

Klassische Physik 1

Johannes Blümer

WS 2014/15

V22 20.1.15

KIT-Centrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA



1. Einführung

- 1.1. Was ist Physik?
- 1.2. Physikalische Größen und Einheiten
- 1.3. Messungen, Datenauswertung, Fehler

2. Klassische Mechanik

- 2.1. Kinematik der Massenpunkte
- 2.2. Dynamik der Massenpunkte
- 2.3. Systeme von Massenpunkten
- 2.4. Rotation

3. Gravitation

- 3.1. Gravitationsgesetz
- 3.2. Feld und Potential

3.3. Planetenbahnen: Kepler

3.4. Massenverteilungen

3.5. Dunkle Materie

4. Relativistische Mechanik

4.1. Bezugssysteme und Transformationen

4.2. Spezielle Relativitätstheorie

4.3. Relativistische Kinematik

4.4. Elemente der Allg. Rel. Theorie

5. Feste Körper und Flüssigkeiten

5.1. Feste Körper

5.2. Hydrostatik und Hydrodynamik

6. Schwingungen und Wellen

6.1. Schwingungen

6.2. Wellen

Zusammenfassung v21

Energie-Impuls-Relationen

$$p = m v = m_0 \gamma v$$

$$E = T + m_0 c^2 = m c^2 = m_0 \gamma c^2 = p c^2 / v$$

$$p = m_0 \gamma c \beta = E \beta / c$$

$$\gamma = E / m_0 c^2 = m / m_0 = p / (m_0 \beta c)$$

$$E = m_0 \gamma c^2 = p c / \beta$$

$$T = E - m_0 c^2 = m_0 (\gamma - 1) c^2$$

Lorentz-invariante 4-Vektoren

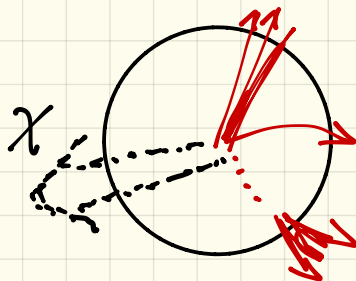
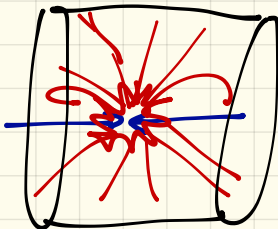
$$\text{alle } \tilde{a} = (a_0, \vec{a})$$

$$| \tilde{a}' |^2 = | \tilde{a} |^2 = a_0^2 - | \vec{a} |^2$$

$$\text{z.B. } (E/c, \vec{p}), (ct, \vec{x})$$

Elemente der Allgemeinen Relativitätstheorie

femto
DESY



femto Rolf Heuer, Sie sind seit dem Jahr 2009 Generaldirektor des CERN und haben damit die gesamte bisherige Betriebszeit des Large Hadron Collider LHC begleitet. Was waren damals die wissenschaftlichen Erwartungen?

Heuer Ich denke, fast jeder hatte gehofft, man findet am schnellsten Teilchen der Dunklen Materie, sprich Supersymmetrie. Das liegt daran, dass der Wirkungsquerschnitt, also die Erzeugungswahrscheinlichkeit, von Dunkler Materie relativ hoch und die Signatur relativ klar ist. Viele Leute haben gedacht, dass wir Supersymmetrie gleich morgen finden. Das war natürlich naiv, und die Natur hat sich auch anders entschieden: Die Supersymmetrie, wenn sie existiert, liegt woanders.

femto Stattdessen kam 2012 die sensationelle Entdeckung des Higgs-Teilchens. Und danach? Was sind die Erwartungen für die nächsten Jahre?

Heuer Die gleichen wie vor drei Jahren, sprich: Es müsste doch irgendwann einmal die Supersymmetrie oder irgendein anderer Hinweis auf Physik jenseits des Standardmodells kommen. Das Standardmodell kann ja nicht der Weisheit letzter Schluss sein. Ein Vergleich: In unserem täglichen Leben haben wir im Prinzip



Rolf Heuer, CERN-Generaldirektor

nur mit Newton zu tun und nicht mit Einstein. (Es sei denn, wir nutzen GPS – wenn man da Einstein vergisst, landet man in der Elbe und nicht am Fischmarkt.) Newton ist insofern eine Niedergeschwindigkeitsnäherung zu Einstein. So sehe ich auch das Standardmodell: als Niederenergienäherung zu etwas, das außen drumherum ist und dieses Standardmodell als Näherung beinhaltet. Dieses Größere müssen wir irgendwann mal finden. Das ist meine Hoffnung.

femto Und wann?

Heuer Dazu kann ich nichts sagen. Das ist erstens abhängig von der Masse der Teilchen, zweitens von der Kopplungsstärke, wie häufig sie also erzeugt werden, und wo die neue Skala liegt. Wenn die Skala sehr weit weg liegt, kann

