

Ein alternativer Zugang zur Relativitätstheorie

F. Herrmann und M. Pohlig



www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de

pohlig@kit.edu

Übersicht

1. Start
2. Energie und Impuls
3. Geschwindigkeit in Abhängigkeit vom Impuls
4. Geschwindigkeitsabhängigkeit der Masse
5. Die Rolle des Lichts?

1. Start

Masse \equiv Energie

1kg ist das selbe wie $9 \cdot 10^{16}$ J

$$k = 9 \cdot 10^{16} \text{J/kg}$$

$$E = k \cdot m$$

$$p = m \cdot v$$

$$dE = v dp$$

2. Energie und Impuls

$$E = k \cdot m$$

$$p = m \cdot v$$

$$dE = v dp$$

$$v = \frac{p}{m}$$

$$m = \frac{E}{k}$$

$$v = \frac{p}{E/k} = \frac{k \cdot p}{E}$$

$$dE = \frac{k \cdot p}{E} dp$$

$$E dE = k \cdot p dp$$

$$\int_{E_0=E(p=0)}^{E(p)} E dE = k \cdot \int_{p=0}^p p^* dp^*$$

$$E^2(p) - E_0^2 = k \cdot p^2$$

$$E^2 - E_0^2 = k \cdot p^2$$

$$E^2 = E_0^2 + k \cdot p^2$$

$$E_0^2 = E^2 - k \cdot p^2$$

2. Energie und Impuls

$$E_0^2 = E^2 - k \cdot p^2$$

$$E^2 = E_0^2 + k \cdot p^2$$

Invariante:

