8.6.5 Interferenz, Kohärenz

- Linearität der Wellengleichung

  ■ Superpositionsprinzip

  Wellen überlagern sich, ohne sich gegenseitig zu beeinflussen. Die resultierende Amplitude $A(\vec{r},t)$ am Ort $\vec{r}$ und Zeit t ist die Summe der Einzelamplituden $A_i(\vec{r},t)$ gegeben:

$$A(\vec{r},t) = \sum_{i=1}^{N} A_i(\vec{r},t)$$

- (räumliche) Kohärenz: sich überlagernde Wellen haben eine zeitlich konstante Phasendifferenz $\delta\varphi(\vec{r})$

  → Wellen haben gleiche Frequenz

- Interferenz: Überlagerung kohärenter Wellen führt zu Verstärkung (konstruktive Interferenz) und Auslöschung (destruktive —"—) in bestimmten Raumbereichen der Überlagerung

  → Interferenzbilder

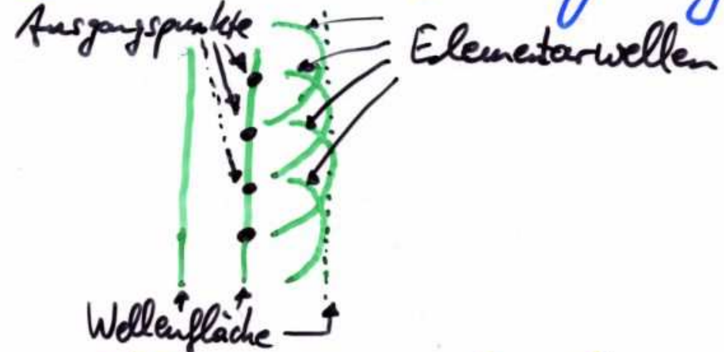
NB: stehende Welle ist Spezialfall der Interferenz

8.6.6 Huygenssches Prinzip, Beugung

■ Huygenssches Prinzip

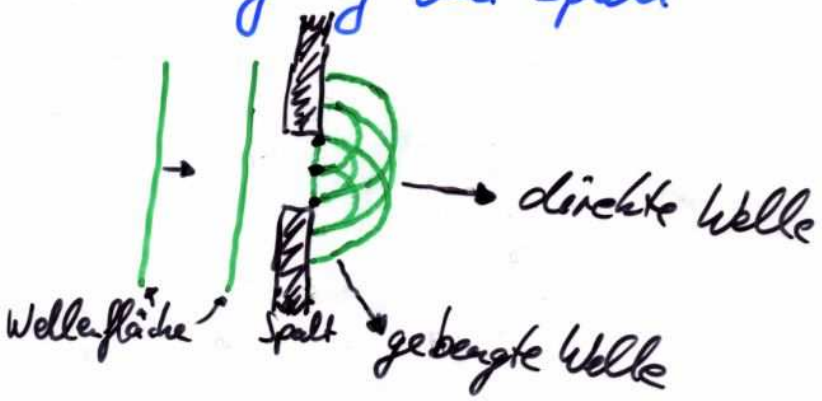
Jeder Punkt einer Wellenfläche ist Ausgangspunkt einer Elementarwellen

