

Detektion

Nullhypothese: $s(t) = n(t)$ keine GW

alternative Hypothese: $s(t) = n(t) + h_g(t)$ ~~GW an Signal~~ Detektion

~ Hypothesentest, siehe ~~Statistik~~ Wahrscheinlichkeitstheorie

hier: Signal-Rauschverhältnis S/N ~ Signifikanz der Detektion

naive Definition: $\frac{S^2}{\langle n^2 \rangle}$

besser: Verwende "Filter" $\hat{s} = \langle s | h_g \rangle$

~ Projektion des Signals auf Modell h_g (template)

optimaler Filter matched filter
(geometrisch klar)

analog: $N^2 = \langle \hat{s}^2 \rangle - \langle s \rangle^2$ ~~h_g~~ $|_{s=n}$

$= \langle (h_g | n) \rangle - \langle n | h_g \rangle$

Üblatt 12

$= (h_g | h_g)$

Detektion: $\frac{\hat{s}}{N}$ überschreitet eine bestimmte Schwelle

Erwartungswert: $S = \langle \hat{s} \rangle = (h_g | h_g)$
 $\langle n \rangle = 0$

$\sim \frac{S}{N} = \sqrt{(h_g | h_g)}$

$\sim \frac{h}{S_n} \sqrt{T}$ T: Messzeit / Signallänge

Problem: Rauschen ist nicht Gauß'sch

"glitches" müssen in die Analyse einbezogen werden (kompliziert)

codes: [http://lsc.ligo.org/tutoria\(5/](http://lsc.ligo.org/tutoria(5/)

erster Erfolg:

- Binäre schwarze Löcher spalten und verschmelzen
- Gravitationswellenastronomie möglich (Detektor auf der Erde)
- ↳ neues "Fenster" zum Universum

Erwartungen an die GW-Astronomie & Bestimmung der Parameter von GW-Signalen

- Population schwarzer Löcher, Entwicklung zu supermassiven schwarzen Löchern
- Struktur der Neutronensterne, "Berge" auf Neutronen (NS)
- Erklärung der Gammablitz (Supernovae, Verschmelzen schwarzer Neutronensterne)
- Multi-messenger astronomy (auch Neutrinos) - Test der Gravitationstheorie (z.B. Masse der Gravitonen)

Quellen:

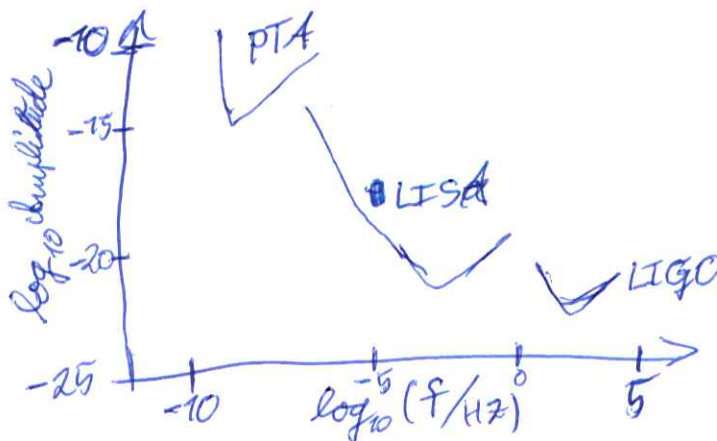
- Binärsysteme mit schwarzen Löchern / Neutronensternen
- Berge auf Neutronensternen
- Supernovae (muss sphärisch stattfinden) ≈ monochromatische GW, Ü. Blatt 10
- Urknall
- Überraschungen

↳ Es gab viele Überraschungen im elektromagnetischen Spektrum (µ Wellen Hintergrund, Pulsare, Blitze)

(dunkles Universum, dunkle mat. = 9x sichtbar) (nur 9% sichtbar)

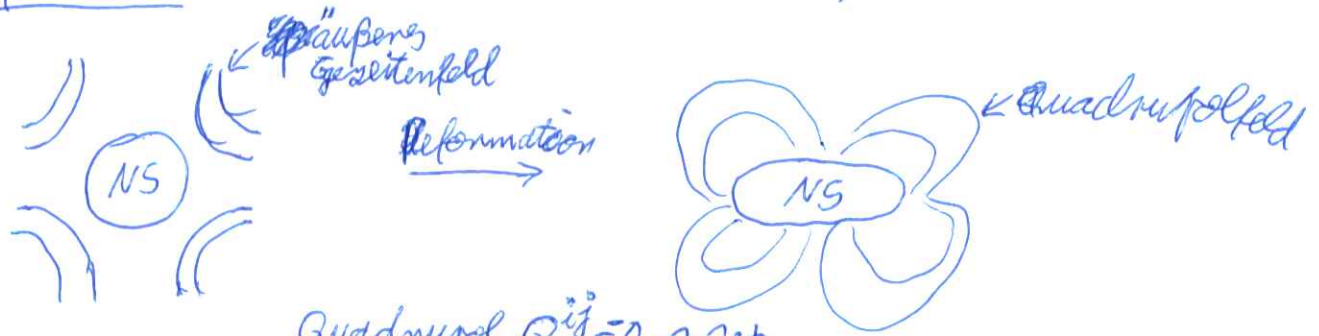
Zukunft:

- mehr Detektoren der 2. Generation
2016/17 Virgo
ca 2018 Kagra (Japan)
? LIGO India
- Designempfindlichkeit von LIGO ^{wird} ca 2021 erreicht
- Pulsar Timing Array (PTA) 2020er (auch mit SKA)
- LISA Weltraummission 2034 ^{"Square Kilometre Array"}
- "Dritte Generation" an Observatorien? (10-30 km)



Zusatzmaterial

Deformation von Neutronensternen in Binärsystemen (NS)



Quadrupol $Q^{ij} = \lambda \cdot \partial_i \partial_j \Phi$
 ↑
 Deformierbarkeit
 ← Newton'sches Potential

Wechselwirkungsenergie \sim Hamiltonfunktion

$$H_{\text{Gezeiten}} = -\frac{3}{2} \lambda \frac{m_2^2}{r^6} + (1 \leftrightarrow 2)$$

$\lambda/R_{NS}^5 \sim 0,1$ R_{NS} : Radius des NS

Spinwechselwirkungen

Spin-Orbit-Hamiltonfunktion

$$H_{SO} = \frac{1}{r^3} \vec{L} \cdot \vec{S}_1 \left(2 + \frac{3}{2} \frac{m_2}{m_1} \right) + (1 \leftrightarrow 2)$$

(analog zur Atomphysik)

Poisson-Klammern: $\{S_1^i, S_1^j\} = \epsilon^{ijk} S_1^k$

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{\Omega}_{SO} \times \vec{L} \quad \text{mit} \quad \vec{\Omega}_{SO} = \frac{1}{r^3} \vec{S}_1 \left(2 + \frac{3}{2} \frac{m_2}{m_1} \right)$$

↳ Orbitalebene präzediert

↳ Amplitudenmodulation in dep. GW