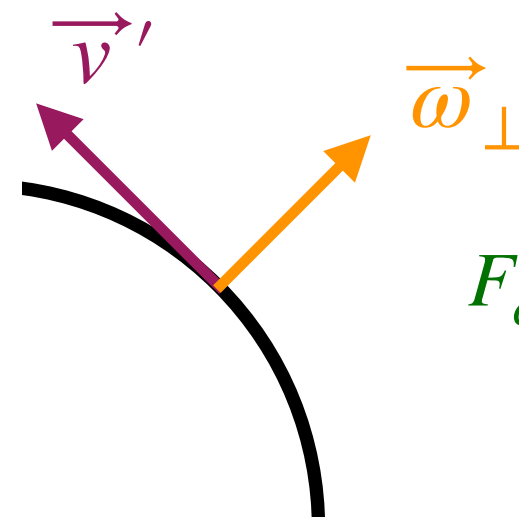
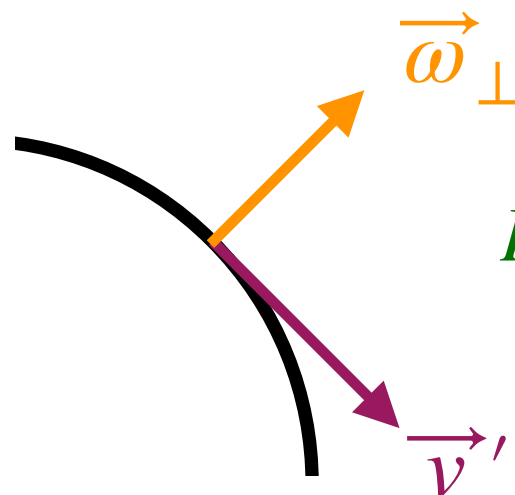
$\vec{\omega}_\perp$ wechselt Richtung am Äquator



Nur **Horizontale Coriolisbeschleunigung** spielt eine maßgebliche Rolle

→ Effekt der Zentrifugalkraft kann in Redefinition von g absorbiert werden

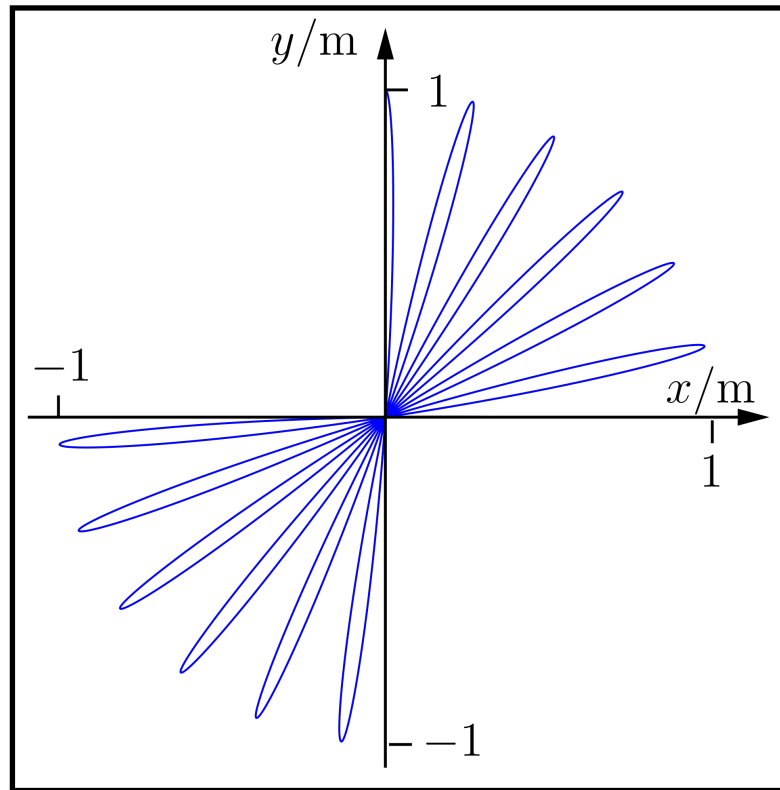
$$F_c = 2m (\vec{v}' \times \vec{\omega}_\perp)$$



Einzig beobachtbare Änderung : **Bahnkurve dreht** sich um die vertikale z -Achse

Pendelbahnkurve in der x-y-Ebene:

Rotation am Nordpol oder Südpol:



$$\Omega_{\text{Pole}} = \frac{2\pi}{T_{\text{Tag}}} = \omega_E$$

$$= \frac{2\pi}{3600 \times 24 \text{ s}} = 7 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

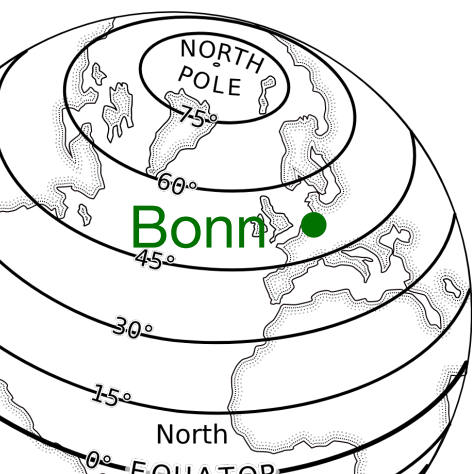
Rotation am Äquator :

$$\Omega_{\text{Aequator}} = 0$$

Warum? Weil $\vec{\omega}_{\perp} = 0$!

(Illustration für 1000-fach schnellere Erdrotation)

Winkelgeschw. dazwischen:



$$\Omega_{\text{Bonn}} = \omega_{\perp} = \omega_E \sin(\theta) \rightarrow T = \frac{2\pi}{\Omega_{\text{Bonn}}} \approx 31 \text{ h}$$

Breitengrad Bonn: ca. $\theta = 50.7^\circ$

Ca. 20.7° in 90 min

5.1 Bewegung im Zentralkraftfeld & Energie

Zentralkraftfeld:

$$\vec{F}(\vec{r}) = \vec{F}(|\vec{r}|)$$

$$E_{\text{pot}}(\vec{r}) = E_{\text{pot}}(|\vec{r}|)$$

Masse des Objekts,
welches das Zentralkraftfeldes
erzeugt

$$= -G m M \frac{1}{|\vec{r}|}$$

Masse des Probekörpers

Bahnkurve (in Polarkoordinaten) :

$$\vec{r}(t) = r(t) (\cos \varphi(t), \sin \varphi(t), 0) = r(t) \vec{e}_r$$

$$\vec{v}(t) = \dot{r} \vec{e}_r + \dot{\varphi} r \vec{e}_T$$

$$\dot{\varphi} = \omega$$

$$\rightarrow v^2 = \dot{r}^2 + r^2 \dot{\varphi}^2 + \underbrace{2\dot{r} r \vec{e}_r \cdot \vec{e}_T}_{=0} = \dot{r}^2 + r^2 \omega^2$$

Gesamtenergie :

$$E_{\text{tot}} = \frac{1}{2}m\dot{r}^2 + \frac{1}{2}mr^2\omega^2 + E_{\text{pot}}(r)$$

||

$E_{\text{kin}}^{\text{radial}}$

radiale kin. Energie

||

$E_{\text{kin}}^{\text{tangential}}$

tangentiale kin. Energie

$$\longrightarrow = \frac{1}{2}m\dot{r}^2 + \underbrace{\frac{L^2}{2mr^2}}_{E_{\text{pot}}^{\text{eff}}(r)} + E_{\text{pot}}(r)$$

