

Heisenbergsche Unschärferelation

Hintergrundinformationen

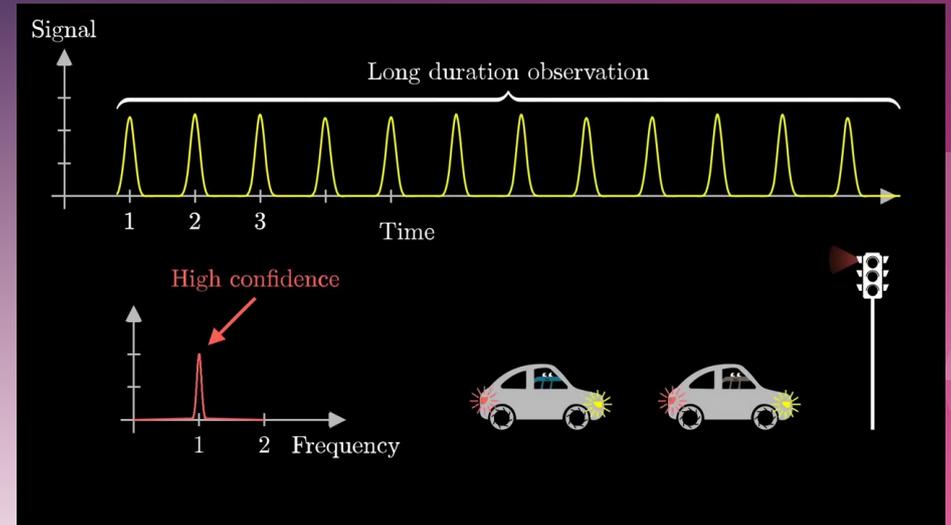
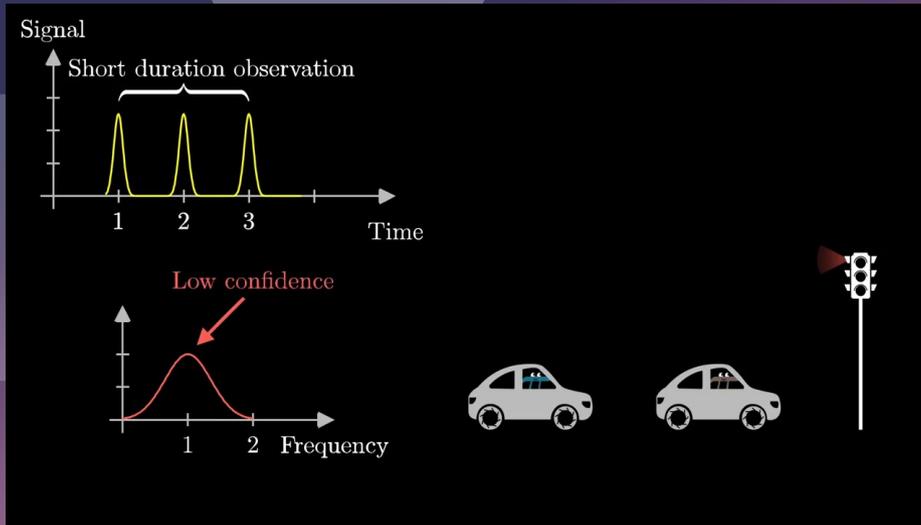
- 1927 von Werner Heisenberg im Rahmen der Quantenmechanik formuliert
- Verschiedene Unschärferelationen existieren
- Aussage einer Unschärferelation
 - Messobjekt
 - komplementäre Eigenschaften
 - Nicht gleichzeitig perfekt bestimmbar



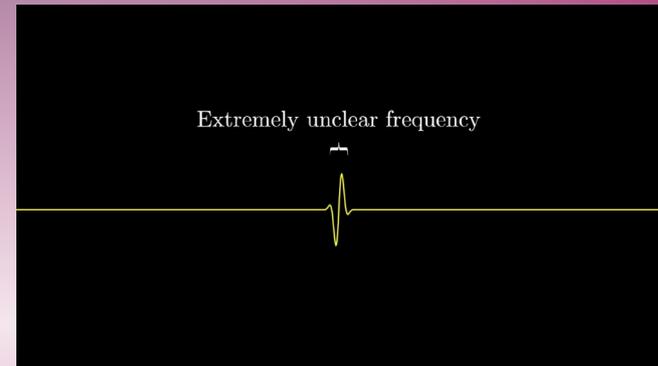
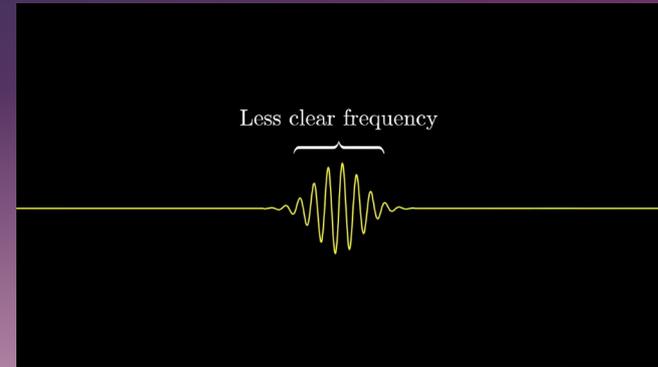
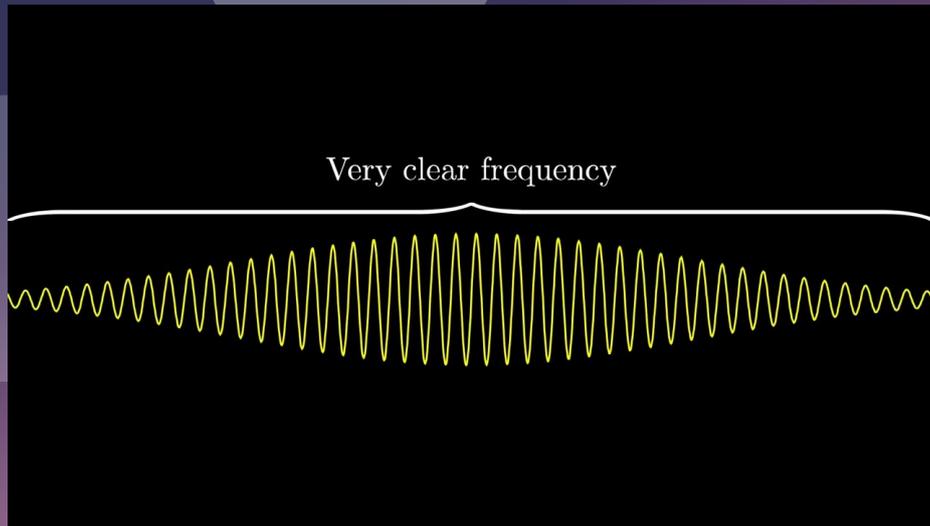
Beispiele

- Schallwellen (Zeit vs. Frequenz)
- Doppler Radar (Entfernung vs. Geschwindigkeit)
- Quantenpartikel (Position vs. Impuls)

