

Schwarze Löcher



www.kpk-akademie.de

www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de

Schwarze Löcher



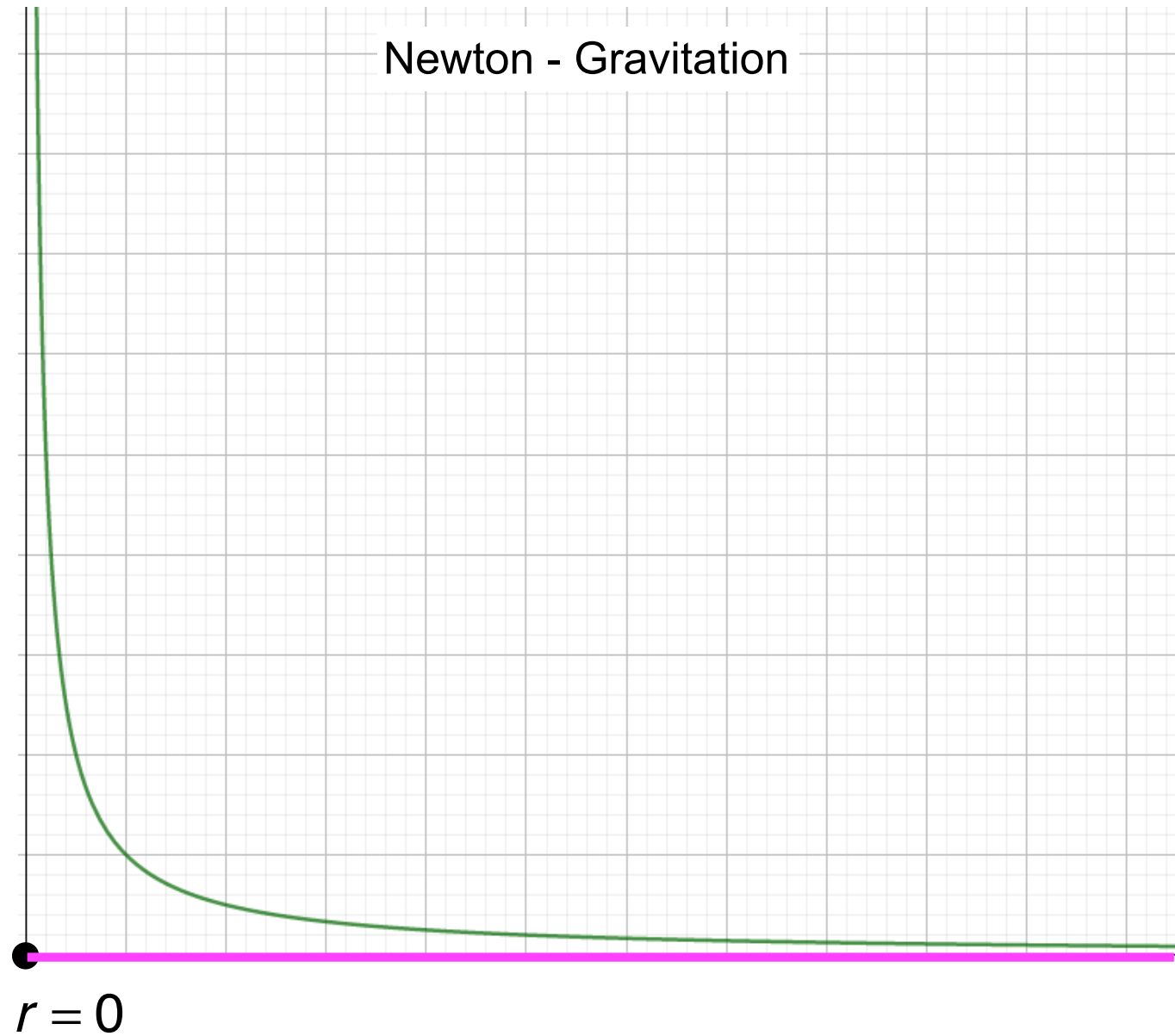
Gravitationswelle beim Verschmelzen zweier schwarzer Löcher