mit $L = m\omega r^2$

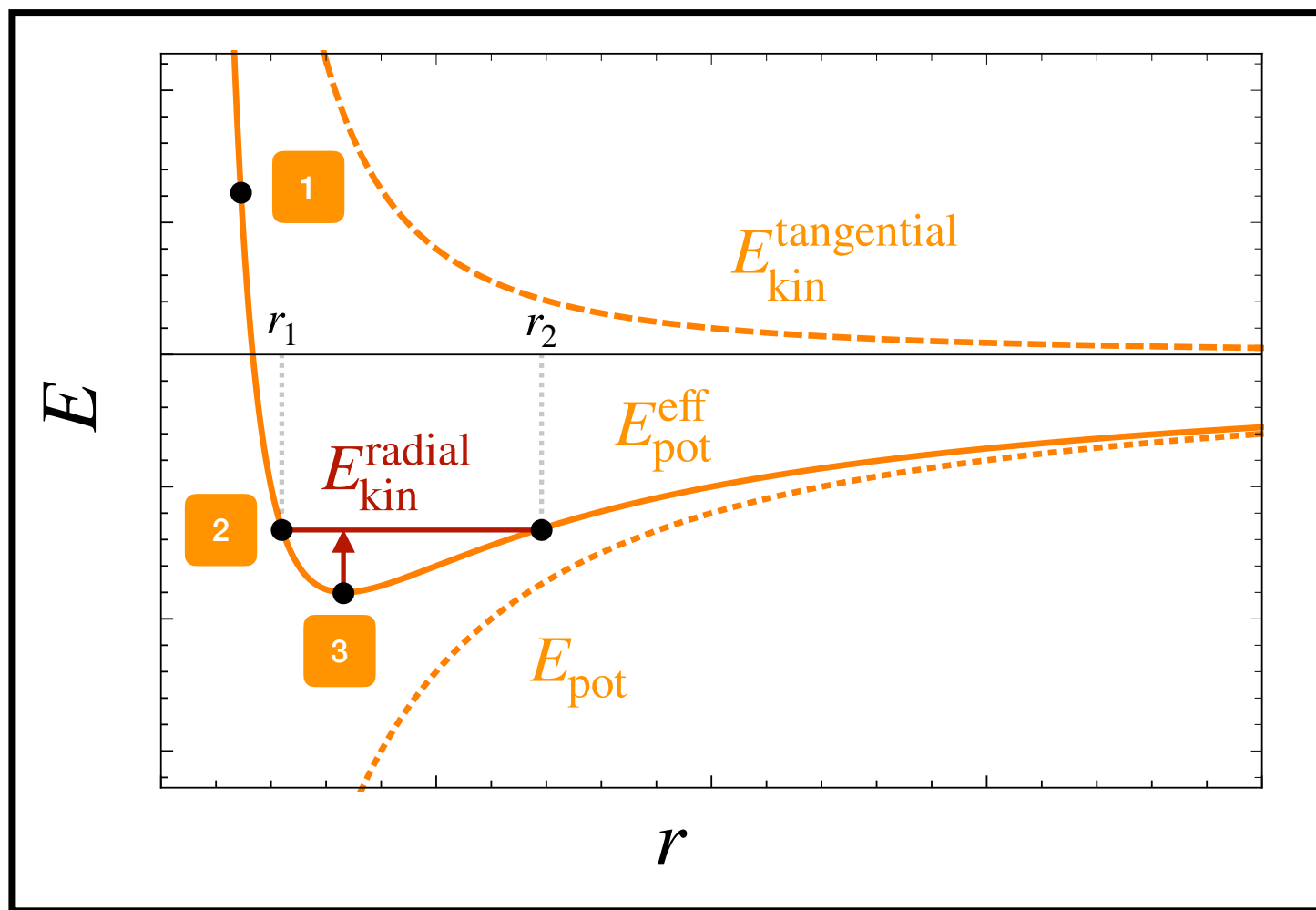
(wenn $\vec{\omega} \perp \vec{v}$ was beim Zentralpot. gilt)

$E_{\text{pot}}^{\text{eff}}(r)$

weil $L = \text{const}$ hängt der tang. Teil nur von r ab

$L = \text{const}$ folgt aus $\dot{L} = \vec{r} \times \vec{F} = 0$ für $\vec{F} \parallel \vec{r}$

(Zentralkraft)



1 $E \gg 0$: $E_{\text{kin}}^{\text{radial}} > E_{\text{pot}}^{\text{eff}}$ → Keine geschlossene Bahn (Hyperbel, Parabel, ...)

2 $E < 0$: $E_{\text{kin}}^{\text{radial}} > 0$ für $r_1 < r < r_2$ → Ellipse

3 $E < 0$: $E_{\text{kin}}^{\text{radial}} = 0$ → Kreisbahn

$E < 0$ gebundenes System : Planeten, Satelliten (später: Moleküle, e^- in Atom)

★ Messung der Planetenbewegung durch Tycho-Brahe (1546 - 1601)

★ Interpretation durch Kepler (1571 - 1630)

→ heliozentrisches Weltbild

→ **3 Gesetze** (quantitativ), folgen alle aus $\dot{\vec{L}} = 0$!