Zeit vs. Frequenz

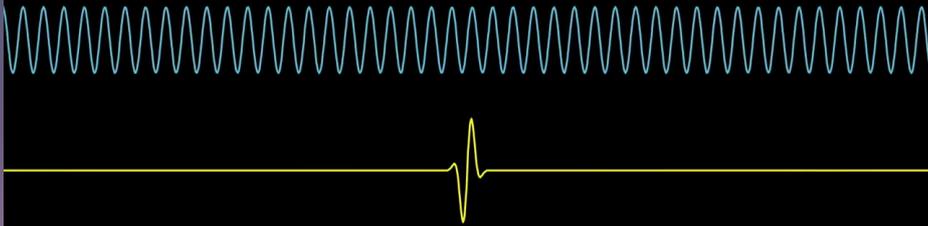


Schallwellen

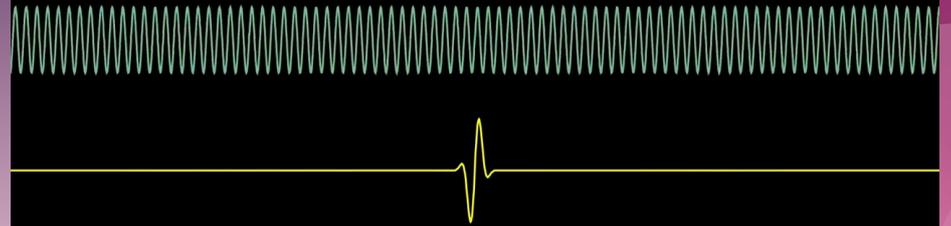


Große Korrelation mit verschiedenen Frequenzen

Short signal correlates with wide range of frequencies



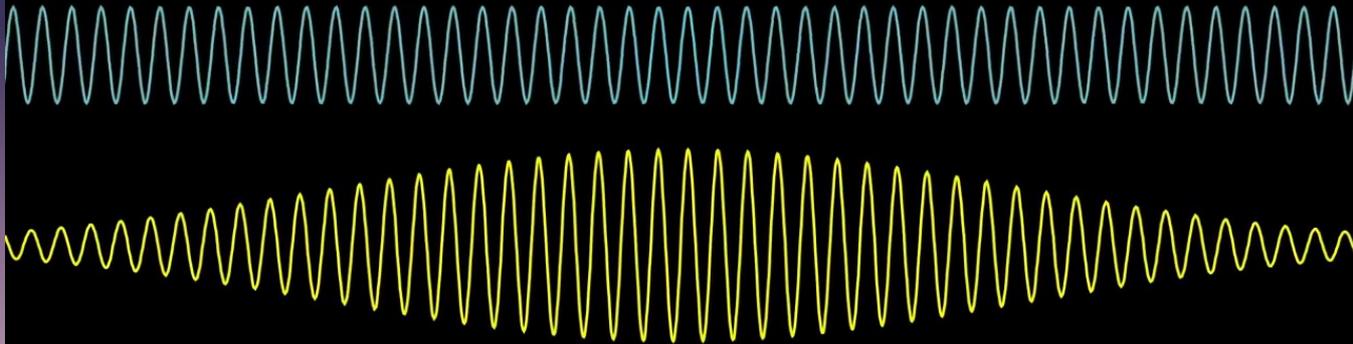
Short signal correlates with wide range of frequencies



Kleine Korrelation mit verschiedenen Frequenzen

Short signal correlates with wide range of frequencies

Only wide signals correlate with a short range of frequencies

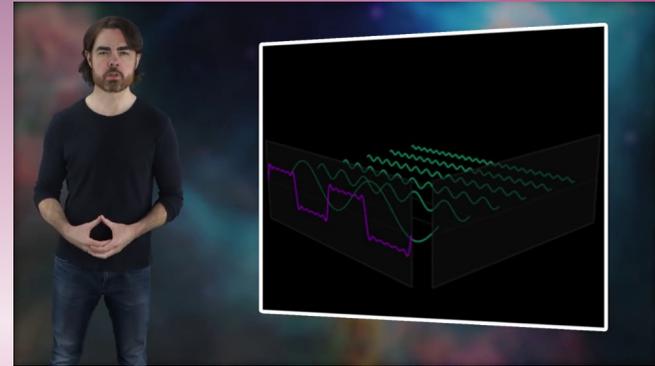


Fourier Theorie

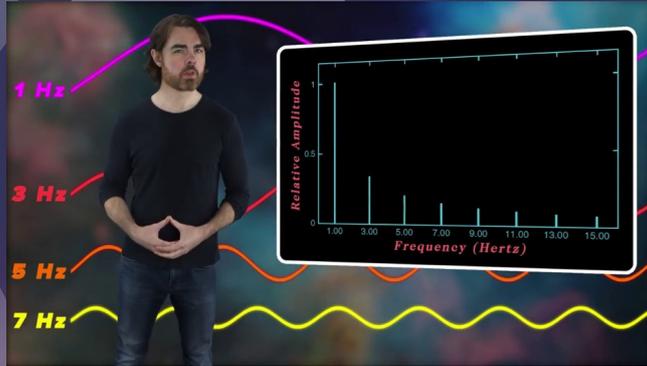


- Fourier Theorie

- Jean Baptiste Joseph Fourier
- 1822
- Jede komplexe Schallwelle kann in einfache Sinusfunktionen zerlegt werden