ART

Ausgangspunkt

„Äquivalenzprinzip“

$$m_{\text{schwer}} = m_{\text{träge}}$$

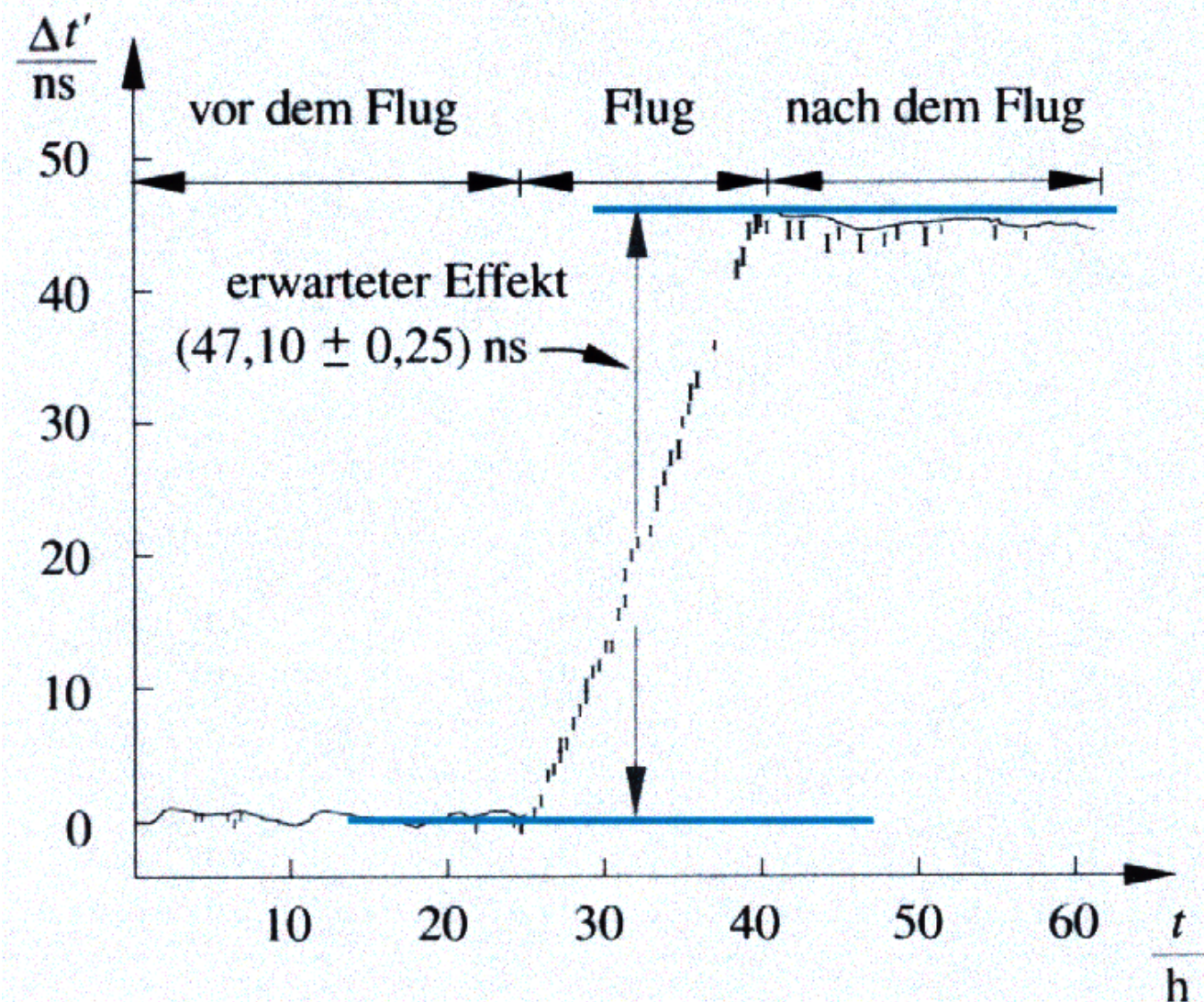
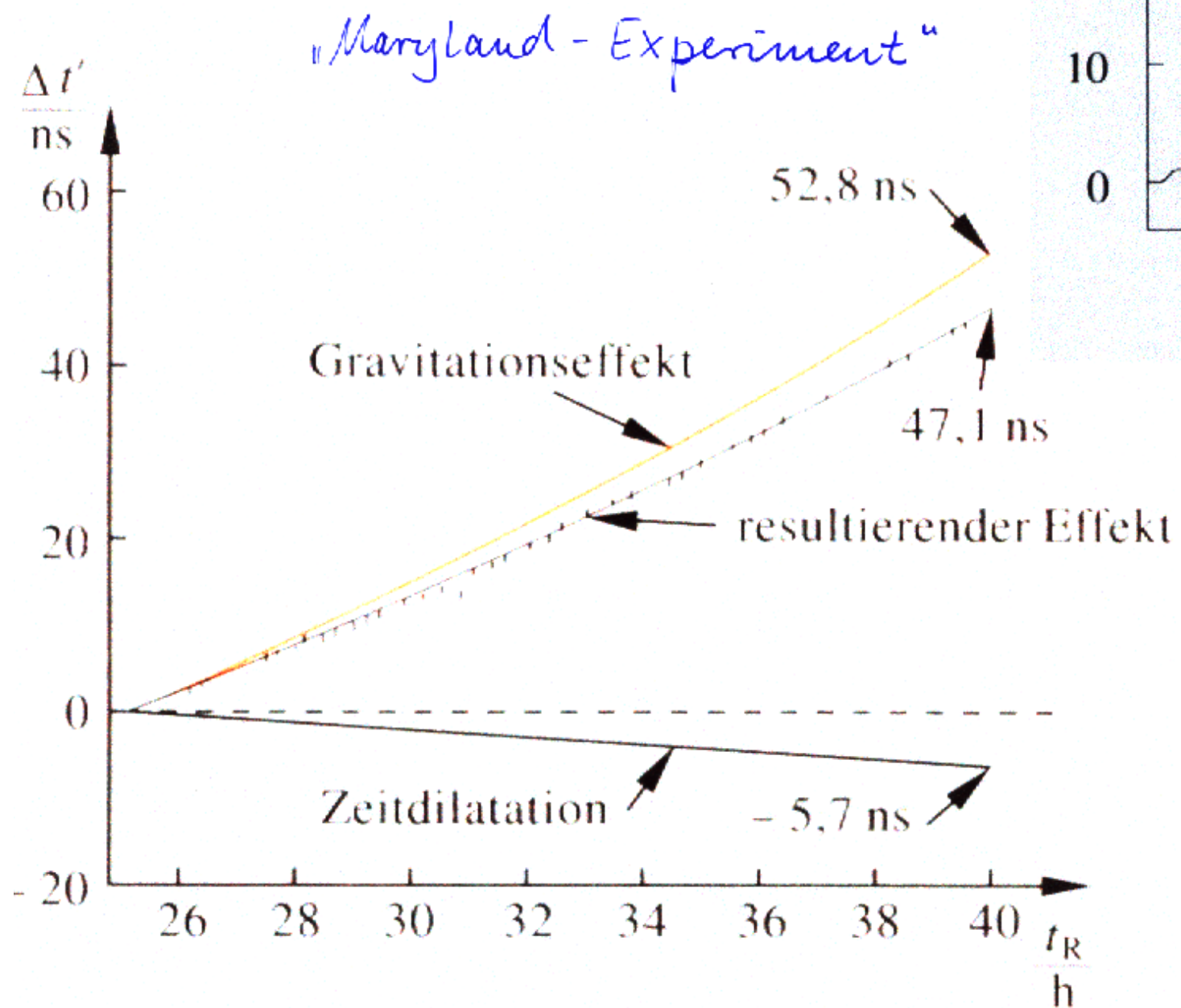
//
Gravitation
-sfeld

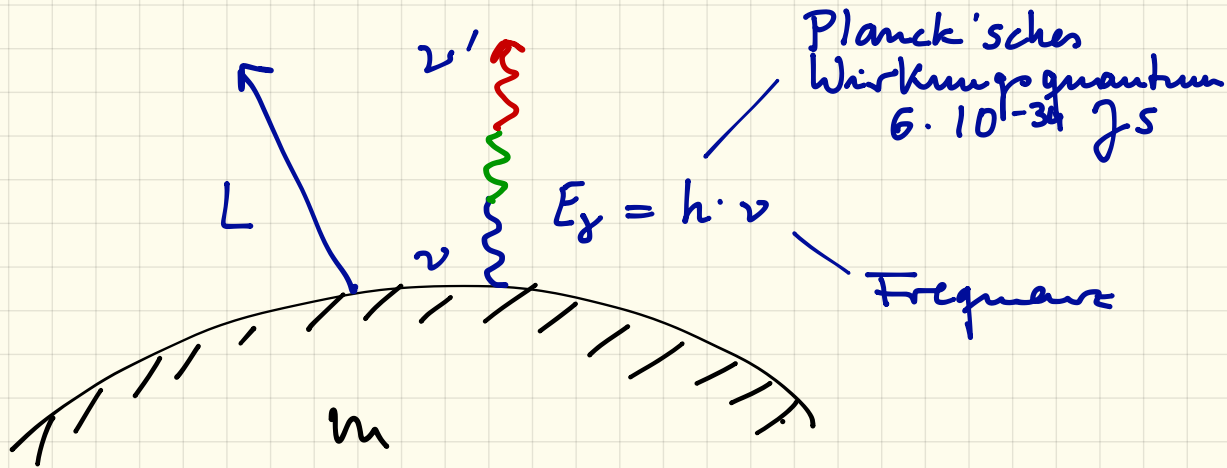
//
Beschleunigung
 $\ddot{x}$



Konsequenzen:

- Lichtablenkung im Gravitationsfeld
- Rotverschiebung -"-
- Periheldrehung des Merkur
- Schwarze Löcher





$$\nu' < \nu$$

interpretiere die Schnelligkeit von
 "fundamentalen" Schwingungs-
 vorgängen als Geschwindigkeit
 des Zeitablaufs!