Ruhenergie, Ruhmasse, Masse,
invariante Masse, innere Energie

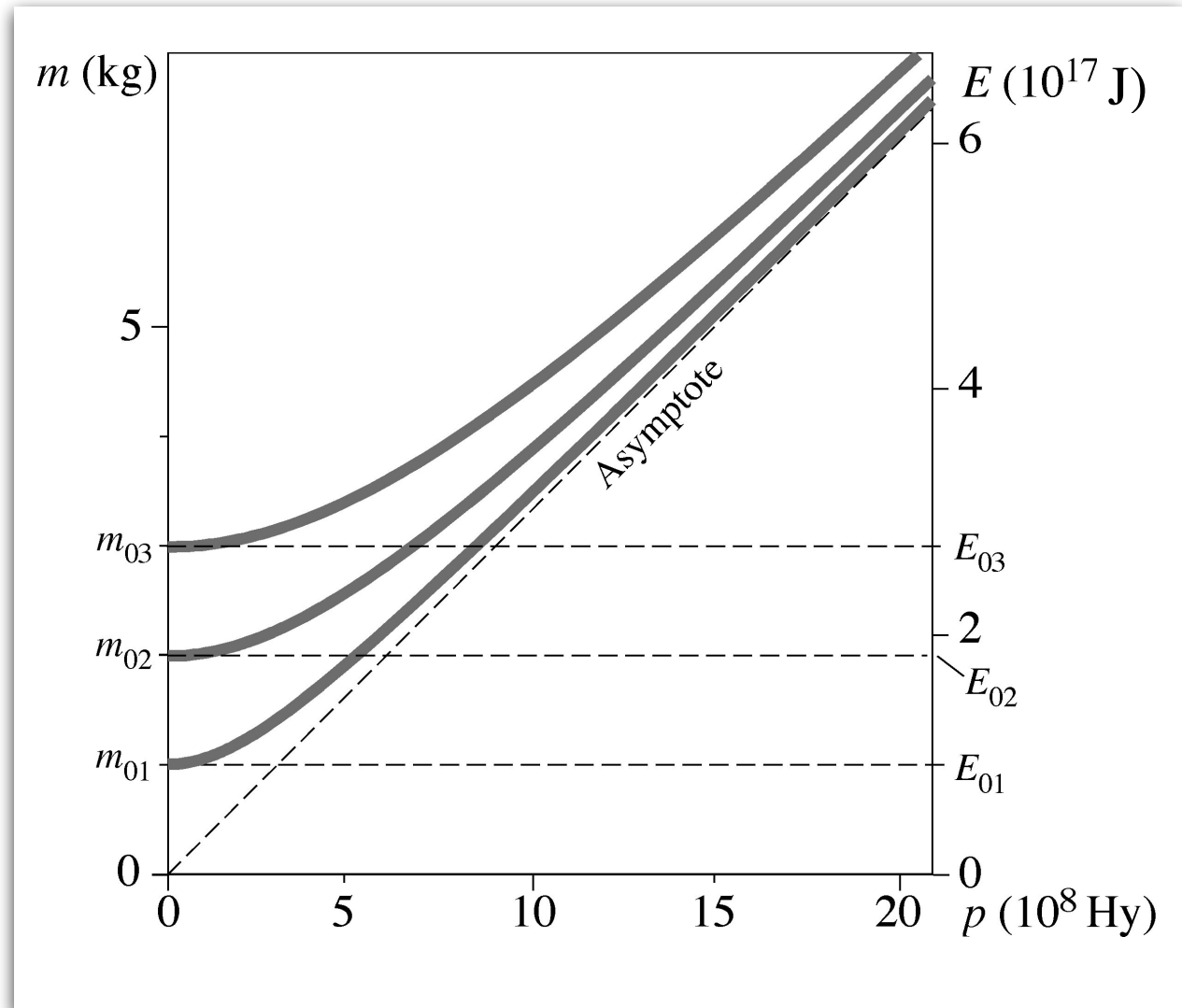
2. Energie und Impuls

$$E_0^2 = E^2 - k \cdot p^2$$

$$E^2 = E_0^2 + k \cdot p^2$$

$$E = \sqrt{E_0^2 + k \cdot p^2}$$

$$E = \sqrt{k} \cdot p$$



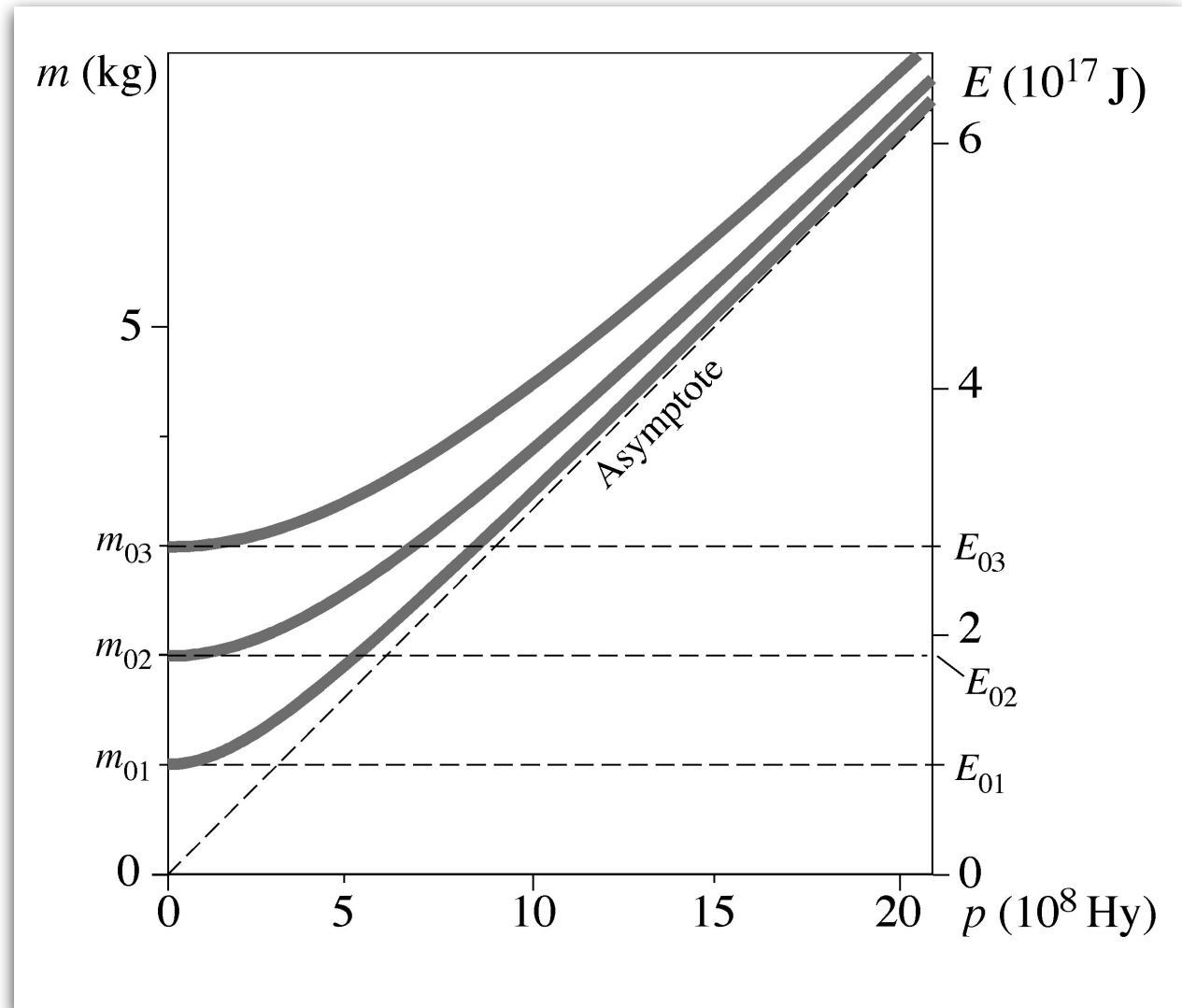
2. Energie und Impuls

$$E_0^2 = E^2 - k \cdot p^2$$

$$E^2 = E_0^2 + k \cdot p^2$$