Gesamtwelle = Überlagerung aller dieser Wellen



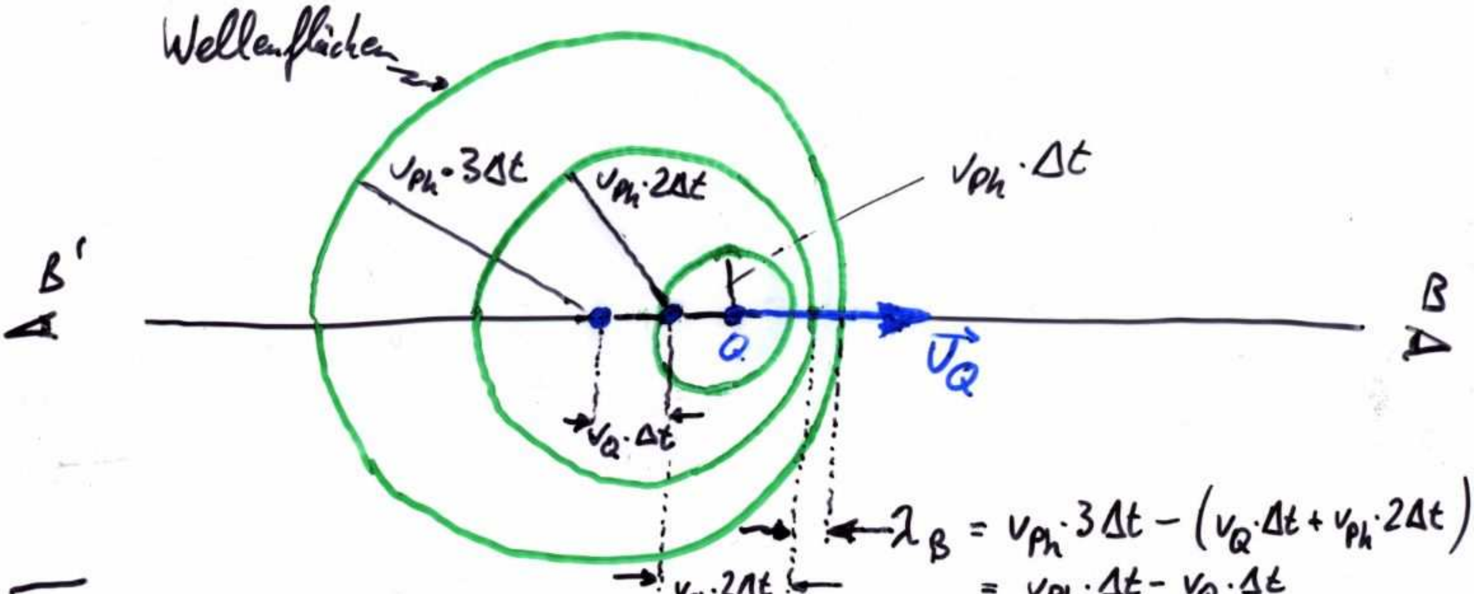
→ Phänomen der Beugung von Wellen

z.B. Beugung am Spalt



8.6.7 Doppler-Effekt

Messbare Frequenz einer Welle hängt von Relativitgeschwindigkeit Quelle-Empfänger ab



$$\lambda_B = v_{Ph}\cdot 3\Delta t - (v_Q\cdot\Delta t + v_{Ph}\cdot 2\Delta t)$$
$$= v_{Ph}\cdot\Delta t - v_Q\cdot\Delta t$$

$\Delta x_Q = v_Q\cdot\Delta t \longrightarrow \lambda_B = v_{Ph}\cdot\Delta t - v_Q\cdot\Delta t$

mit $\Delta t = T = \frac{1}{f} = \frac{\lambda}{v_{Ph}} \longrightarrow \lambda_B = \lambda - \frac{v_Q}{c}\cdot\lambda = \lambda\left(1-\frac{v_Q}{c}\right)$

für $\lambda_{B'}$ Überlegung und Rechnung analog

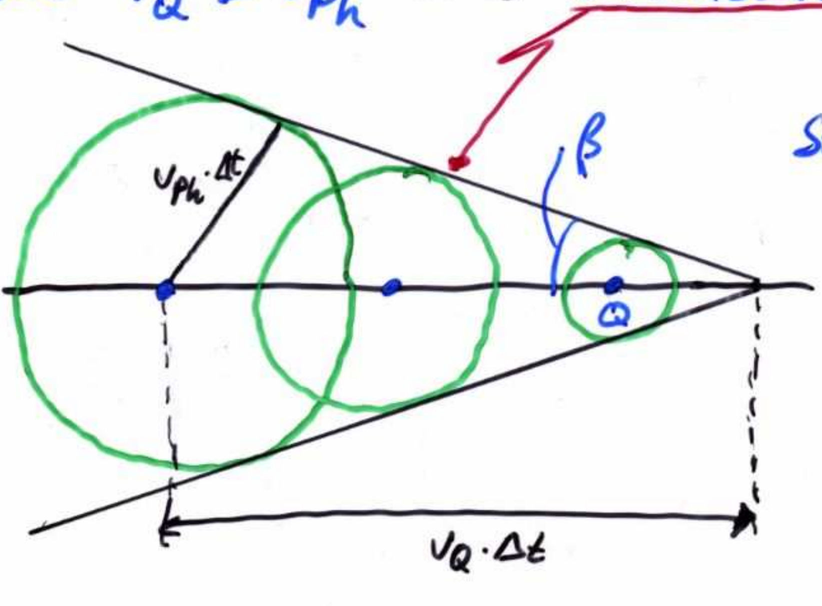
- Quelle Q in Ruhe: Wellenlänge λ, Frequenz $f = \frac{v_{Ph}}{\lambda}$
- Beobachter B: $\boxed{\lambda_B = \lambda\cdot\left(1-\frac{v_Q}{v_{Ph}}\right)} < \lambda$