In der Nähe schwerer Massen gehen Uhren
 langsamer

Schwarze Löcher

Fluchtgeschwindigkeit $V_F = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$

↳ setze $V_F = c \rightarrow c^2 = \frac{2GM}{R}$

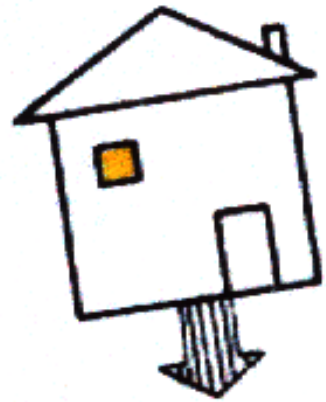
↳ $R_S = \frac{2GM}{c^2}$ "Schwarzschildradius"

R_S (Erde): 9 mm

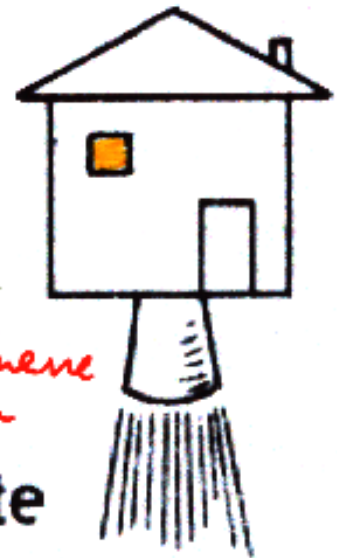
R_S (Sonne): 3 km $\leftarrow$ keine Gefahr

$r_{\text{Stem}} \propto M^{-3}$

frei fallendes Labor:
Inertialsystem



Labor im
freien Raum

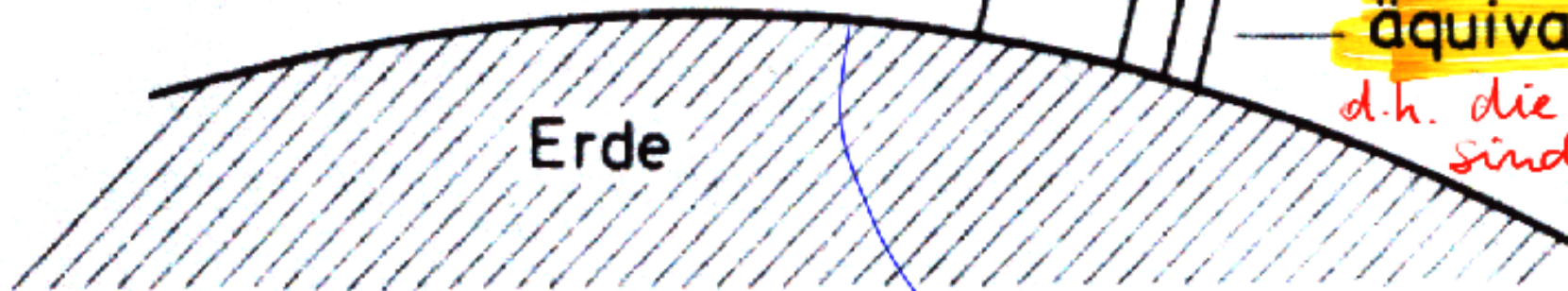


äquivalent!

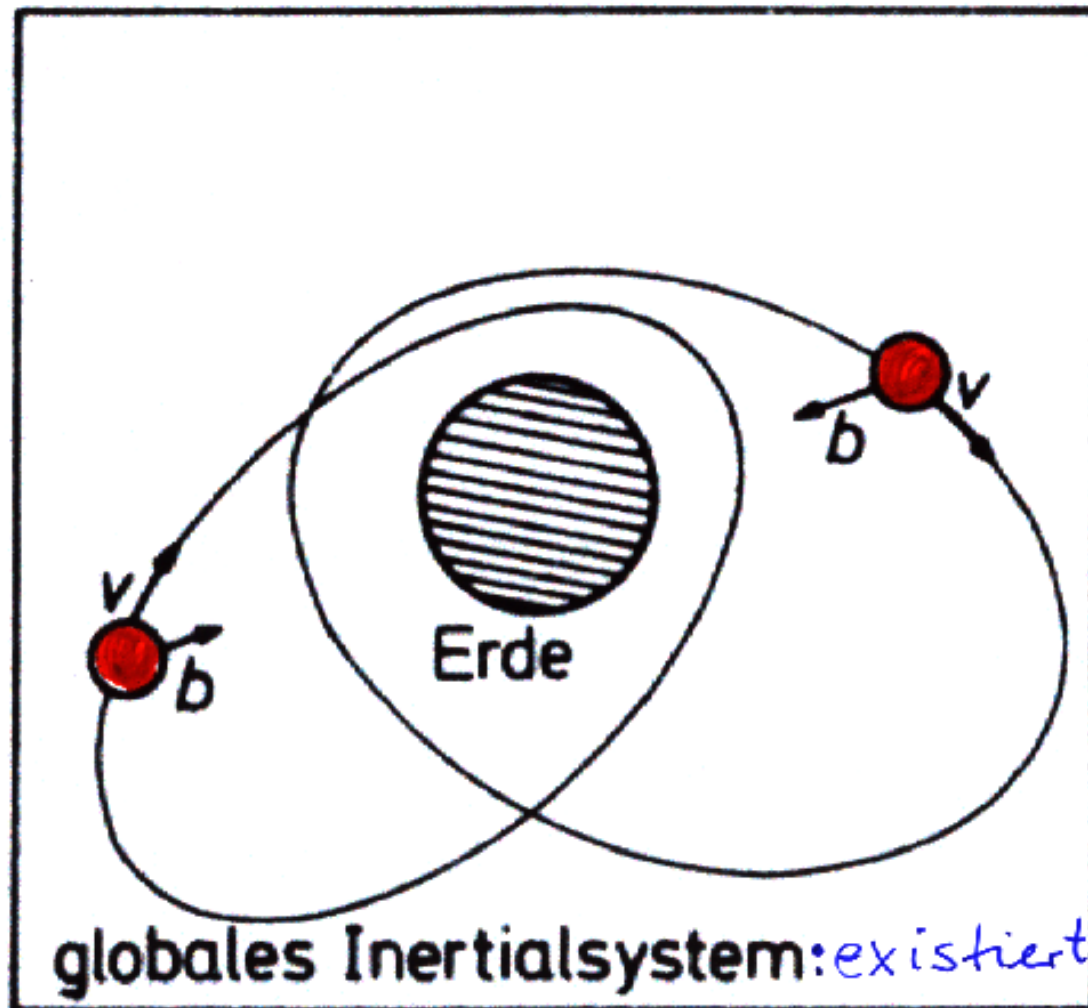
*d.h. die phys. Phänomene
sind die gleichen*