$$E = \sqrt{E_0^2 + k \cdot p^2}$$

$$E - E_0 \approx \frac{k \cdot p^2}{2E_0} = \frac{p^2}{2m_0}$$



3. Geschwindigkeit in Abhängigkeit vom Impuls

3. Geschwindigkeit in Abhängigkeit vom Impuls

$$E^2 = E_0^2 + k \cdot p^2$$

$$E = \frac{k \cdot p}{v}$$

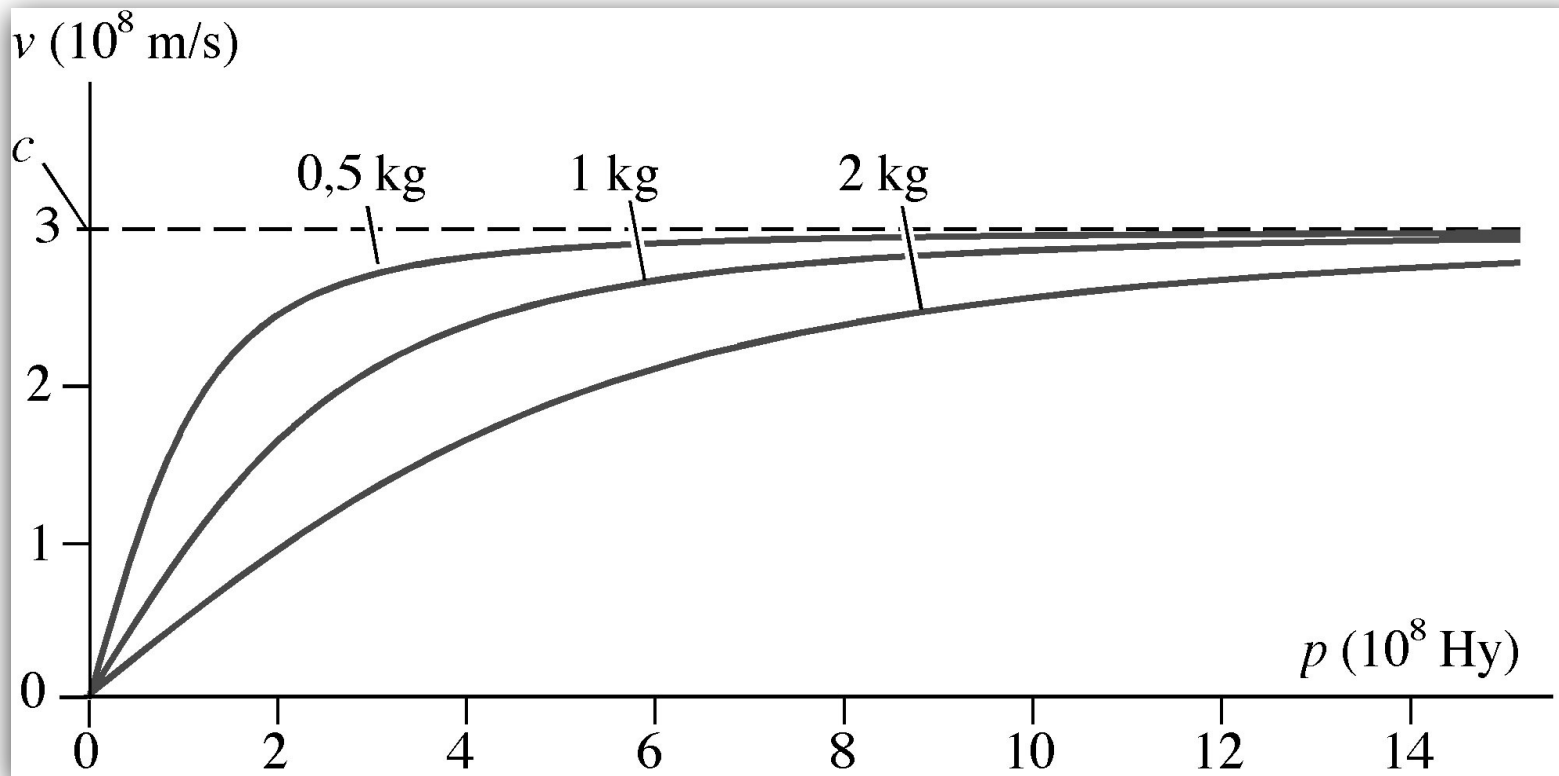
3. Geschwindigkeit in Abhängigkeit vom Impuls

$$E^2 = E_0^2 + k \cdot p^2$$

$$\frac{k^2 p^2}{v^2} = E_0 + k \cdot p^2 \quad \text{----->} \quad v = \frac{k}{\sqrt{\frac{E_0^2}{p^2} + k}} = \frac{k}{\sqrt{\frac{m_0^2 \cdot k^2}{p^2} + k}}$$

3. Geschwindigkeit in Abhängigkeit vom Impuls

$$v = \frac{k}{\sqrt{\frac{E_0^2}{p^2} + k}} = \frac{k}{\sqrt{\frac{m_0^2 \cdot k^2}{p^2} + k}} \quad p \rightarrow \infty \quad v = c \frac{p}{\sqrt{p^2 + c^2 m_0^2}}$$
$$v \rightarrow \sqrt{k} =: c$$



