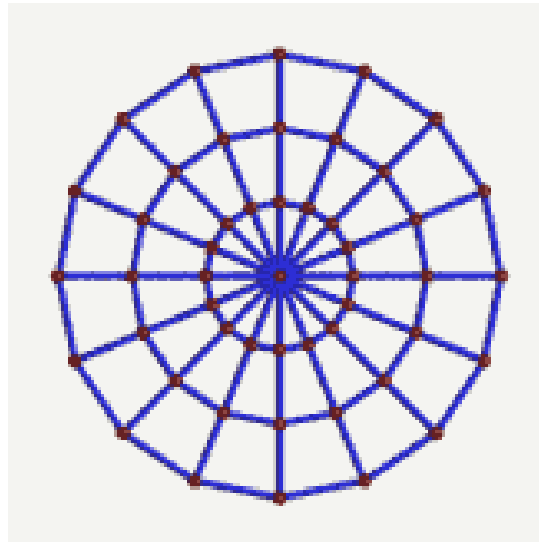


Gravitationswellen



Messtechnik

Michelson-Interferometer:

- Unter dem Einfluss einer Gravitationswelle ändert sich das detektierte Signal

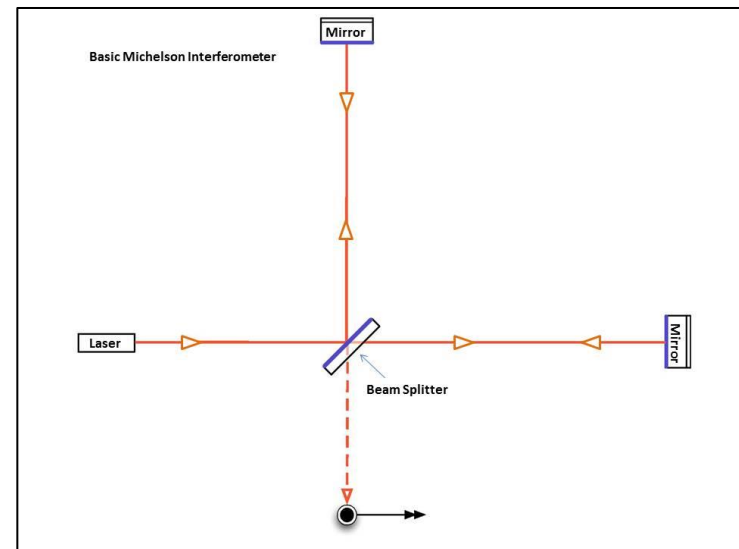
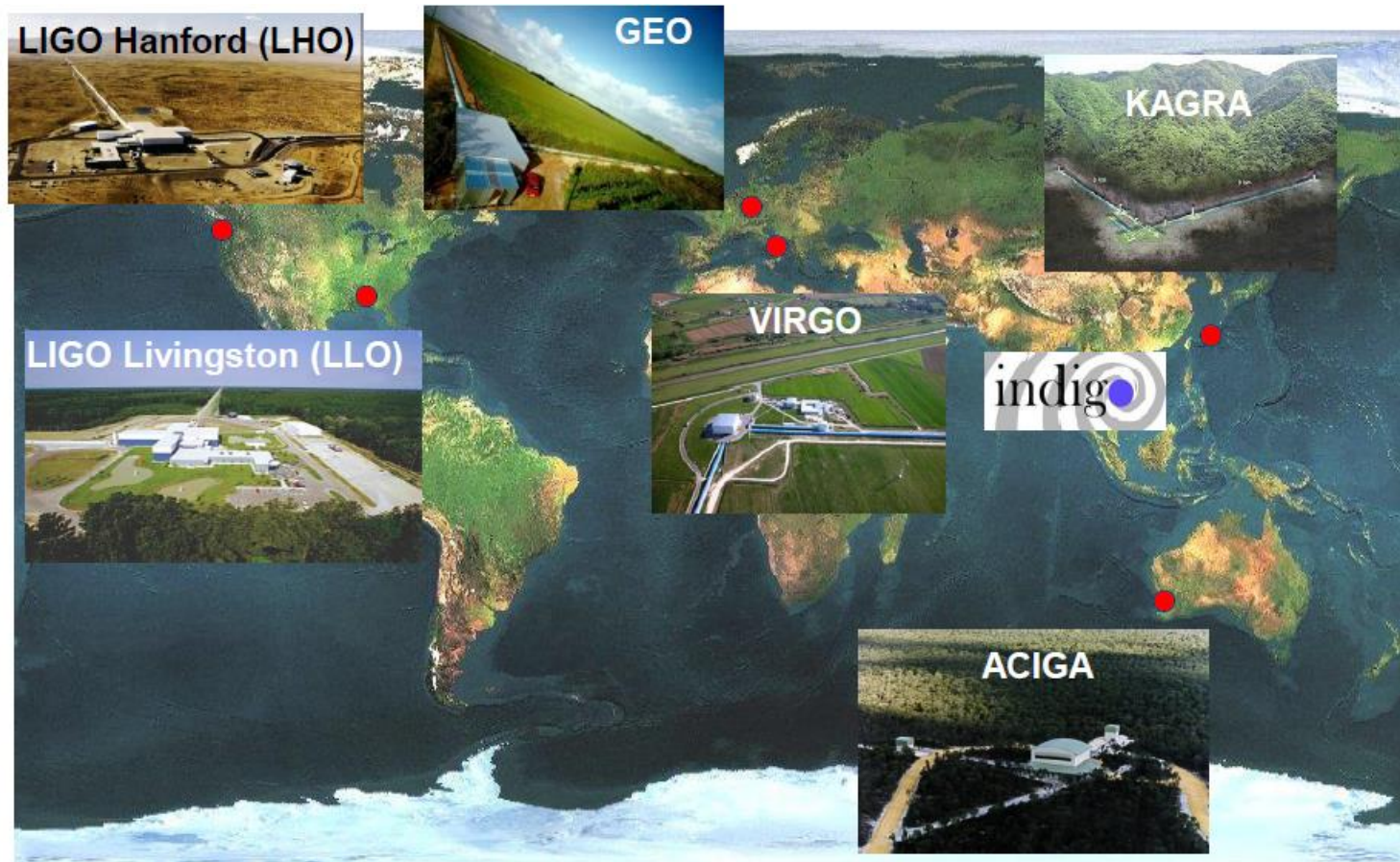