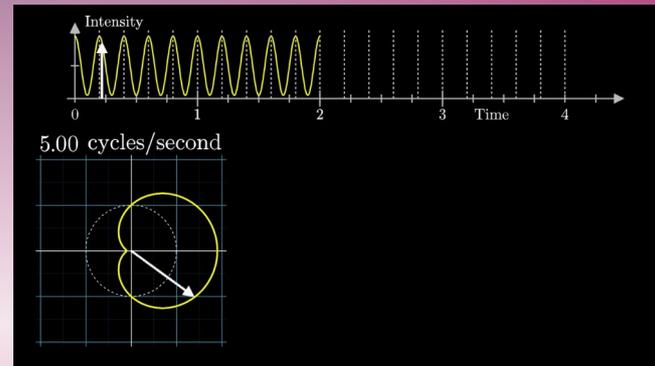
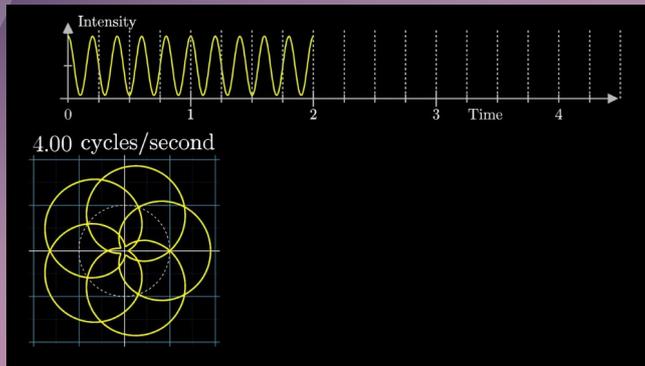
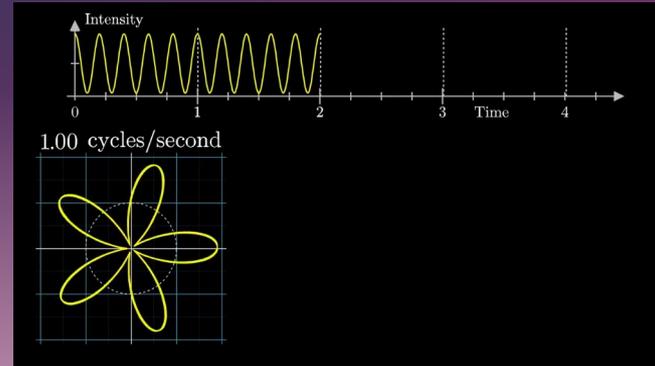
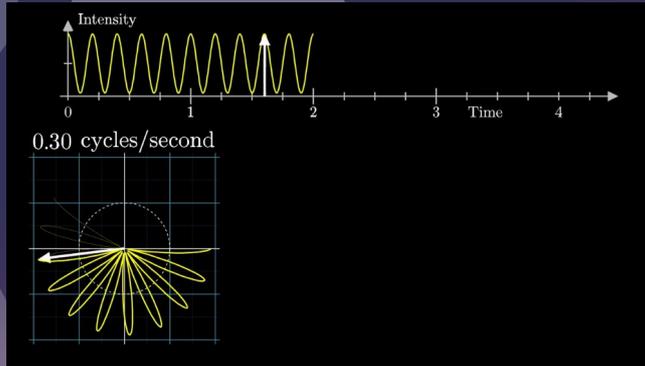


Fourier Transformation

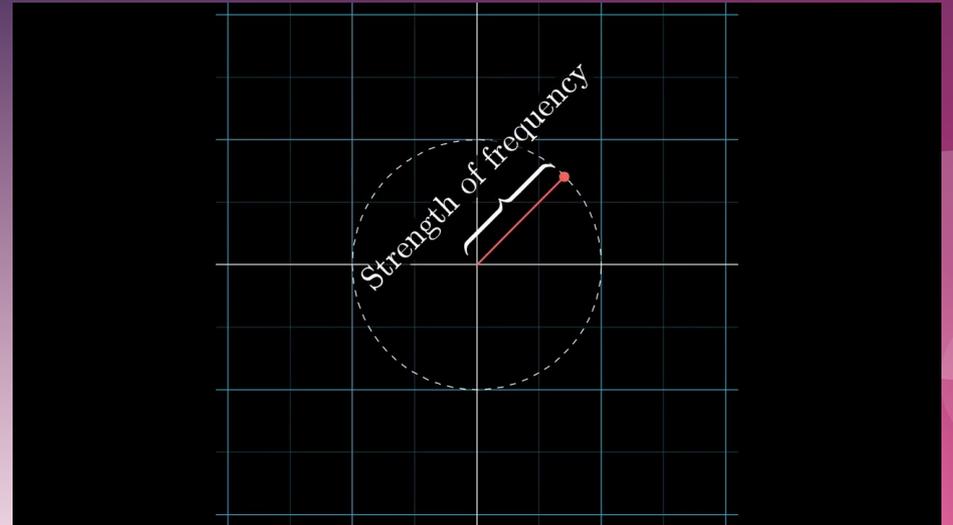
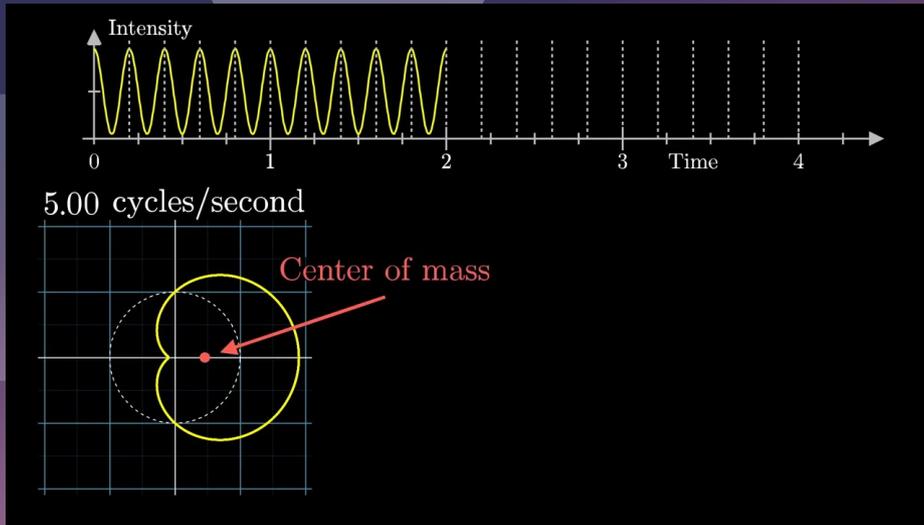


- Eine Schallwelle kann verschieden dargestellt werden
 - Intensität über Zeit
 - Frequenz mit relativer Stärke
 - Findet viel Anwendung in Computern beim Speichern und Manipulieren von Musik
 - Wechsel von einer Darstellung zur anderen ist eine Fourier Transformation

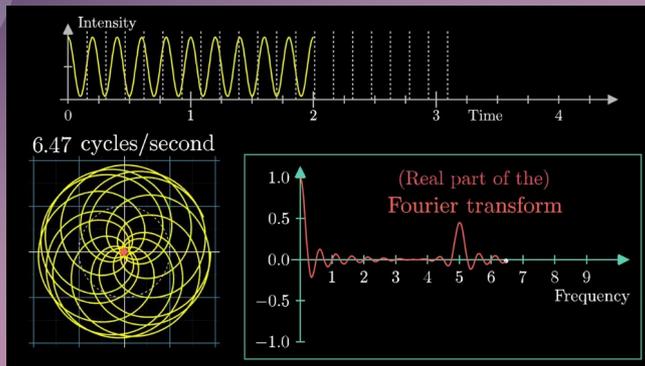
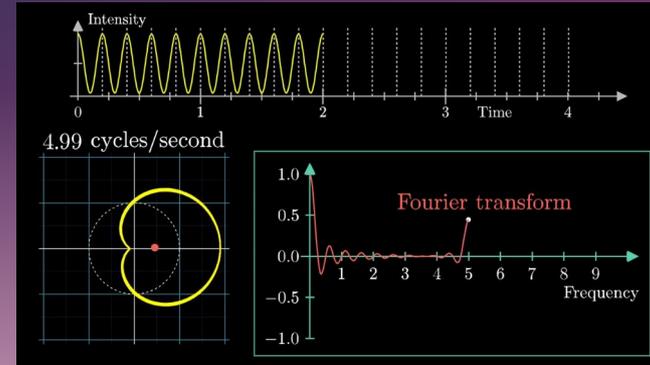
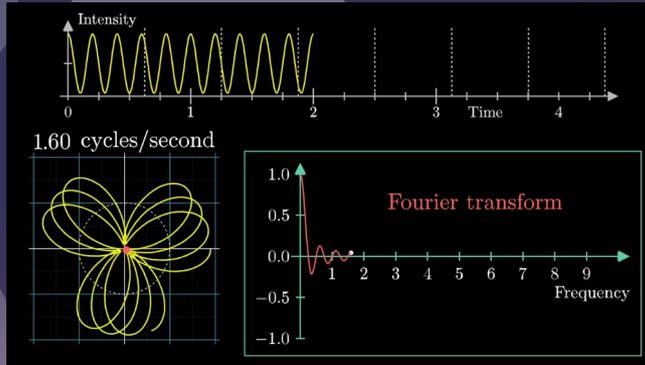
Fourier Transformation



