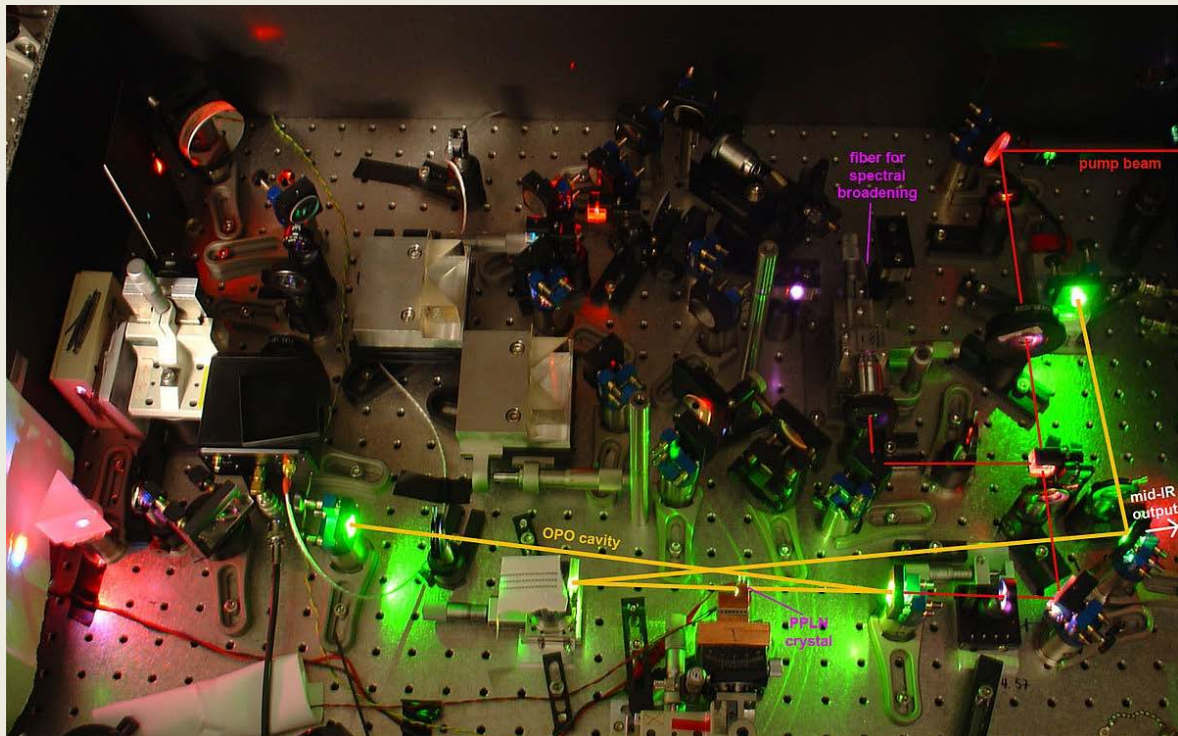




- ***Warum aktuelle Forschung im PU***
- ***Elementarisierung ist nötig***
- ***Methoden und Werkzeuge***
- ***Anwendungsbezüge***

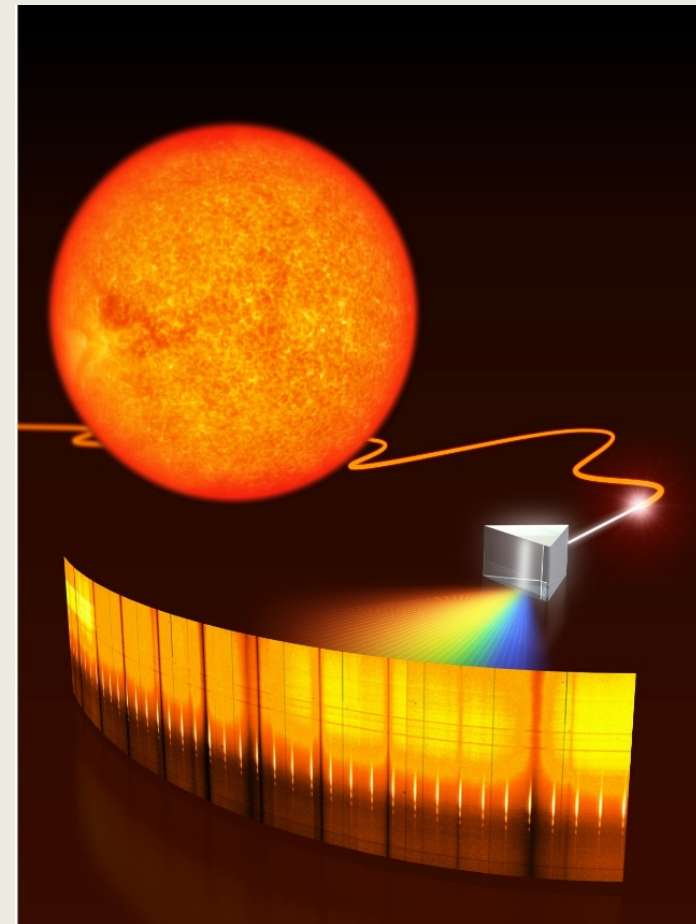
- **Aktualität (WAS wird erarbeitet)**
  - nicht nur Physik des letzten Jahrtausends
- **Erkenntniswege (WIE wird gearbeitet)**



Von National Institute of Standards and Technology - Comb Apparatus, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=51194882>



- **Aktualität (WAS wird erarbeitet)**
  - nicht nur Physik des letzten Jahrtausends
- **Erkenntniswege (WIE wird gearbeitet)**
- **Neu-Entwicklungen aus der Physik**
  - Ergebnisse und Perspektiven der Forschung



Von ESO - <http://www.eso.org/public/images/eso0826a/>, CC-BY 4.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=30342526>



- **Aktualität (WAS wird erarbeitet)**
  - *nicht nur Physik des letzten Jahrtausends*
- **Erkenntniswege (WIE wird gearbeitet)**
- **Neu-Entwicklungen aus der Physik**
  - *Ergebnisse und Perspektiven der Forschung*
- **Nobelpreis**
  - *weltweit berühmte Ergebnisse*
- **Lokale Bezüge**



## ➤ Elementarisieren

➤ **Fachgerecht**



➤ **Schülergerecht**



➤ **Anschlussfähig**

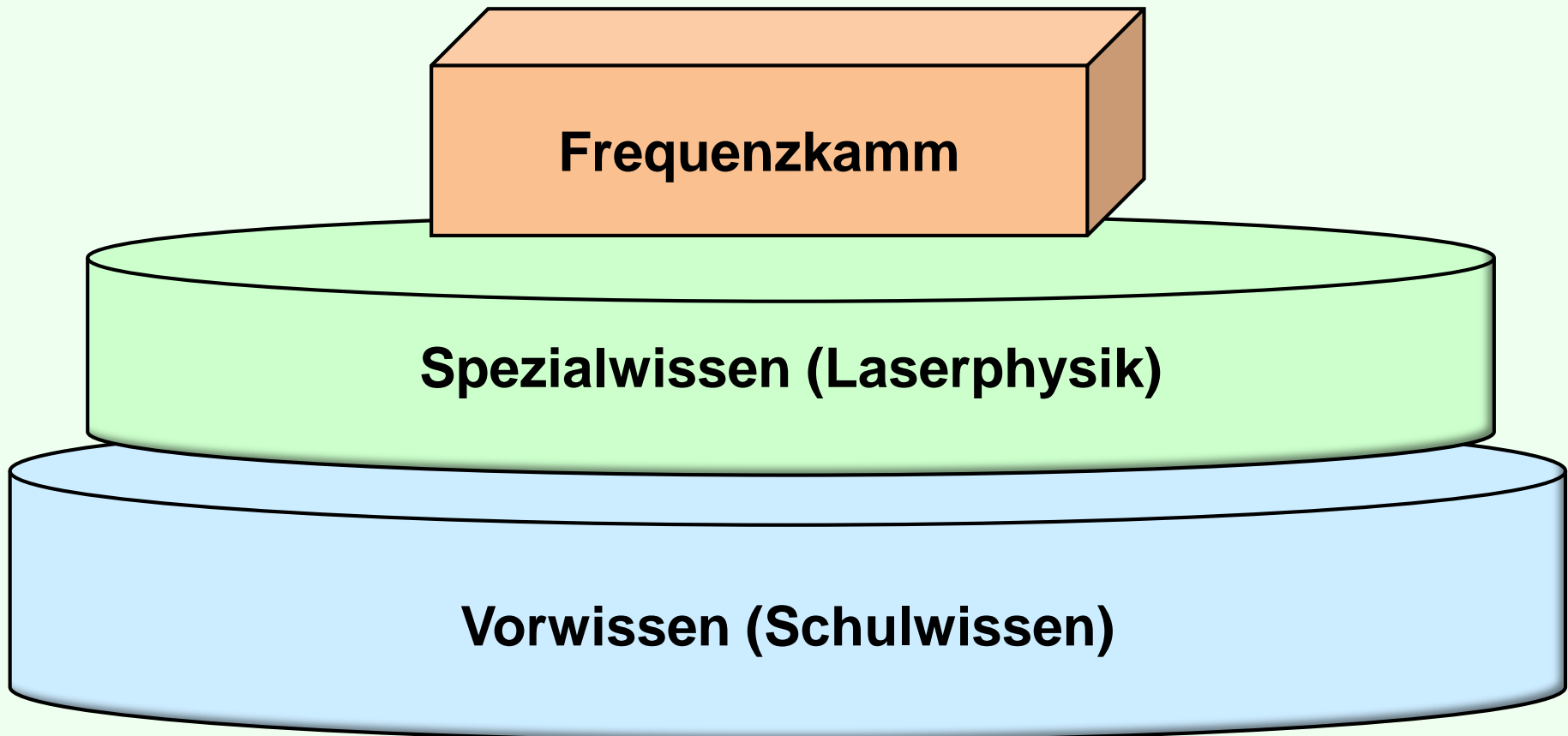




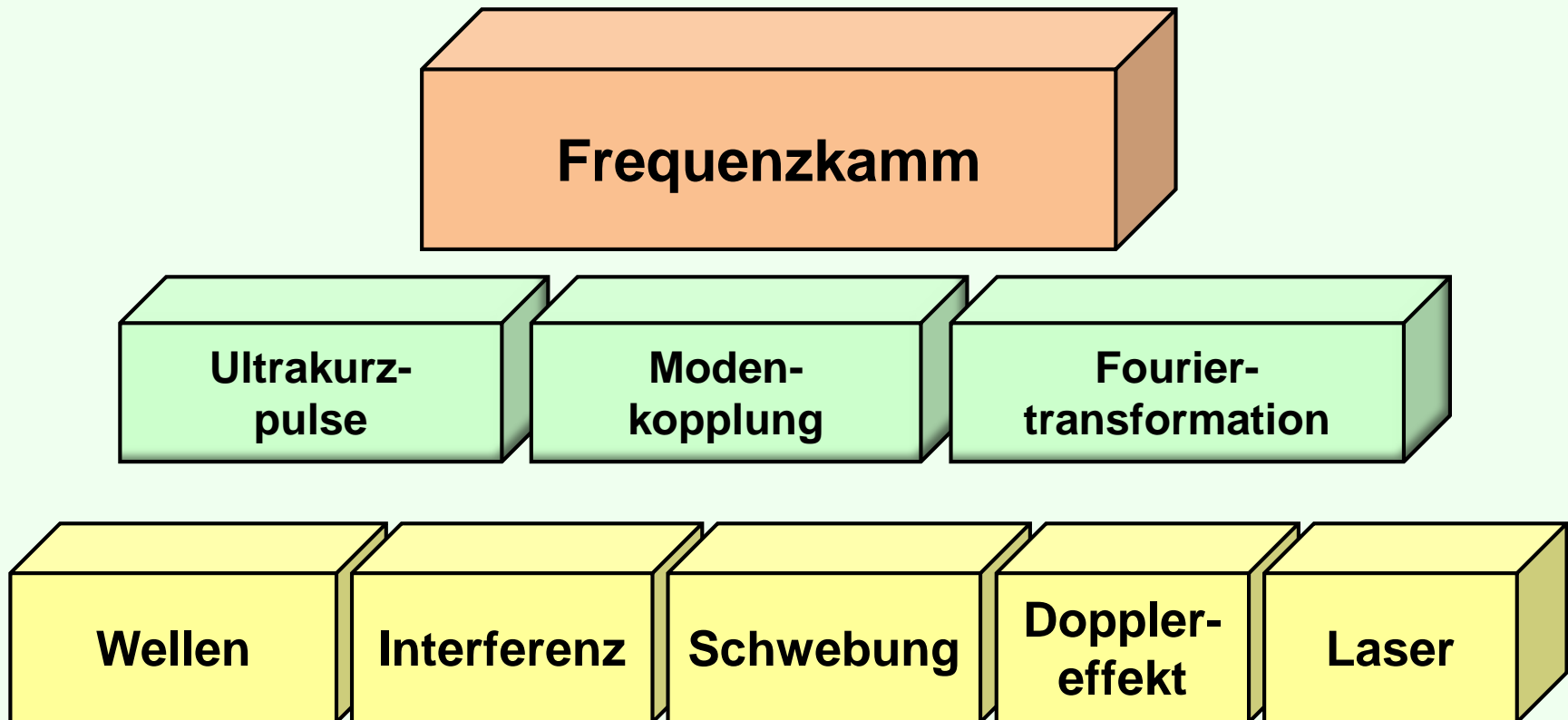
## ➤ Konzept

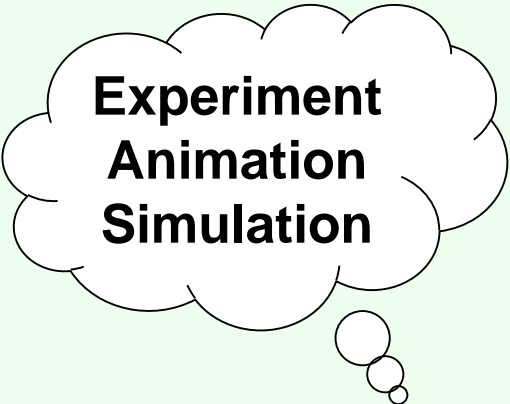


## Konzeption: Schlüsselbegriffe – Chunks (Sinneinheiten)



## Konzeption: Schlüsselbegriffe – Chunks (Sinneinheiten)





**Experiment  
Animation  
Simulation**

A white thought bubble with a black outline, containing the text 'Experiment', 'Animation', and 'Simulation' stacked vertically. Three small circles lead from the bottom of the bubble to the first box in the diagram below.