1. Keplersches Gesetz :

Bewegung der **Planeten** erfolgt auf einer Ebene auf Ellipsenbahnen

Sonne befindet sich in einem der **Brennpunkte** der **Ellipse**

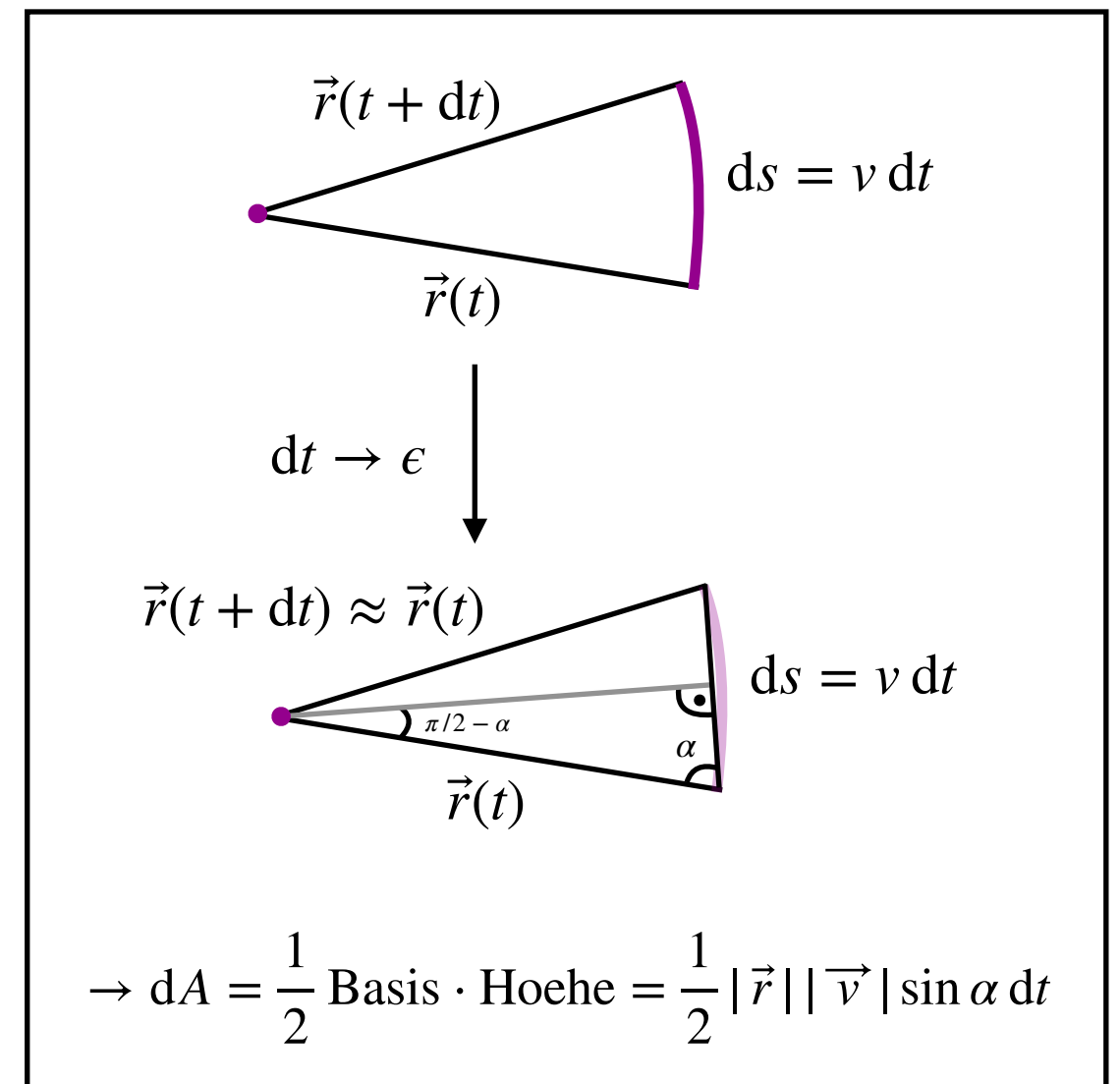