Fourier Transformation

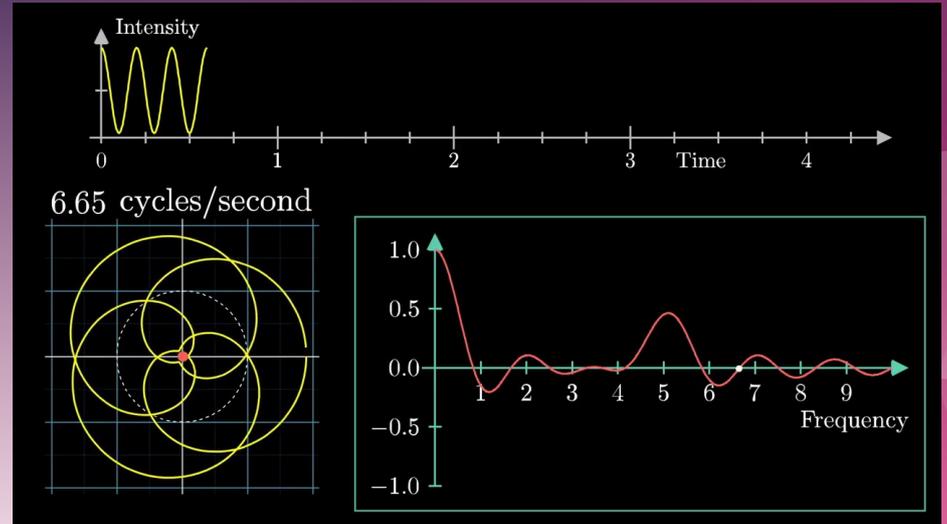
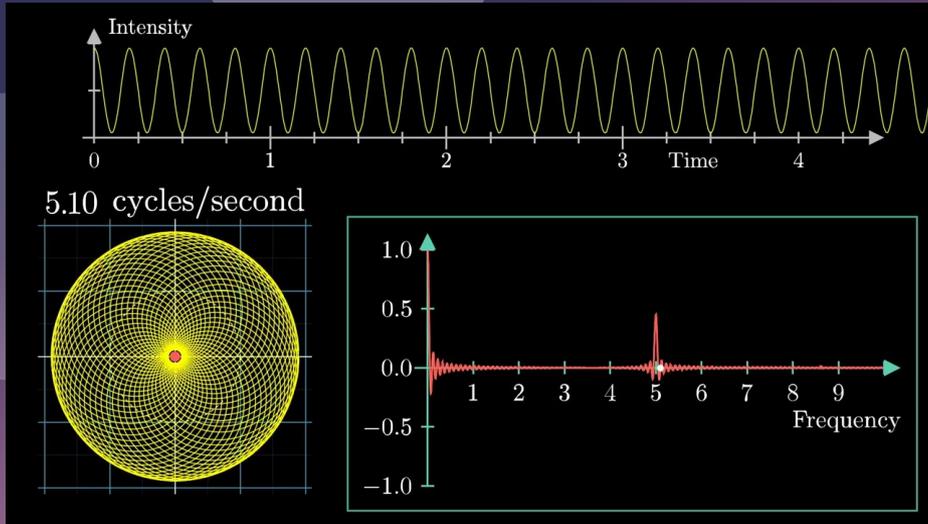


Fourier Transformation

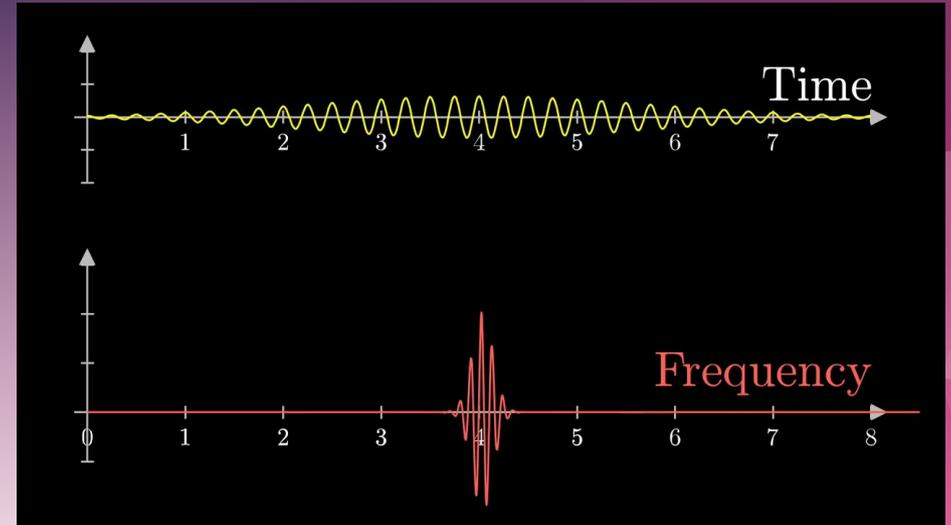
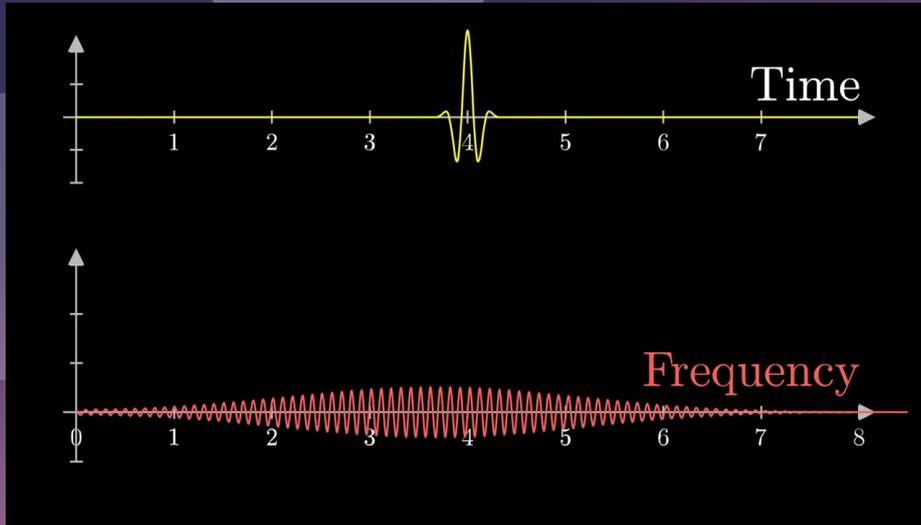