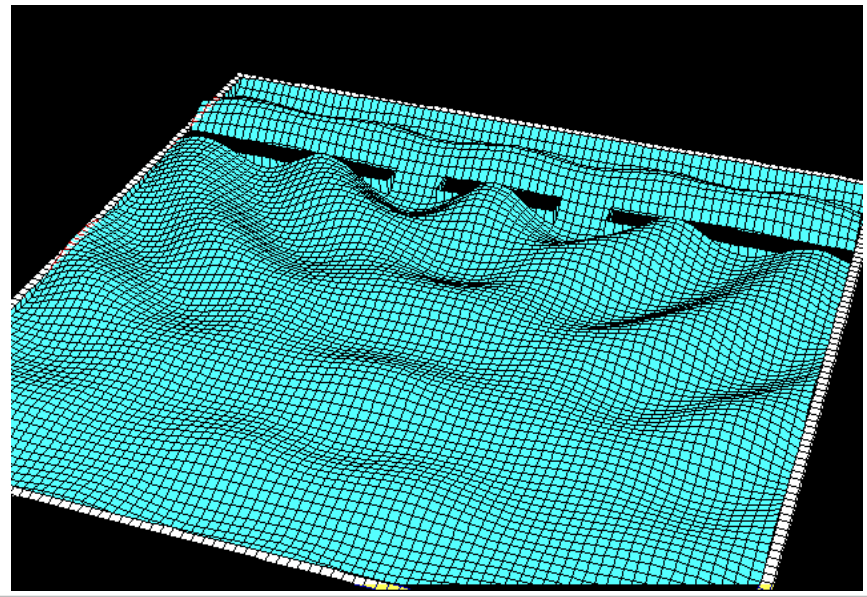
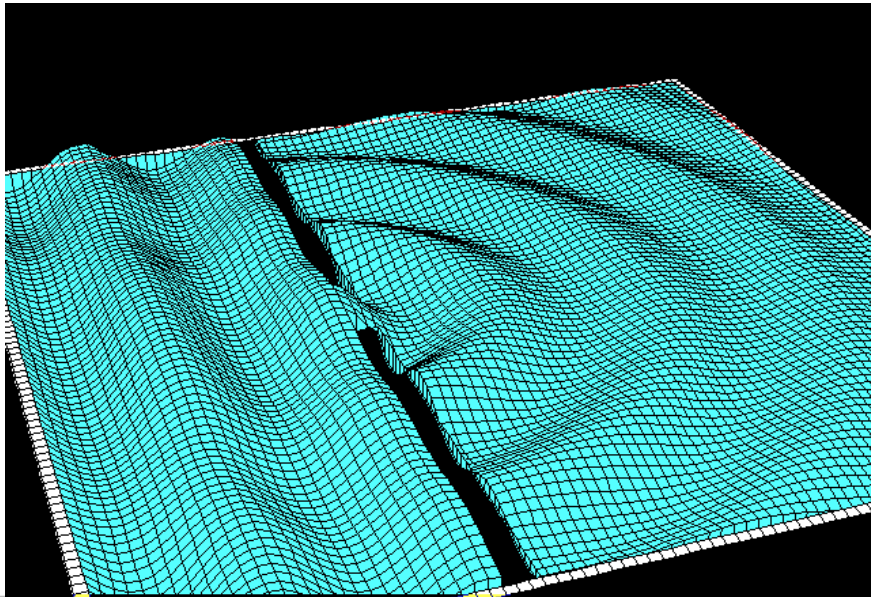
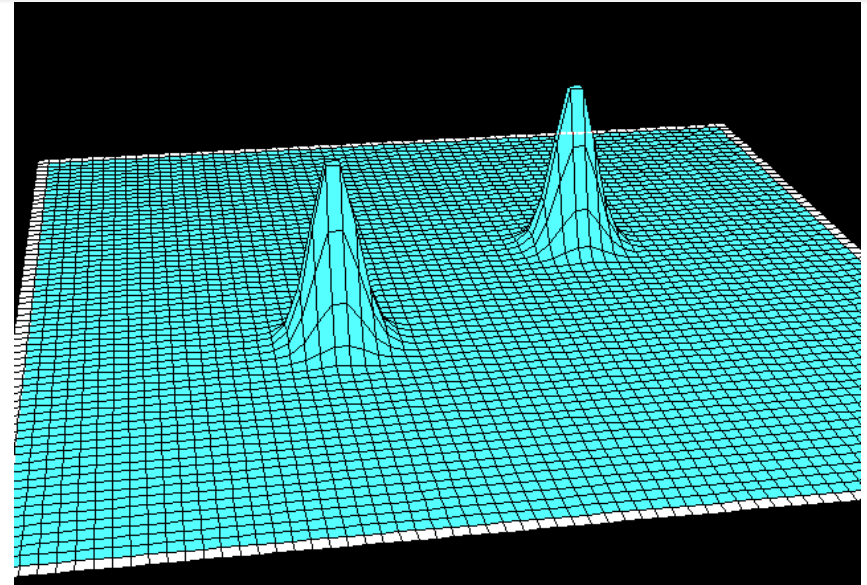
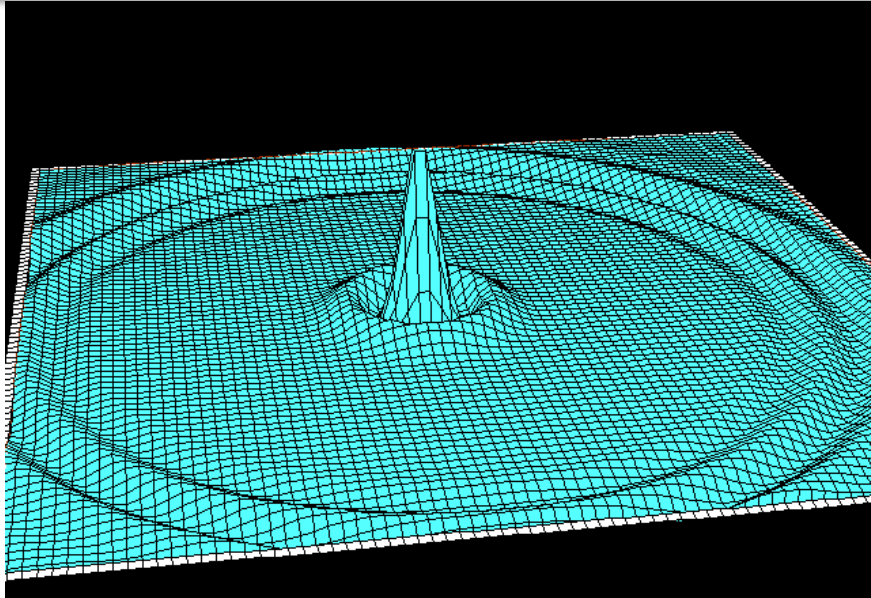
**Wellen**

**Interferenz**

Schwebung

Doppler-  
effekt

Laser





- **Wellenphänomene (fast ein Basiskonzept)**
  - Mechanik
  - Akustik/Analogien,
  - Elektrodynamik
  - Optik
- **Interferenz**
  - Doppelspalt + Babinet'sches Prinzip
  - dünne Schichten
  - Interferometer



**Multimodale  
Darstellung**

Wellen

Interferenz

**Schwebung**

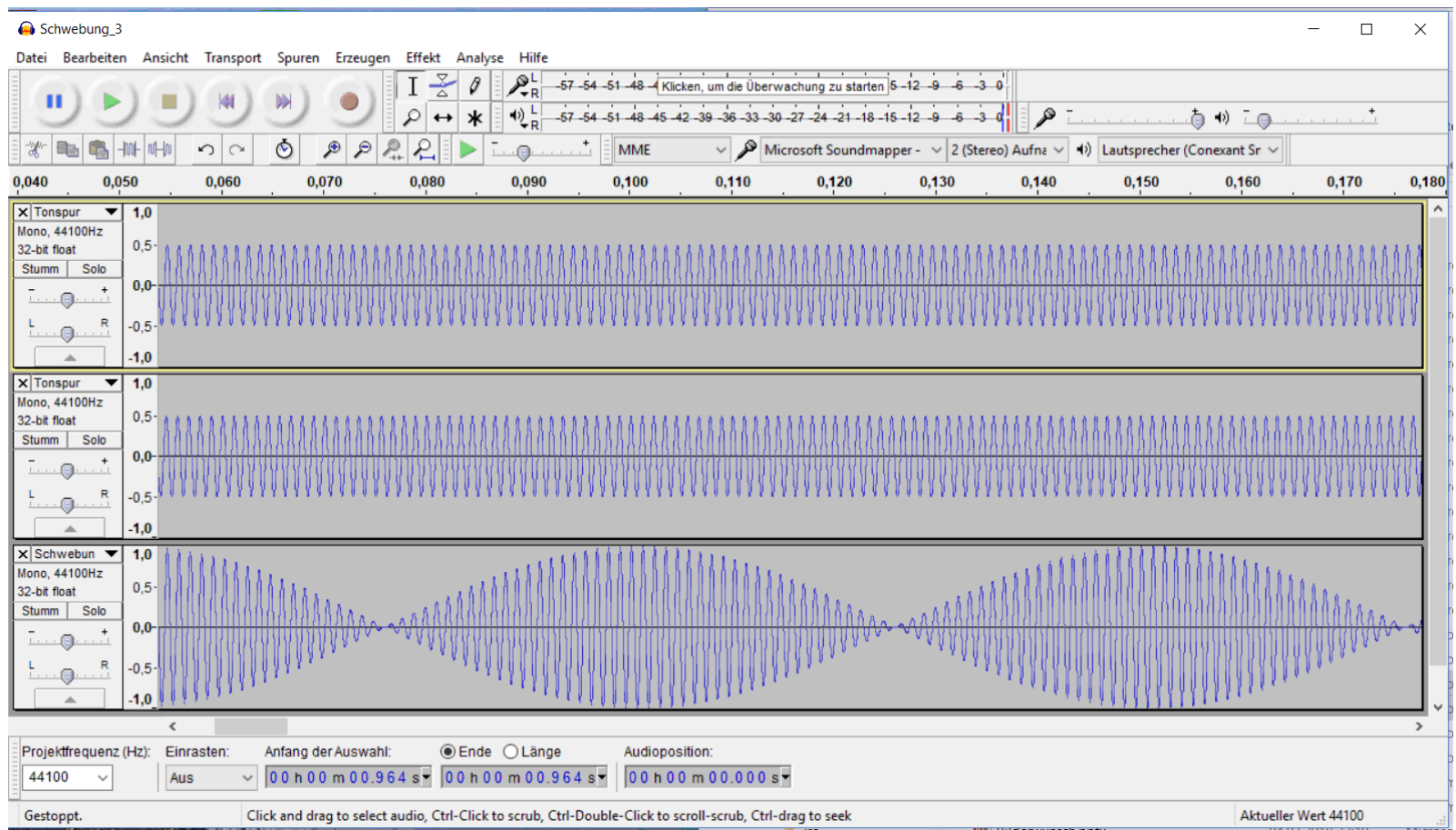
Doppler-  
effekt

Laser



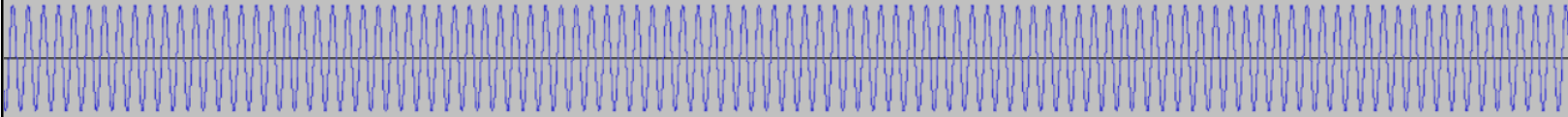
Vorwissen (Schulwissen)

