

- Helium—Neon—Laser
- Anwendungsbeispiel für Laser:  
Detektion von Gravitationswellen

## He-Ne-Laser

- Mischungsverhältnis Helium:Neon zwischen 5:1 und 9:1
  - 5:1 optimal für 632,8nm—Linie, entsprechend des Neonübergangs 3s zu 2p
  - 9:1 optimal für 1,15  $\mu\text{m}$ —Linie, entsprechend des Neonübergangs 2s zu 2p
- Helium für Stoßanregung der Ne-Atomen über Stöße 2. Art

## Anregungsschema

- He von Elektronen angeregt
- angeregte Zustände metastabil
- Energieniveaus haben ungefähr Energie der 3s bzw 2s Niveaus des Ne
- resonanter (d.h. schneller, vollständiger) Energieaustausch
- 2p zu 1s Übergang schnell
- 1s ist metastabiler Zustand, aber Energieabgabe erfolgt durch Diffusion und Stöße mit der Wand

## Laserleistung

- Übergang 2p zu 1s ist ein Strahlungsübergang, daher wird 2p auch von den Elektronen angeregt, d.h. höherer Strom führt nur begrenzt zu höherem Verstärkfaktor
- He-Ne-Laser erreicht nur niedrige Ausgangsleistungen (typischerweise einige  $mW$ )

## Laseraufbau

- Gasentladungsröhre gefüllt mit He-Ne Gemisch zwischen 2 Spiegeln
- enger Röhrenquerschnitte, da 1s Zustand metastabil, Stöße mit der Röhrenwand sind erwünscht
- Röhrenende im Brewsterwinkel, 100% Durchlaßwahrscheinlichkeit für Licht mit E-Feld polarisiert in Ebene des Lichteinfalls, dies führt zu minimalen Verlusten

## Gravitationswellen

- vorhergesagt durch Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie
- beschleunigte Massen geben Gravitationswellen ab
- Verformung der Raumzeit, d.h. Änderung  $\delta l$  des Abstands  $l$  zwischen 2 Testmassen
- Existenz noch unbestätigt
- geben Informationen über energiereiche Vorgänge und früheste Anfänge des Universums

- großes Frequenzspektrum, Nachweis am aussichtsreichsten für  $10^{-4} - 10^4 \text{ Hz}$
- Maß für die Stärke:  $h = \frac{2\delta l}{l}$   
typische Größe:  $\frac{\delta l}{l} = 10^{-21}$
- Nachweis z.B. über Michelson-Laser-Interferometer
- Lichtweg möglichst groß, Optimum bei  $l = \frac{\lambda}{2}$   
bei  $f = 1 \text{ kHz}$ , ergibt sich  $l = 150 \text{ km}$
- Fabry-Perot-Interferometer in den Armen des Michelson-Interferometers, dadurch ist die nötige Armlänge nur noch einige hundert Meter

# Interferometer zum Gravitationswellennachweis

- Messung mit Nullmethode:  
in Normalstellung Dunkelheit am Ausgang
- Armlängenänderung verursacht Helligkeitsschwankungen
- Photozelle mißt diese Helligkeitsschwankungen
- Problem: viele Störungen verändern optische Weglänge ebenfalls
- Spiegel, Strahlteiler müssen hohe optischen Qualität haben

## mögliche Störquellen

- Änderungen in der Luftdichte im Interferometer
- Erschütterungen des Bodens
- Wärmebewegung der Atome in den Spiegeln

## Verringerung der Störquellen

- UHV
- Schwingungsdämpfung
- Resonanzfrequenzen der Spiegel weit außerhalb der zu beobachtenden Frequenzen
- Koinzidenzen mehrere Interferometer an verschiedenen Orten helfen echte Gravitationswellen von lokalen Störungen zu unterscheiden

# Projekte zur Gravitationswellenentdeckung

- LIGO

2 Interferometer in den USA, Meßbeginn  
2001/2002

- VIRGO

Italien, Meßbeginn 2002

- GEO 600

deutsch-britisches Gemeinschaftsprojekt,  
Meßbeginn 2001

- TAMA

Japan, Meßbeginn 2000

- Helium—Neon—Laser
- Anwendungsbeispiel für Laser:  
Detektion von Gravitationswellen

## Gravitationswellen

- vorhergesagt durch Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie
- beschleunigte Massen geben Gravitationswellen ab
- Verformung der Raumzeit, d.h. Änderung  $\delta l$  des Abstands  $l$  zwischen 2 Testmassen
- Existenz noch unbestätigt
- geben Informationen über energiereiche Vorgänge und früheste Anfänge des Universums

- großes Frequenzspektrum, Nachweis am aussichtsreichsten für  $10^{-4} - 10^4 \text{ Hz}$
- Maß für die Stärke:  $h = \frac{2\delta l}{l}$   
typische Größe:  $\frac{\delta l}{l} = 10^{-21}$
- Nachweis z.B. über Michelson-Laser-Interferometer
- Lichtweg möglichst groß, Optimum bei  $l = \frac{\lambda}{2}$   
bei  $f = 1 \text{ kHz}$ , ergibt sich  $l = 150 \text{ km}$
- Fabry-Perot-Interferometer in den Armen des Michelson-Interferometers, dadurch ist die nötige Armlänge nur noch einige hundert Meter