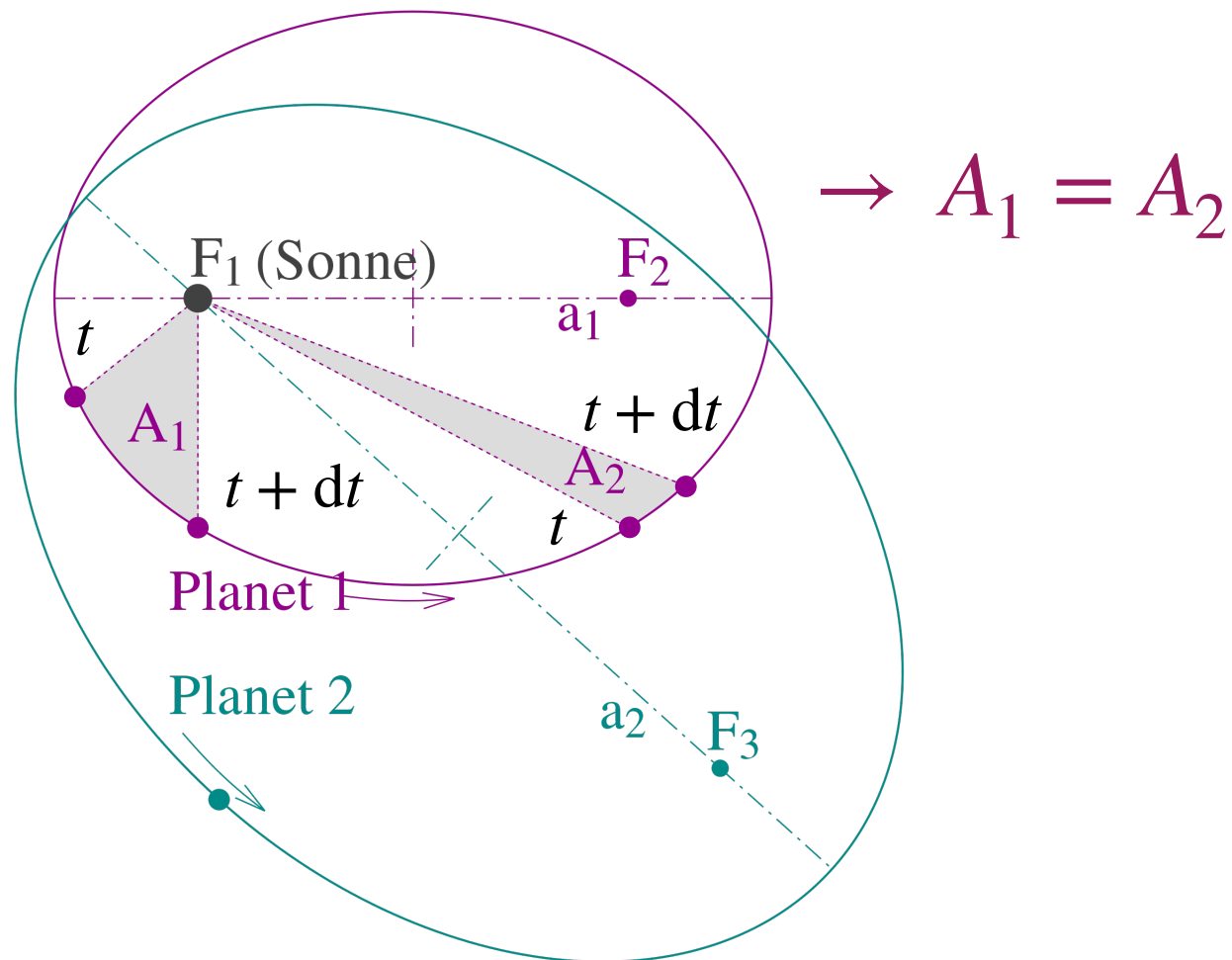
$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = \text{const.} \quad \vec{L} \perp \vec{r} \quad \text{für alle } t \quad (\text{und } \vec{L} \perp \vec{v}(t))$$