3. Geschwindigkeit in Abhängigkeit vom Impuls

$$dE = v dp$$

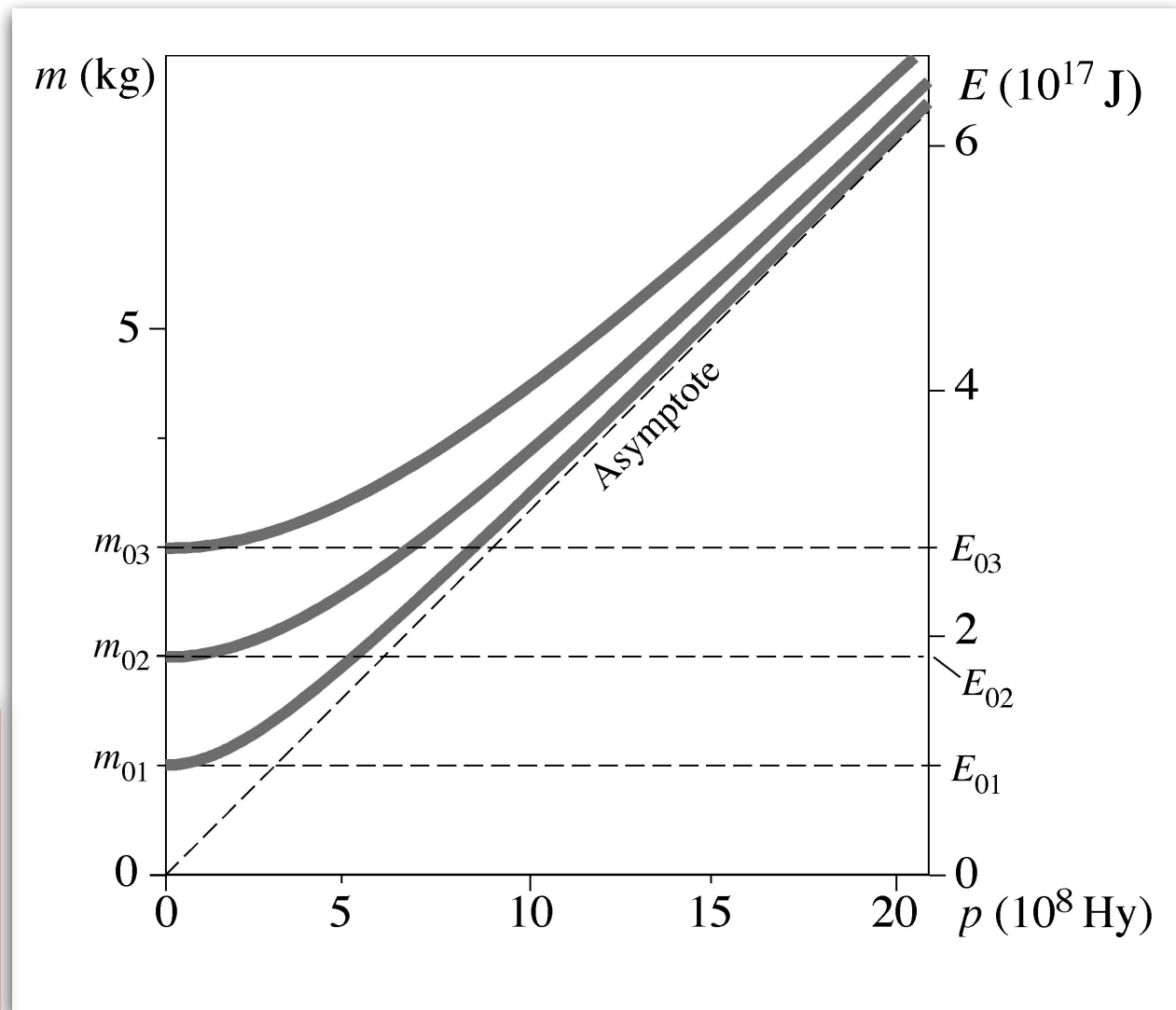
$$v = \frac{dE}{dp}$$

$$E^2 = E_0^2 + c^2 p^2$$

$$E_0 = 0$$

$$E = c \cdot p$$

Körper mit einer Ruhemasse $m_0 = 0$ kg bewegen sich immer mit der Grenzgeschwindigkeit c .