Rakete

Erde

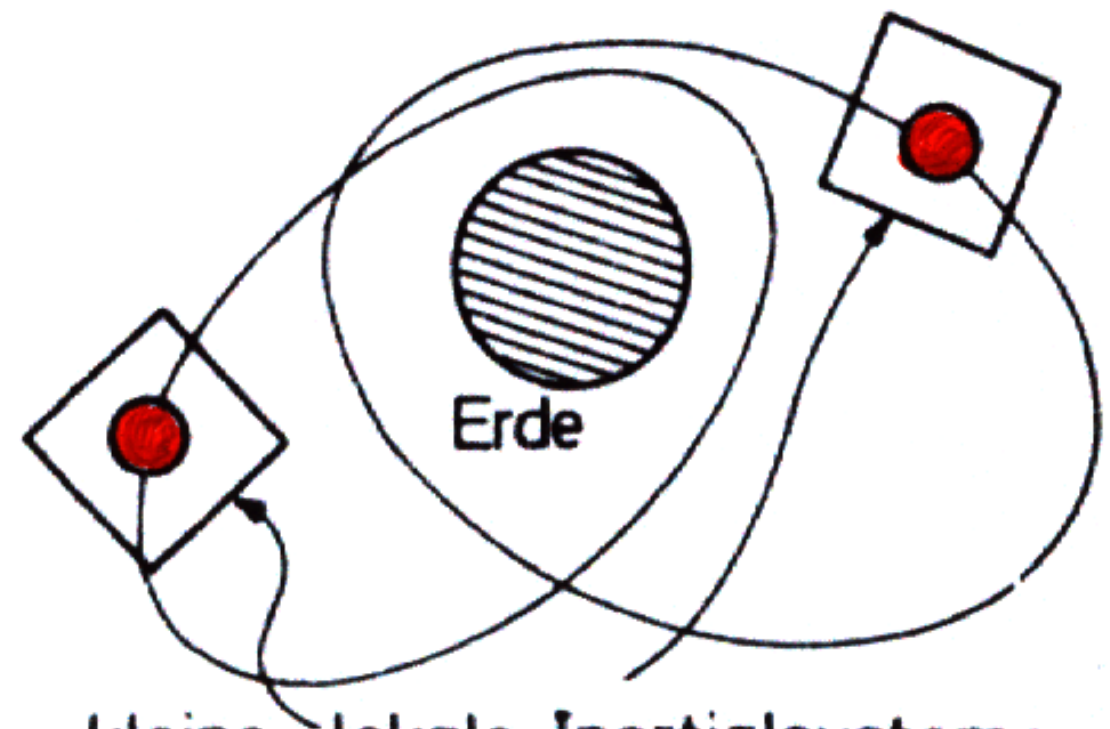


Newton

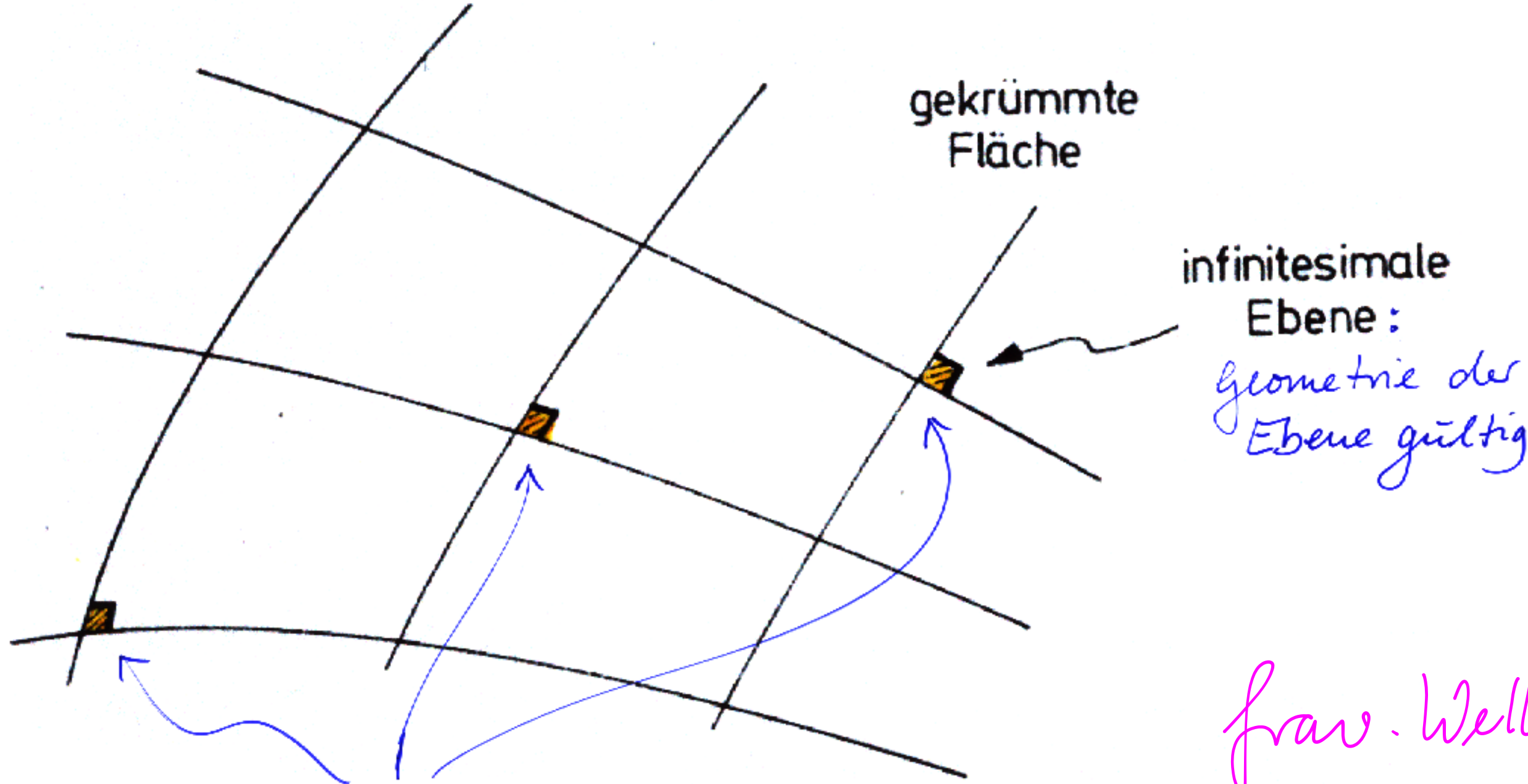


Darin wirken Gravitationskräfte
entsprechend der Massenverteilung
Auf fallende Körper wirkt eine
Kraft

Einstein

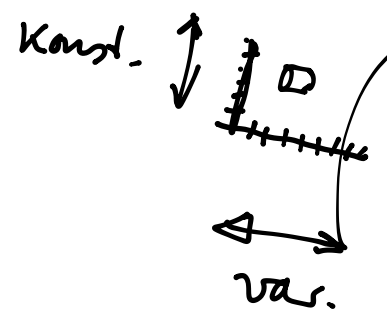
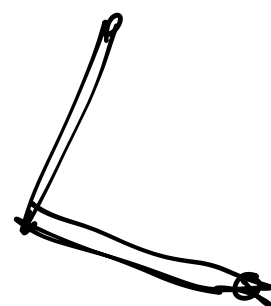