2.

Keplersches Gesetz : Flächensatz

In **gleichen Zeiten** wird die **gleiche Fläche** überstrichen ,

$$\frac{dA}{dt} = \text{const.}$$



$$\rightarrow \frac{dA}{dt} = \frac{1}{2m} |\vec{r} \times \vec{p}| = \frac{1}{2m} |\vec{L}| = \text{const} \text{ denn } \vec{L} = \text{const}$$

3.

Keplersches Gesetz :

$$\frac{T^2}{a^3} = \text{const}$$

 T : Umlaufzeit a : große Halbachse

etwas kompliziertere Herleitung — im 3. KG steckt Newtons Gravitationsgesetz

Herleitung z.B. mit $F_{\text{ZP}} = F_{\text{G}}$: $mr\omega^2 = G\frac{mM}{r^2}$

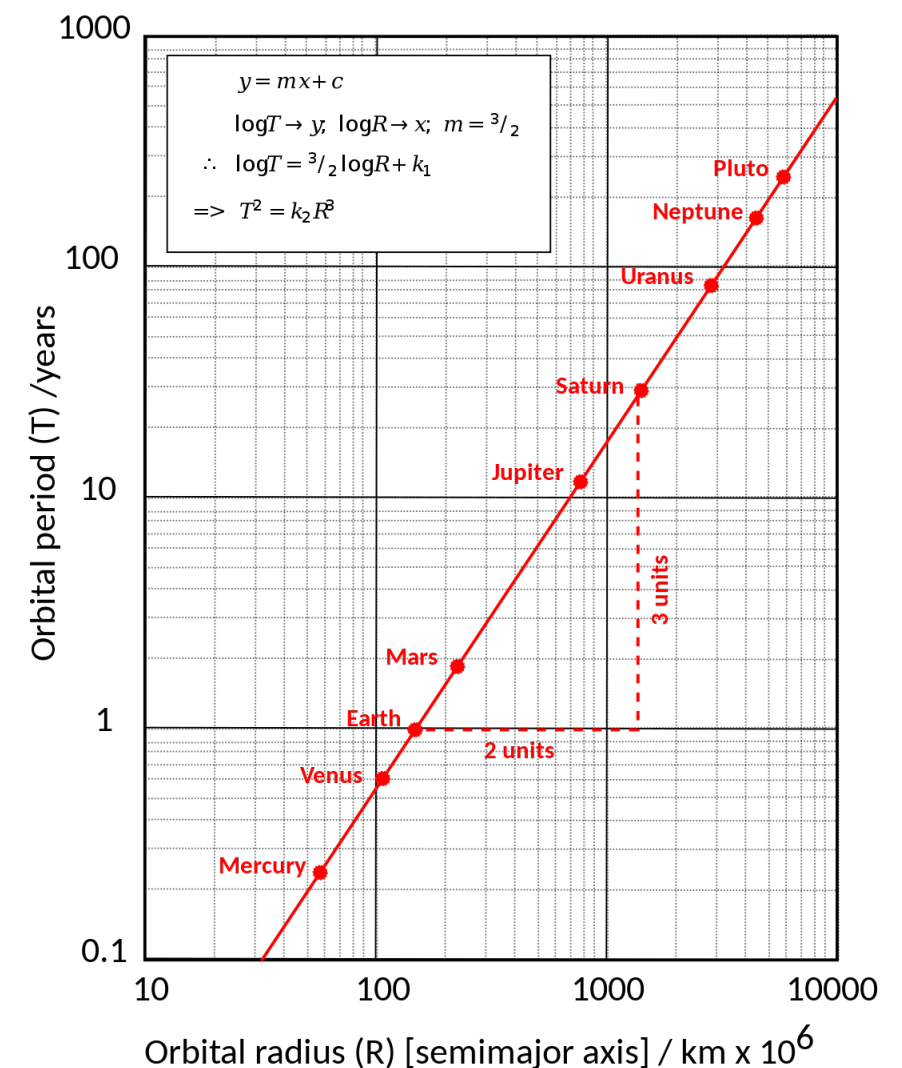
Mit $\omega = \frac{2\pi}{T}$ finden wir

$$mr \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 = G\frac{mM}{r^2} \rightarrow T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM} \right) r^3 \rightarrow T^2 \propto r^3$$

Verallgemeinerung von radialen zu Elliptischen Bahnen ersetzt $r \rightarrow a$ (Beweis kompliziert)