- **Schwebung**
  - Audacity





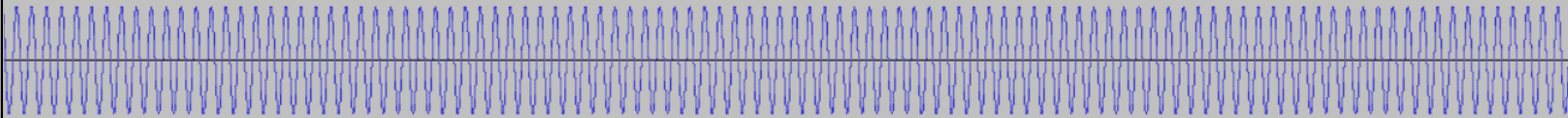
- **880 Hz**





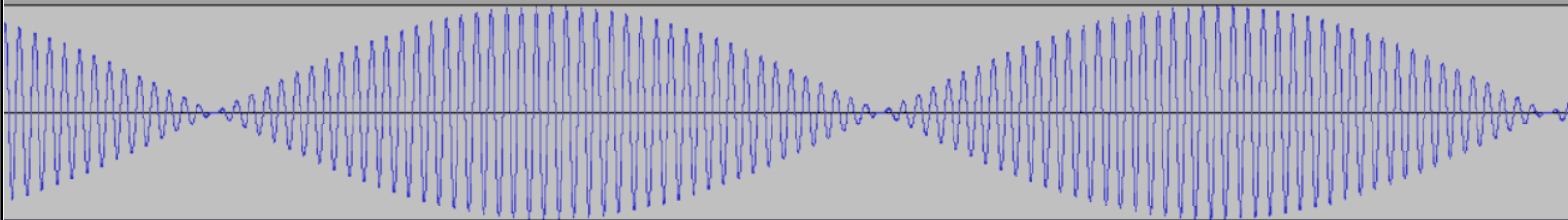


- **882 Hz**



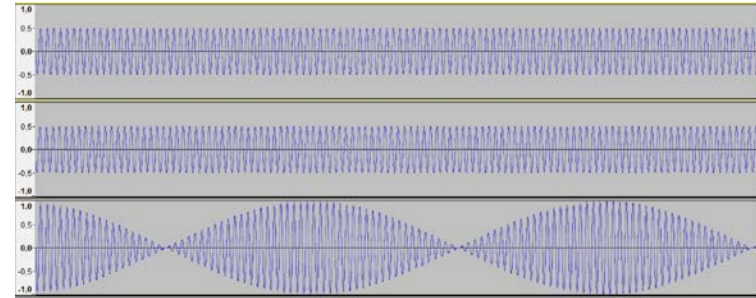


- **880 Hz mit 882 Hz**





- **Schwebung**



$$\Delta f = 2 \text{ Hz}$$

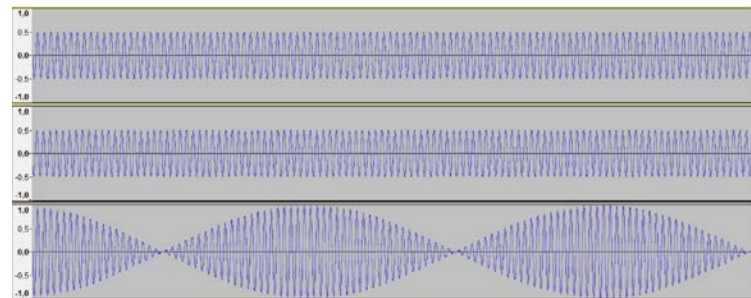
$$\Delta f = 10 \text{ Hz}$$

$$\Delta f = 20 \text{ Hz}$$





- **Schwebung**



$$\Delta f = 2 \text{ Hz}$$

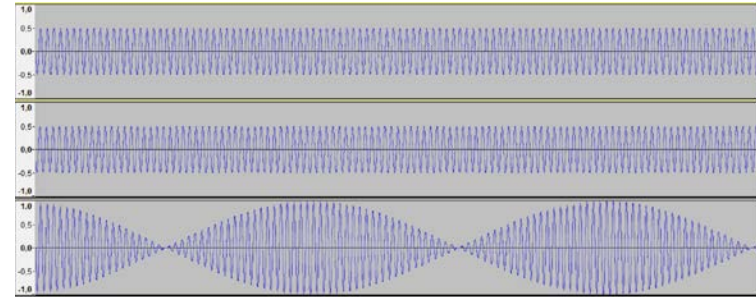
$$\Delta f = 10 \text{ Hz}$$

$$\Delta f = 20 \text{ Hz}$$





- **Schwebung**



$$\Delta f = 2 \text{ Hz}$$

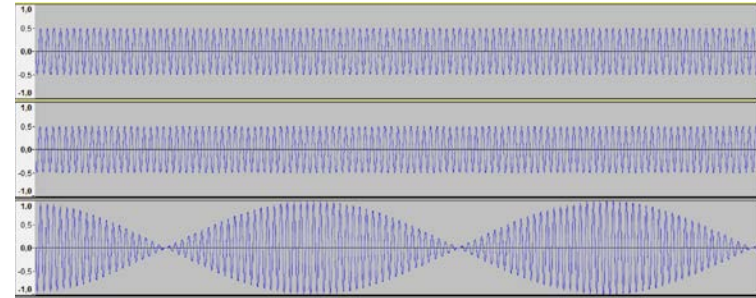
$$\Delta f = 10 \text{ Hz}$$

$$\Delta f = 20 \text{ Hz}$$





- **Schwebung**
  - Audacity
  - Gitarre
  - Optik ??



$$\Delta f = 2 \text{ Hz}$$

$$\Delta f = 10 \text{ Hz}$$

$$\Delta f = 20 \text{ Hz}$$

Licht:

grün: 570 THz + 571 THz ???





Analogie  
Simulation

Wellen

Interferenz

Schwebung

Doppler-  
effekt

Laser

Vorwissen (Schulwissen)

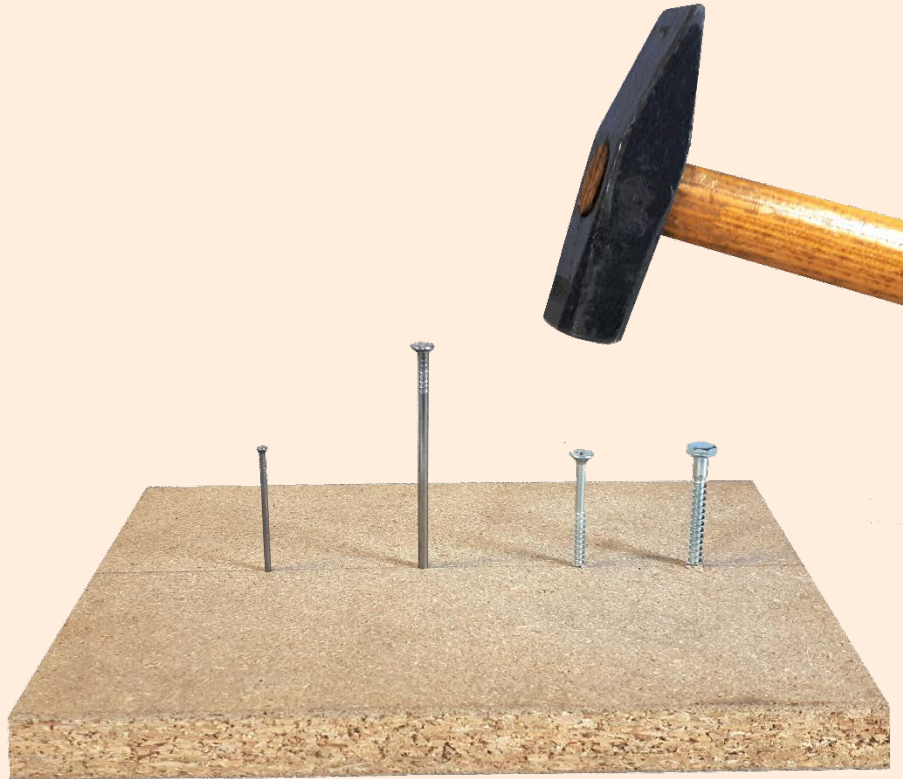


## Werkzeuge:

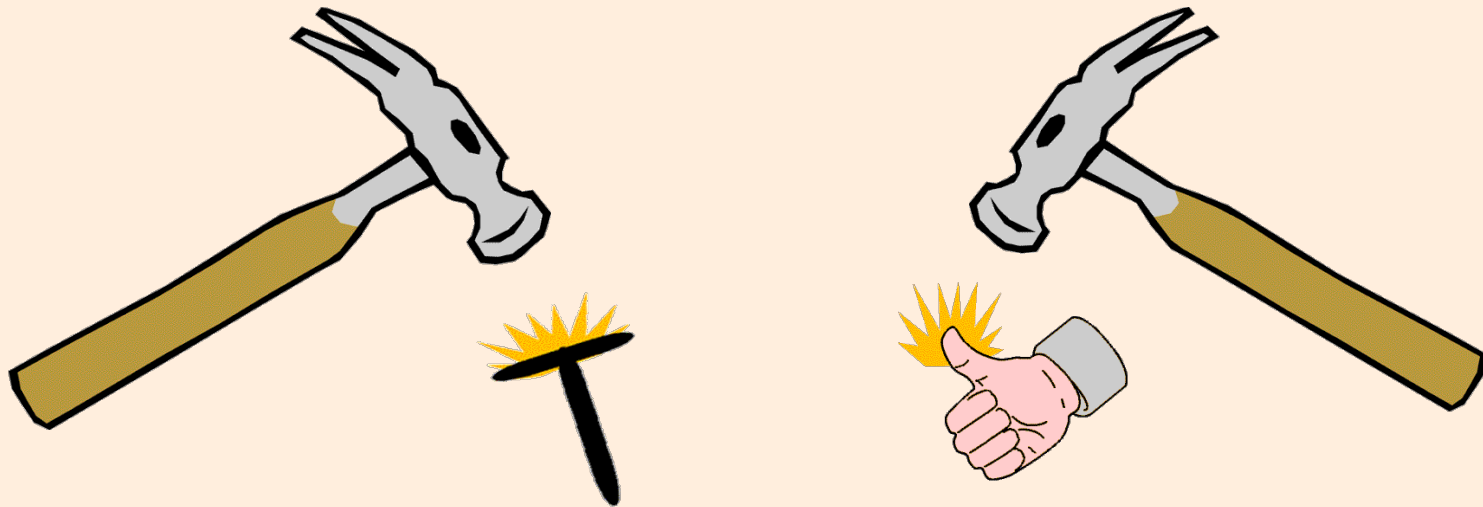
- Visualisierungen (**Animationen, Simulationen**)
- Multimodalität (**mehrere Sinne nutzen**)
- Größen einordnen, **Zusammenhänge aufzeigen**
- Analogien (**Verankern an Bekanntem**)
- Multiple Repräsentationen (**verschiedene Gesichtspunkte**)







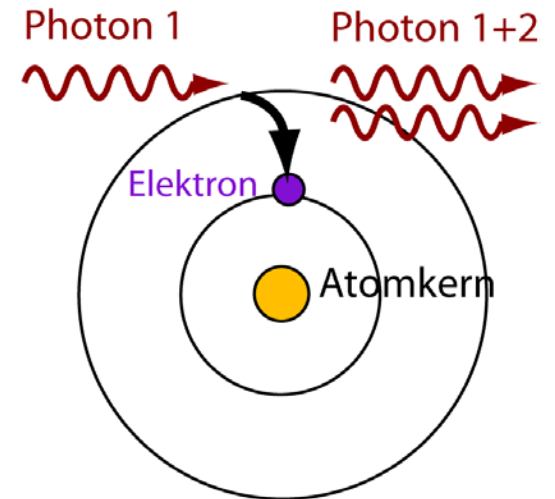
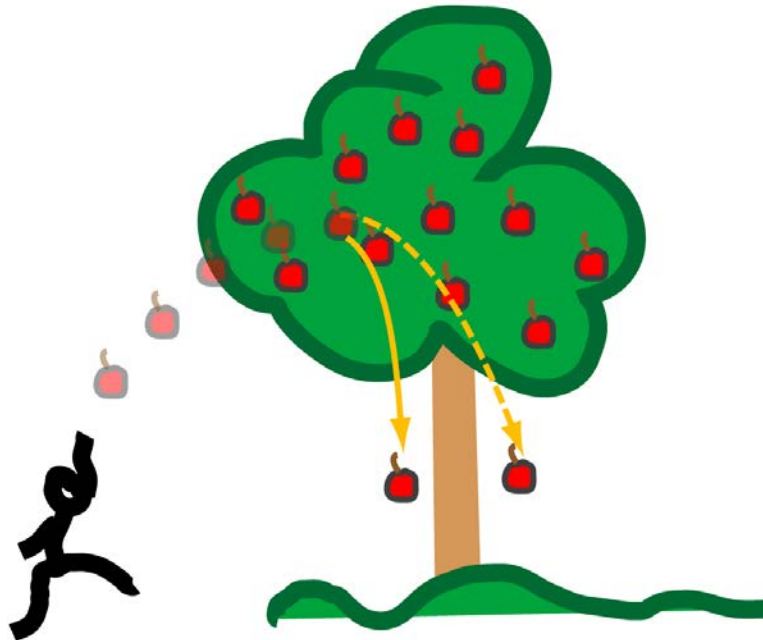


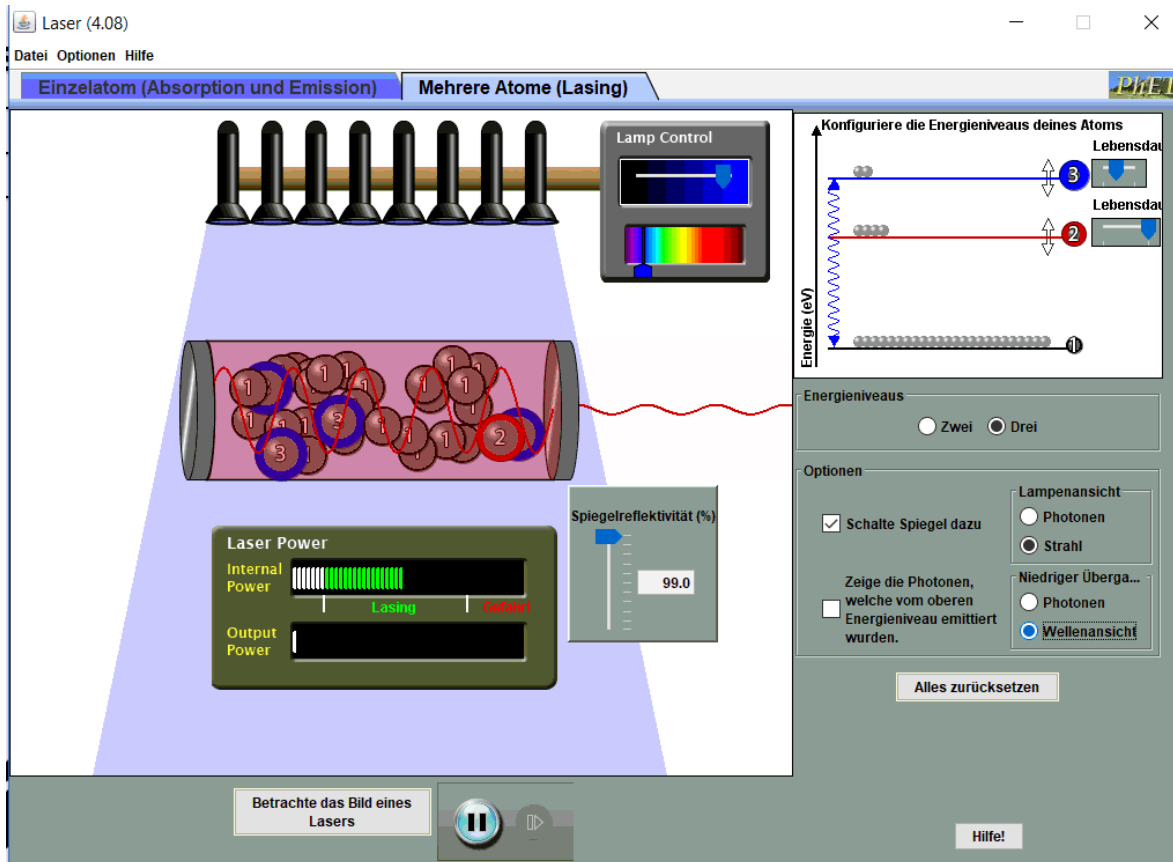


- **Laser**

- Besetzungsumkehr,
- metastabile Zustände,
- induzierte Emission

## Induzierte Emission





Laser (4.08)

Datei Optionen Hilfe

Einzelatom (Absorption und Emission) Mehrere Atome (Lasing)

Konfiguriere die Energieniveaus deines Atoms

Energie (eV)

Lebensdauer

Lebensdauer

Energieniveaus

Zwei  Drei

Optionen

Schalte Spiegel dazu

Zeige die Photonen, welche vom oberen Energieniveau emittiert wurden.

Lampenansicht

Photonen

Strahl

Niedriger Übergang

Photonen

Wellenansicht

Alles zurücksetzen

Hilfe!