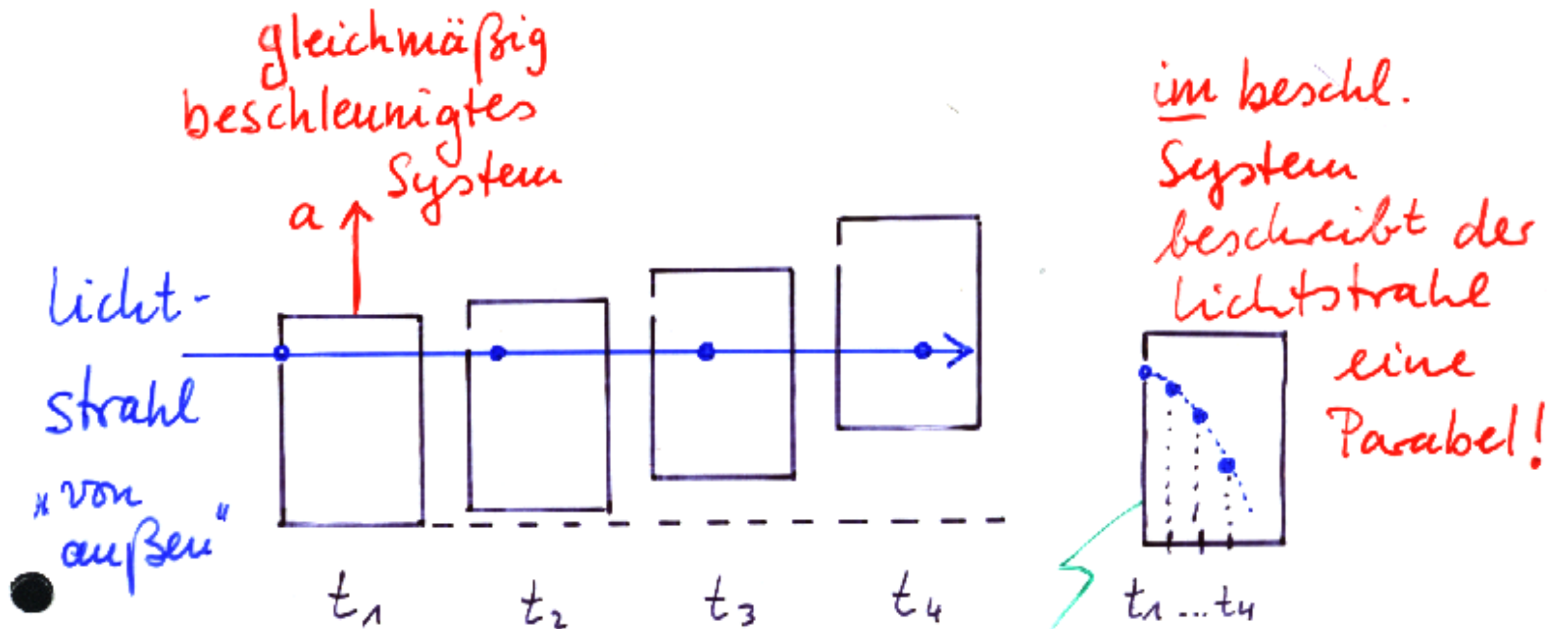
kleine lokale Inertialsysteme :
frei fallend im Gravitationsfeld
Fallende Körper bewegen sich kräftefrei
Massenverteilung $\Rightarrow$ Relation der
Inertialsysteme zueinander



Relation untereinander durch
Art & Stärke der Krümmung
bestimmt

grav. Wellen



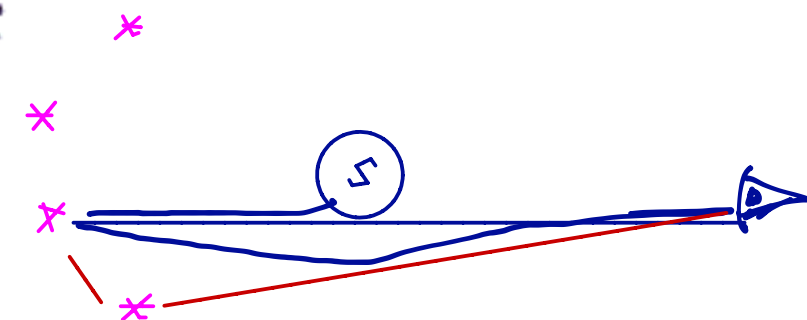


Licht wird im Schwerkfeld abgelenkt



einem System im Gravitationsfeld äquivalent

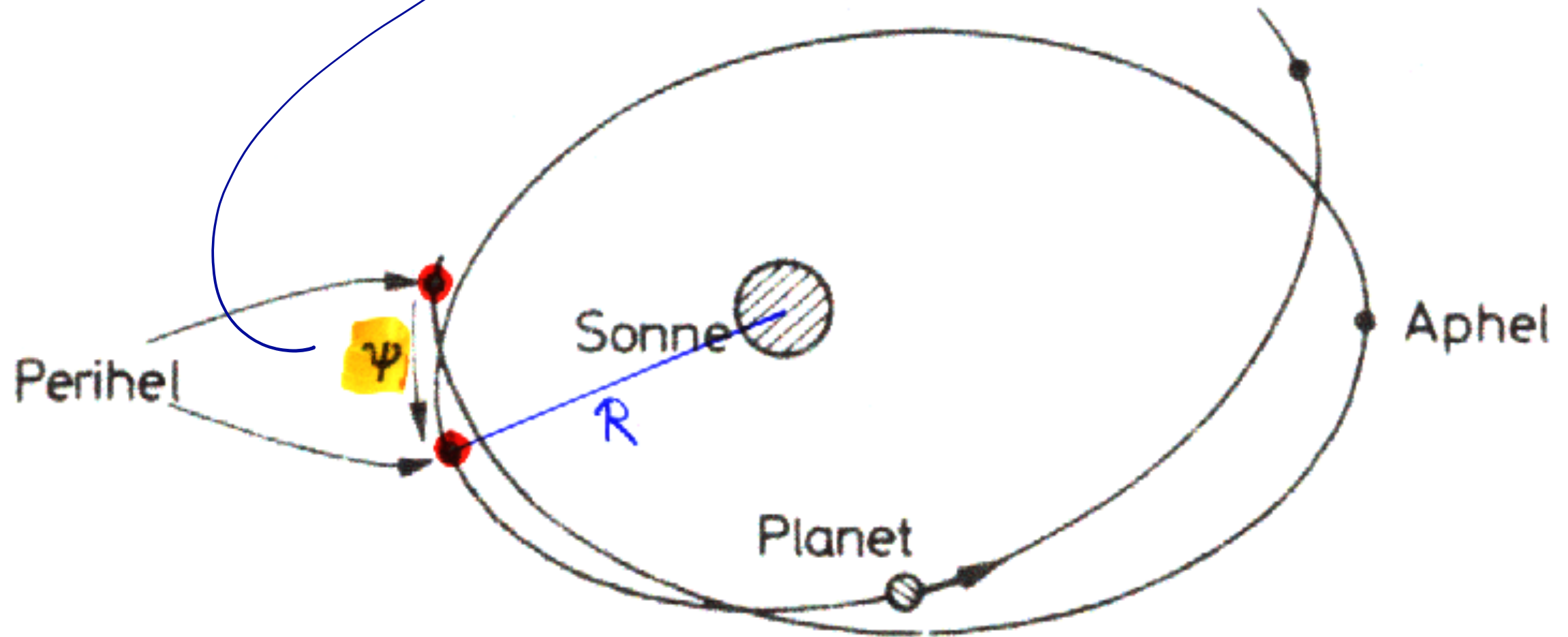
z.B. der Sonne :



Newton: Planetenbahnen sind Ellipsen
Einstein: - " - Rosetten

Kepler, sorry

$\psi = 43,11''$ in 100 Erdjahren
[415 Merkurjahre]

