Institute for Experimental Quantum Metrology

Medizinische Hochschule Hannover

PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin

Leibniz Universität Hannover

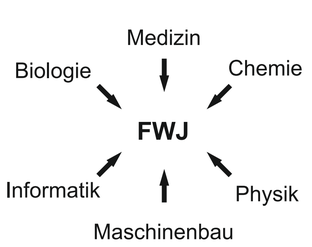
Freiwilliges Jahr in der Wissenschaft am QUEST Institut an der PTB[1]

Leander Thiessen

1: Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig

Motivation

- Zeit zur Studienorientierung nach dem Abitur
- Erfolgreicher und motivierter Einstieg ins Studium (Möglichkeit zum Juniorstudium)
- Einblick in Perspektiven nach dem Studium
- Kennenlernen des Alltags von Wissenschaftlern
- Wissenschaftliche Praxiserfahrung



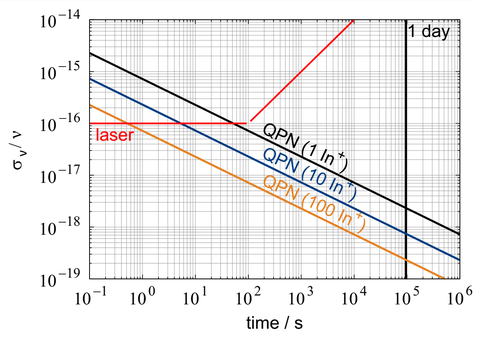
12 Monate lang arbeitet der/die Freiwillige innerhalb eines Forschungsprojekts

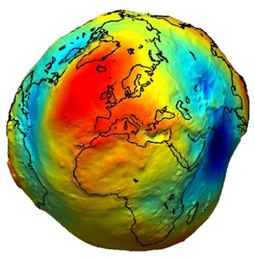
In 25 Seminartagen geht es neben der Wissenschaft auch um soziale und politische Bildung

Optische Multi-Ionen Uhr

Wofür brauchen wir noch genauere Uhren?

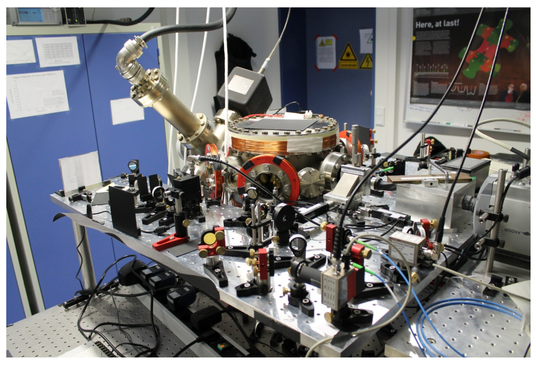
- Test der allgemeinen Relativitätstheorie
- Suche nach zeitlicher Variation in Naturkonstanten (α, m_e/m_p)
- Verbesserung zukünftiger Navigationstechnik (GPS)
- Relativistische Geodäsie





Optische Einzel-Ionen Uhren erreichen Unsicherheiten bis 3×10^{-18}, besitzen allerdings eine geringe Kurzzeit-Stabilität

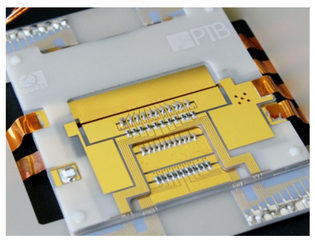
Ansatz der Multi-Ionen Uhr:
- Beibehalten der hohen Genauigkeit von Ionen Uhren
- Erhöhung der Stabilität durch eine größere Ionenanzahl



- Fangen von Yb^+ und In^+ in selbst entwickelter Ionenfalle
- Laserkühlung von Yb^+ und indirektes Kühlen von In^+
- Abschirmung von äußeren Einflüssen (Luftstöße, elektr./ magn. Felder, Temperatur, Vibration)
- Stabilisierung eines Lasers auf Übergang im Indium Ion

N Ionen → 1/N Abfragezeit

Ionenkristalle mit gemischten Spezies und sympathetisches Kühlen von $^{115}In^+$ durch $^{172}Yb^+$



Projektbeispiele

Photodioden mit Verstärker

Planen/ Verstehen der Elektronik (Schaltplan)

↓

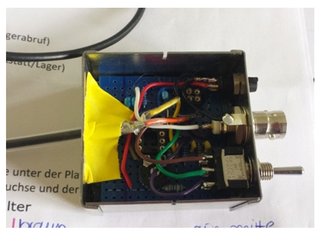
Bestellen der passenden Bauteile

→ **Zusammenbauen**
1. Bauteile auf Platine verlöten
2. Platine im Gehäuse mit Kabeln und Anschlüssen verbinden