4. Geschwindigkeitsabhängigkeit der Masse

$$E^2 = E_0^2 + c^2 p^2$$

$$E = m \cdot c^2$$

$$m^2 c^4 = m_0^2 c^4 + c^2 m^2 v^2$$

$$m^2 c^2 = m_0^2 c^2 + m^2 v^2$$

$$m^2 (c^2 - v^2) = m_0^2 c^2$$

$$m^2 = \frac{m_0^2 c^2}{c^2 - v^2}$$

$$m^2 = \frac{m_0^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

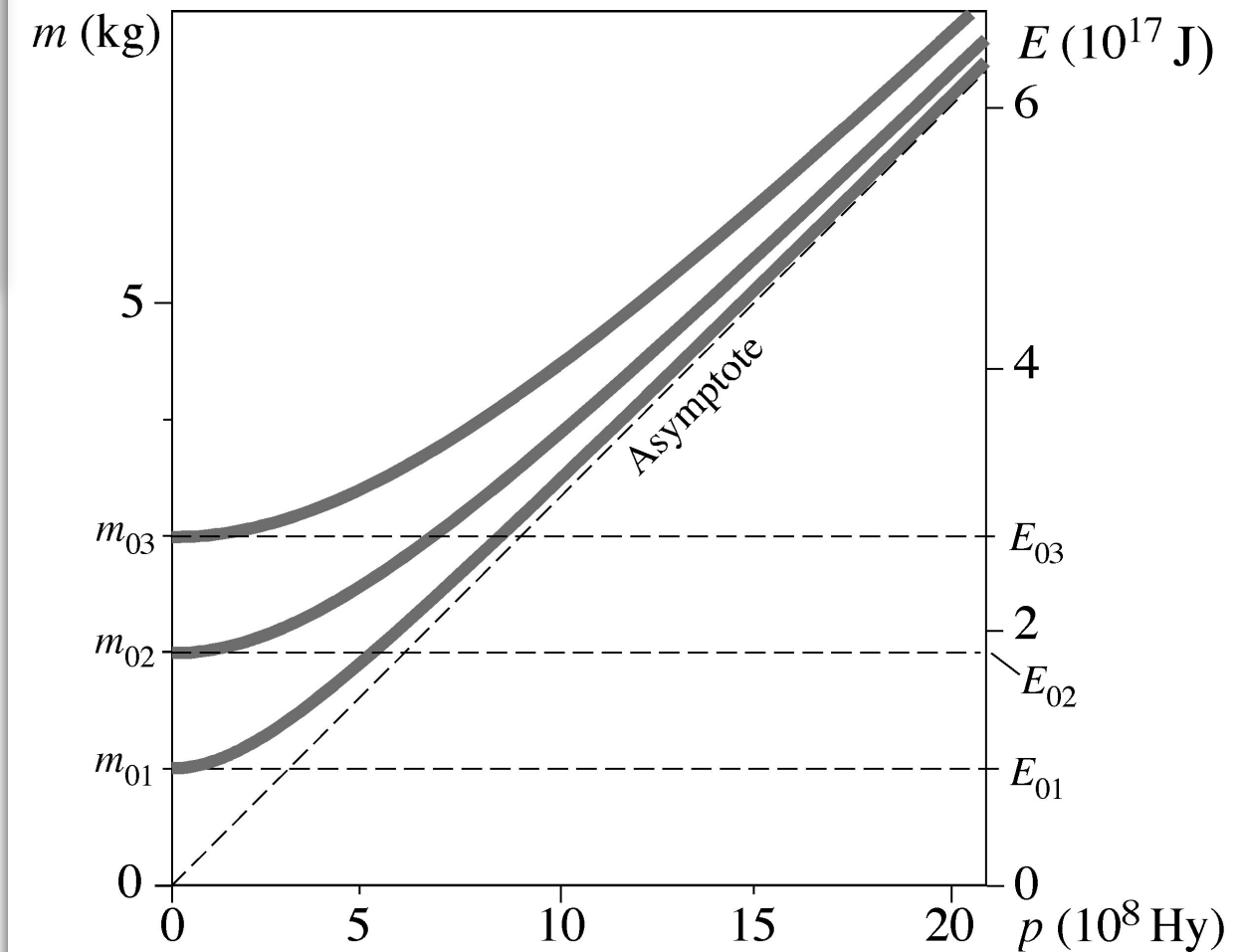
$$E = \frac{E_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

5. Die Rolle des Lichts?

Körper mit einer Ruhemasse $m_0 = 0$ kg bewegen sich immer mit der Grenzgeschwindigkeit c .

Teilchen mit einer Ruhemasse von 0J bzw. 0kg:

- Gluonen
- Photonen
- Gravitonen



c könnte man statt Lichtgeschwindigkeit genauso gut Gravitonengeschwindigkeit oder Gluonengeschwindigkeit nennen.