

7.1. Schwarzschild Lösung (1916)

Annahmen: Kugelsymmetrie, $\uparrow$ Massenverteilung M
 r -unabhängig

$$\Rightarrow g_{\mu\nu}(r, \theta, \phi, t), \quad r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

$$\Rightarrow \text{Linienelement: } ds^2 = B(r) c^2 dt^2 - A(r) dr^2 - r^2 d\Omega^2$$

$$d\Omega^2 = d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2 = \text{Linienelement der Kugel}$$

$$\text{Rand: } \lim_{r \rightarrow \infty} B(r) = 1 = \lim_{r \rightarrow \infty} A(r) \quad (\text{flach weit})$$

$$\uparrow \quad \Gamma_{\mu\nu}^{\lambda} = \dots$$

$$R_{\mu\nu\sigma}^{\lambda} = \dots$$

$$\text{Lösung E.Gl.: } B = A^{-1} = 1 - \frac{2G_N M}{c^2 r} \xrightarrow{r \rightarrow \infty} 1 \quad \checkmark$$

7.2. Periheldrehung des Merkurs

Bewegung einer Masse m im Potentialfeld der Masse M :

Bewegungsgl:
$$\frac{d^2 \mathbf{x}}{dt^2} + \sum_{\nu=1}^3 \Gamma_{\nu\lambda}^{\mu} \frac{dx^{\nu}}{dt} \frac{dx^{\lambda}}{dt} = 0$$

liefert Korrekturen zu Newton / Kepler

$\Rightarrow$ Bahnkurve ist nicht mehr geschlossen

Ellipse $\rightarrow$ Rosette

$\Rightarrow$ Periheldrehung kann approximativ berechnet werden

Ergebnis:	$\frac{\Delta \varpi}{E_{\text{Sch}}}$	Beob. (rel. Anteil) / besetzt
E_{Sch}	3,8"	$5 \pm 1,2$ (1161")
μ_{Mer}	43"	$43,1'' \pm 0,5$

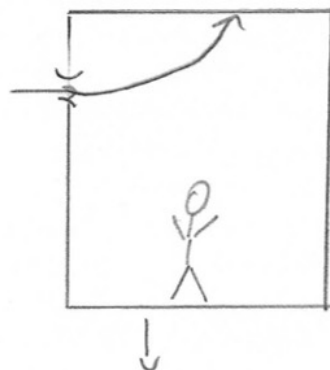
War der 1-Test von Einsteins

7.3. Lichtablenkung im Gravitationsfeld

7.3

Gedanke: frei fallendes Labor mit Lot

Lichtstrahl tritt ein &
beschreibt gekrümmte Bahn



Aus Äquivalenzprinzip folgt:

and Lichtstrahl werde im
Gravitationsfeld abgelenkt

Wird and durch $E=pc$ nahegelegt

Bewegung analog mit massive Körper



$$\Delta\varphi = \varphi(r=\infty) - \varphi(r_0)$$

$$= \dots = 1.75'' \text{ für } r_0 = r_0, M = M_0$$

1. Beobachtung 1919 durch A. Eddington in Brasilien

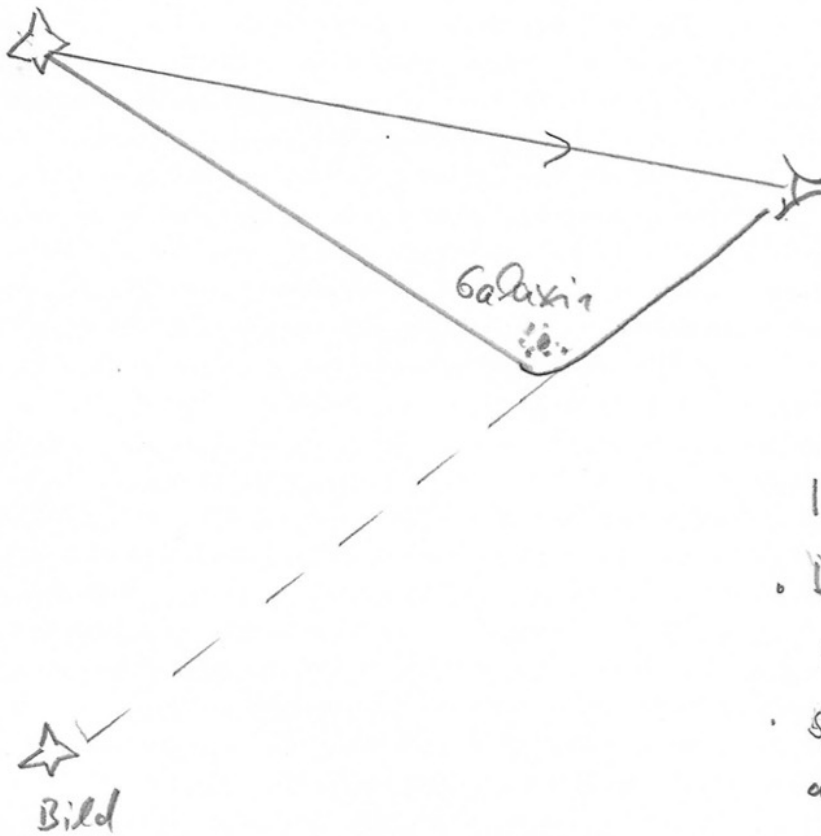
Ergebnis $1.57'' - 1.82''$

Einstein wurde über Nacht weltberühmt

Seither: vielfach bestätigt.

Gravitationslinse (Hobart seit 1980)

7.4.



1978 Walsh

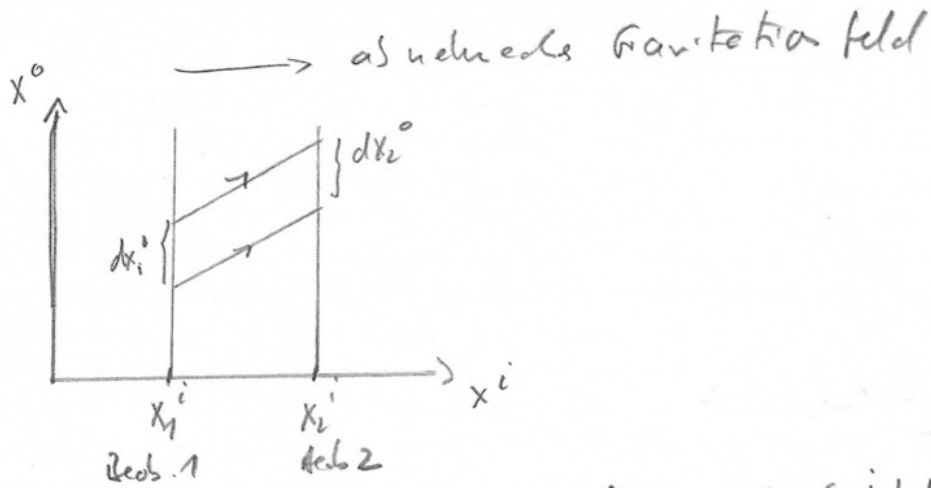
- Hobart, von 2 Quasaren mit ähnliche Spalten
- später: Entdeckung der ablenkenden Galaxie
=> zwei eine Quasare

Quasar = quasi-stellar-radio-source

= aktiver Kern einer Galaxie, punktförmig im
(große Energiestrahle sichtbar Kern)
im Radiobereich

Gravitation - Rotverschiebung

7.5.



$$d\tau_1^2 = \sum_{\mu, \nu} g_{\mu\nu}(x_1) dx_1^\mu dx_1^\nu = g_{00}(x_1^i) / dx_1^0 \quad \uparrow \text{ stat. Zeit}$$

$$g_{00}(x_2^i) / dx_2^0 = (d\tau_1)^2 = d\tau_2$$

stat. Raum-Zeit : $dx_1^0 = dx_2^0$
+ räuml. Abst.

$$\Rightarrow \lambda = \left(\frac{g_{00}(x_2^i)}{g_{00}(x_1^i)} \right)^{\frac{1}{2}} > 1 \text{ für } g_{00}(x_2^i) > g_{00}(x_1^i)$$

Frequenz gemessen von B 2 :

$$v_2 = \frac{v_1}{\lambda} < v_1$$

$\Rightarrow$ Beobachter 2 misst rotverschobene Wellenlänge

Def. Rotverschiebung

$$z = \frac{v_2}{v_1} - 1 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} - 1 = 0 \text{ für } v_1 = v_2$$

z hat 3 Quellen :

- i) Doppler-Effekt
- ii) Gravitationsfeld
- iii) Expandierendes Universum