$$f_B = \frac{f}{1-\frac{v_Q}{v_{Ph}}} > f$$

- Beobachter B': $\boxed{\lambda_{B'} = \lambda\cdot\left(1+\frac{v_Q}{v_{Ph}}\right)} > \lambda$

$$f_{B'} = \frac{f}{1+\frac{v_Q}{v_{Ph}}} < f$$

Falls $v_Q > v_{ph}$ → Machsche Kegel mit Stoßfront



$$\sin\beta = \frac{v_{ph}\cdot\Delta t}{v_Q\cdot\Delta t} = \frac{v_{ph}}{v_Q} =: \frac{1}{M}$$

M: Machzahl

8.6.8 Energiedichte einer Welle; Intensität

vgl. Energiebetrachtung zu Schwingungen!

ein Oszillator: $E_{ges} = \frac{1}{2} m\omega^2 \cdot A^2$

viele Oszillator: $E_{ges} = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N} m_i \omega^2 A^2 = \frac{1}{2}\varrho\cdot V\cdot\omega^2 A^2$

$\left(\varrho := \frac{\sum m_i}{V}\right)$

→ Energiedichte $\boxed{\varrho_E := \frac{E_{ges}}{V} = \frac{1}{2}\varrho\omega^2 A^2}$

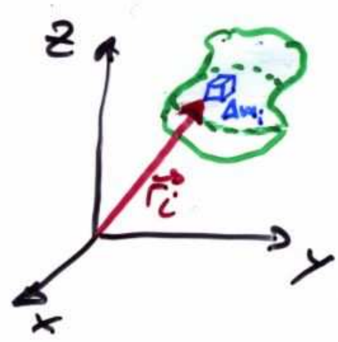
Intensität (Energieflussdichte): Energie pro Zeiteinheit durch Fläche ⊥ Ausbreitung

$$\boxed{I := v_{ph}\cdot\varrho_E = \frac{1}{2} v_{ph}\cdot\varrho A^2\omega^2}$$

NB: Interferenz: Nach Addition der Amplituden quadrieren für Intensität (→ "gemischte Terme" wie in binomischen Formeln)

9 Kinematik und Dynamik starrer Körper

- Modell eines starren Körpers aufgebaut aus infinitesimalen Massenpunkten:



$$\sum_i \ldots \Delta m_i \longrightarrow \int \ldots dm$$

⇒ Starrer Körper ≙ Verallgemeinerung eines Systems von Massenpunkten

- zusätzlich: Dichte (der Massenpunkte) $\boxed{\varrho := \frac{dm}{dV} \overset{\text{homogene Körper}}{=} \frac{M}{V}}$

  ↳ Masse: $\boxed{M = \int dm = \int \varrho\, dV \overset{\text{homogene Körper}}{=} \varrho \cdot V}$

- Physikalische Größen verallgemeinert aus Massenpunktsystem:

- (Massen) Schwerpunkt: $\boxed{\vec r_S = \frac{\int \vec r\, dm}{\int dm} = \frac{1}{M}\cdot \int \vec r \cdot \varrho\, dV}$

- Bewegung: Schwerpunktbewegung + Bewegung relativ zu Schwerpunkt

$$\overset{\text{Ortsvektor bzgl. Schwerpkt.}}{\vec r_{is}} = \overset{\text{Ortsvektor}}{\vec r_i} - \overset{\text{Schwerpunktsvektor}}{\vec r_s}$$

↳ $\vec v_{is} = \vec v_i - \vec v_s$ mit $\vec v_{is} \perp \vec r_{is}$ ⇝ Drehbewegung um Schwerpunkt

↳ $\vec v_{is} = \vec \omega \times \vec r_{is}$

$\}\rightarrow \boxed{\vec v_i = \vec v_s + \vec \omega \times \vec r_{is}}$

→ 6 Freiheitsgrade der Bewegung: 3×Translation + 3×Rotation