Betrachte das Bild eines Lasers

<https://phet.colorado.edu/de/simulation/lasers>

**Visualisierungen**  
**Animation**  
**Simulation**

**Multiple**  
**Repräsen-**  
**tationen**

**Ultrakurz-**  
**pulse**

**Moden-**  
**kopplung**

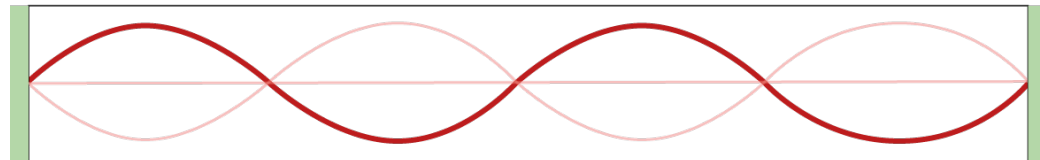
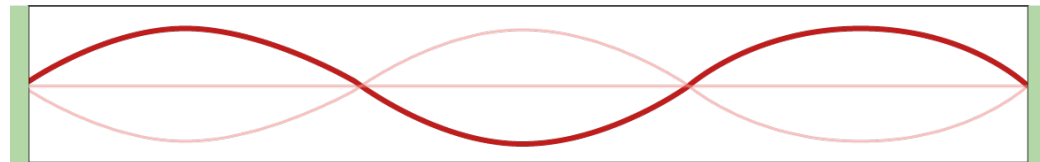
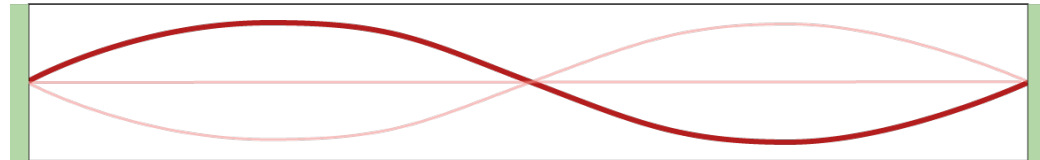
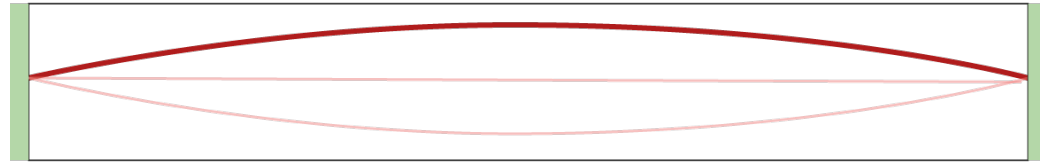
**Fourier-**  
**transformation**

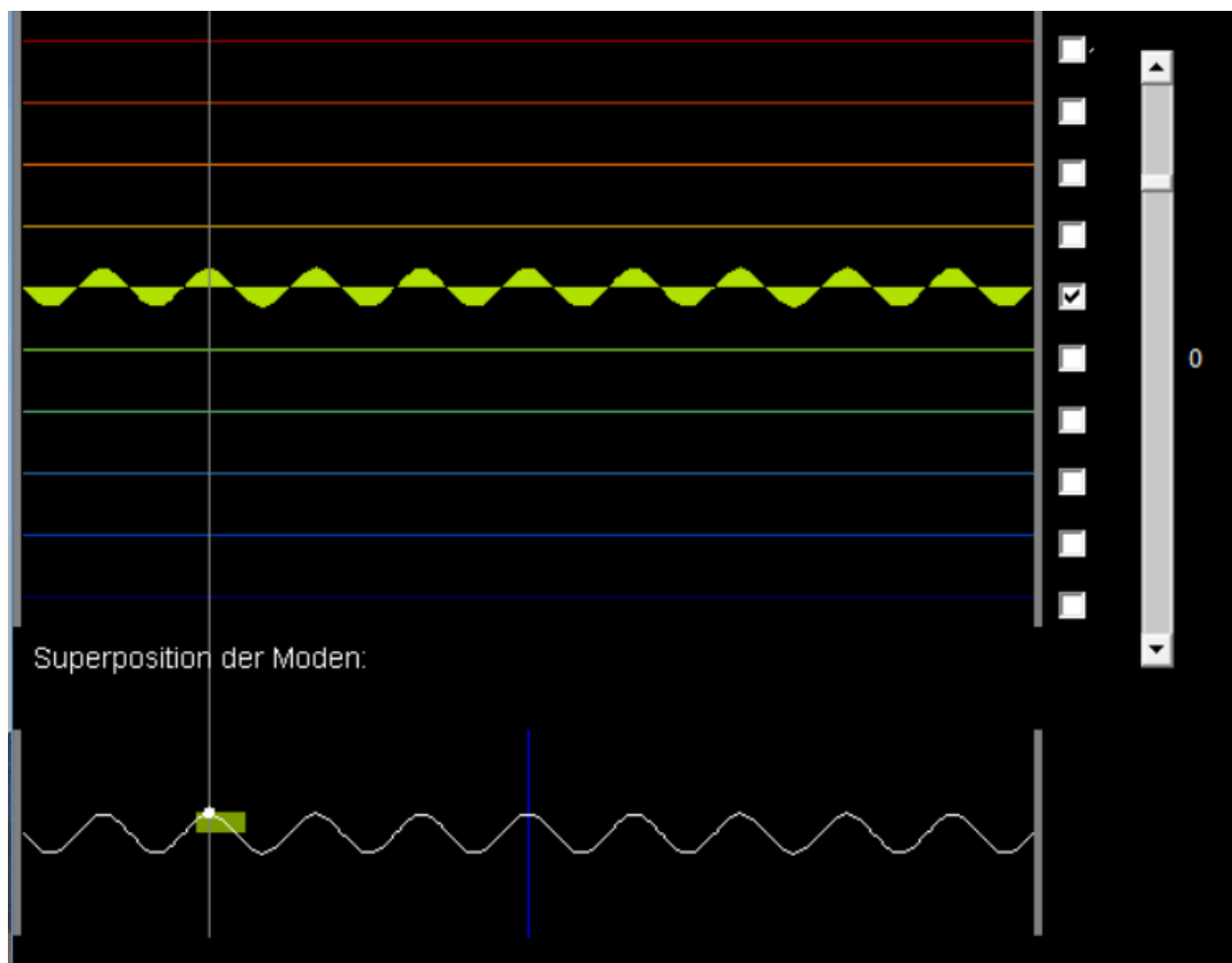
**Vorwissen (Spezialgebiet Laserphysik)**

**Vorwissen (Schulwissen)**



- **Moden**
- **Überlagerung von Moden**
- **Modenkopplung**
- **Laserpulse**



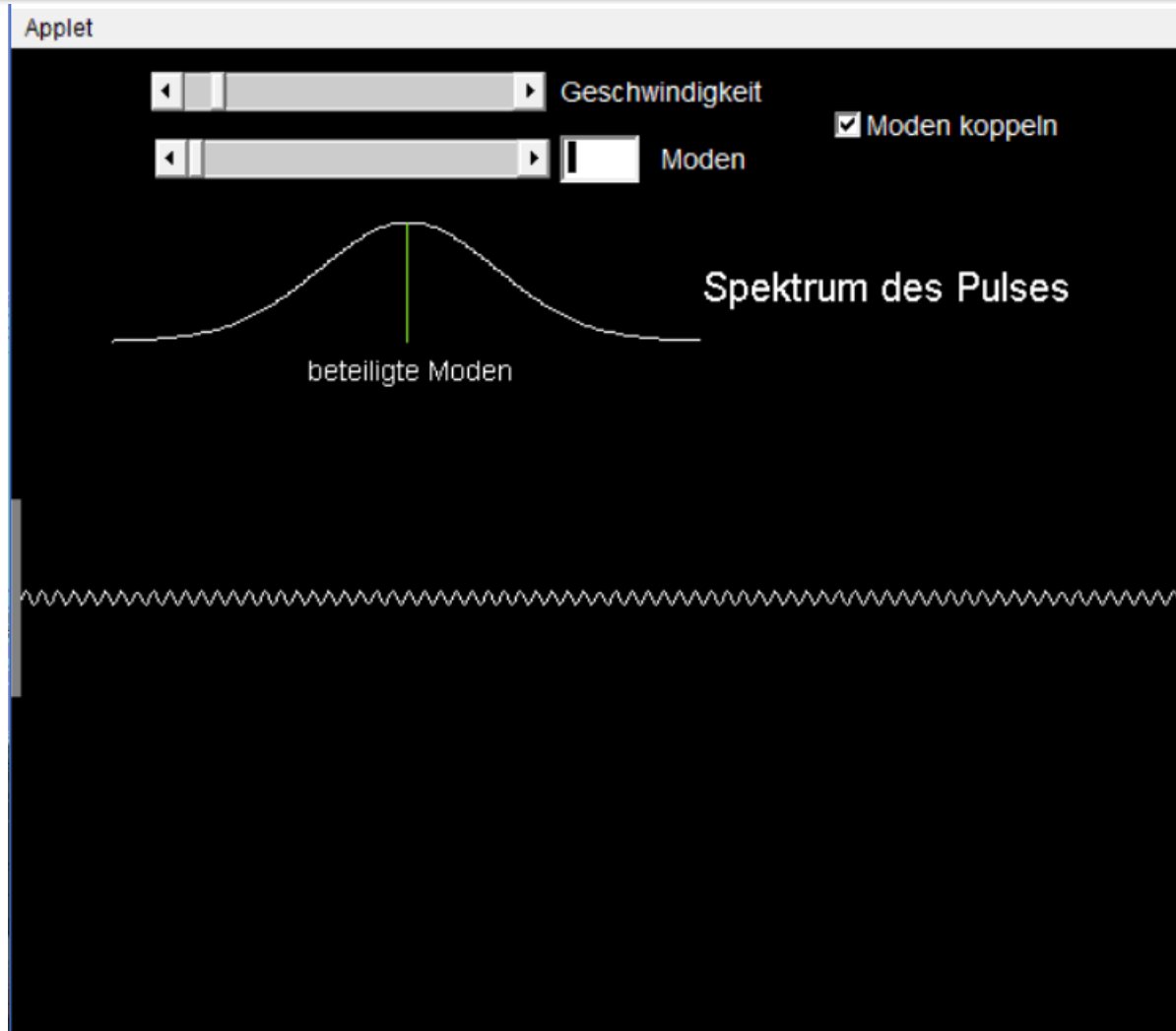


<https://paw.n.physik.uni-wuerzburg.de/femto-welt/index.html>

siehe auch Hinweise auf:

[http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/lehrerbildung/lehrerbildung\\_lm/interferenz\\_von\\_licht/index.html](http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/lehrerbildung/lehrerbildung_lm/interferenz_von_licht/index.html)





<https://paw.n.physik.uni-wuerzburg.de/femto-welt/index.html>

siehe auch Hinweise auf:

[http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/lehrerbildung/lehrerbildung\\_lm/interferenz\\_von\\_licht/index.html](http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/lehrerbildung/lehrerbildung_lm/interferenz_von_licht/index.html)

Animation  
Simulation

Multiple  
Repräsen-  
tationen

Ultrakurz-  
pulse

Moden-  
kopplung

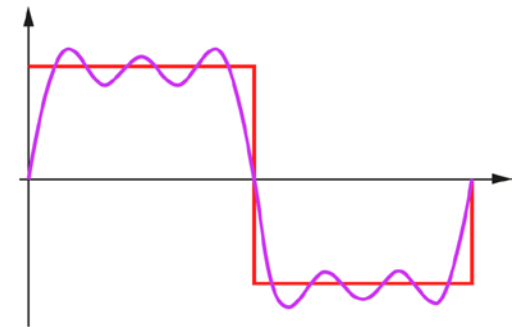
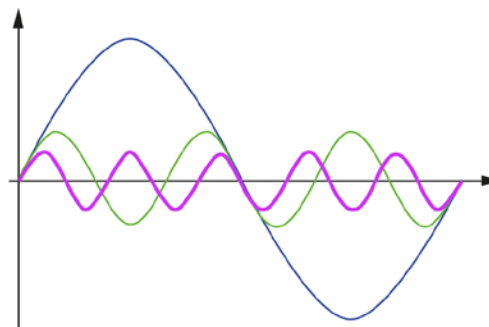
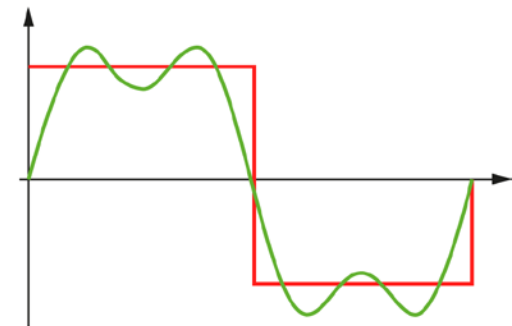
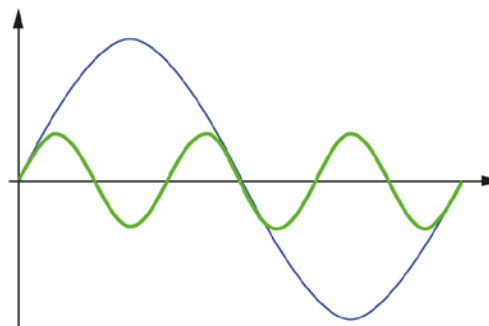
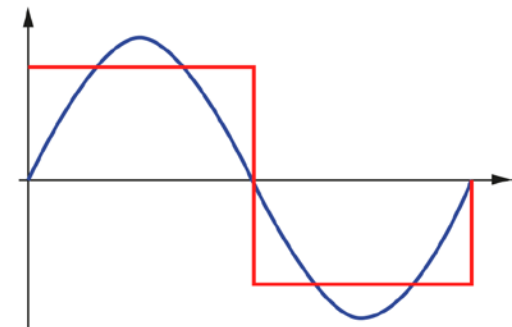
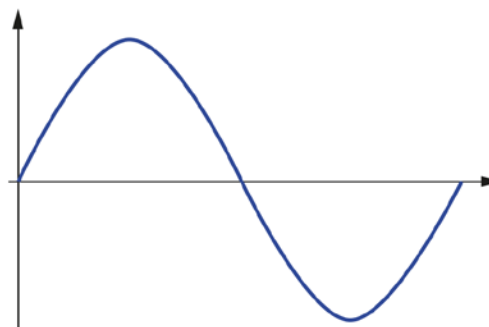
Fourier-  
transformation

Vorwissen (Spezialgebiet Laserphysik)

Vorwissen (Schulwissen)



- Jede stetige, periodische Funktion  $f(t)$  lässt sich durch eine Reihe trigonometrischer Funktionen darstellen.