- Gezeichneter Graph ist der X-Wert des Schwerpunktes
- Hohe Amplitude = dominierende Frequenz
- Breite Amplitude = ähnliche Frequenzen korrelieren auch gut mit der Welle

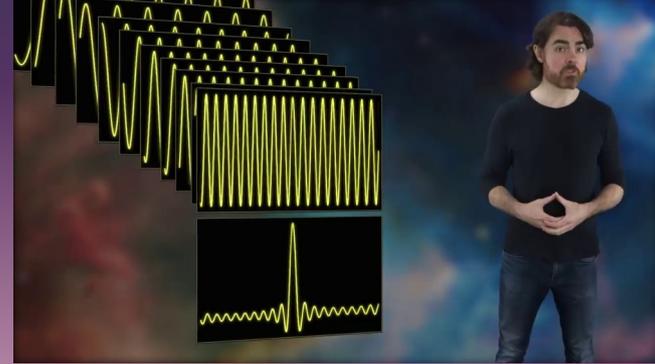
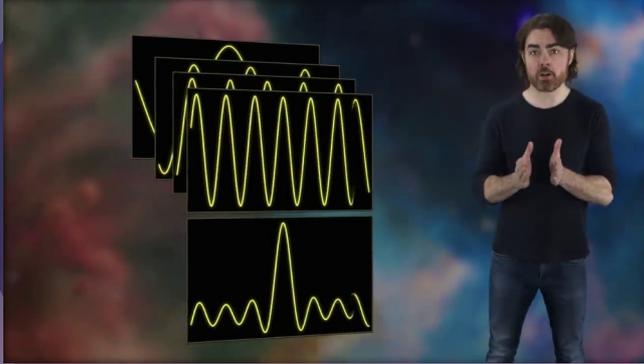
Fourier Transformation



Unschärferelation

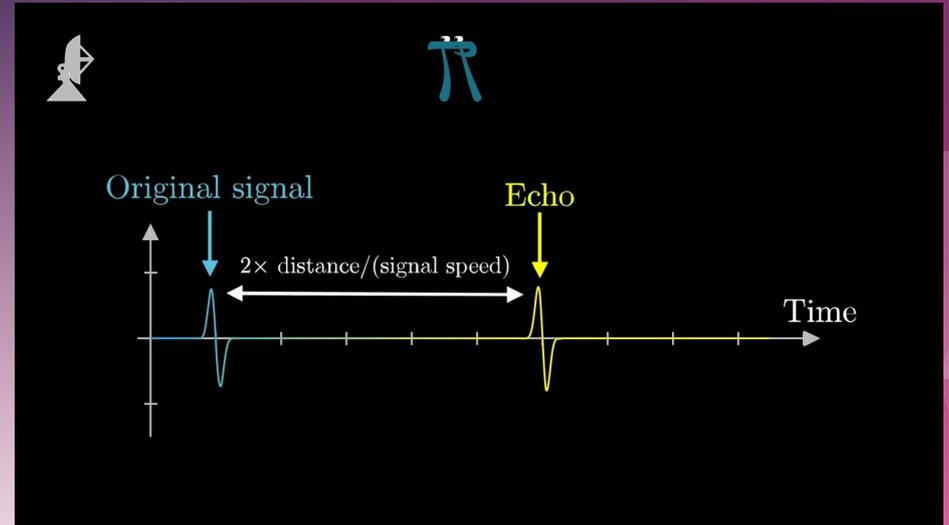
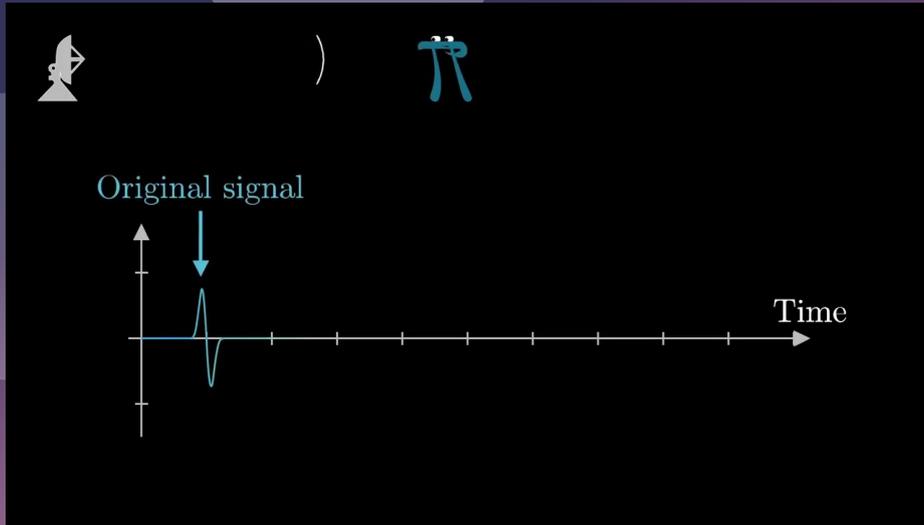


Eine andere Darstellung

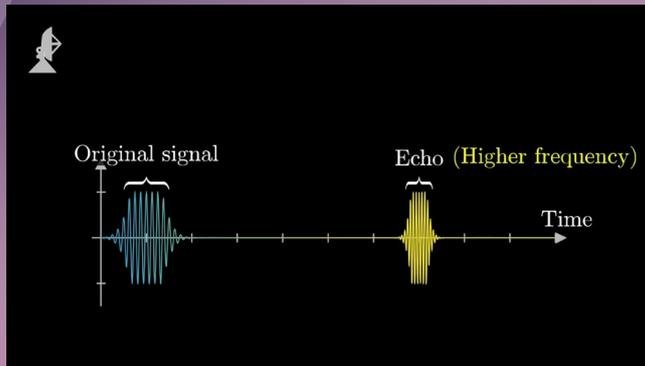
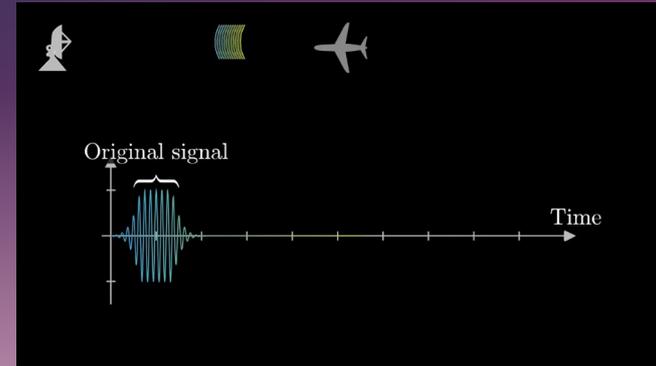
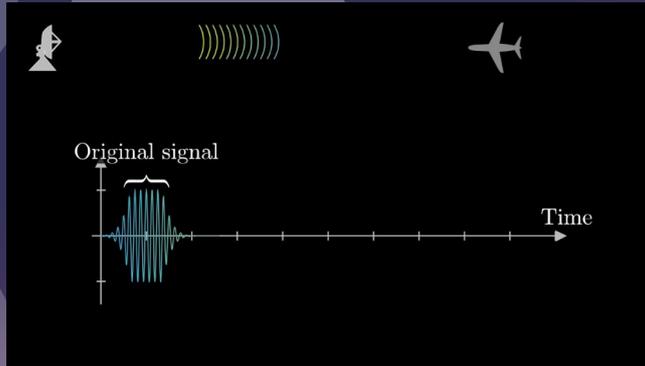