$$r_s = \frac{2Gm}{c^2}$$

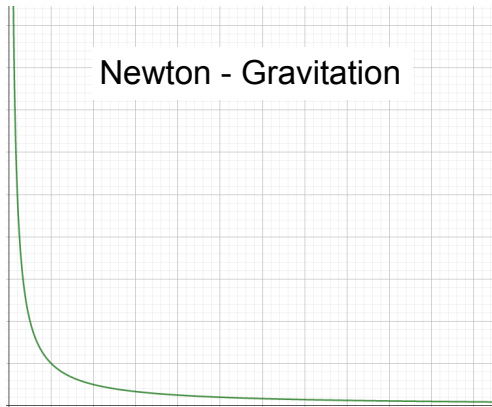
Schwarzschildradius = Masse \cdot $1,48 \cdot 10^{-27}$ m/kg

Körper	Masse	Schwarzschild- radius
Buch	0,5 kg	$0,74 \cdot 10^{-27}$ m
Mond	$7,35 \cdot 10^{22}$ kg	0,11 mm
Erde	$5,97 \cdot 10^{24}$ kg	9 mm
Sonne	$1,99 \cdot 10^{30}$ kg	3 km

Schwarzes Loch



$$g = G \frac{m}{r^2}$$



$$r_s = \frac{2Gm}{c^2}$$

Kein Körper, kein Teilchen, kein Licht kann den Ereignishorizont verlassen oder von innen durchqueren.

Das schwarze Loch von außen gesehen

eingefrorener Stern

Der Ereignishorizont ist für uns das Ende der Welt.

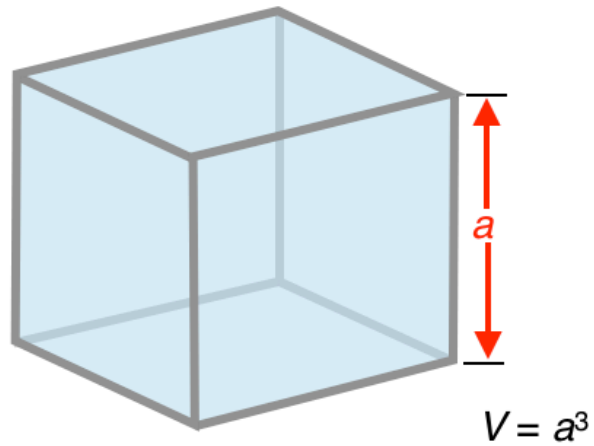
Die Außenwelt vom schwarzen Loch aus gesehen

Man sieht die Zukunft der Außenwelt.

Hintergrundstrahlung sehr energiereich und heiß.

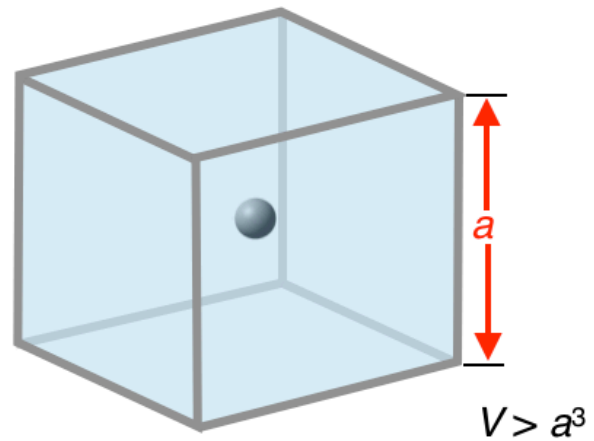
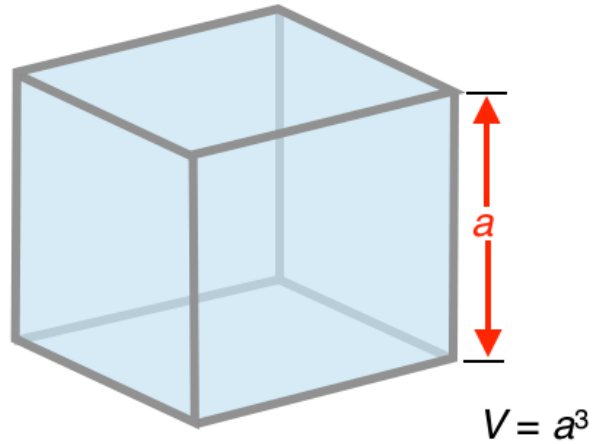
Ereignishorizont als Größe des schwarzen Loch

