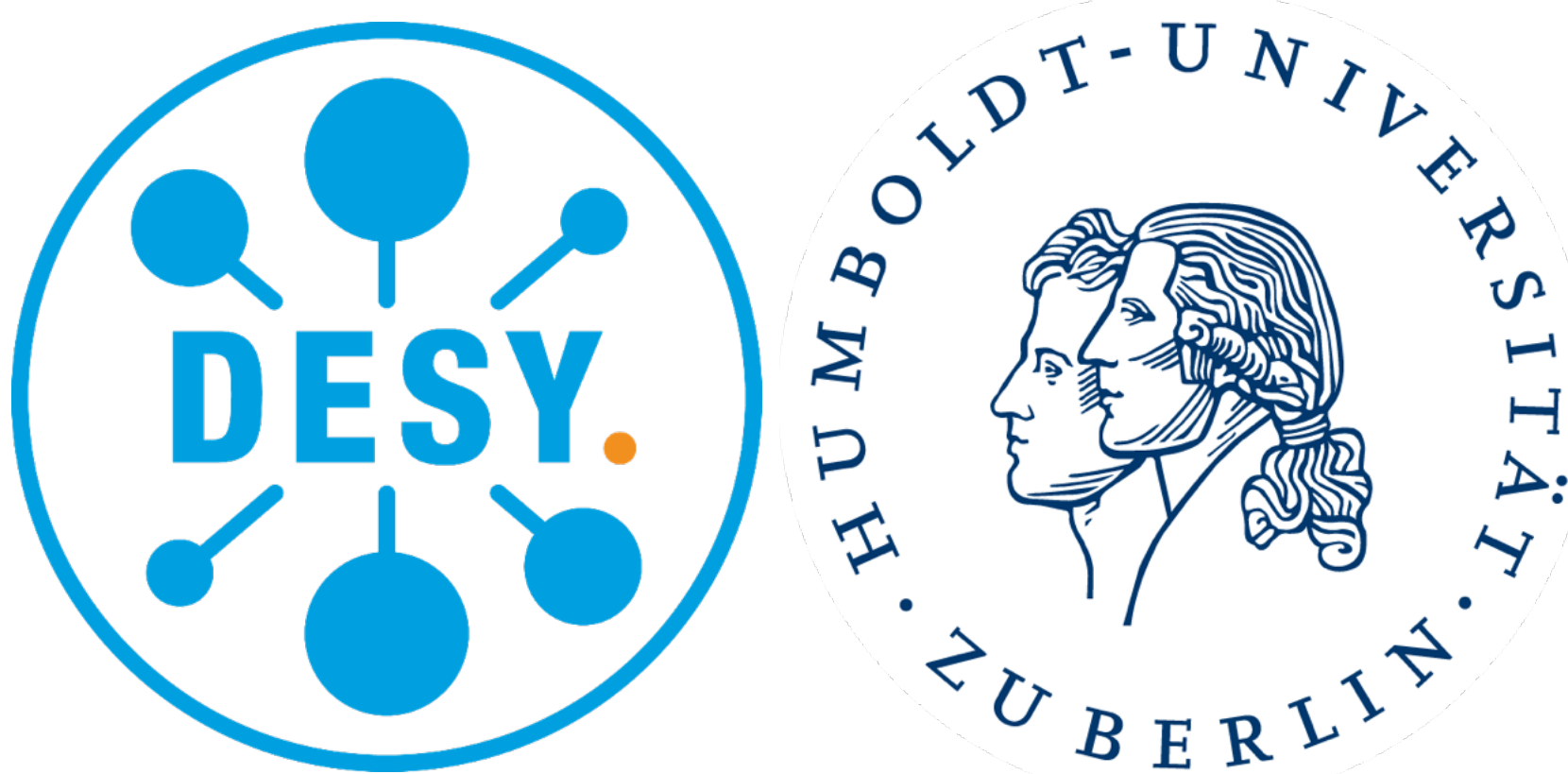


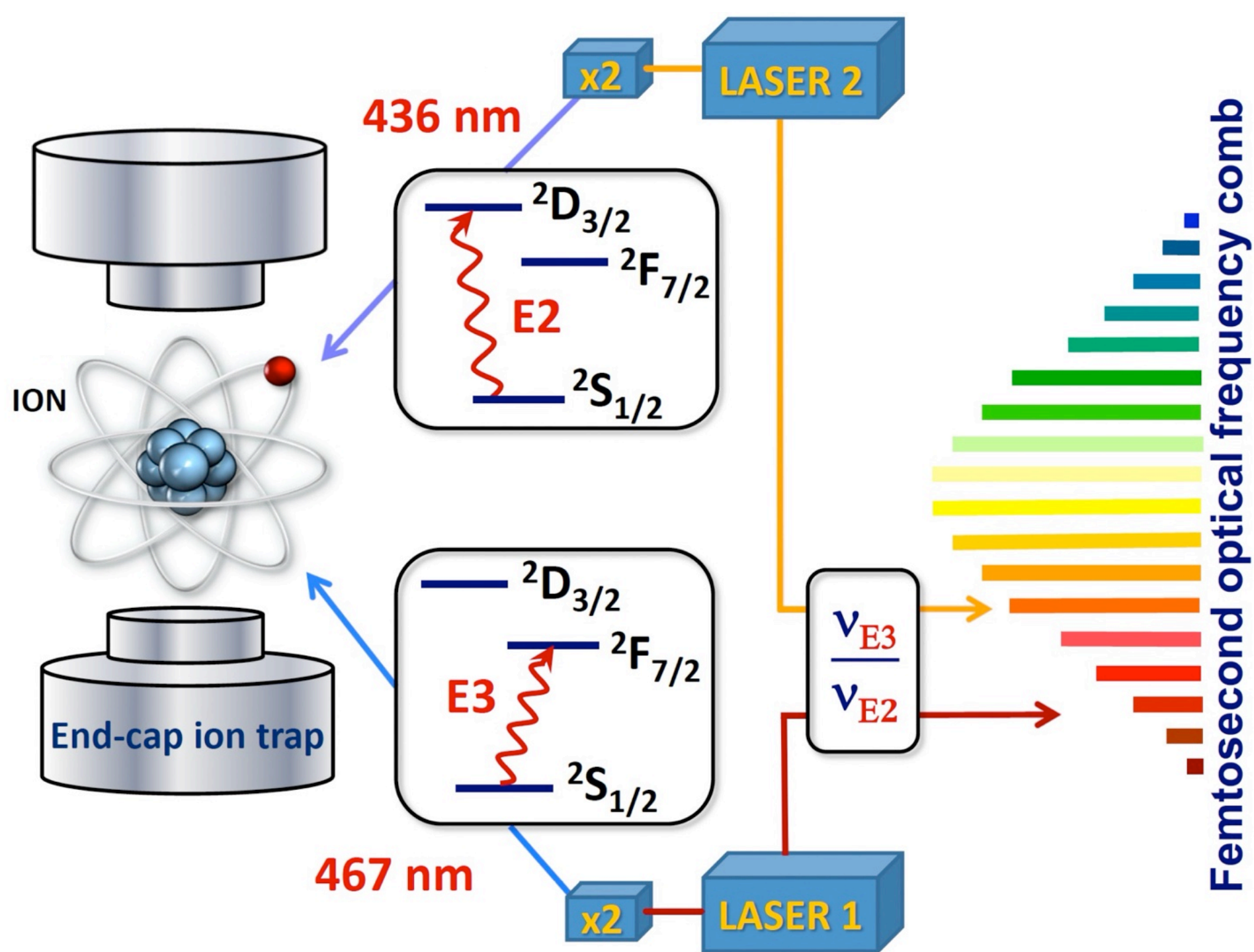
Mit Quantenuhren auf der Suche nach Physik jenseits des Standardmodells