- Eine Welle mit perfekt definierter Frequenz hat eine unendliche Ausdehnung in der Zeit
- Um einen Ton zu erzeugen, der nur in einem Moment existiert, müssen unendlich viele andere Frequenzen überlagert werden
- Der kürzeste mögliche Ton hätte also alle existierenden Frequenzen

Doppler Radar

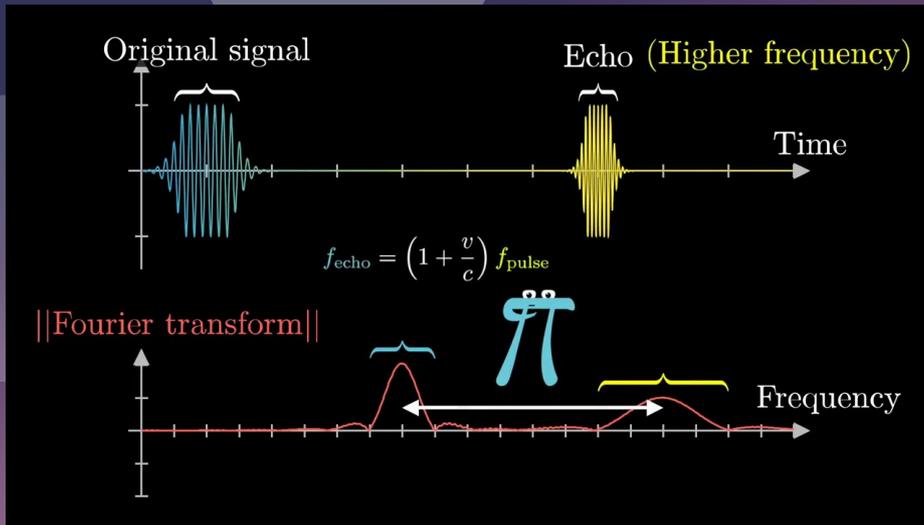


Doppler Radar



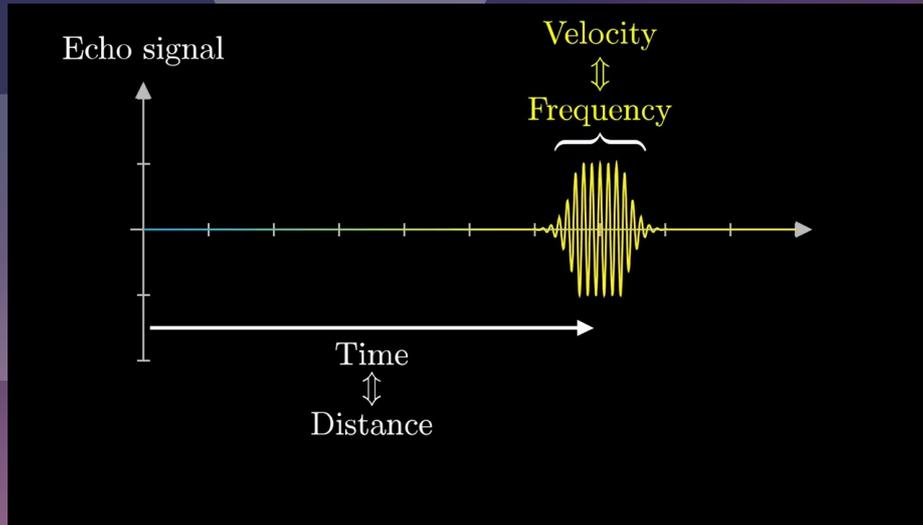
- Schallwelle wird durch den Dopplereffekt komprimiert

Doppler Radar



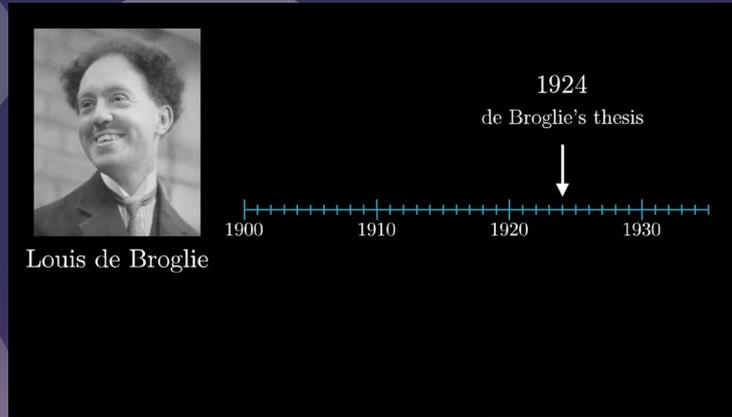
- Der Betrag der Veränderung der Frequenz gibt Aufschluss auf die Geschwindigkeit des Objekts