$$r_s = \frac{2Gm}{c^2}$$



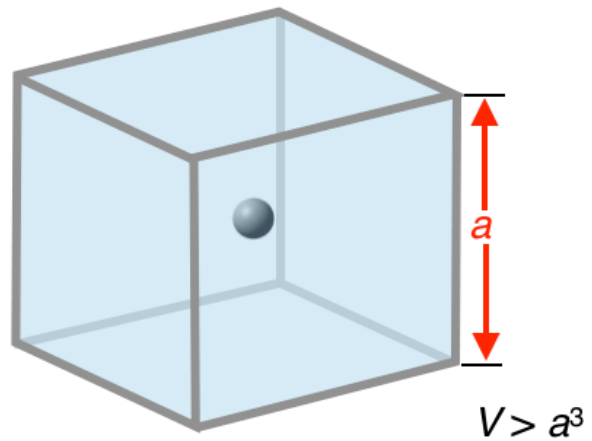
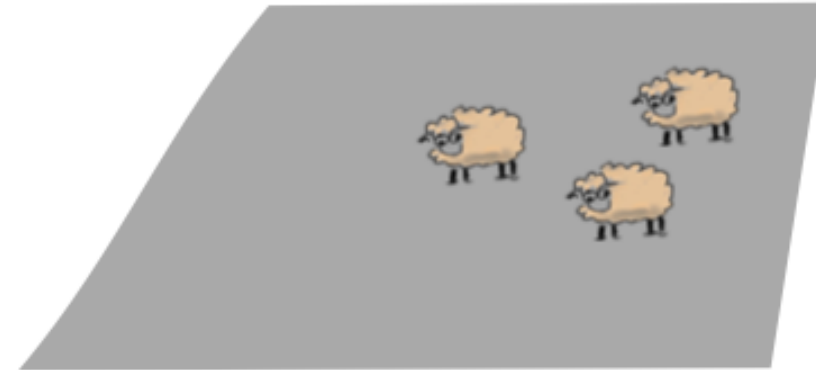
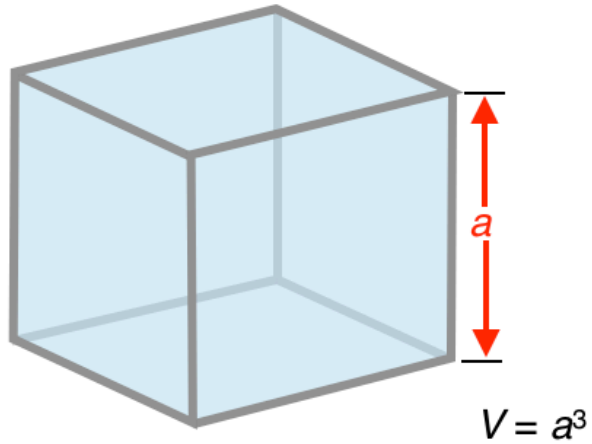
Ereignishorizont als Größe des schwarzen Loch

