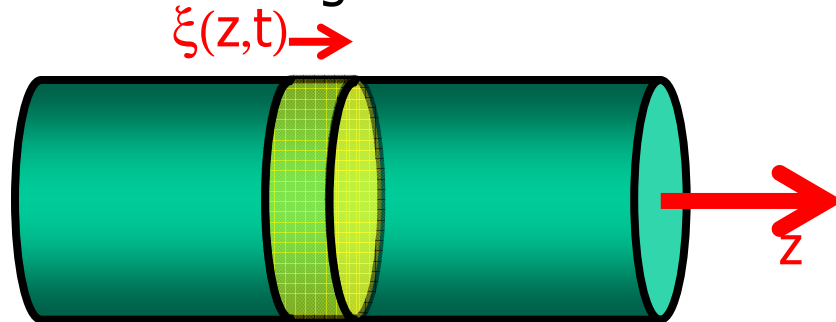


9.10. Schallwellen

a) Schall in Festkörpern:

Elastische Longitudinalwelle



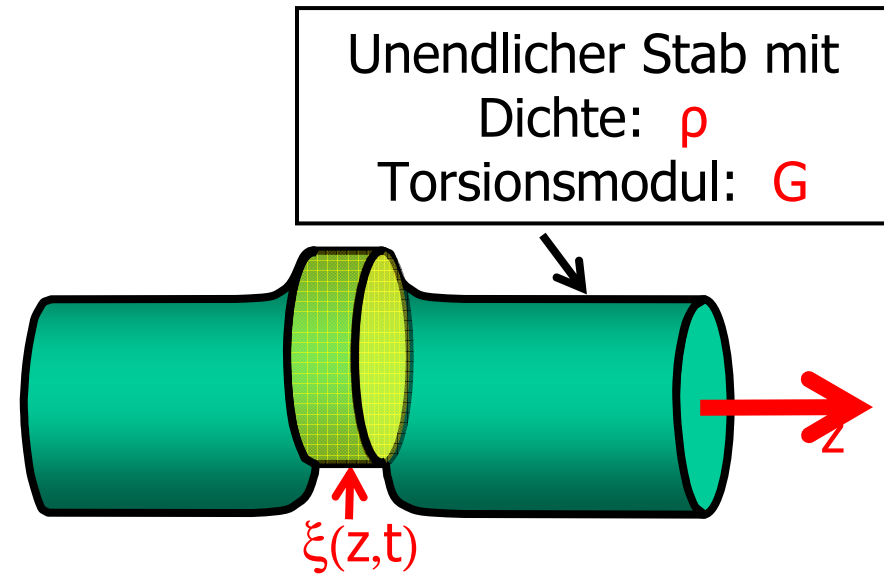
Unendlicher Stab mit
Dichte: ρ
Elastizitätsmodul: E

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = \frac{E}{\rho} \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Schallgeschwindigkeit

Elastische Rückstellkräfte \Rightarrow Wellen

Elastische Transversalwelle



$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = \frac{G}{\rho} \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

Schallgeschwindigkeit

9.10. Schall in Gasen

keine Scherkräfte \Rightarrow nur **longitudinale Druckwellen**

ξ = longitudinale Auslenkung (z-Richtung)

K = Kompressionsmodul

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = \frac{K}{\rho} \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2}$$