Bild: ligo.caltech.edu

Detektoren



LIGO

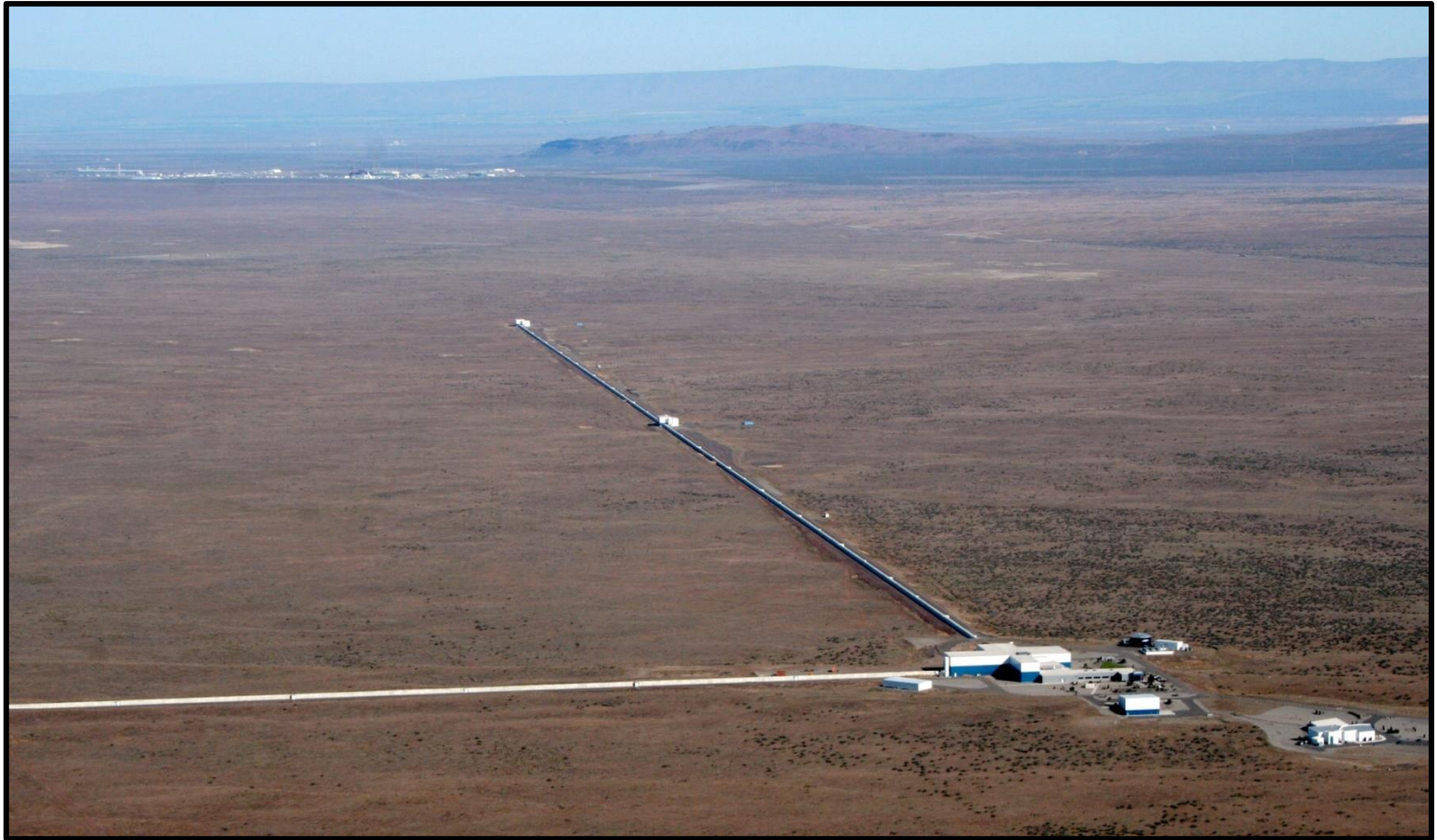


Bild: ligo.caltech.edu

LIGO – technische Daten

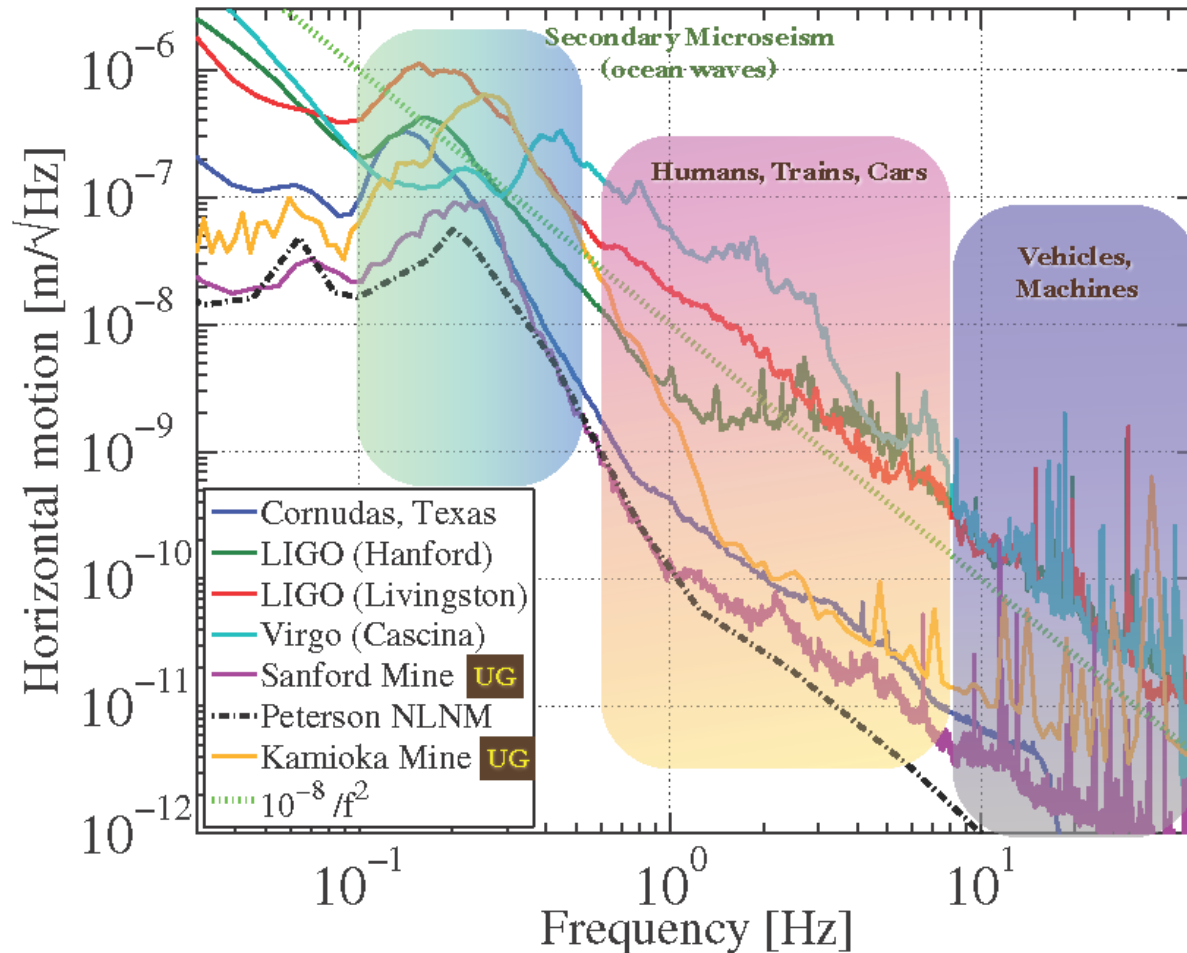
- Armlänge: 4 km
- Lichtweg: 1600 km
- Kann relative Längenunterschiede von 10^{-22} messen
 - 10^{-3} eines Proton-Durchmessers
 - 1 AU auf ein H-Atom genau

Um diese Genauigkeit zu erreichen, muss eine Vielzahl von Störfaktoren ausgeglichen werden

Störfaktoren/“Noise“

- Seismische Einflüsse (Seismic noise)
- Quantenphysik-Einflüsse (Quantum noise)
- Thermische Einflüsse (Thermal noise)

Seismische Einflüsse



Seismische Einflüsse

- Erdbeben
- Ozeane
- Maschinen, Fahrzeuge
- Vulkanismus

Seismische Einflüsse

- Aktiver Ausgleich (Gegenbewegung)
 - Niedrige Frequenzen
- Passiver Ausgleich
 - Mehrfachpendel, Aufhängung
- Spiegelgewicht (ca. 40 kg)