→ **Testen** der Funktionen und Verbindungen

↑ **Fehlersuche** und Fehlerbehebung

↑ **Einbauen** ins Experiment inkl. Halterung

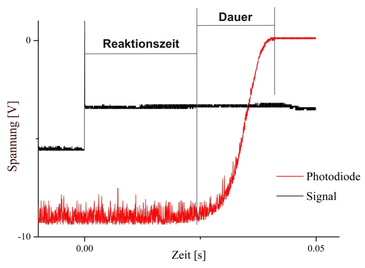


Die Photodioden werden zur Beobachtung der Laserleistung im Experiment eingesetzt

Festplattenshutter

Umgebaute Festplatten können als mechanische Shutter für Laserstrahlen benutzt werden

- ⊖ Aufwendige Steuerungs-elektronik
- ⊖ Unzuverlässige Öffnungs-/ Schließzeiten (bis ±5ms, ≙20%)
- ⊕ Steuerung mit Computer
- ⊕ geringe Kosten
- ⊕ einfacher/ flexibler Umgang
- ⊕ Große Erleichterung bei der Laborarbeit

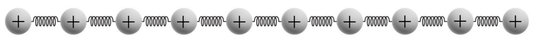


Reaktionszeit: Verzögerung der Reaktion auf das Spannungssignal
Dauer: Zeit von 0% bis 100% im Photodiodensignal

Beeinflussende Faktoren
- Frequenz des Shutters
- Material zur Abdämpfung
- angelegte Spannung

→ **Shutter können nicht für präzise Messungen eingesetzt werden**

Schwingungsmoden in Ionenketten



Jede mögliche Bewegung im Ionenkristall ist eine Kombination aus den einzelnen Schwingungsmoden

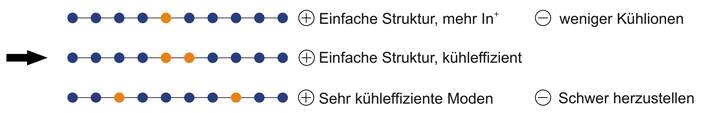
$$N_{\mathrm{mod}} = N_{ions} \times N_{\mathrm{dim}}$$

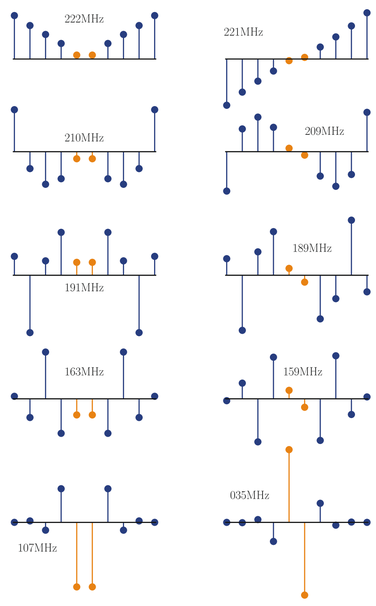
Indium kann nicht direkt gekühlt werden $^1P_1 \rightarrow {}^1S_0$: 159nm

Ytterbium Ionen kühlen den Kristall durch Coulomb Kopplung

Effiziente Kühlung erfordert möglichst große Auslenkungen der Kühlionen in den symmetrischen Moden

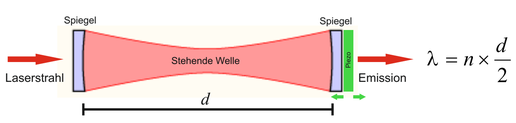
Meine Aufgabe
Simulation der Moden für verschiedene Anordnungen der Spezies: Wie kann optimal gekühlt werden?





Radiale Moden eines Kristalls aus 2 Yb^+ und 8 In^+ Ionen

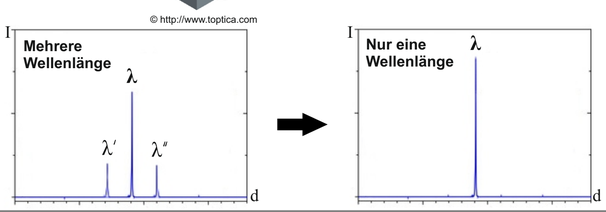
638nm Referenzresonator



Meine Aufgaben
- Abbau des alten Resonators
- Planung und Aufbau des Strahlengangs
- Aufbau und Einkopplung des neuen Resonators

Ein Piezo Kristall verändert periodisch die Länge (d) des Resonators und damit die Frequenz des emittierten Laserlichts

Es werden alle im Laser vorhandenen Wellenlängen sichtbar und durch Regelung der Stromversorgung des Lasers können die nicht erwünschten (λ' und λ'') unterdrückt werden