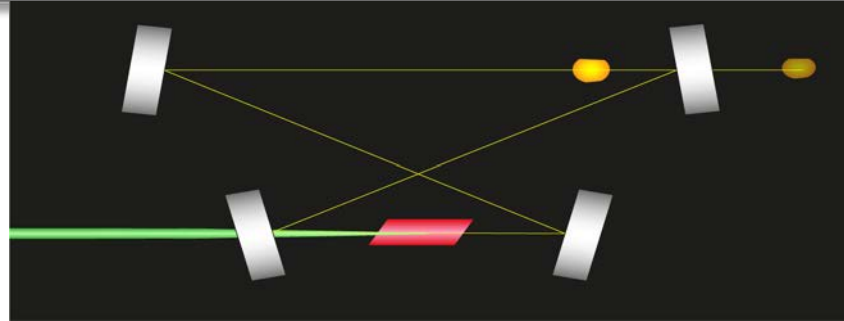


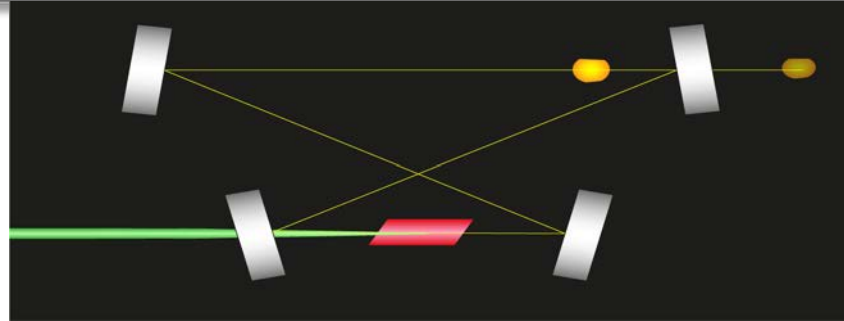


- Jede stetige, periodische Funktion lässt sich durch eine Reihe trigonometrischer Funktionen darstellen.

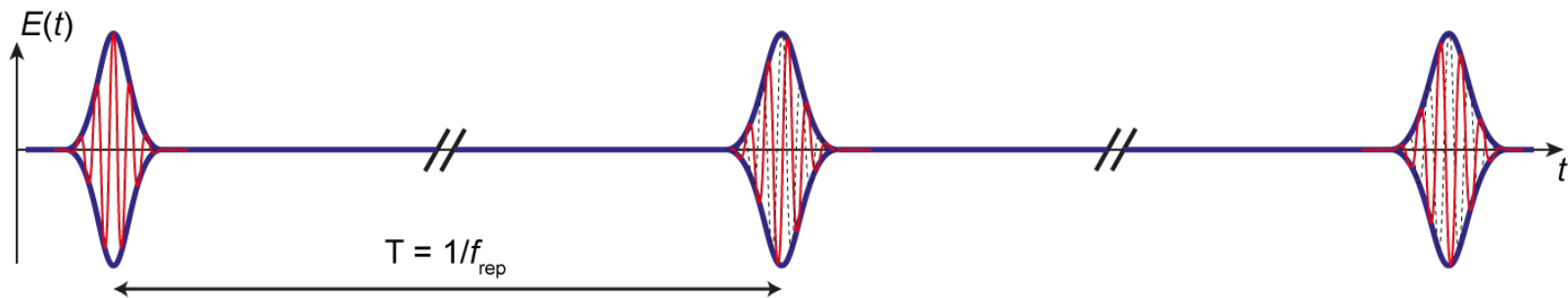
$$\begin{aligned} F(t) = & a_0 + a_1 \cos(1 \cdot f \cdot 2\pi t) + b_1 \sin(1 \cdot f \cdot 2\pi t) + \\ & + \dots + \\ & + a_n \cos(n \cdot f \cdot 2\pi t) + b_n \sin(n \cdot f \cdot 2\pi t) + \\ & + \dots \end{aligned}$$

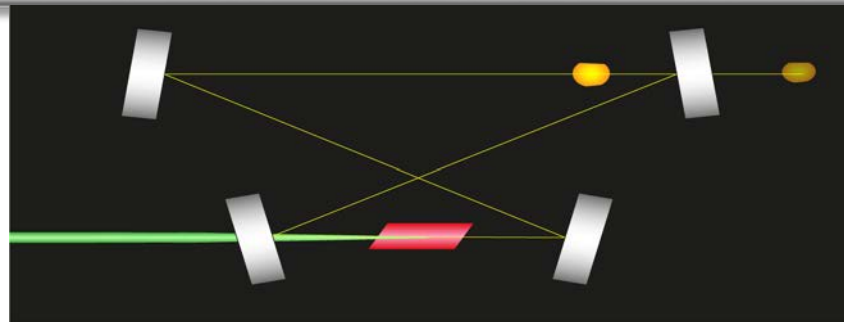
$$f = \frac{1}{T}$$



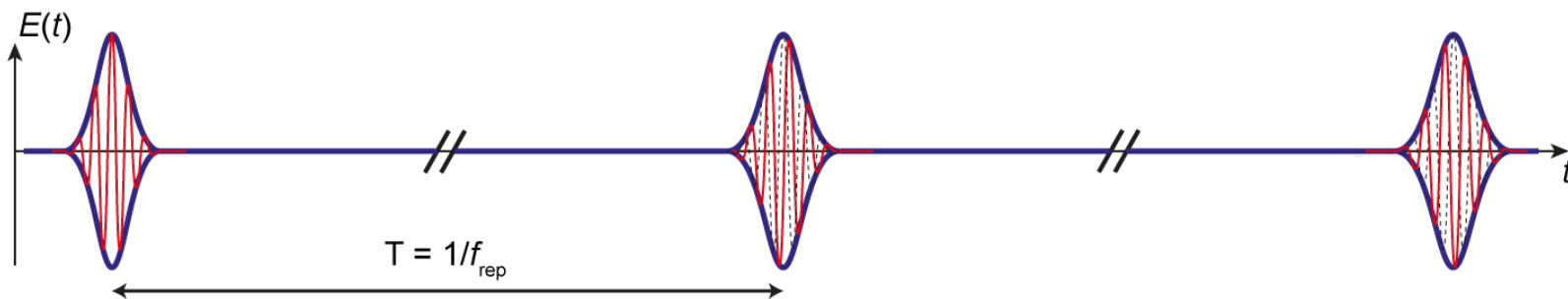


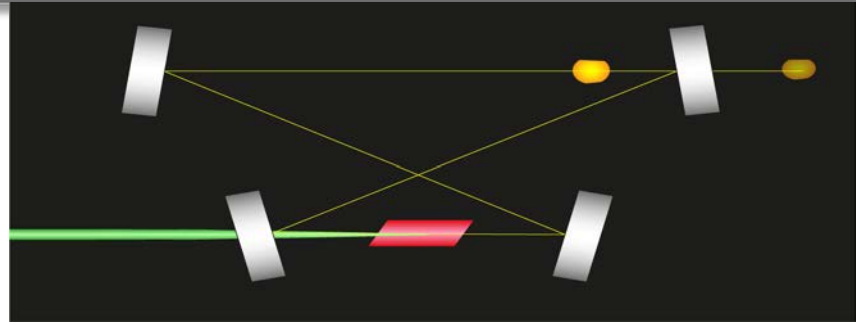
„Zeitbild“



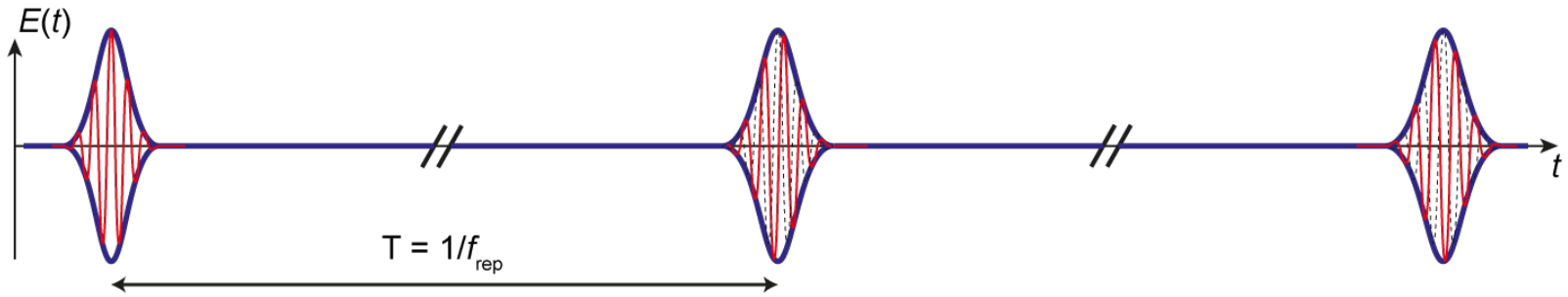


„Zeitbild“

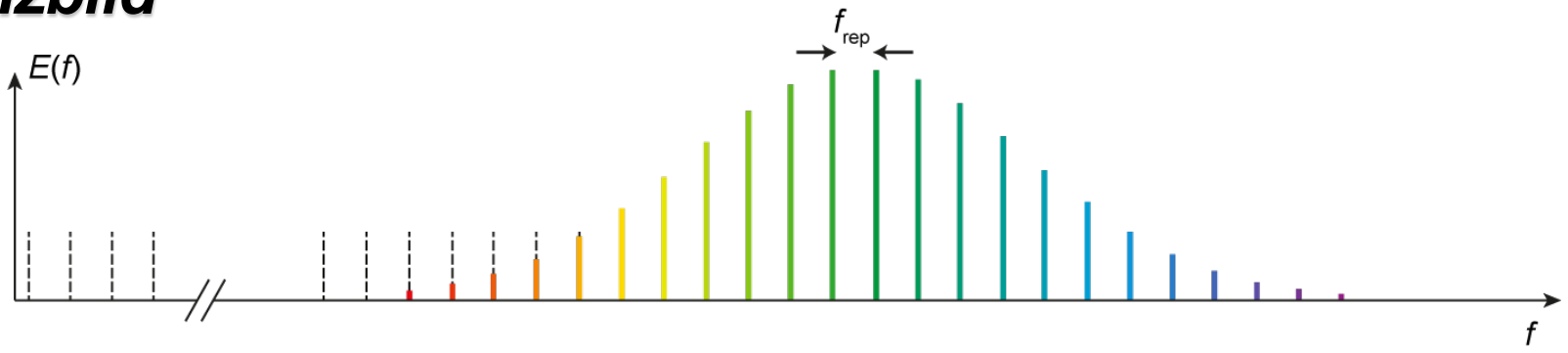




## "Zeitbild"

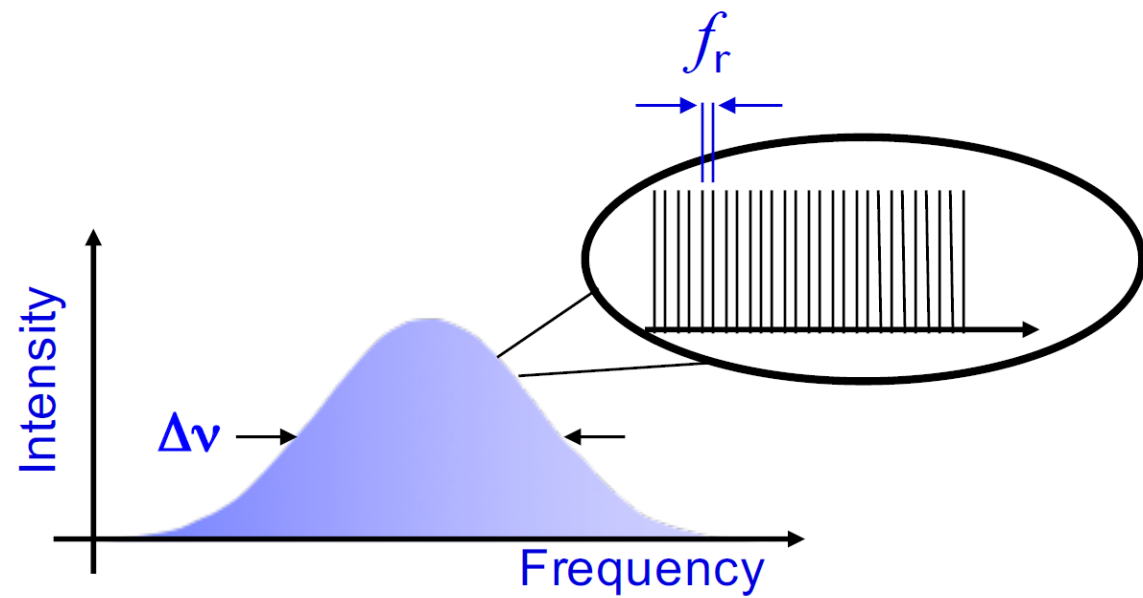
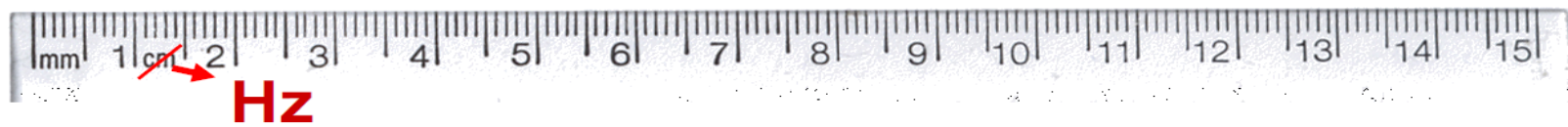


## "Frequenzbild"

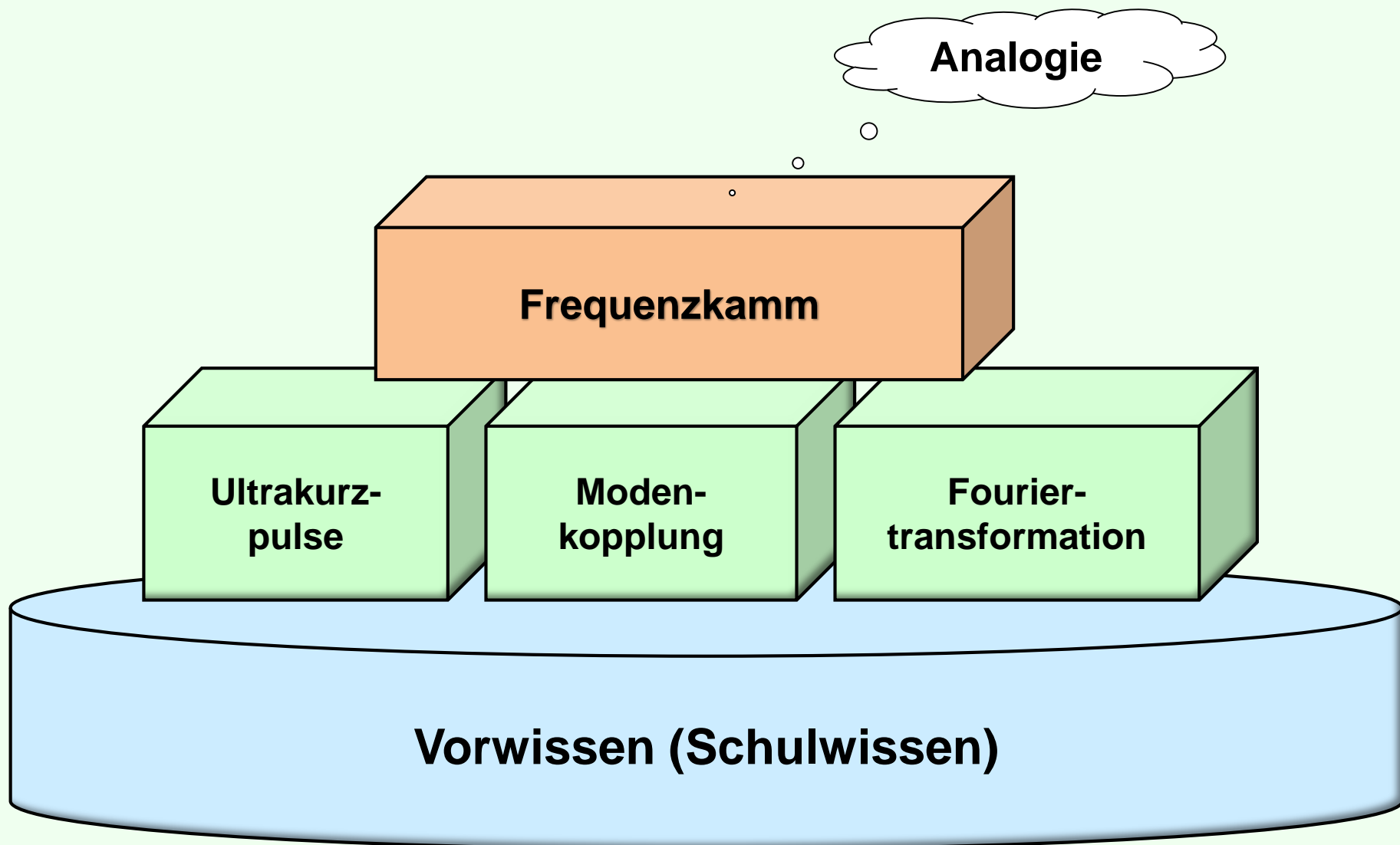




## Ein Lineal für Lichtfrequenzen



Scott Diddams Fundamentals of frequency combs: What they are and how they work. KISS Workshop: "Optical Frequency Combs for Space Applications"  
<http://kiss.caltech.edu/workshops/optical/optical.html>