# Interferometer zum Gravitationswellennachweis

- Messung mit Nullmethode:  
in Normalstellung Dunkelheit am Ausgang
- Armlängenänderung verursacht Helligkeitsschwankungen
- Photozelle mißt diese Helligkeitsschwankungen
- Problem: viele Störungen verändern optische Weglänge ebenfalls
- Spiegel, Strahlteiler müssen hohe optischen Qualität haben

## mögliche Störquellen

- Änderungen in der Luftdichte im Interferometer
- Erschütterungen des Bodens
- Wärmebewegung der Atome in den Spiegeln

## Verringerung der Störquellen

- UHV
- Schwingungsdämpfung
- Resonanzfrequenzen der Spiegel weit außerhalb der zu beobachtenden Frequenzen
- Koinzidenzen mehrere Interferometer an verschiedenen Orten helfen echte Gravitationswellen von lokalen Störungen zu unterscheiden

# Projekte zur Gravitationswellenentdeckung

- LIGO

2 Interferometer in den USA, Meßbeginn  
2001/2002

- VIRGO

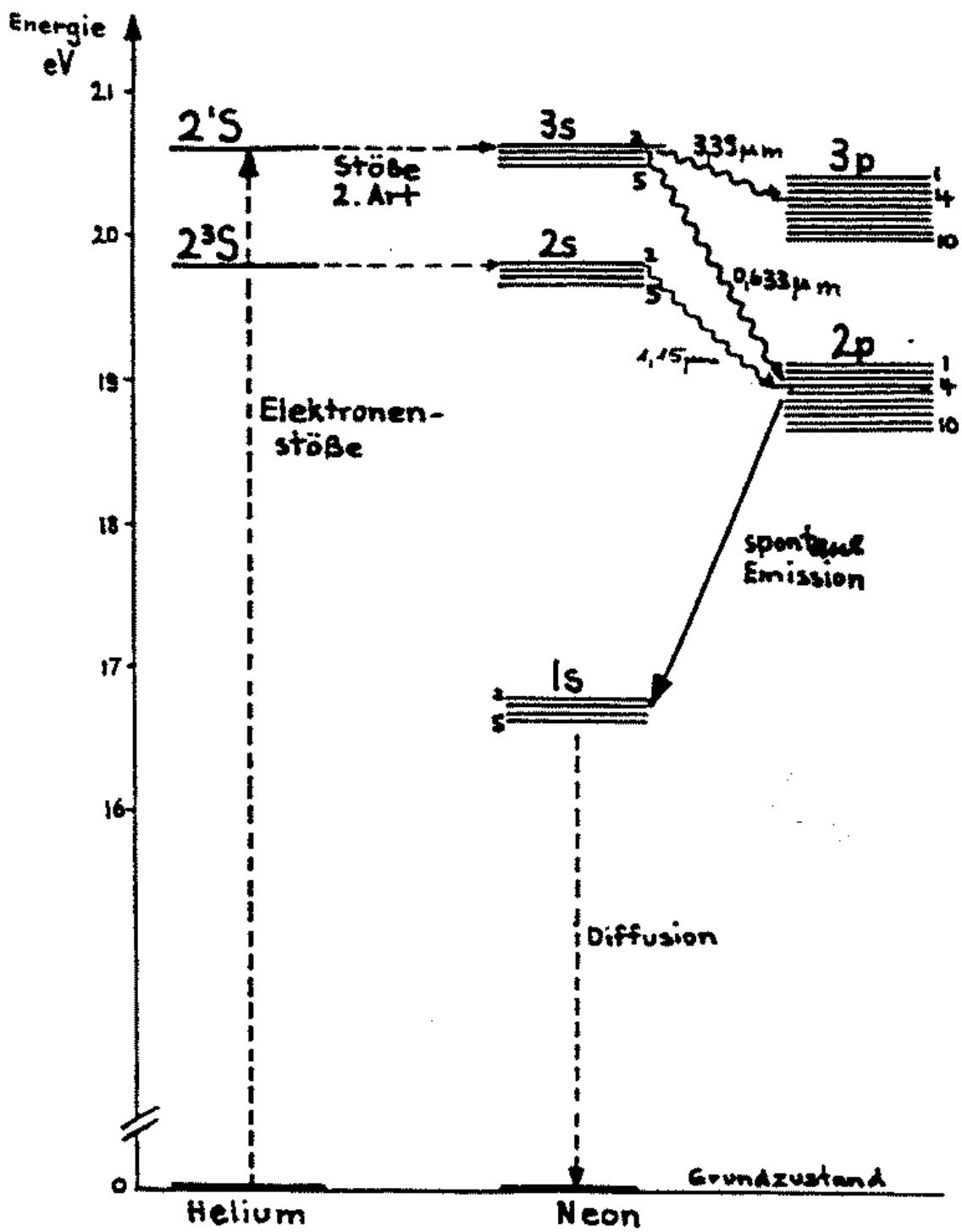
Italien, Meßbeginn 2002

- GEO 600

deutsch-britisches Gemeinschaftsprojekt,  
Meßbeginn 2001

- TAMA

Japan, Meßbeginn 2000



Mirror