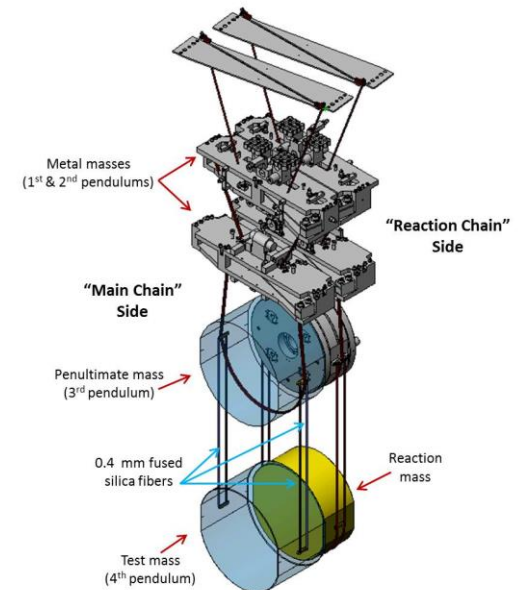


Bild: ligo.caltech.edu

Seismische Einflüsse

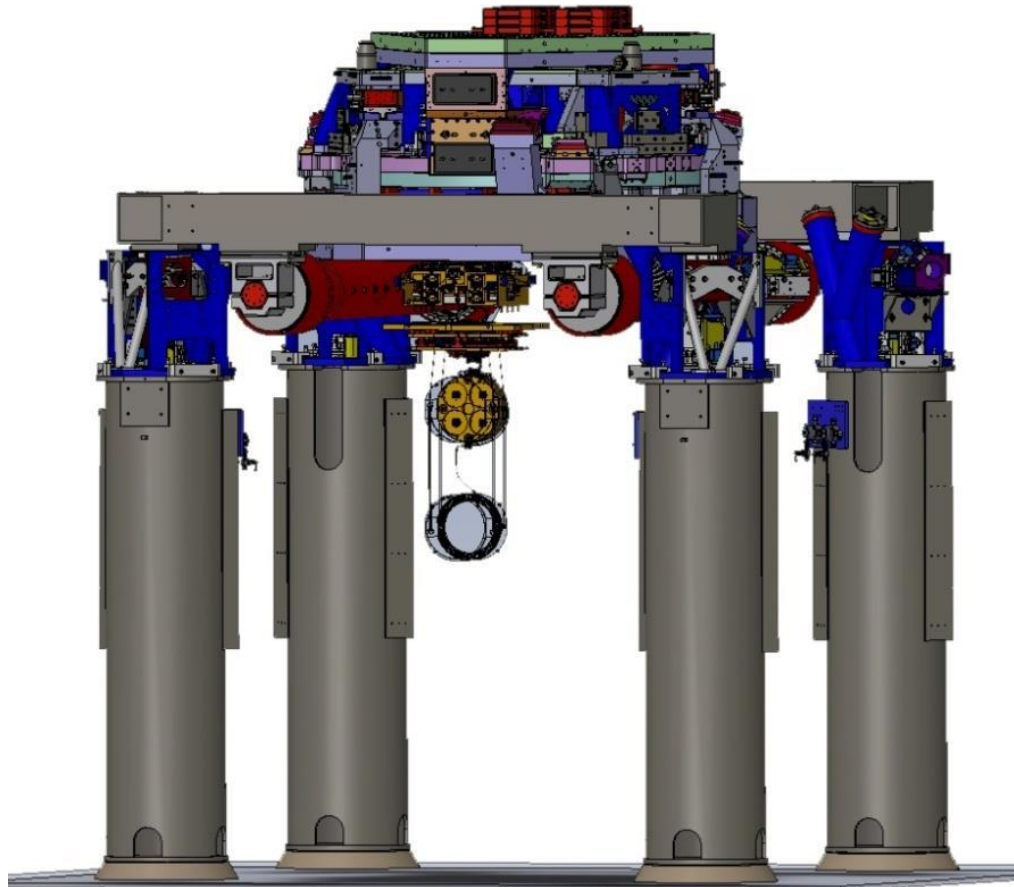


Bild: Giles Hammond, Glasgow, privat

Quantenphysikalische Einflüsse

- Schrotrauschen
 - „Prasseln“ der LASER-Photonen
- Versuch: Kugelprasseln auf Balkenwaage

Quantenphysikalische Einflüsse

- Schrotrauschen
 - „Prasseln“ der LASER-Photonen
- Hohe LASER-Leistung nötig, um den Einfluss von Ungleichmäßigkeiten zu minimieren