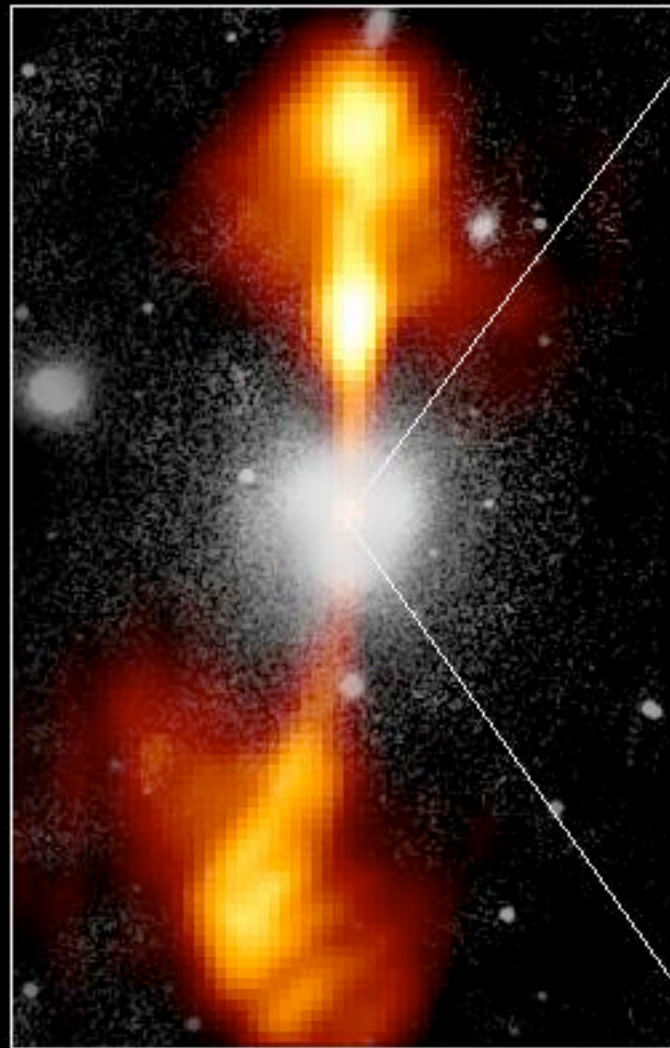


Core of Galaxy NGC 4261

Hubble Space Telescope

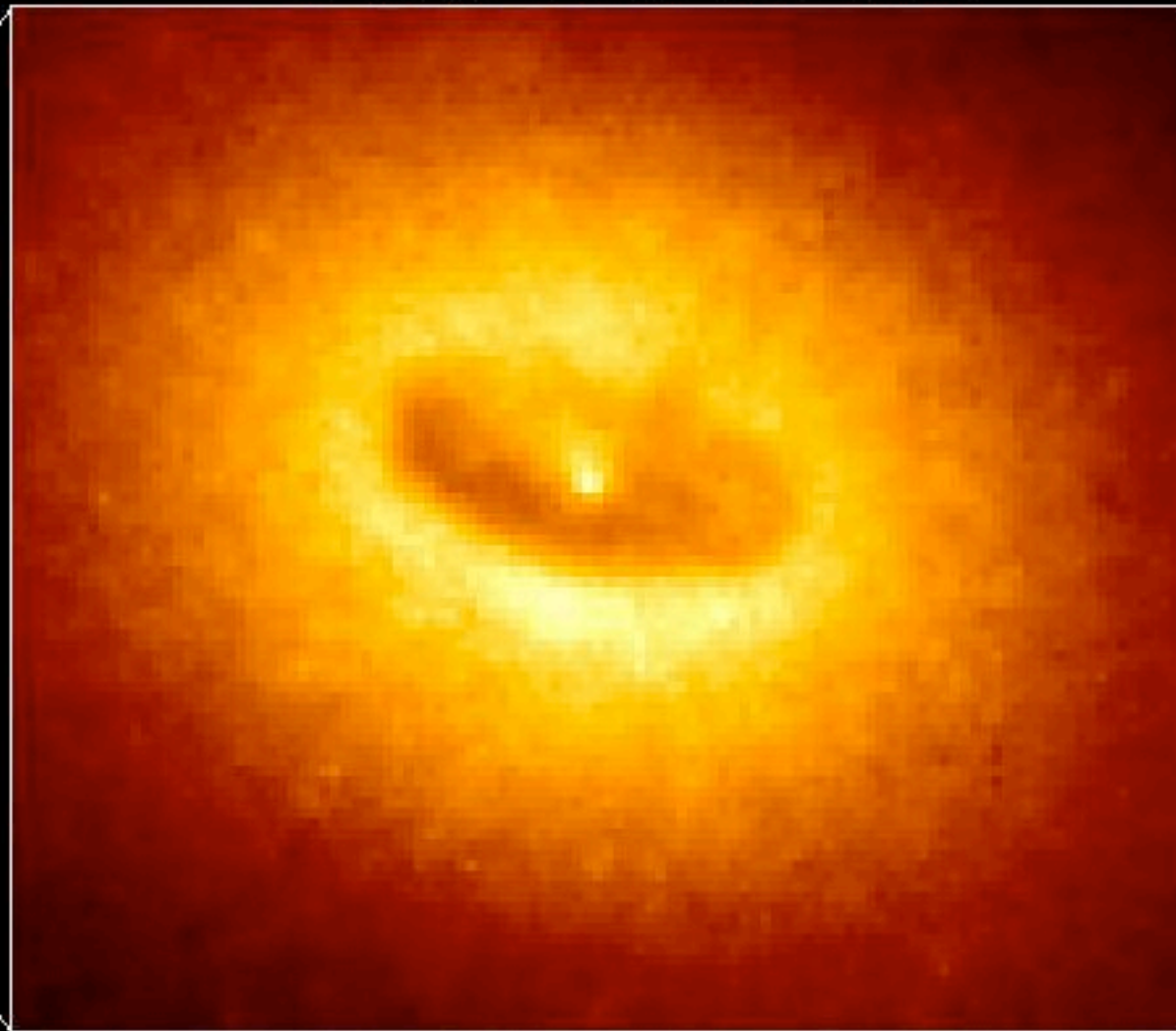
Wide Field / Planetary Camera

Ground-Based Optical/Radio Image

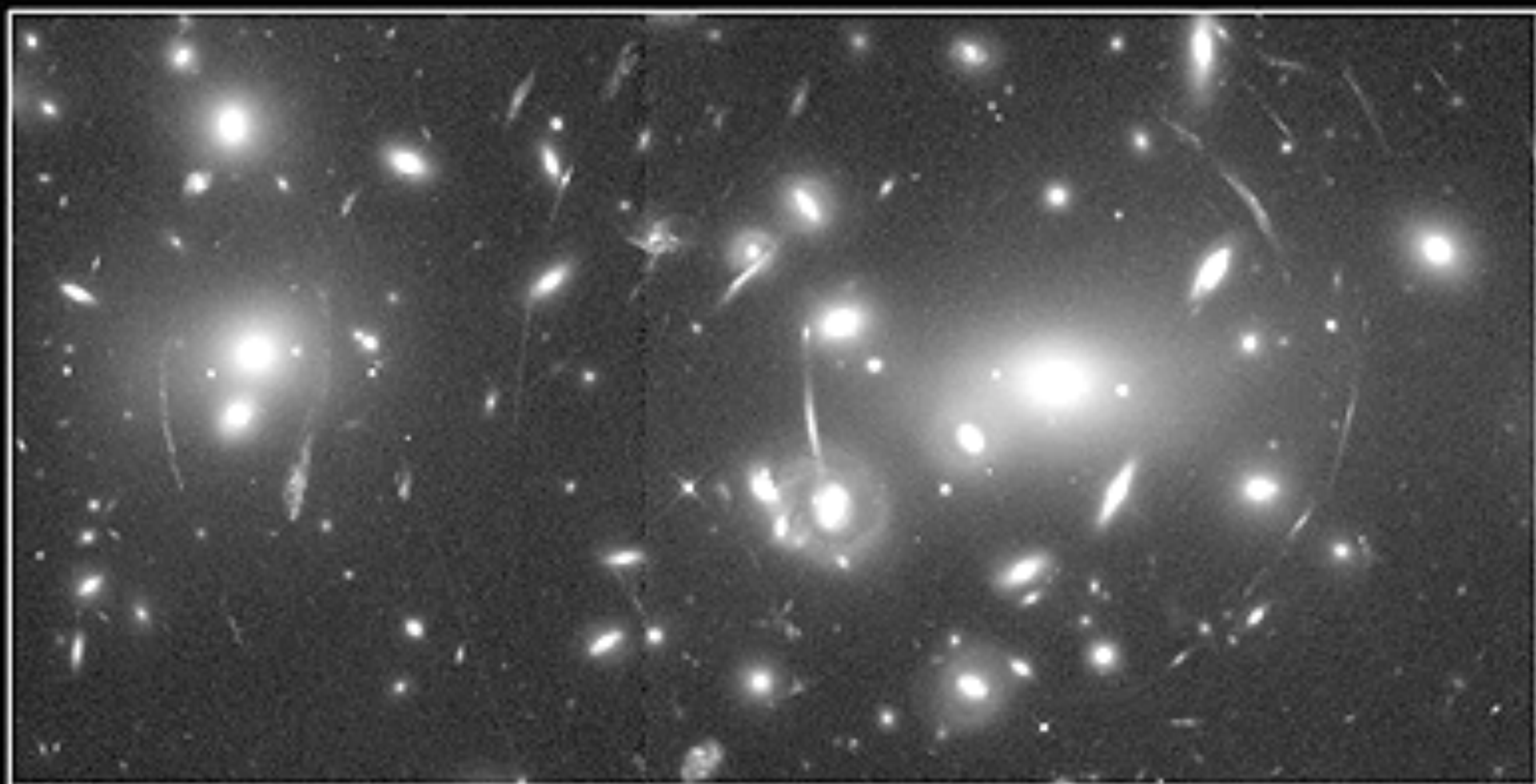


380 Arc Seconds
88,000 LIGHT-YEARS

HST Image of a Gas and Dust Disk

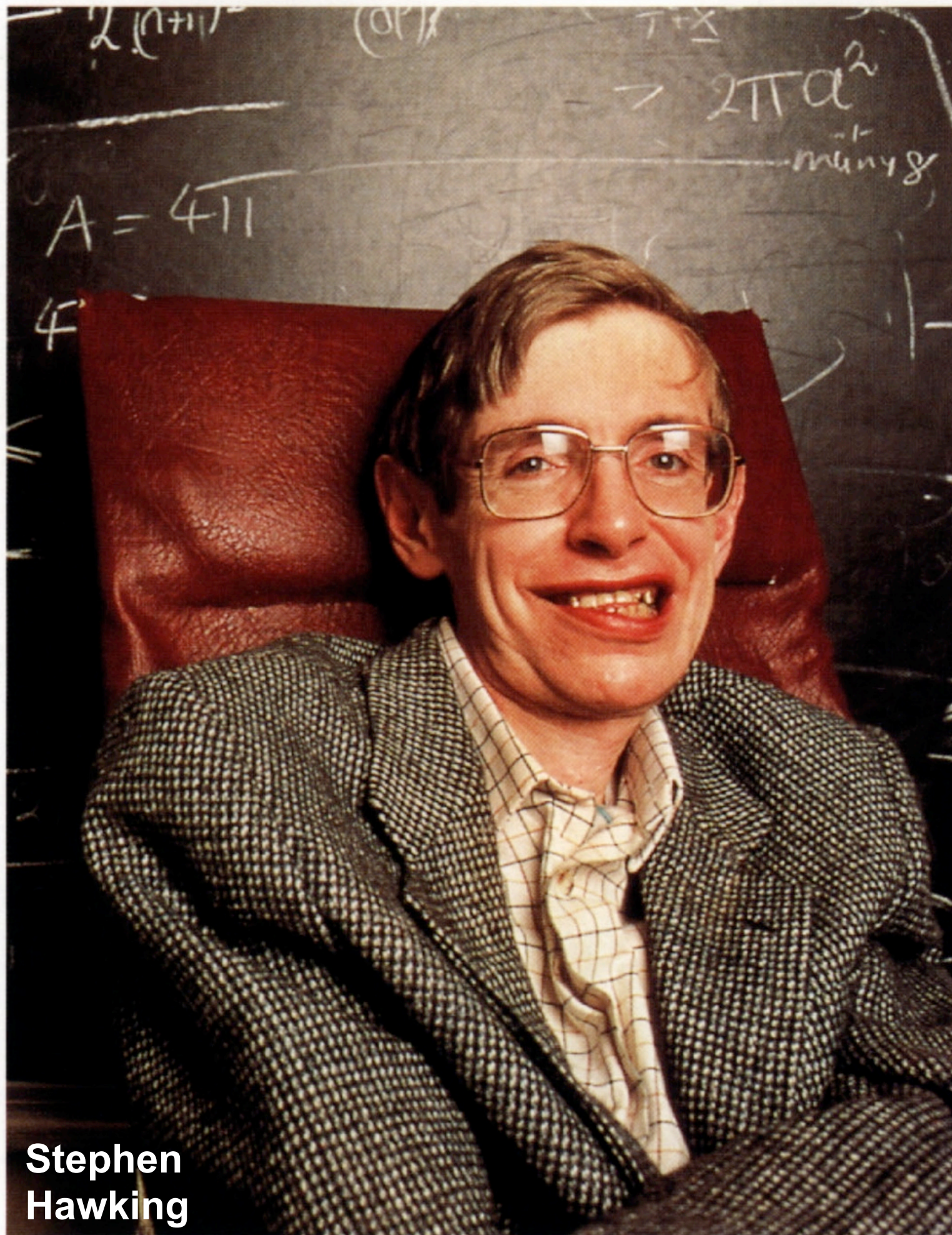


1.7 Arc Seconds
400 LIGHT-YEARS

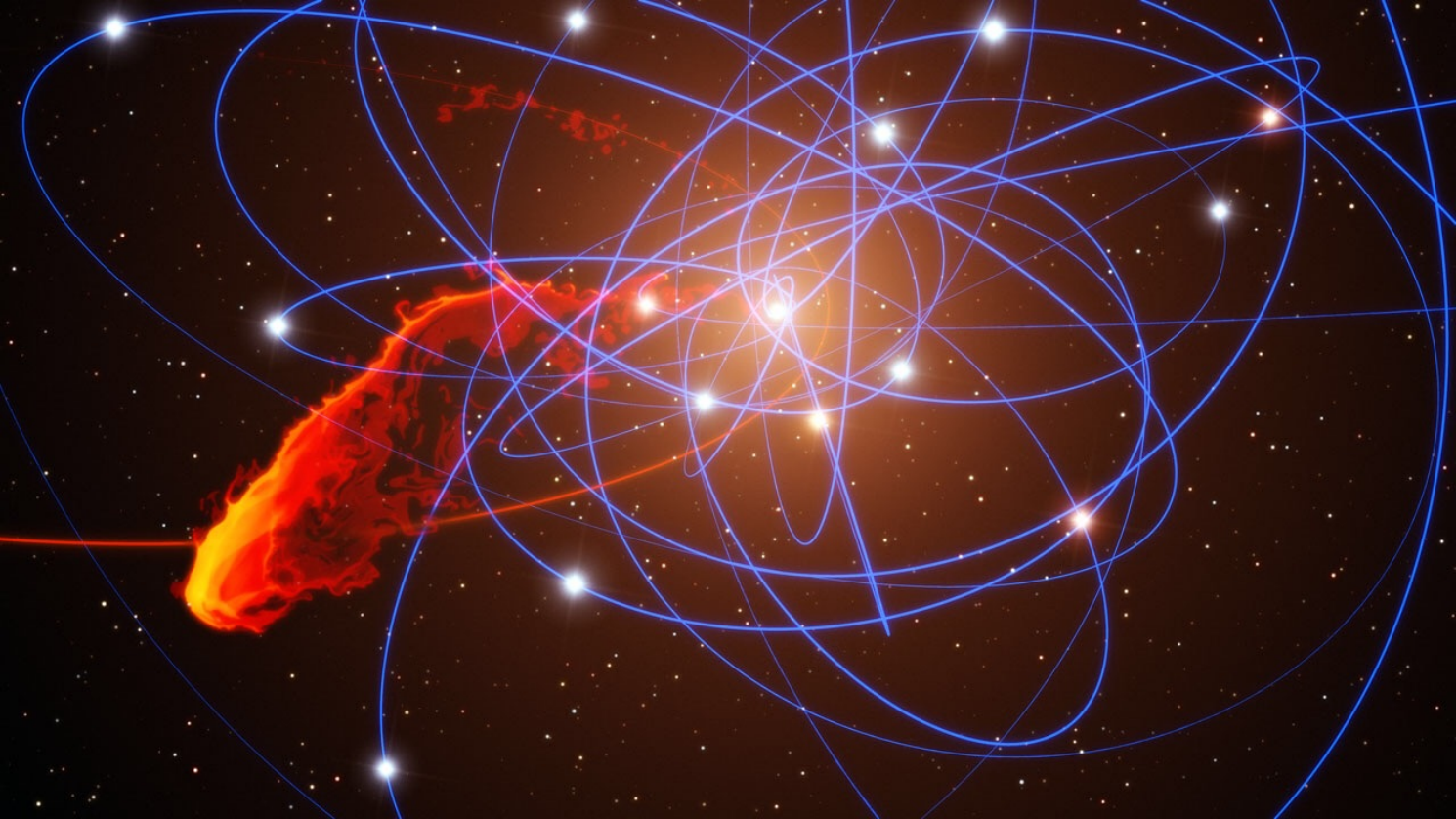