Prof. Dr. Cigdem Issever, Dr. Ullrich Schwanke, Prof. Steven Worm



Naturkonstanten und Dunkle Materie

Erweiterungen des Standardmodells sagen die zeitliche Variation von fundamentalen Konstanten (Feinstrukturkonstante, Proton-Elektron-Massenverhältnis) vorher. Eine beobachtbare Konsequenz wären Verschiebungen der Energiezustände atomarer oder molekularer Systeme. Unter anderem können zeitliche Variationen von fundamentalen Konstanten durch eine bisher unbekannte Wechselwirkung mit ultraleichter Dunkler Materie hervorgerufen werden. Kleinste zeitabhängige Energieverschiebungen lassen sich nachweisen, wenn die atomaren Systeme in präzisen Quantenuhren verwendet werden. Die AGs Issever und Worm arbeiten am Aufbau einer Ionen-Uhr zur Suche nach Dunkler Materie und neuer Physik.



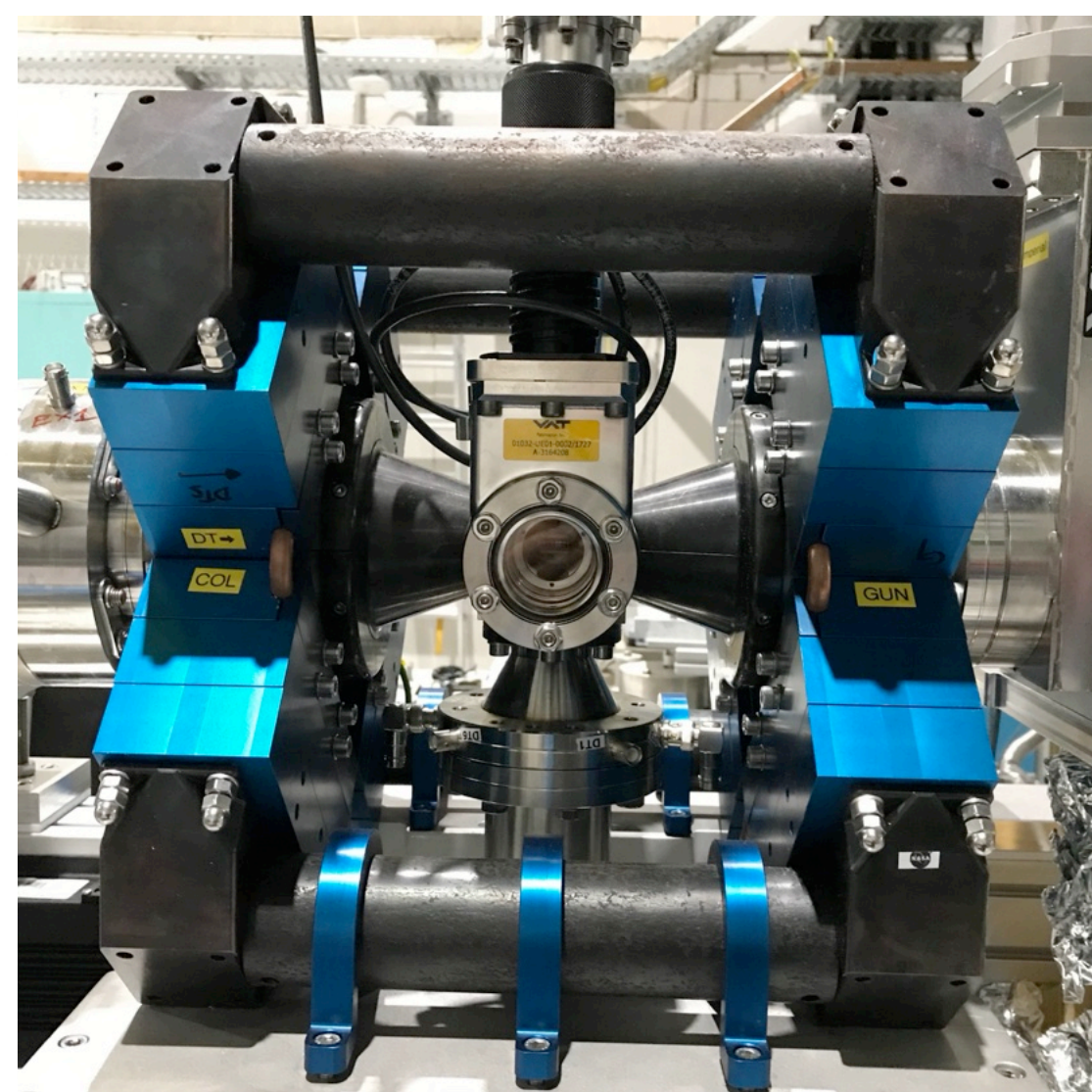
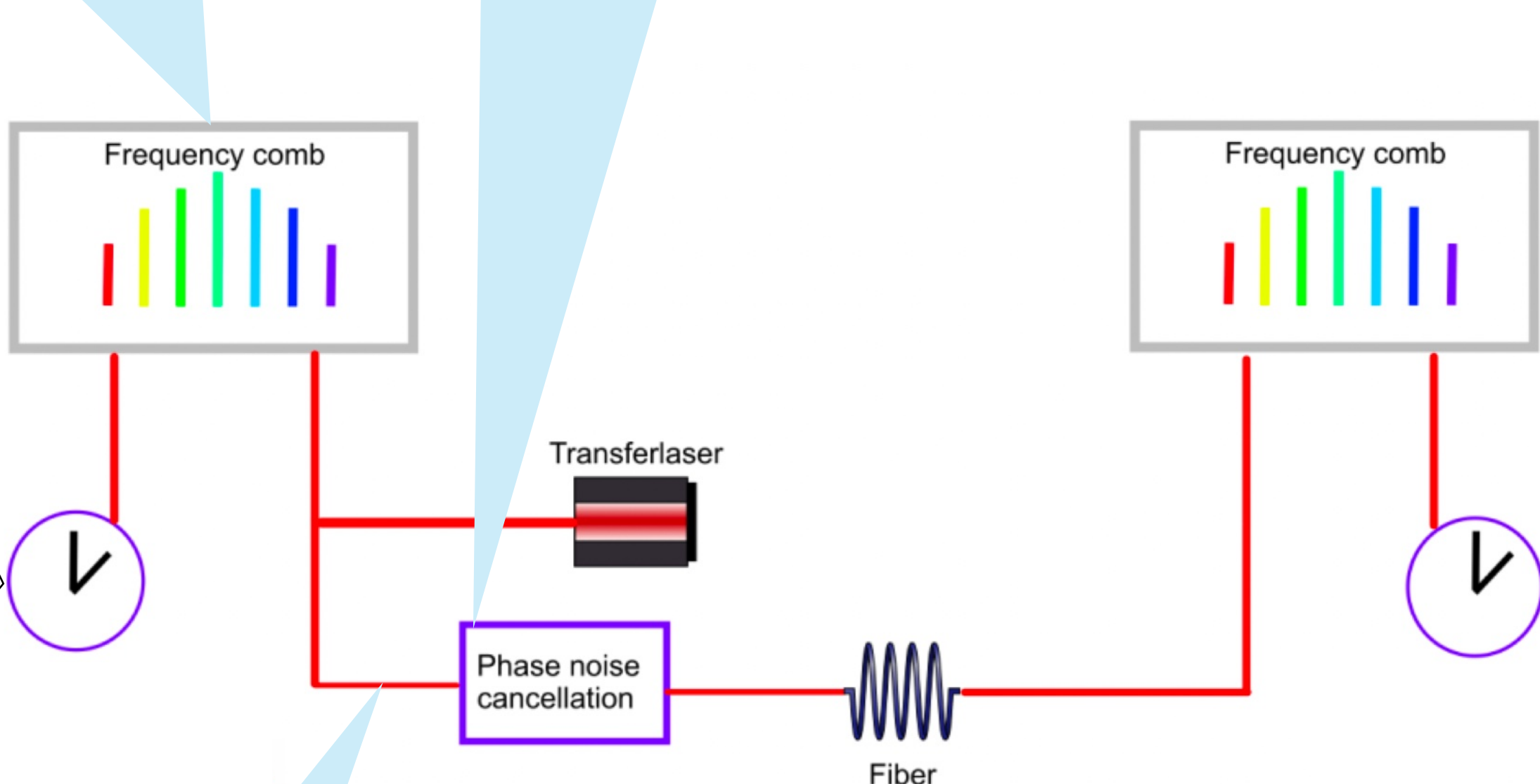
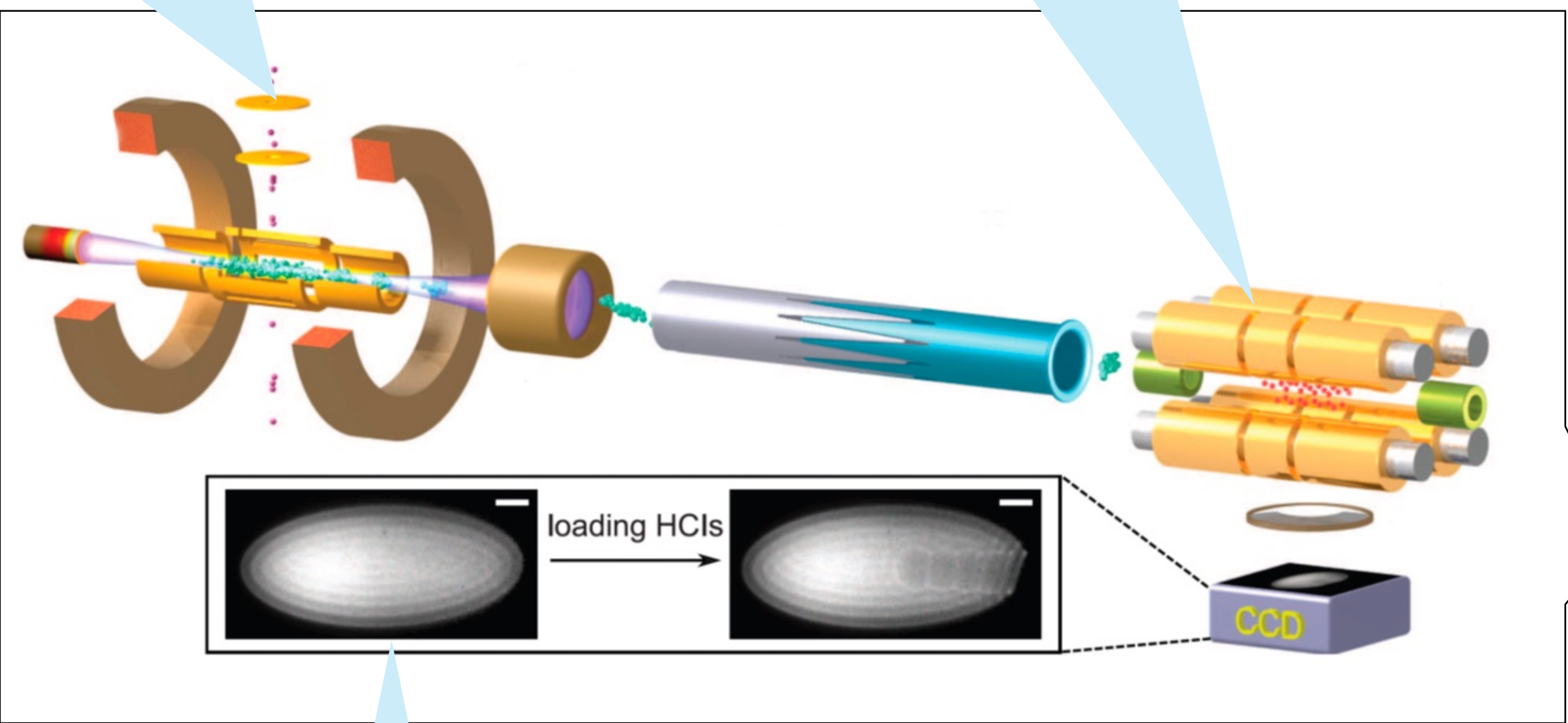
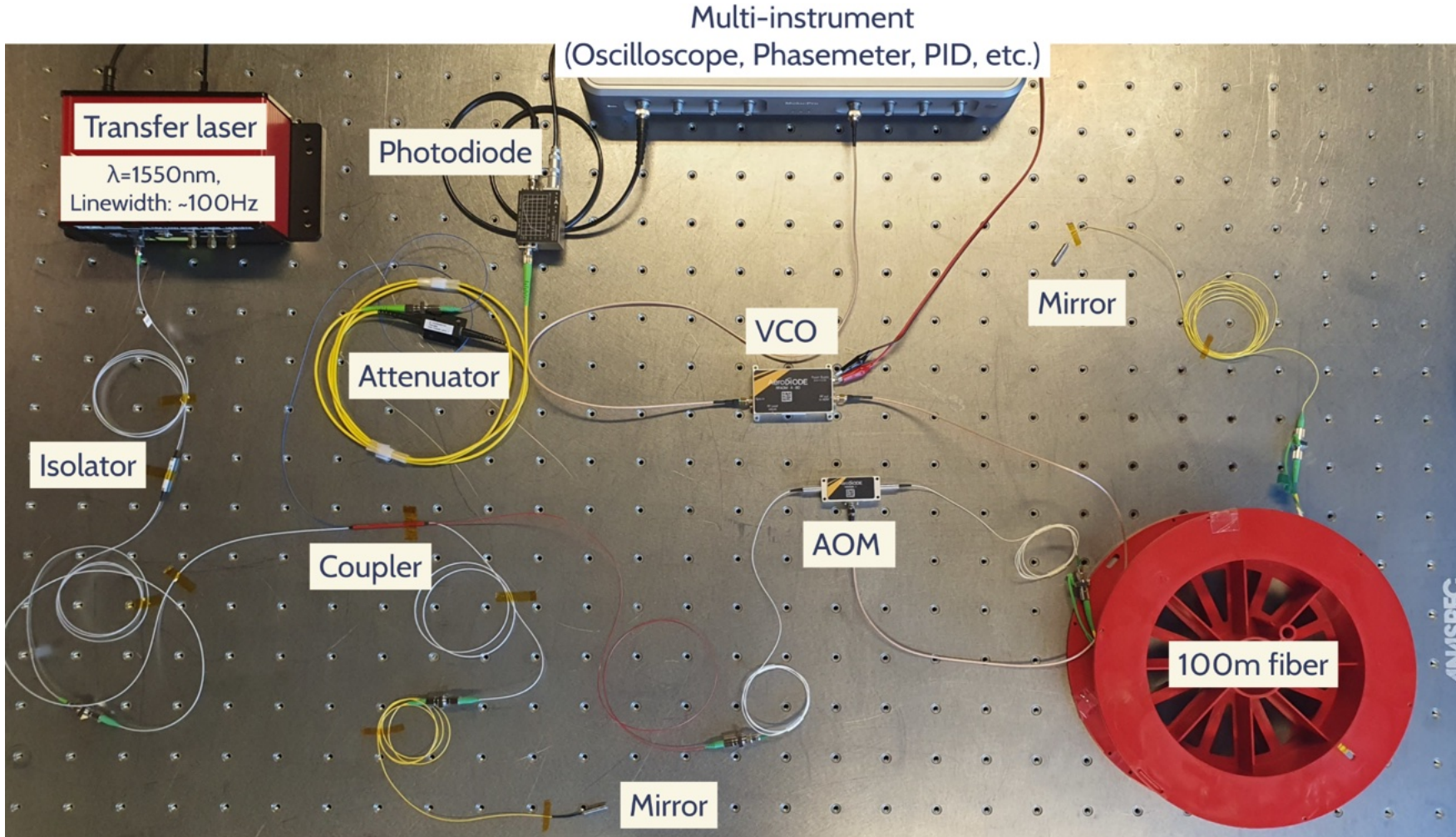
Abschlussarbeiten zu Quantenuhren und Uhrenetzwerken