Folgerung: **Schallgeschwindigkeit**

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

isotherm

• $v \lesssim 1$ kHz $\rightarrow T \approx$ **const.**

Boyle-Mariotte \rightarrow

$K = p =$ **Gasdruck**

kein Wärmeaustausch

• $v \gtrsim 1$ kHz \rightarrow **adiabatisch** $\rightarrow K = \kappa p$

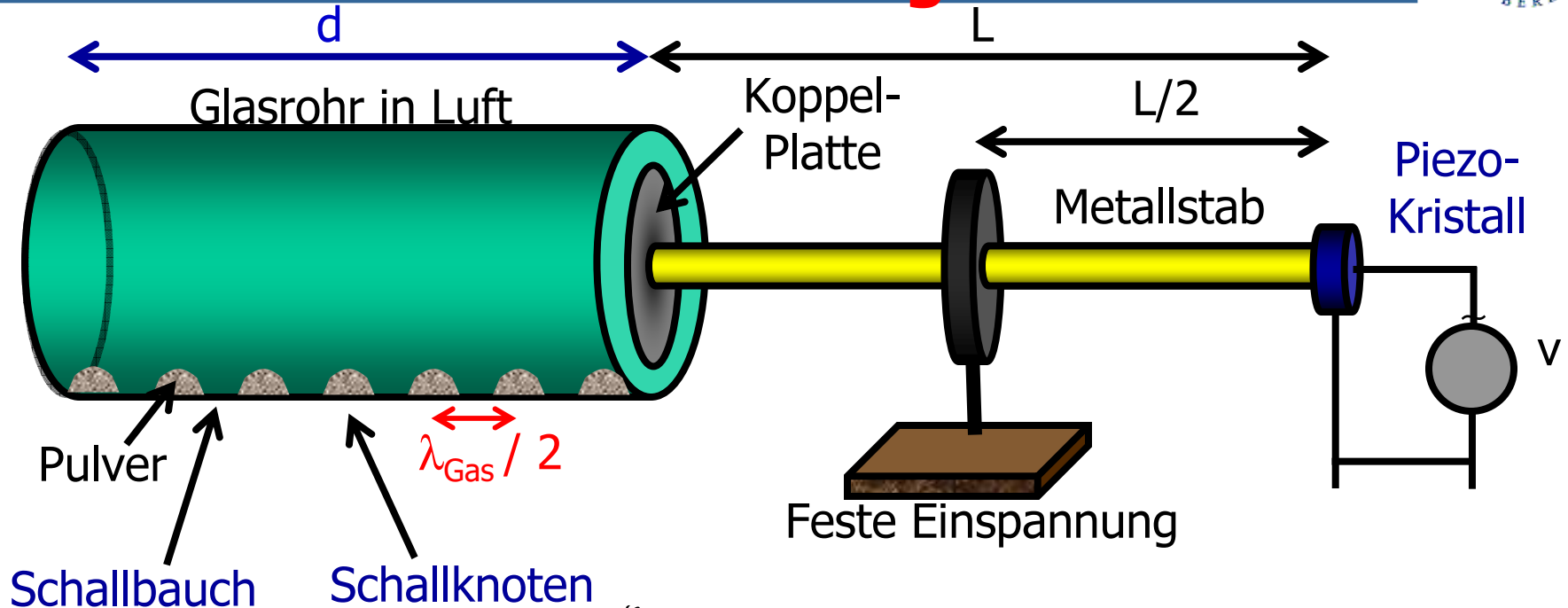
Adiabatindex:

$$\kappa = \frac{C_p}{C_v} \approx \text{Luft } 1,4$$

Also:

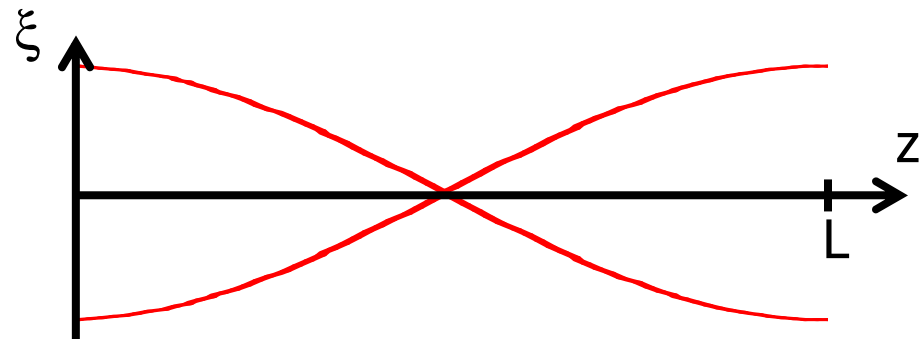
$$v = \begin{cases} \sqrt{\frac{p}{\rho}} & \text{isotherm } (v \rightarrow 0) \\ \sqrt{\frac{\kappa p}{\rho}} & \text{adiabatisch } (v \rightarrow \infty) \end{cases}$$