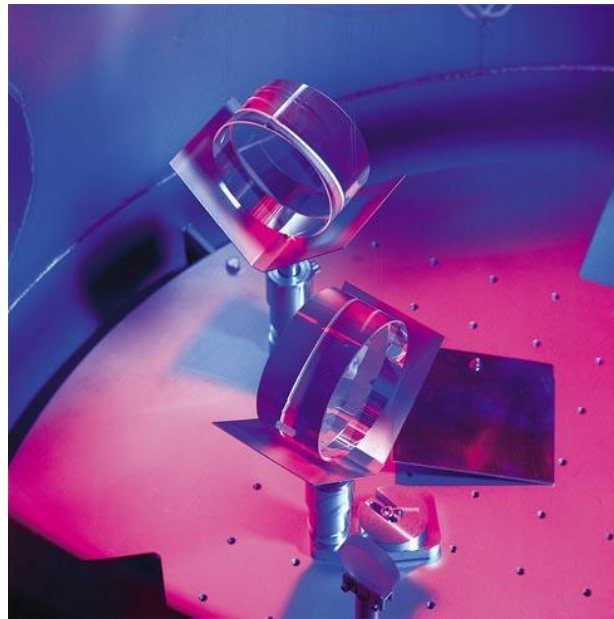
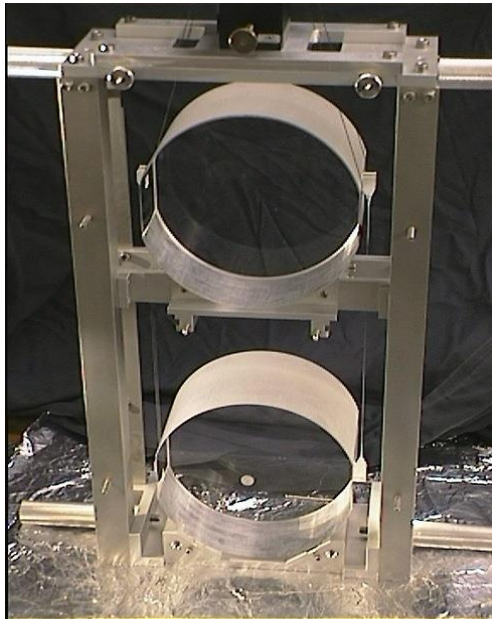
Thermische Einflüsse

- Brownsche Bewegung
- Erwärmung der Spiegel durch LASER
 - Ausdehnung, Verformungen
- Temperaturschwankungen

Thermische Einflüsse

Ausgleich:

- Spezielle Materialien (Spiegel, Aufhängung)
 - „Fused silica“, Saphir



Thermische Einflüsse

Ausgleich:

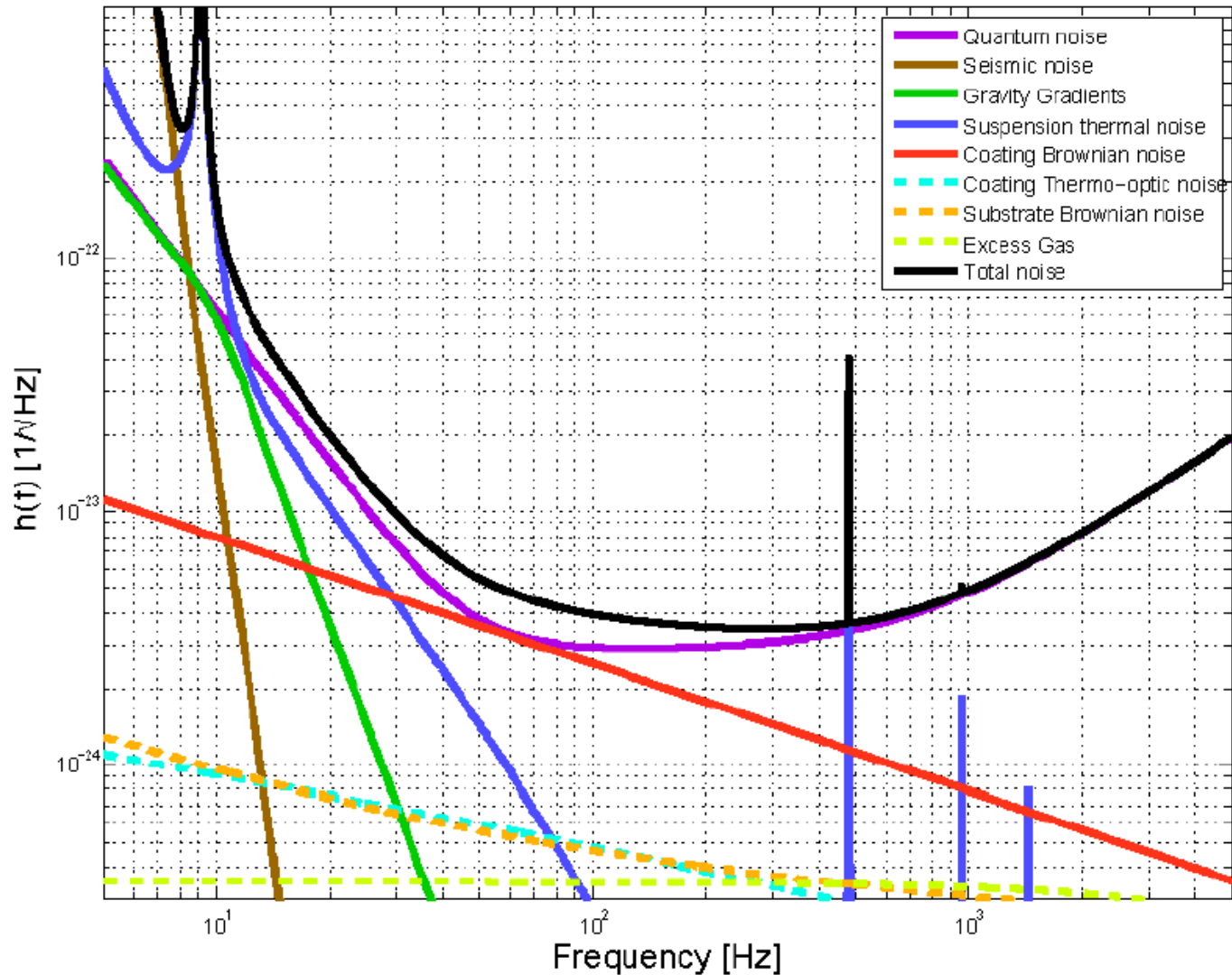
- Spezielle Materialien (Spiegel, Aufhängung)
 - „Fused silica“, Saphir
- Materialreinheit
 - Reduzierung der inneren Freiheitsgrade
- Möglichst kleine LASER-Leistung
 - Abwägen zwischen Schrotrauschen und Erwärmung (LIGO: 200 W)

Vakuum

- Vakuum benötigt, um:
 - Einflüsse von Staubteilchen zu minimieren
 - Erwärmung der Spiegel/Bauteile zu verhindern



Noise



Links

- LIGO-Seiten
 - <https://ligo.caltech.edu/LA>
 - <https://ligo.caltech.edu/WA>
- Classroom-Activities
 - <https://ligo.caltech.edu/WA/page/classroom-activities>
- GW-optics (Erklärungen, Bilder, Simulationen, Spiele,...)
 - <http://www.gwoptics.org/>
- Space-Time-Quest
 - http://www.gwoptics.org/processing/space_time_quest/

Space-Time-Quest



The City

The city of 'Nantwhistle' is a highly developed metropolis. Building work and an extensive train network means that there will be a lot of vibrations which could affect your detector. The local government is willing to invest heavily into gravitational wave research but the cost of land here is very expensive. Expertise and support are available from the University of Tinango and local technology firms.

Noise: ★☆☆☆☆

Budget: ★★☆☆☆

Support: ★★★★★

Next

Space-Time-Quest



Space-Time-Quest



Viel Spaß!!