Steuerung von Quantenuhren und Erfassung von Daten
Programmieren Sie in python, um Laser, Teilchenfallen, optische Bauelemente und Elektronik anzusteuern.

Teilchenfallen
Studieren Sie die Funktionsweise von Paul-Fallen, die zum Festhalten von Ionen für Präzisionsuhren und für Quantencomputer zum Einsatz kommen.

Frequenzkämme und Laser
Verstehen Sie die Funktionsweise eines Frequenzkammes und nutzen Sie ihn zur Messung der Wellenlänge von Lasern.

Michelson-Interferometer und Faserstabilisierung
Verbessern Sie ein Michelson-Interferometer, das zur Reduzierung von Störeffekten bei der Übertragung von Lasersignalen in Glasfasern zum Einsatz kommt.



Spektroskopie von Ionen
Analysieren Sie spektroskopische Daten von mehrfach geladenen Ionen, die eine hohe Empfindlichkeit bei der Suche nach Dunkler Materie versprechen.

Physikstudien, Simulation und Datenanalyse
Modellieren Sie, wie die Daten von Uhrenetzwerken auf der Erde und im erdnahen Raum zur Suche nach Dunkler Materie eingesetzt werden können.

Glasfasern als Temperatursensoren
Vermessen und analysieren Sie, wie Temperaturschwankungen entlang kilometerlanger Glasfasern die Übertragung von Lasersignalen beeinträchtigen.

Lasergestützte Vermessung von Glasfasern
Charakterisieren Sie die Qualität von Glasfasern durch Messungen der Rayleigh-Rückstreuung von Laserpulsen bei einer Wellenlänge von 1550 nm.