Überleitung zur Quantenphysik

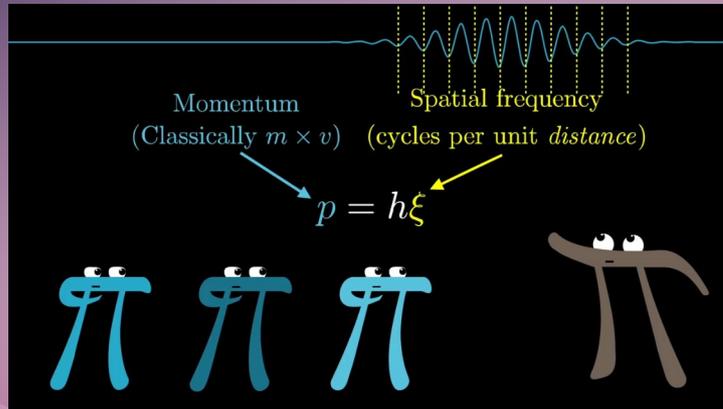


$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4 \cdot \pi}$$

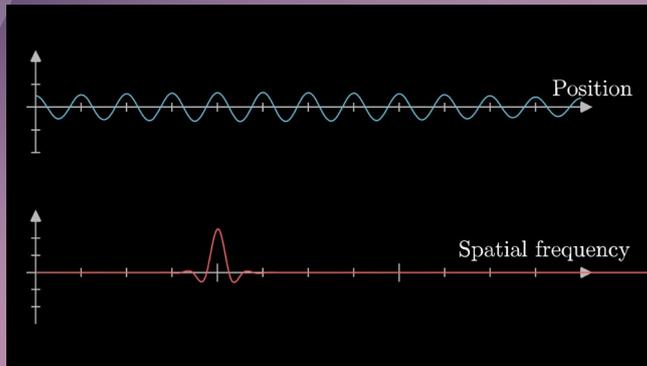
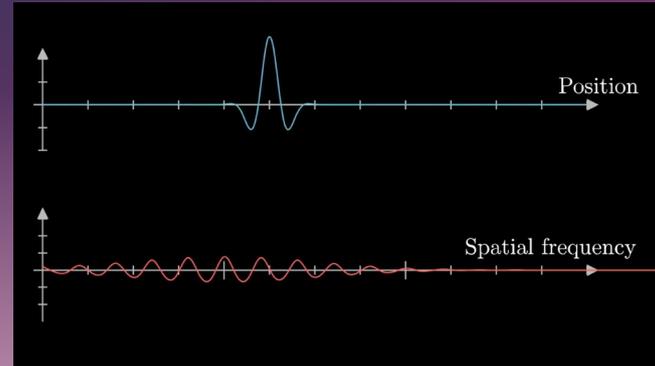
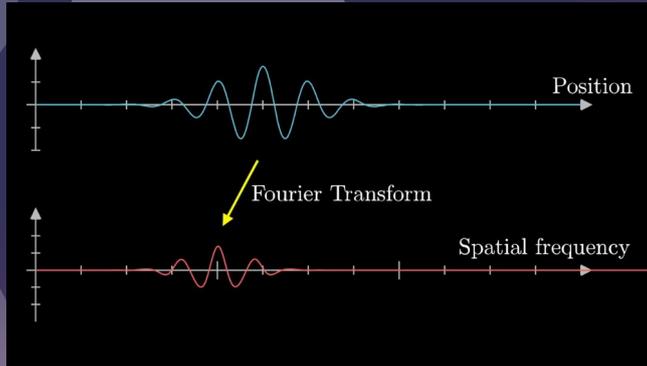
Materie kann als Welle beschrieben werden



- Zahlreiche Experimente beweisen, dass Materie wellenartige Eigenschaften hat
- Der Impuls eines Teilchens ist proportional zu dessen Ortsfrequenz

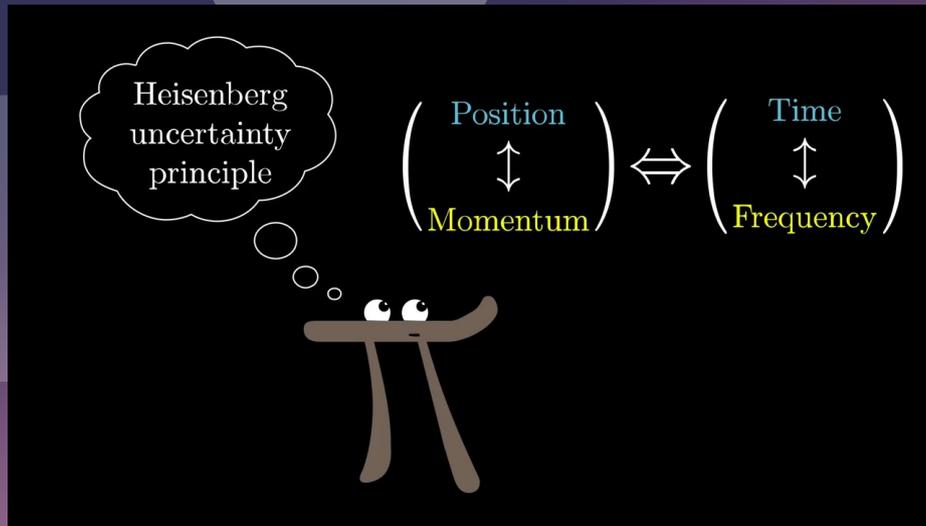


Orts- und Impulsunschärfe



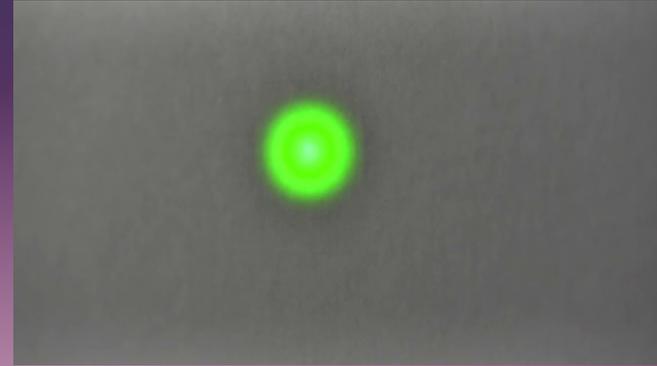
- Unschärfe der Position erzeugt die Schärfe des Impulses und vice versa
- Unschärfe stammt also nicht von imperfekten Messungen, sondern ist eine fundamentale Wahrheit des Universums

Überraschende Analogie

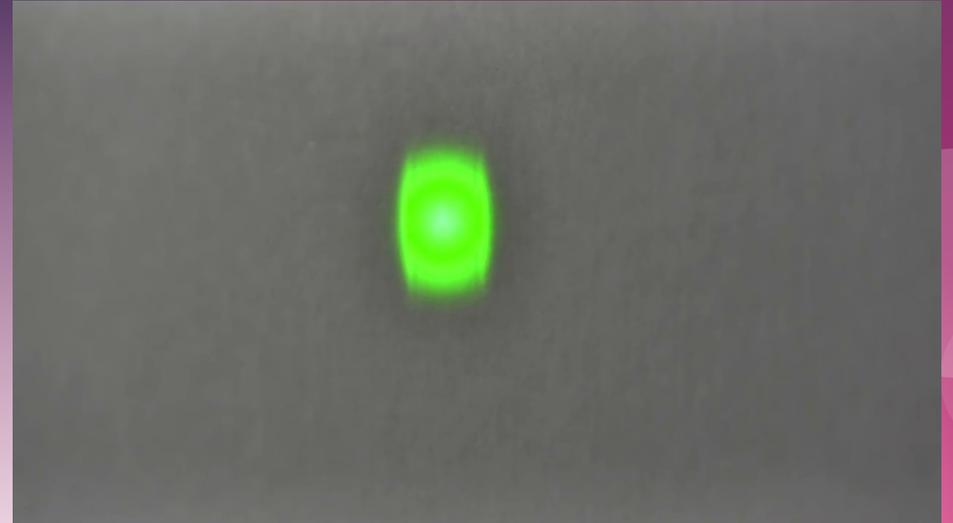


- Position und Impuls eines Teilchens verhalten sich zueinander gleich wie die Zeit und Frequenz einer Schallwelle