9.10. Schall: Kundtsche Staubfiguren



Tafelrechnung →

$$\frac{v_{\text{Gas}}}{v_{\text{Stab}}} = \frac{\lambda_{\text{Gas}}}{2L} = \sqrt{\frac{\rho_{\text{Stab}}}{\rho_{\text{Gas}}}} \cdot \sqrt{\frac{K}{E}}$$



longitudinale Grundschwingung des Stabes

9.10. Schall: Akustik

Spezialgebiet: Akustik

→ Lehre vom hörbaren Schall (16 Hz ... 16 kHz)

Einige wichtigen Begriffe:

I = Schallleistung pro Fläche (z.B. Trommelfell)

$I_{\min}(\nu)$ = Hörschwelle bei der Frequenz ν

Lst = Lautstärke

$$Lst = 10 \cdot \lg_{10} \frac{I(\nu)}{I_{\min}(\nu)}$$

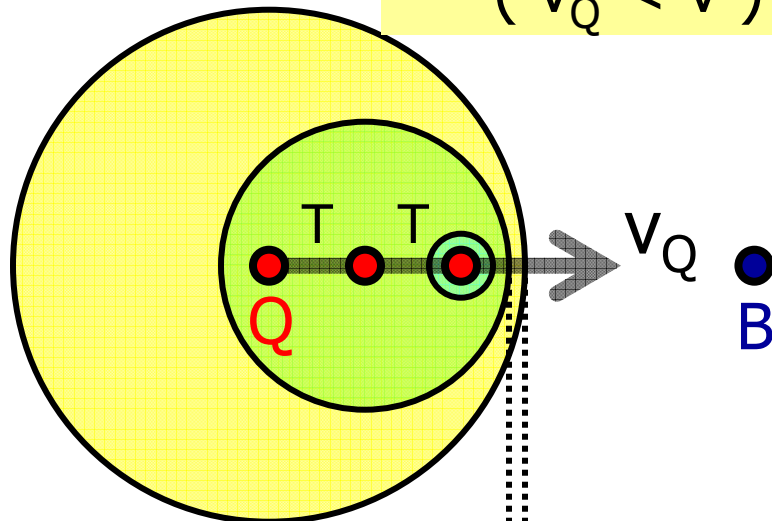
$$[Lst] = 1 \text{ Phon}$$

Referenzwert: $I_{\min}(1 \text{ kHz}) \approx 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$

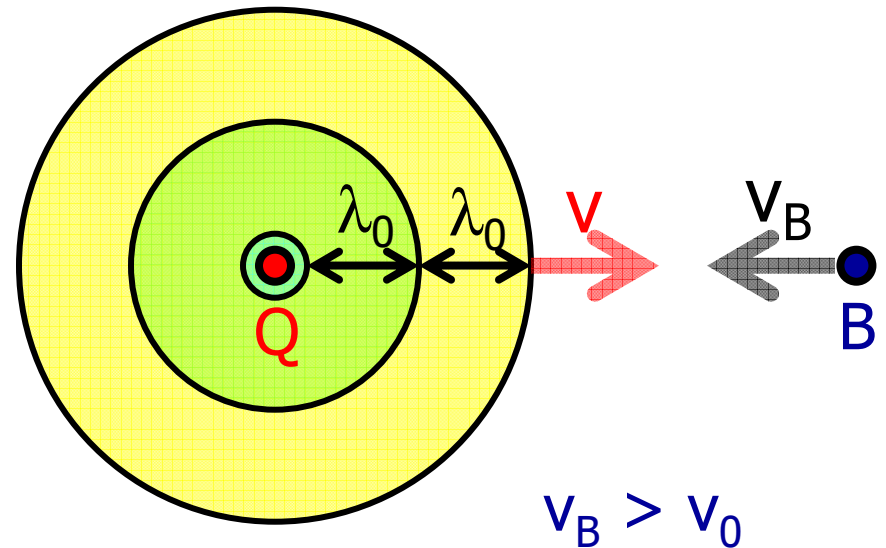
9.10. Akustik: Dopplereffekt



Quelle bewegt
($v_Q < v$)