Gravitational Lens in Abell 2218

HST • WFPC2



**Stephen
Hawking**

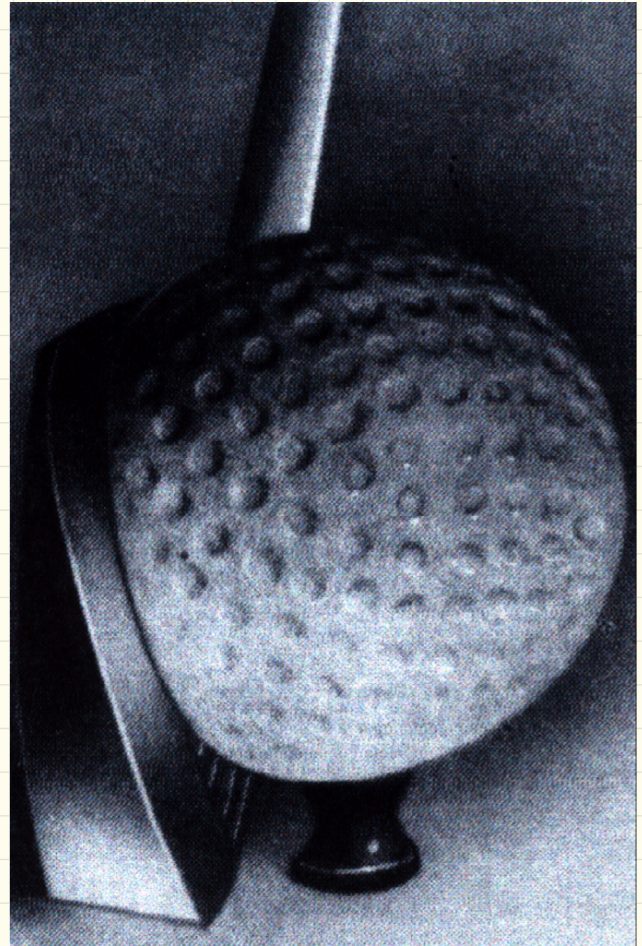


Mechanik deformierbarer Körper

	<u>Volumen</u>	<u>festsetzt</u>
Festkörper	def.	def.
Flüssigkeit	def.	"beliebig"
Gase	bel.	bel.

Elastizität [v. Volumen, festsetzt]

Verformung: Rückbildung nach "hinreichend kleinen" Änderungen



Spannung: $\sigma = F/A$ Zug- oder Druckspannung

Druck: $P = F/A$ $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$