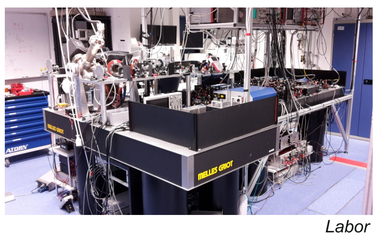
Arbeitsbereiche

Laseroptik

- Aufbau von Optik
- Glasfasereinkopplung
- Austauschen/ Reinigen von optischen Elementen
- Fangen/ Kühlen von Ionenkristallen
- Unterstützung der Doktoranden bei Messungen

↓

- Erfahrung im Umgang mit Lasern und empfindlicher Optik
- Wissenschaftliche Ausführung von Messungen/ Tests
- Kennenlernen des Laboralltags



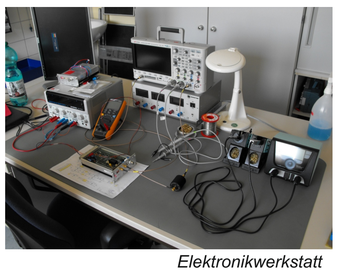
Labor

Elektronik

- Bauen einfacher Schaltungen
- Charakterisierung von Shuttern und deren Steuerungselektronik
- Aufbau/ Test von Photodioden
- Verlöten von BNC Kabeln

↓

- Elektrotechnisches Grund-verständnis
- Praktische Erfahrung im Löten und Bauen von Schaltungen



Elektronikwerkstatt

Mechanik

- Bauen von:
  - Laserschutz Abdeckungen
  - Halterungen/ Ablagen

→ Aluminium, Plexiglas, Pappe

↓

- Umgang mit Maschinen in Mechanikwerkstatt
- Sinnvolle Kommunikation zur Zusammenarbeit

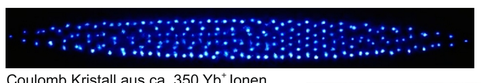
Mechanikwerkstatt

Arbeitsalltag

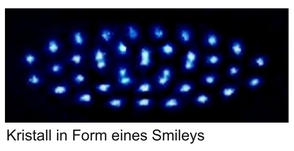
- Organisation
  - Weihnachtsfeier, Seminartage
- Arbeit mit dem Computer
  - Simulationen, Postergestaltung
- Auswertung von Messdaten
- Bild- und Videobearbeitung
- Teilnahme an Vorträgen und Seminaren (auf Englisch)

↓

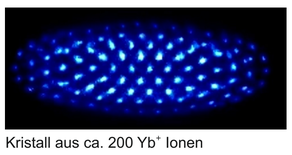
- Umgang mit Software
- Theoretische Physikkenntnisse
- Bessere Englischkenntnisse



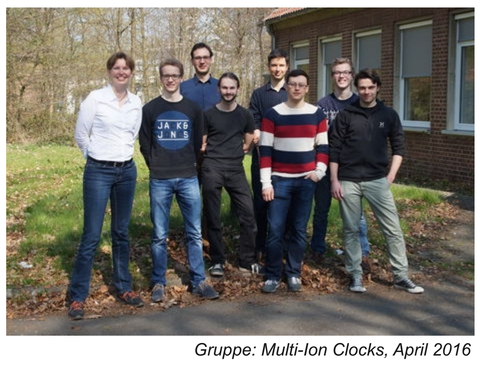
Coulomb Kristall aus ca. 350 Yb^+ Ionen



Kristall in Form eines Smileys



Kristall aus ca. 200 Yb^+ Ionen



Gruppe: Multi-Ion Clocks, April 2016

T. Mehlstäubler, T. Burgermeister, J. Keller, L. Debbeler, L. Thiessen, J. Kiethe, D. Kalincev, T. Schmirander

Seminare

1. Einführungswoche
- Kennenlernen der Seminargruppe
- Einblick in die MHH
- Gruppenaktivität

2. Institute in Hannover
- Besuch der Einsatzstellen an der Leibniz Universität und am Laserzentrum
- Führungen, Vorträge, Experimente

3. Soziale Kompetenz
- Sozialer Stadtrundgang (Asphalt)
- Rollstuhl Tag
- Schuldnerberatung
- Tag in einer sozialen Einrichtung

4. Politische Bildung
- Entwicklungshilfe - Afrika
- Kinderarbeit - Indien
- Rüstungspolitik
- Bekämpfung von Migrationsursachen

5. Abschlussseminar
- Reflektion des Jahres - Universität Bremen
- Postervorstellung
- Besichtigung ZARM

6. Zwischenseminare
- Rückmelderunden in Braunschweig (HZI, PTB)
- Mitarbeit bei den 'Special Olympics'