Beobachter bewegt



$$v_B = \frac{v_0}{1 - \frac{v_Q}{v}}$$

$$\lambda_B < \lambda_0$$

$$v_B = v_0 \cdot \left(1 + \frac{v_B}{v}\right)$$

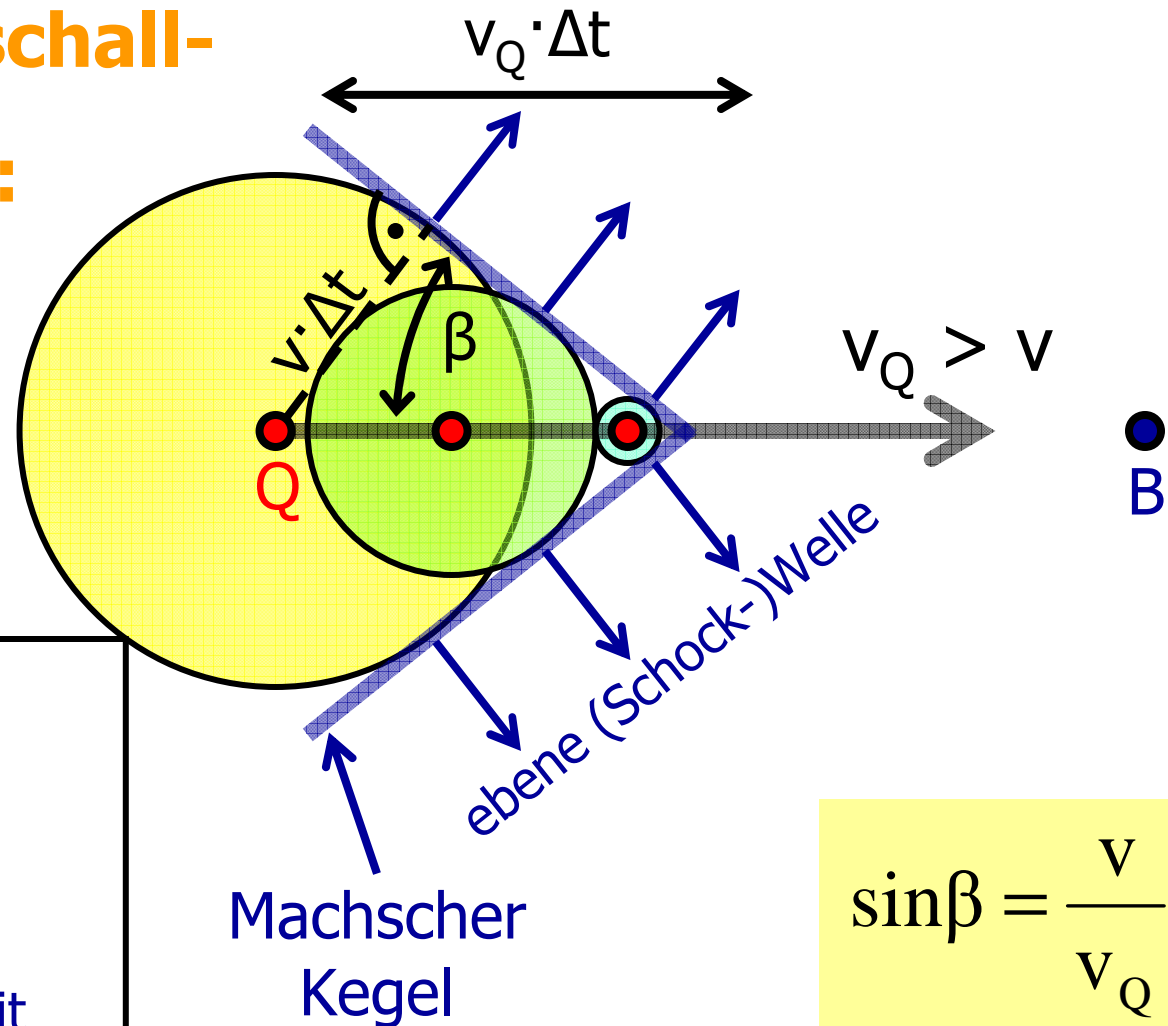
Relativgeschwindigkeit $\ll v$

\Rightarrow Resultat für beide Fälle \approx gleich

9.10. Schall: Akustik

Quelle mit Überschall- geschwindigkeit:

Quelle bewegt
($v_Q > v$)



Anwendungen:

- Überschallknall
- Bugwelle eines Schiffes
- Cherenkovstrahlung geladener Teilchen mit Überlichtgeschwindigkeit

$$\sin \beta = \frac{v}{v_Q}$$