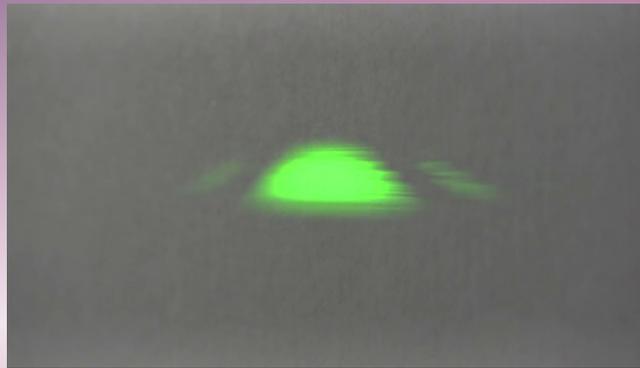
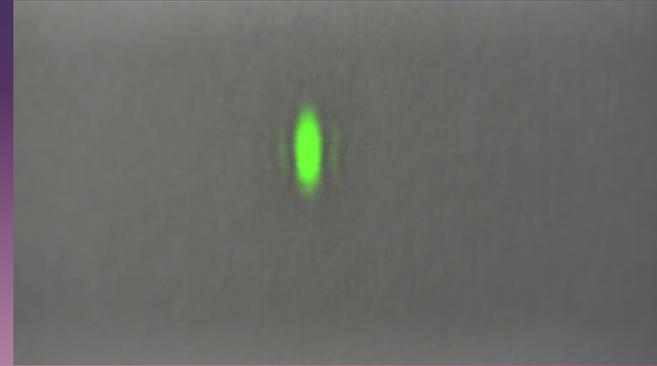
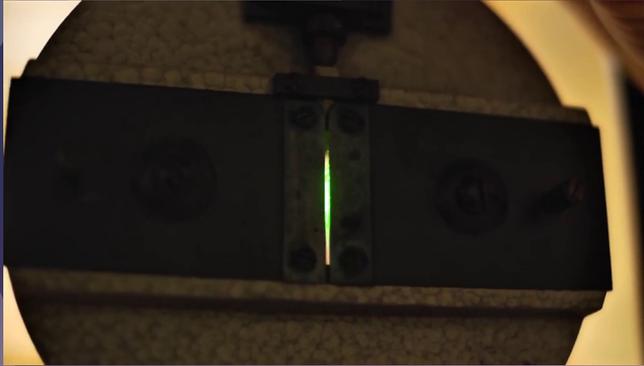
Beispiel im echten Leben



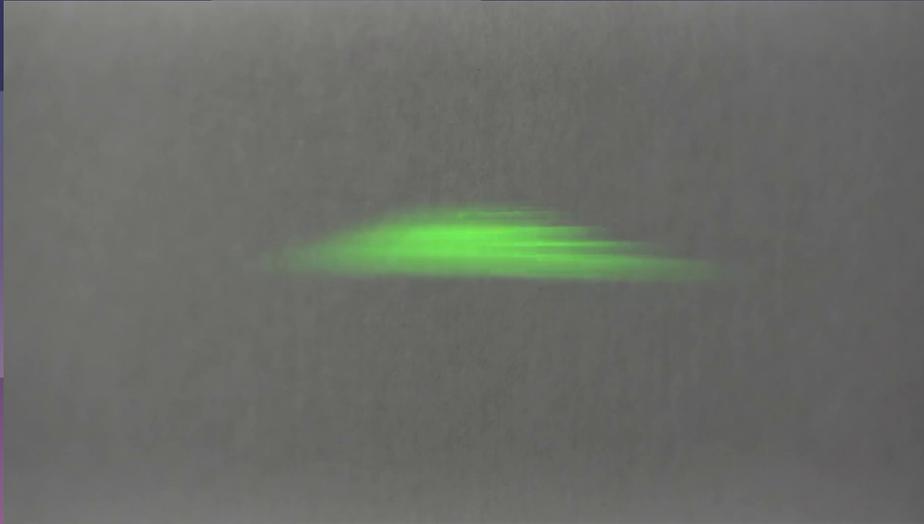
Beispiel im echten Leben



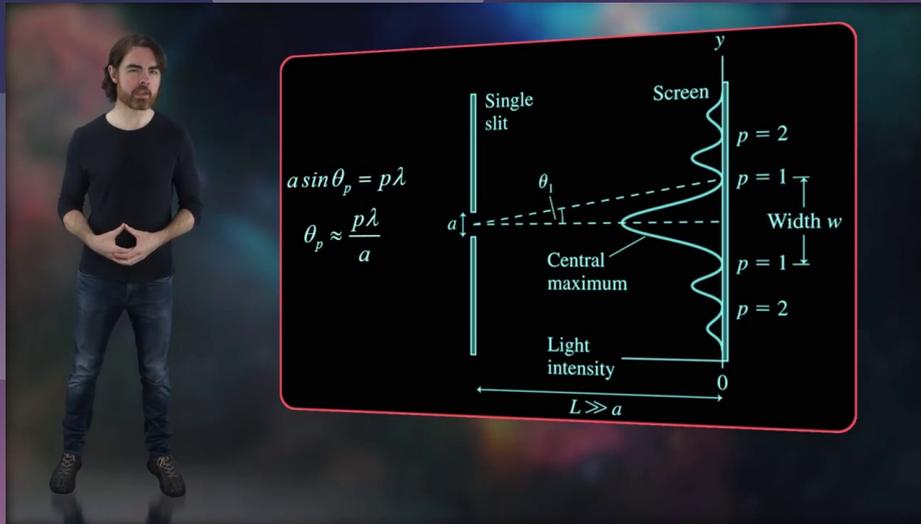
Beispiel im echten Leben



Beispiel im echten Leben



Unschärferelation



$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4 \cdot \pi}$$

Quellen

- https://www.wikiwand.com/de/Heisenbergsche_Unsch%C3%A4rferelation#/Urspr%C3%BCngliche_Formulierung
- <https://www.wikiwand.com/de/Energie-Zeit-Unsch%C3%A4rferelation>
- https://www.wikiwand.com/de/Werner_Heisenberg
- <https://www.youtube.com/watch?v=MBnnXbOM5S4>
- https://www.youtube.com/watch?v=h_oykGyBPvw
- <https://www.youtube.com/watch?v=pBekV7dXdfY>
- <https://www.youtube.com/watch?v=uZDhCW-PTRM>
- https://www.wikiwand.com/en/Spatial_frequency#:~:text=In%20mathematics%2C%20physics%2C%20and%20engineering,repeat%20per%20unit%20of%20distance
- <https://www.youtube.com/watch?v=izqaWyZsEtY>
- <https://www.wikiwand.com/de/Fourier-Transformation>
- <https://www.youtube.com/watch?v=a8FTr2qMutA>
- https://www.google.de/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.steffen-grimm.de%2Fzufallundseele%2Fquantenphysik.htm&psig=AOvVaw28UIMywaTPfP6no0xw7-7f&ust=1636068834367000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTCKi84vqt_fmCFQAAAAAdAAAAABAb