$$r_s = \frac{2Gm}{c^2}$$



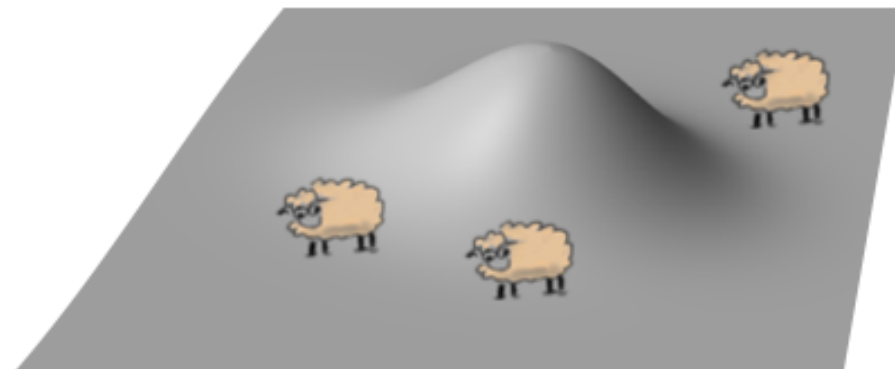
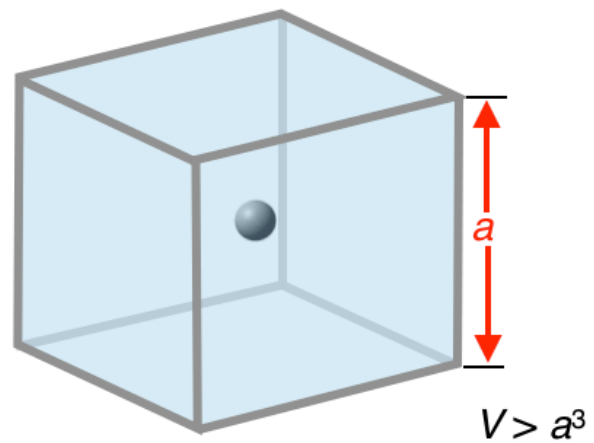
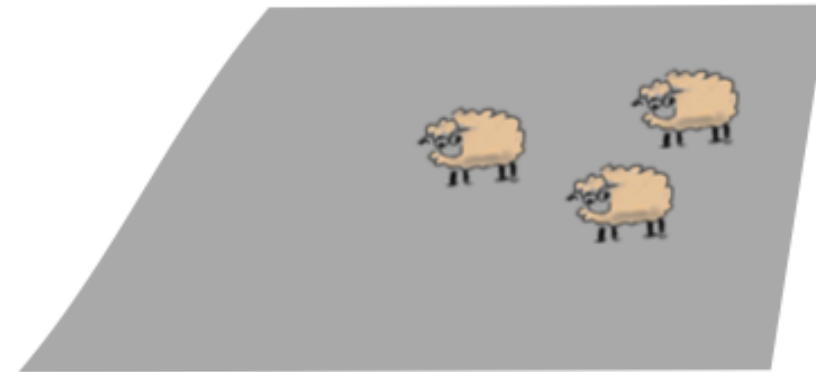
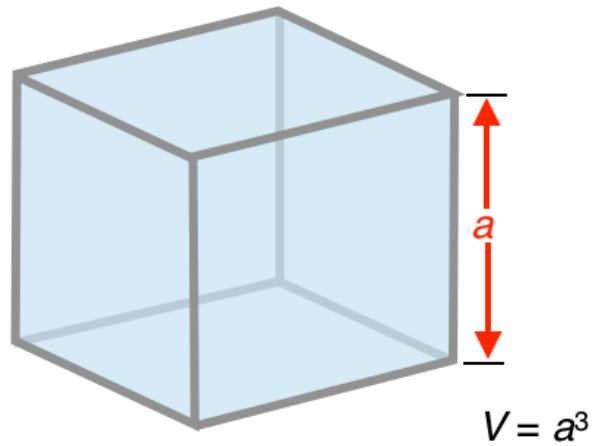
Ereignishorizont als Größe des schwarzen Loch

$$r_s = \frac{2Gm}{c^2}$$



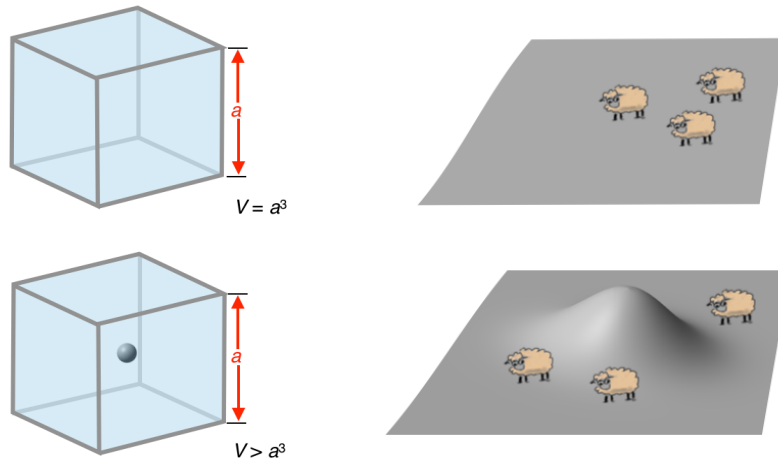
Ereignishorizont als Größe des schwarzen Loch