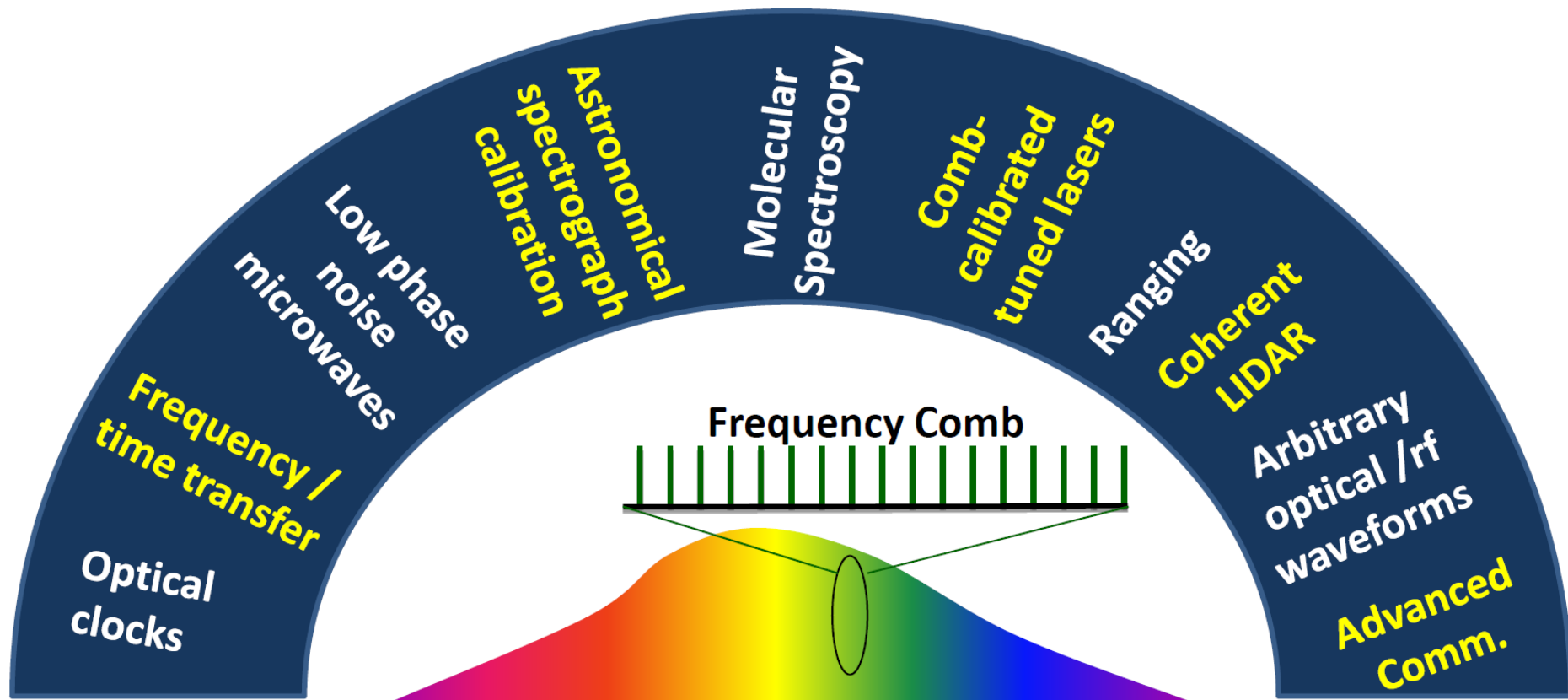




**Anwendungsfelder**

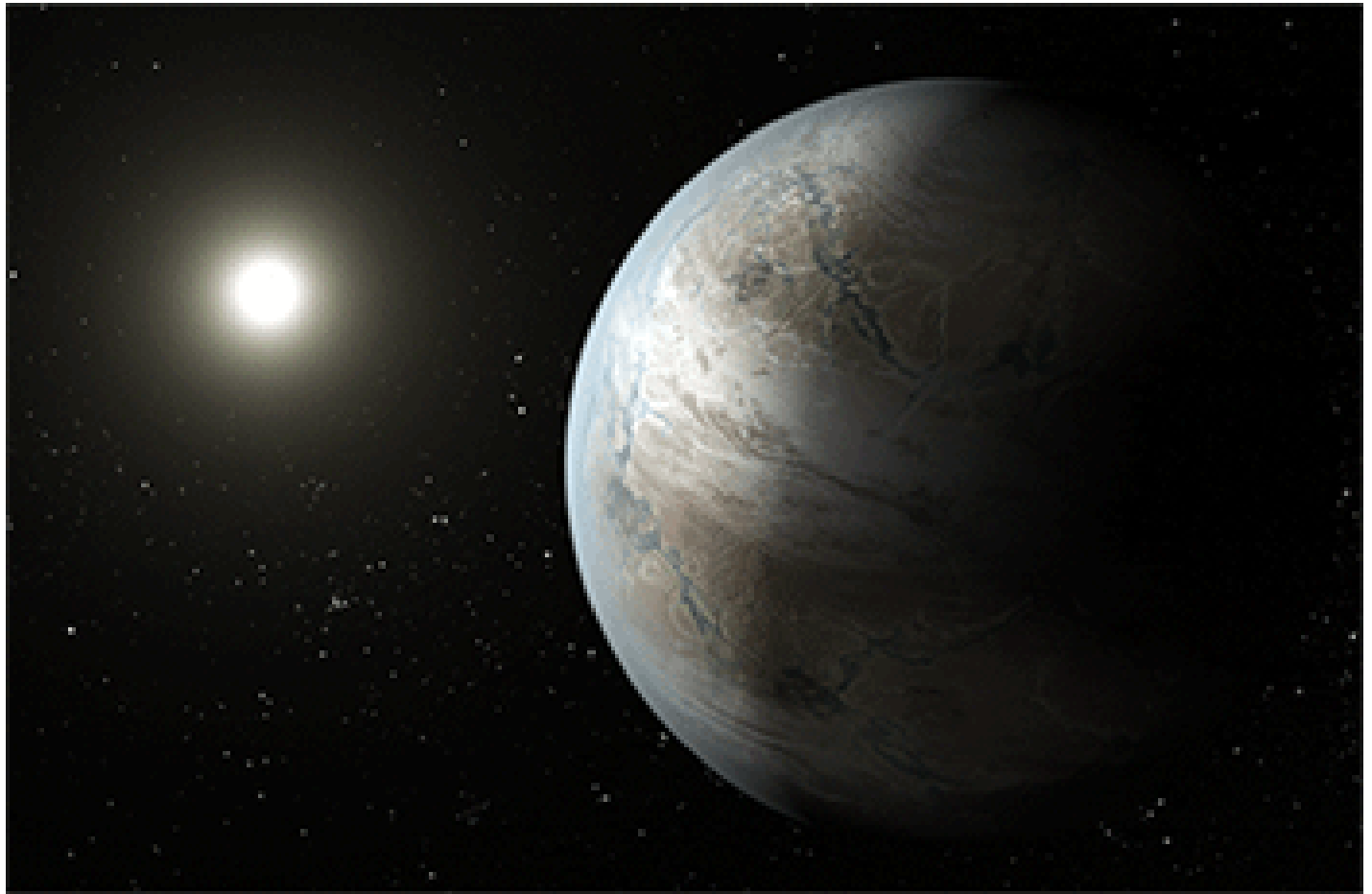
**Forschungsthema**

**Vorwissen (Schulwissen)**



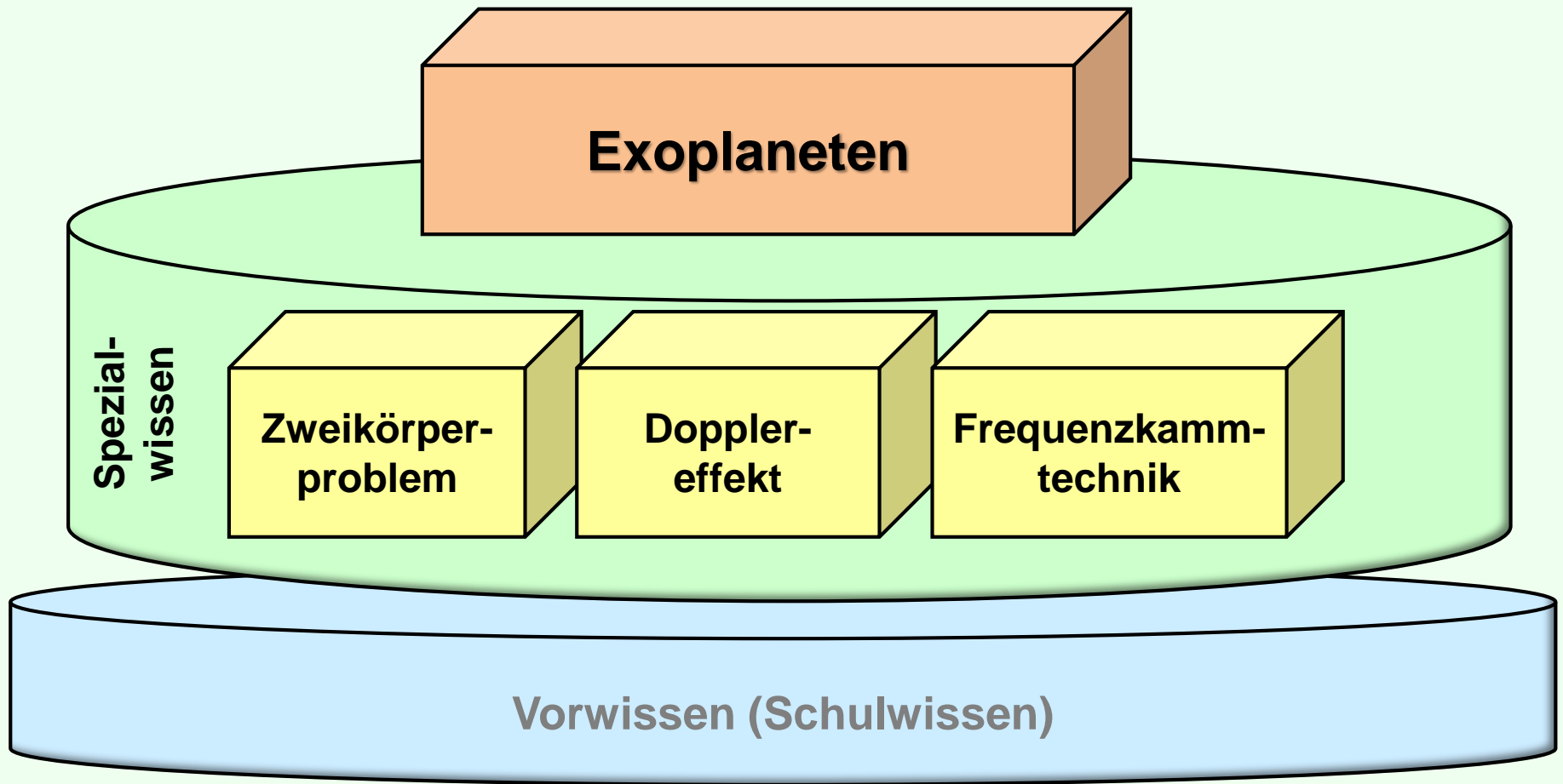
- Applied to laser-based metrology/sensing systems
  - As a spectral ruler
  - As a “time” ruler

Newbury, Nat. Phot., 5, 186 (2011)  
Diddams, JOSA B, 27, B51 (2010)