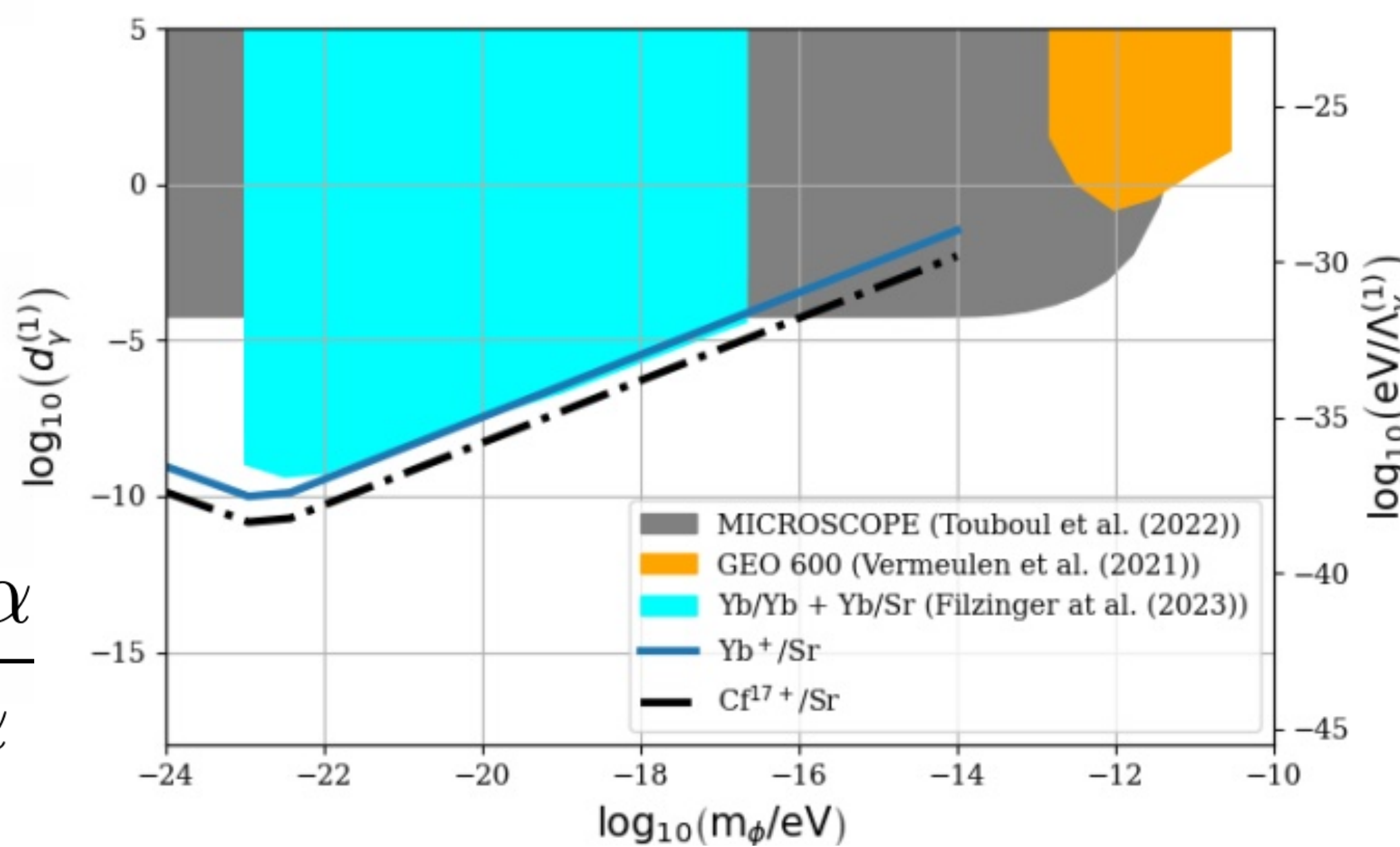


Wie sucht man nach ultraleichter Dunkler Materie?

Unter ultraleichter Dunkler Materie versteht man hypothetische Teilchen mit Massen weit unterhalb der Skala von 1 eV/c². Diese Teilchen müssen bosonisch sein, um gravitativ an die Milchstraße gebunden zu sein; die geringe Masse bedeutet, dass die Teilchenanzahldichte extrem hoch ist und sich die Dunkle Materie daher wie eine klassische Welle verhält. Im einfachsten Fall erwartet man die Existenz eines skalaren Feldes $\phi(t)$, dessen Oszillationsfrequenz ω durch die Teilchenmasse und dessen Amplitude durch die lokale Dichte der Dunklen Materie bestimmt ist. Das gesuchte Signal ist eine harmonische Variation des Frequenzverhältnisses R zweier Uhren, das durch die Erdrotation und den Umlauf der Erde um die Sonne weiter moduliert wird.

$$\omega \approx \frac{m_\phi c^2}{\hbar}$$
$$\phi(t) = \phi_0 \cos(\omega t)$$
$$\phi_0 = \frac{\hbar}{m_\phi c} \sqrt{2\rho_{\text{DM}}}$$
$$\frac{dR}{R} = (K_\alpha^{(1)} - K_\alpha^{(2)}) \frac{d\alpha}{\alpha}$$

Ausschlussgebiete für die Kopplungsstärke ultraleichter Dunkler Materie als Funktion der Massenhypothese



Kontakt

AG Experimentelle Hochenergiephysik (Prof. Dr. Cigdem Issever)	AG Detektorphysik (Prof. Steven Worm)
cigdem.issever@physik.hu-berlin.de schwanke@physik.hu-berlin.de	steven.worm@desy.de