$$r_s = \frac{2Gm}{c^2}$$

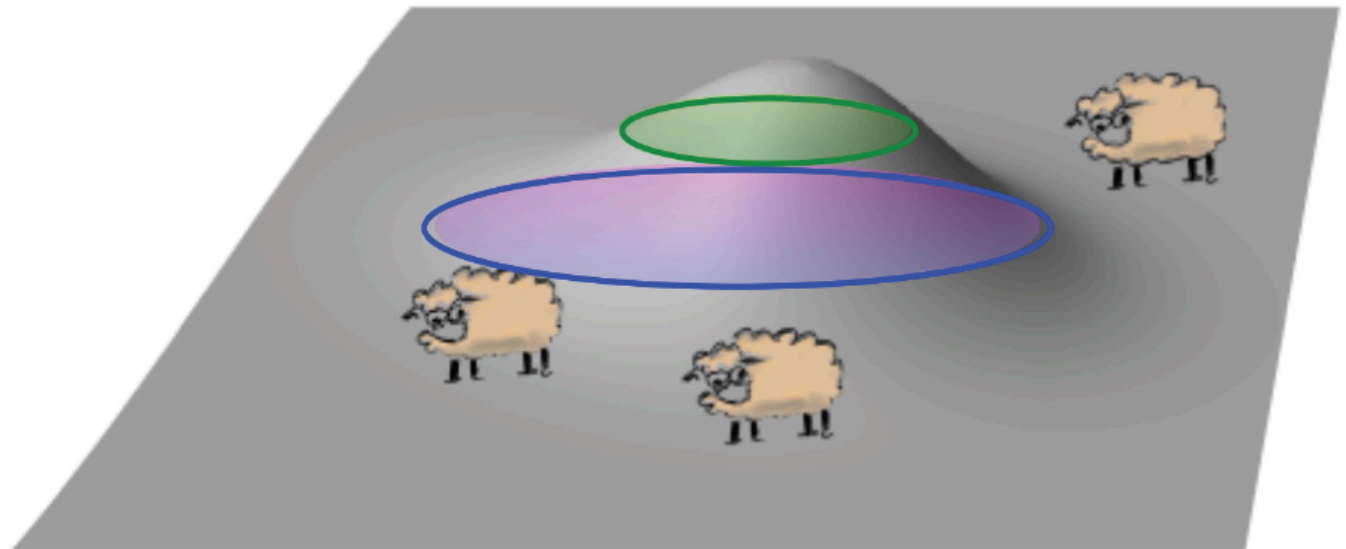


Ereignishorizont als Größe des schwarzen Loch

$$r_s = \frac{2Gm}{c^2}$$



$$r = \frac{u}{2\pi}$$



$$m, \vec{L}, Q$$

Alle physikalische Größen, die ein Schwarzes Loch beschreiben, werden durch seine Masse, Drehimpuls und el. Ladung bestimmt.

$$\vec{L} = 0, Q = 0$$

Und die Entropie?

$$S = 4\pi \frac{kG}{\hbar c} m^2$$

$$S = 4\pi \frac{kG}{\hbar c} m^2$$

$$T = \frac{1}{8\pi} \frac{\hbar c^3}{kG} \frac{1}{m} = \frac{1}{2S} mc^2 = \frac{E}{2S}$$

$$S = 4\pi \frac{kG}{\hbar c} m^2$$

$$T = \frac{1}{8\pi} \frac{\hbar c^3}{kG} \frac{1}{m} = \frac{1}{2S} mc^2 = \frac{E}{2S}$$

Wert für die Entropie eines schwarzen Lochs

$$m_{\text{SL}} = m_{\text{Sonne}}$$

$$S_{\text{Sonne}} \approx 10^{58} k \approx 10^{35} \text{ Ct}$$

$$S_{\text{SL}} \approx 10^{77} k \approx 10^{54} \text{ Ct}$$

$$T \approx 10^{-6} \text{ K} \quad \text{von außen gesehen}$$

$$S_{\text{SL}} : S_{\text{Sonne}} \approx 10^{19}$$

$$T \approx 10^{-6} \text{K}$$

Ein Körper der eine Temperatur hat, strahlt.

Umgebungstemperatur (Hintergrundsstrahlung): $T_{\text{H}} \approx 3\text{K}$

Expansion des Universums: Temperatur der Hintergrundsstrahlung sinkt.