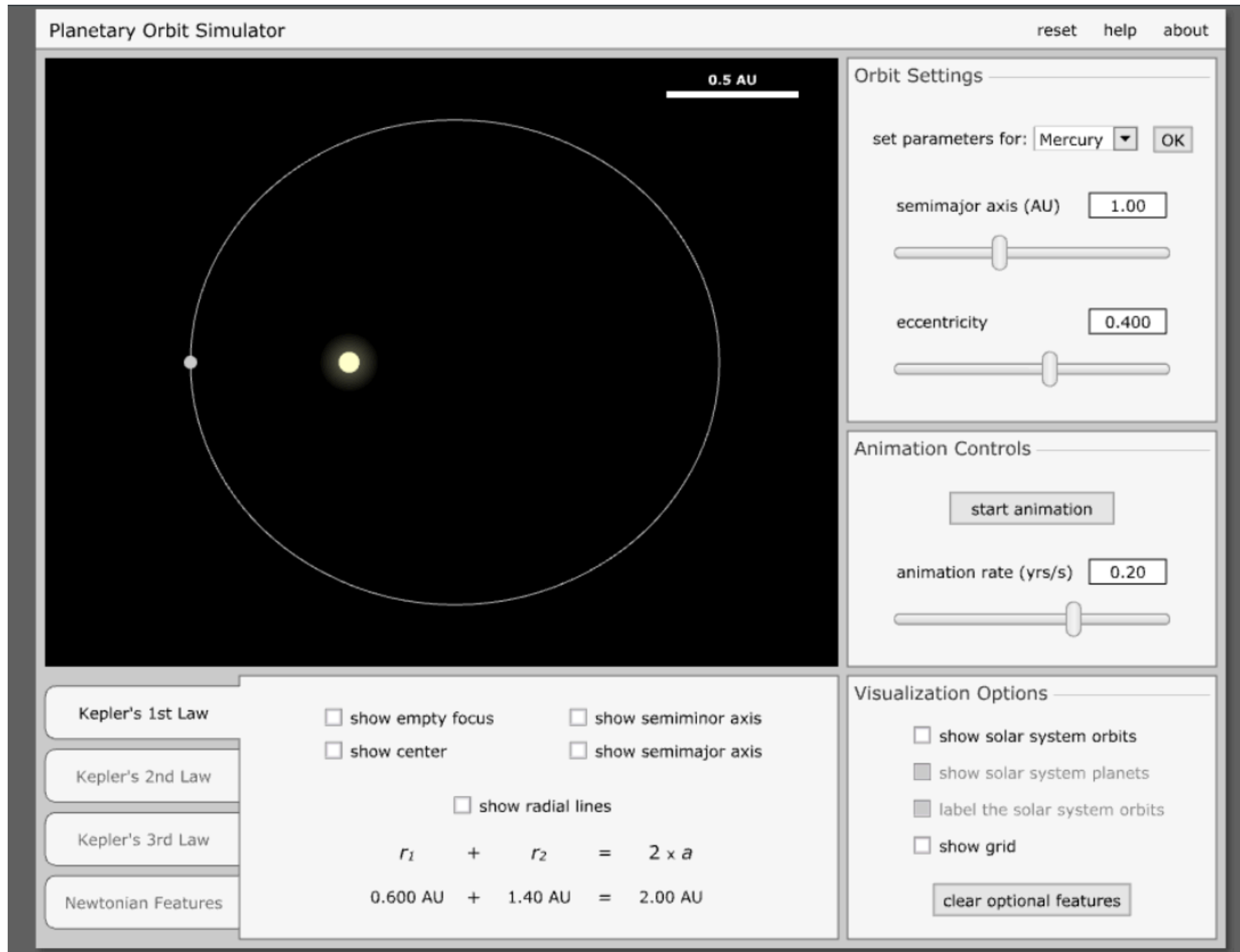
$$\rightarrow \frac{T^2}{a^3} = \frac{GM}{4\pi^2}$$

Planetary orbital radius against orbital period in log-log space



Planetary Orbit Simulator

<https://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/kepler.html>



5.3 Newtons Gravitationsgesetz

#323

Oder man dreht das Argument der vorherigen Folie um:

Wenn das 3. KG universell gilt, dann muss es auch für **Kreisbahnen** gelten und wir können uns Newtons Gravitationsgesetz herleiten :

$$\vec{F}_G = G m M f(r) \vec{r} \quad \text{Zentralkraft}$$

Auf einer Kreisbahn gilt $\rightarrow \vec{F}_G = - \vec{F}_{ZF} = m\omega^2 \vec{r} = m \frac{(2\pi)^2}{T^2} \vec{r}$

$$\Rightarrow f(r) \sim \frac{1}{T^2} \quad \text{und mit 3. KG} \quad \frac{T^2}{r^3} = \text{const} \rightarrow f(r) \sim \frac{1}{r^3}$$

Wir finden:

$$\Rightarrow \vec{F}_G = - G m M \frac{\vec{r}}{r^3} = - G \frac{m M}{r^2} \vec{e}_r$$

Gravitationskonstante G ist **universelle Naturkonstante** (nicht “erklärbar”)

(vgl. $g = G \frac{m_E}{R_E^2}$ ist keine Naturkonstante!)