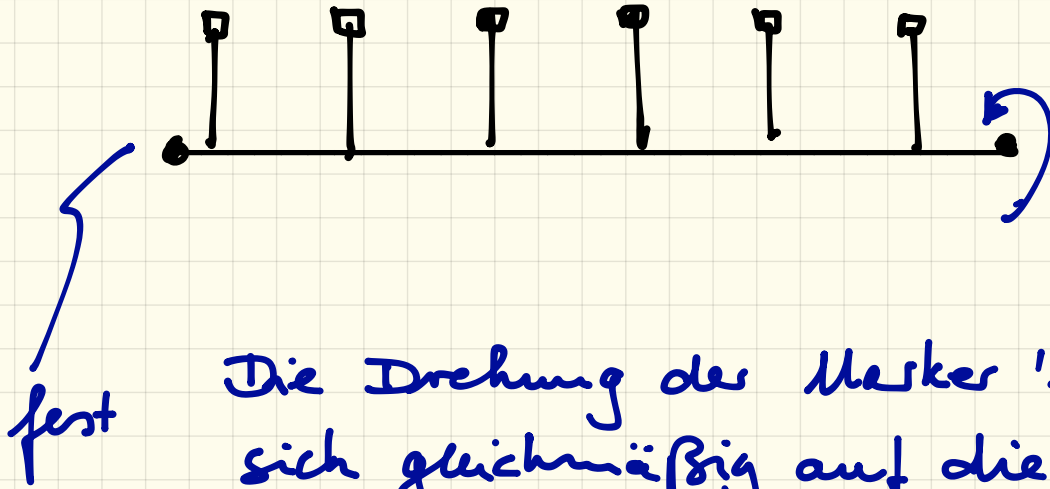
$$\rho = m/V ; \rho(\vec{r}) = dm(\vec{r})/dV$$

Dichte von gasen bezieht sich auf definierte Werte von Druck & Temperatur

Werte: bei $T = 0^\circ \text{C}$ und $P = 1 \text{ atm} = 101 \text{ kPa}$

H_2 : 0.09 kg/m^3 Luft: 1.3 kg/m^3

⚡
Versuch: 6g in flaskkolben



Die Drehung der Marker 'verteilt'
sich gleichmäßig auf die Länge
des eingespannten Stabes.