<https://exoplanets.nasa.gov/news/1490/10-things-exoplanets-101/>

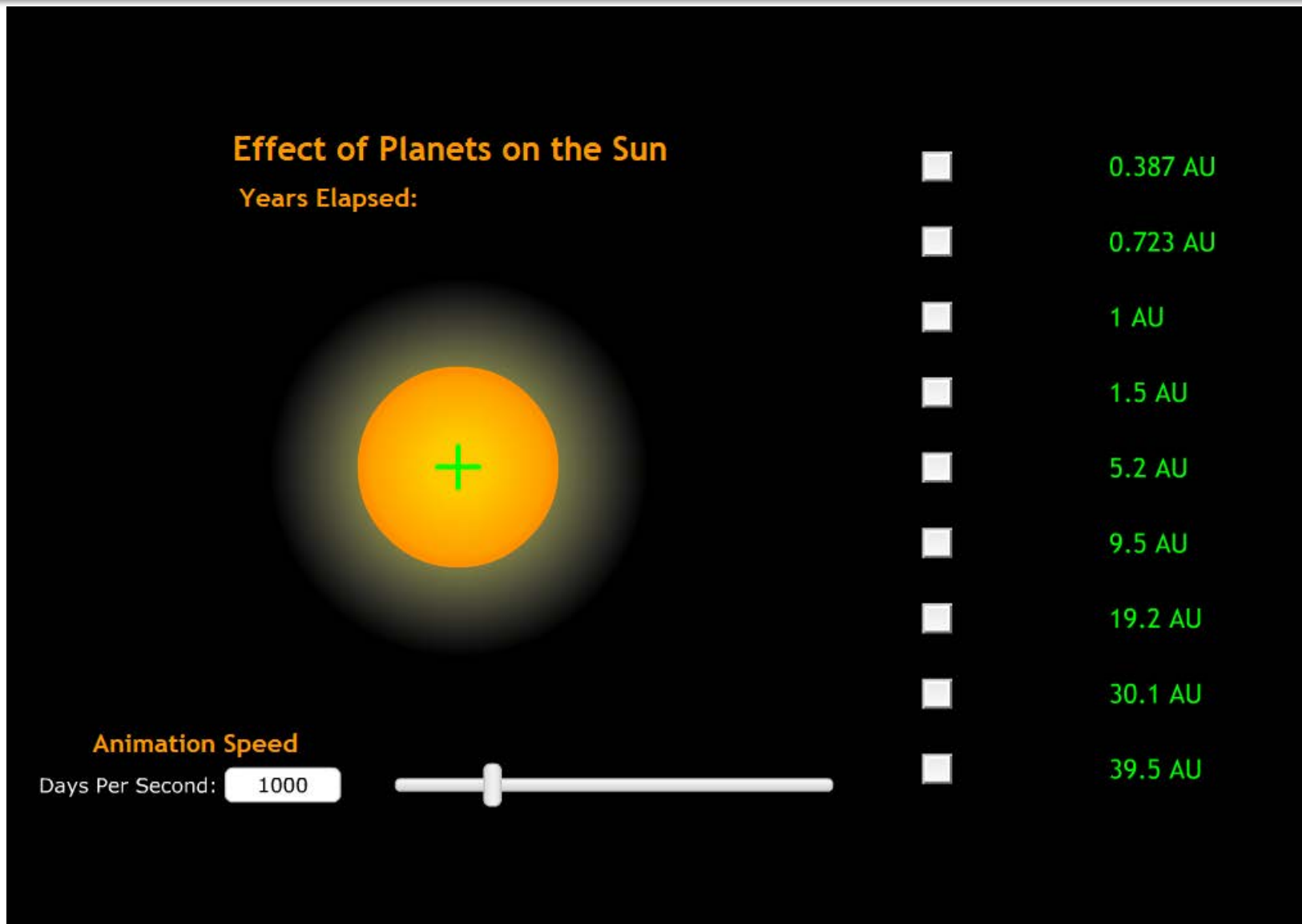
NASA/JPL-Caltech

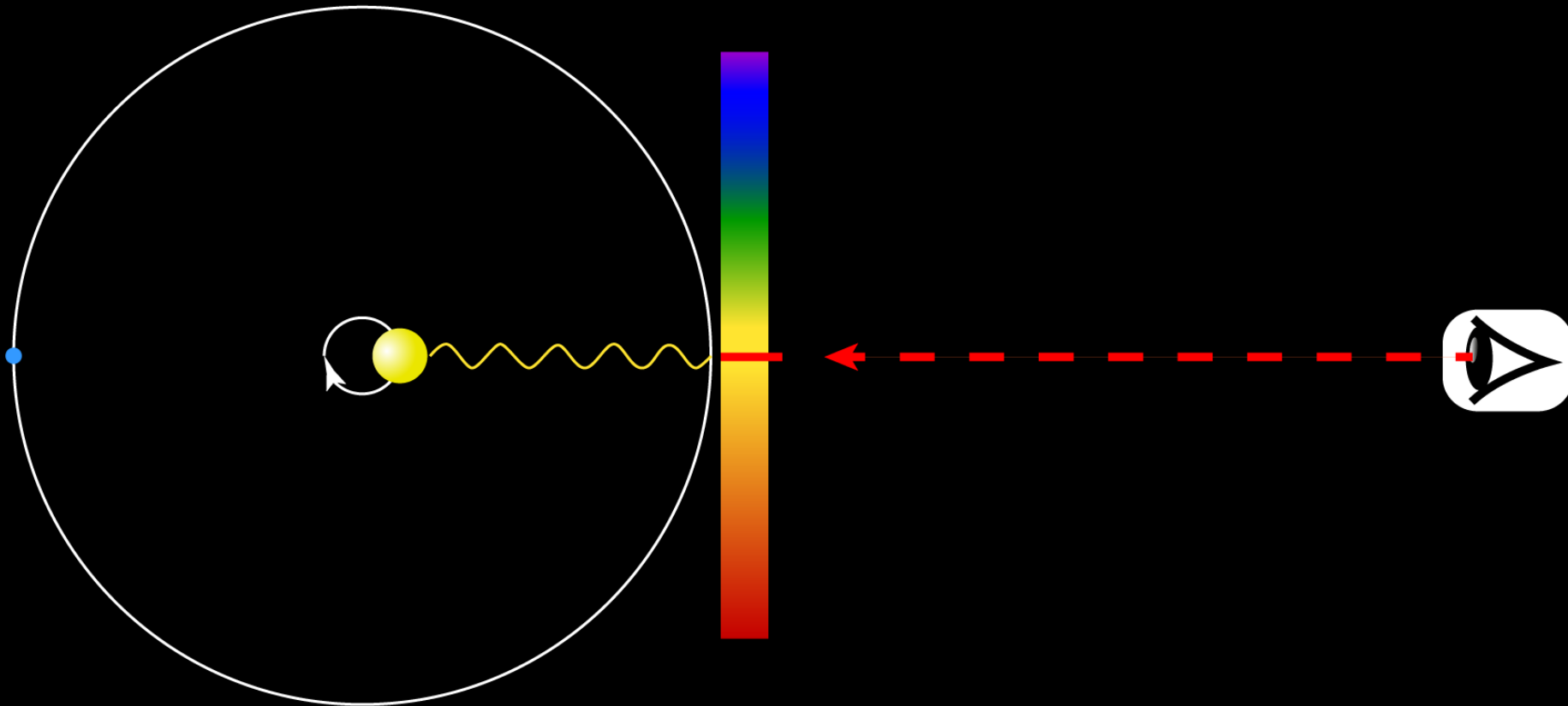


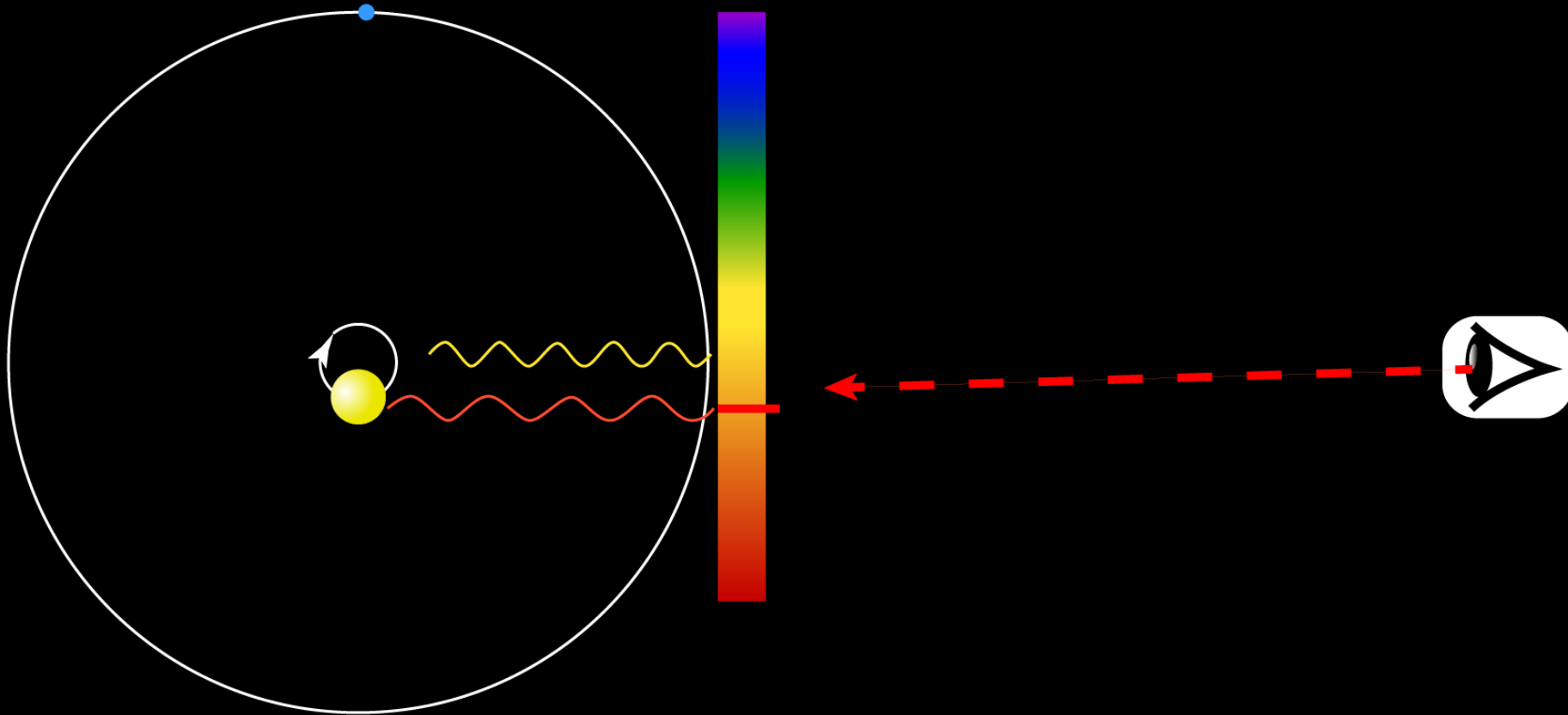


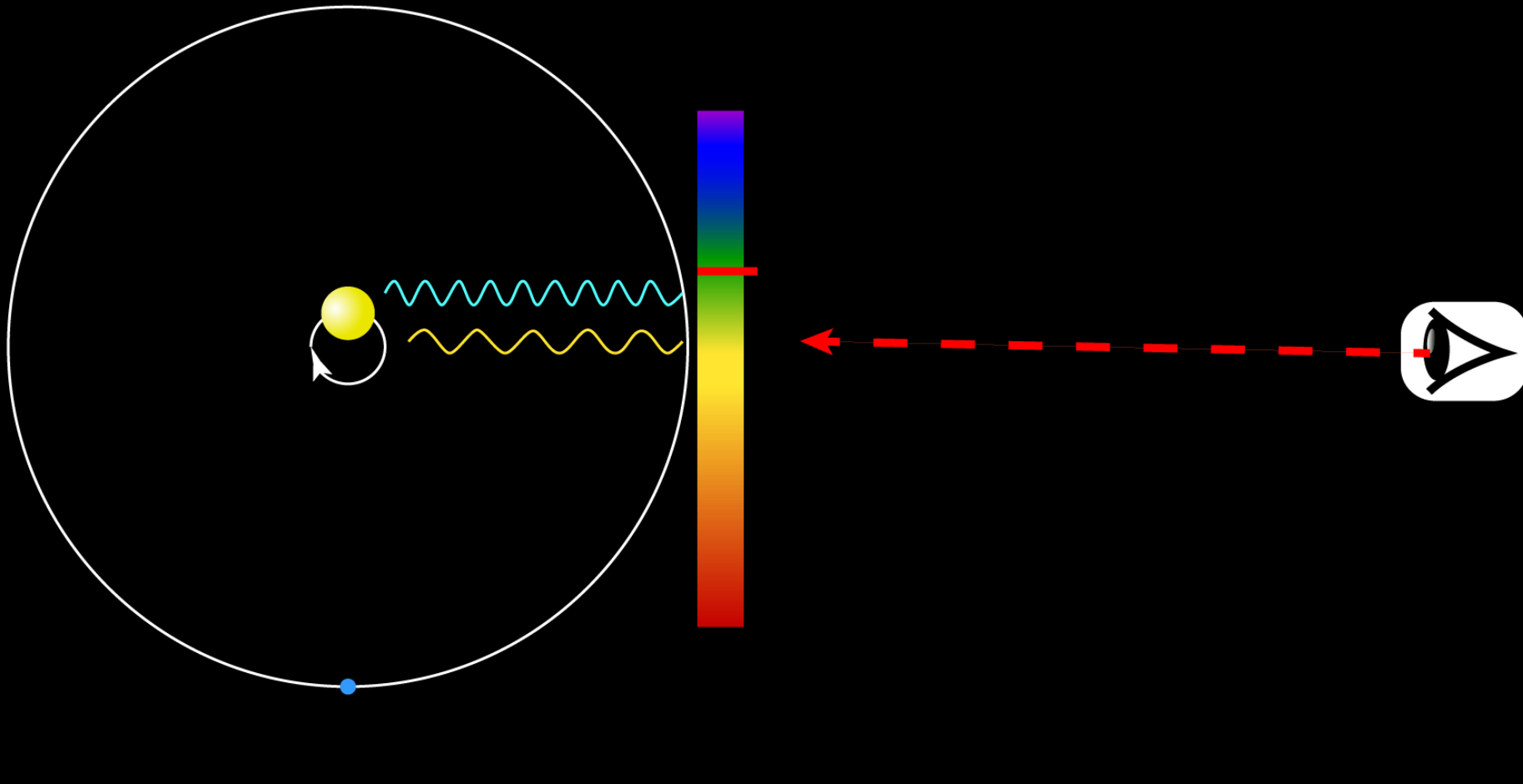


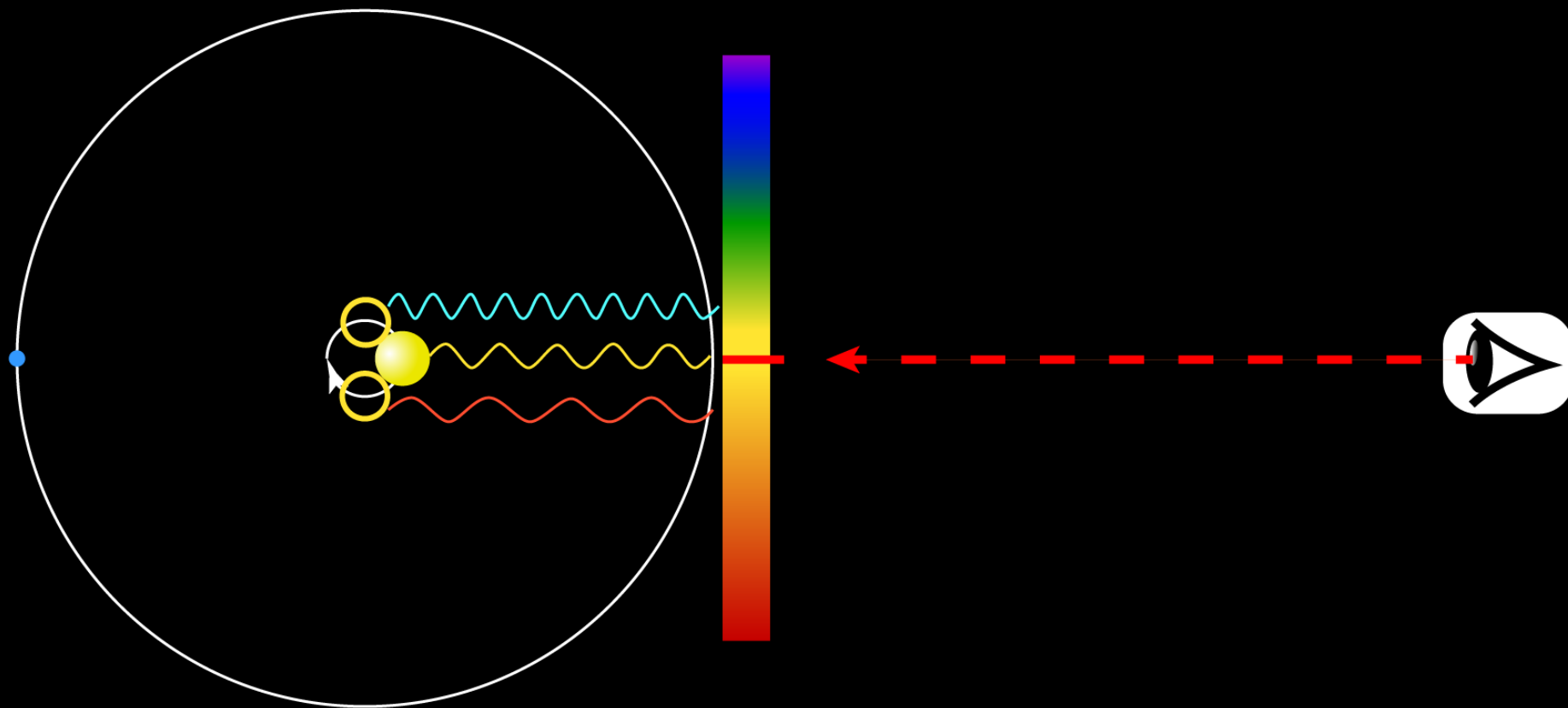






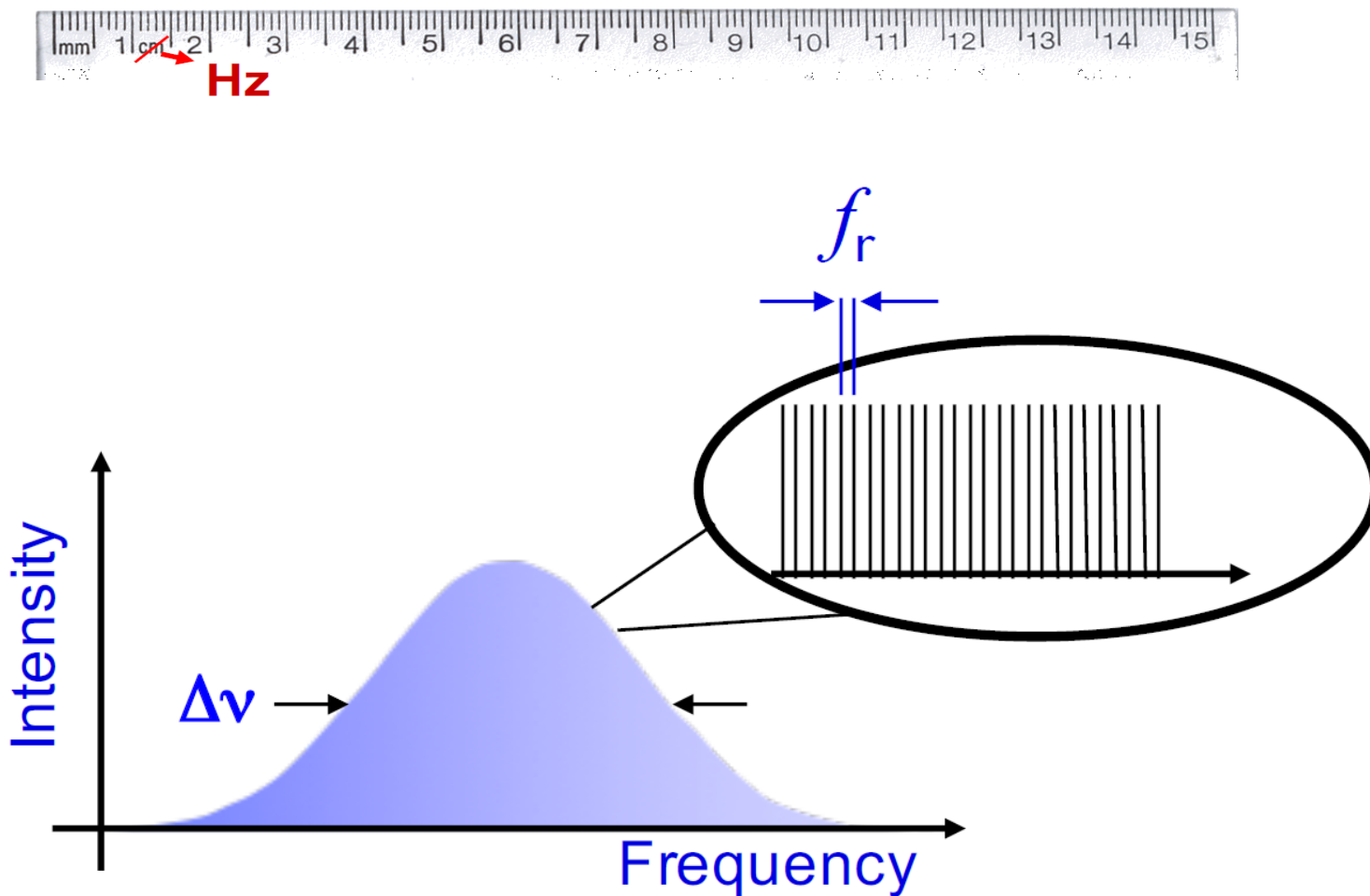


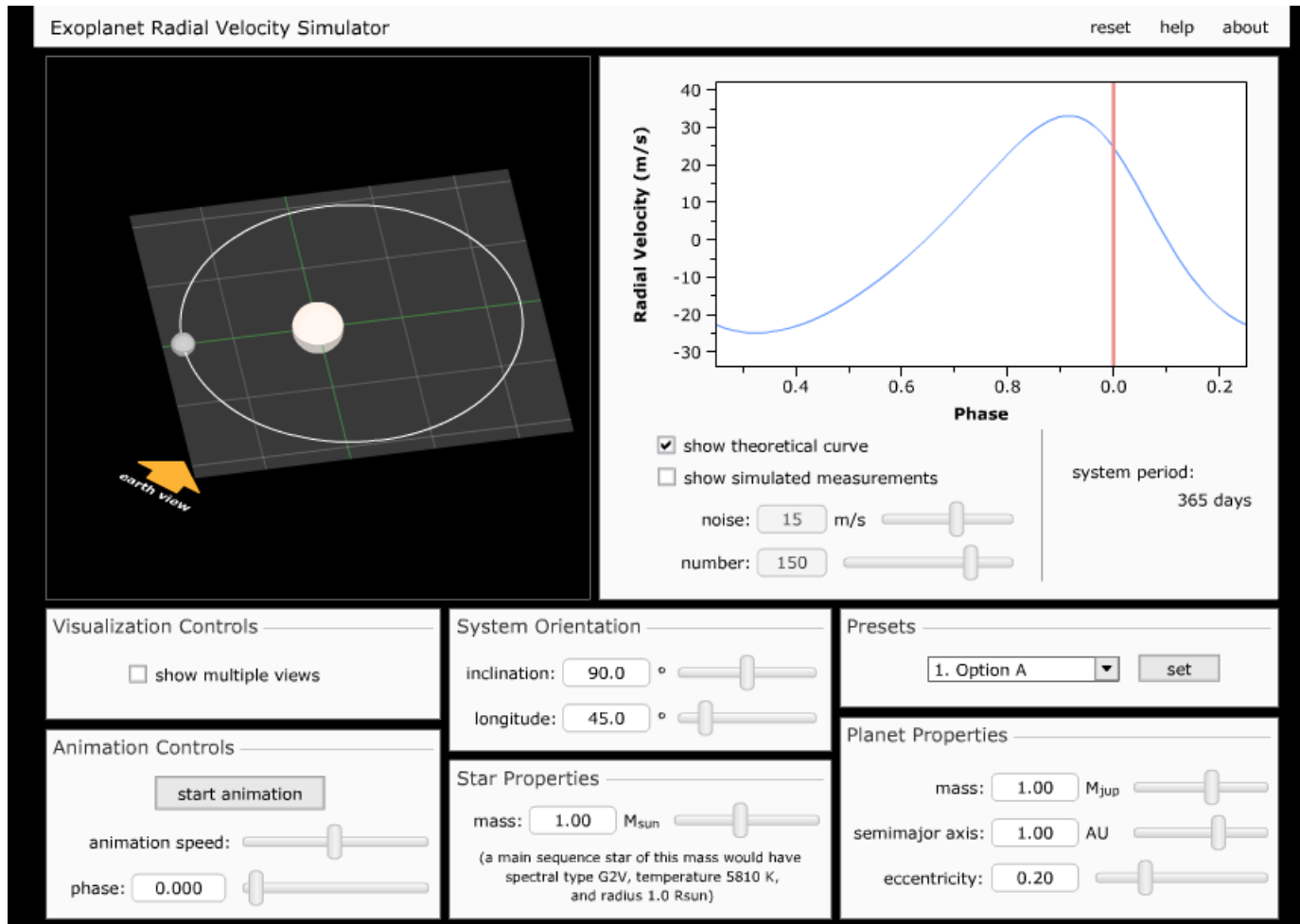




**Extrem stark übertrieben!!!**

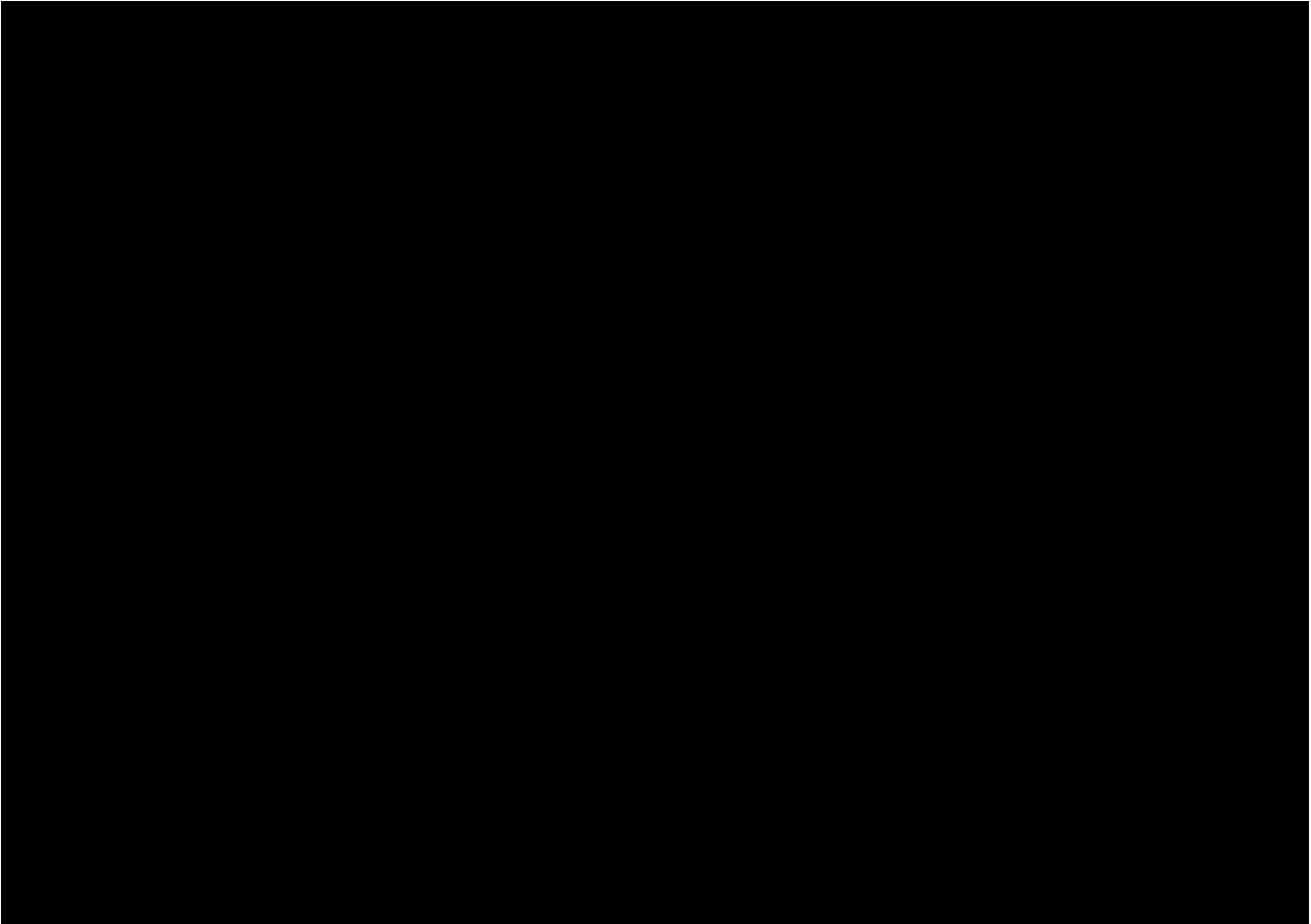
## Ein Lineal für Lichtfrequenzen





Akustik

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/extrasolarplanets/radialvelocitysimulator.html>





[https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/lehrerbildung/lehrerbildung\\_lmum/interferenz\\_von\\_licht/index.html](https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/lehrerbildung/lehrerbildung_lmum/interferenz_von_licht/index.html)



Startseite > Lehrerbildung > Lehrerbildung@LMU > Kohärenz, Beugung und Interferenz von Licht

drucken

AKTUELLES

ARBEITSGRUPPE

FORSCHUNG

MULTIMEDIA

VERÖFFENTLICHUNGEN

LEHRERBILDUNG

Lehrerbildung@LMU

"Stumme Videos" zur Ausbildung von Physiklehrkräften

Kohärenz, Beugung und Interferenz von Licht

QR-Code-Projekt

Lehre@LMU

STUDIUM

FÜR LEHRKRÄFTE

MATERIALIEN

ARCHIV

## Kohärenz, Beugung und Interferenz von Licht

Vom Doppelspalt zum Laser-Frequenzkamm

Vortrag aus der Reihe MZL FOKUS vom 17. Juli 2018 LMU München

Interaktives Diagramm zu den Schlüsselbegriffen:

Bitte klicken Sie den gewünschten Baustein

