

Vorstellung der Lehre am Atominstitut

2022S



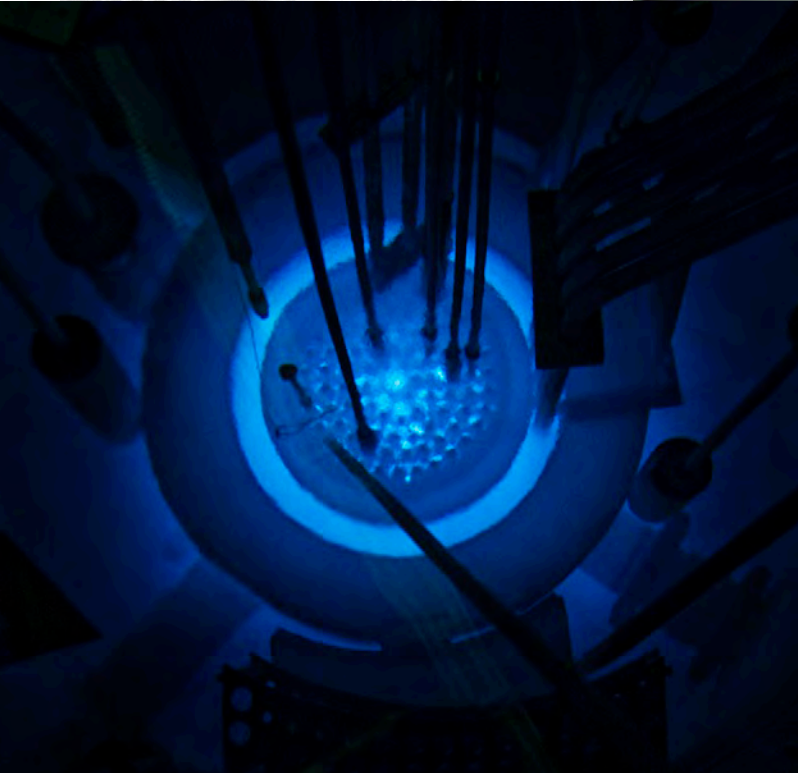
Peter Rabl
Institutleiter



~12 Forschungsgruppen
~150 Mitarbeiter
~100 Studenten

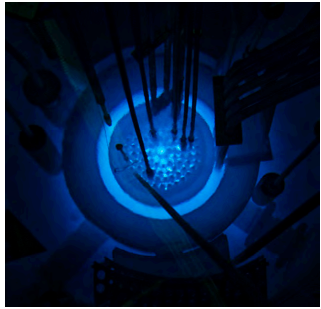


**Wissenschaft
Ausbildung
Expertise**

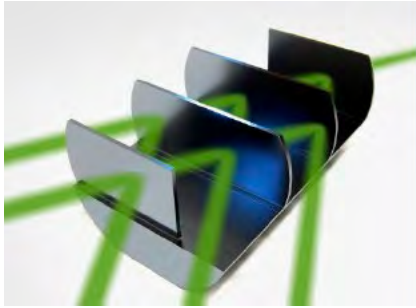


TRIGA Center Atominstitut

Reaktor-physik



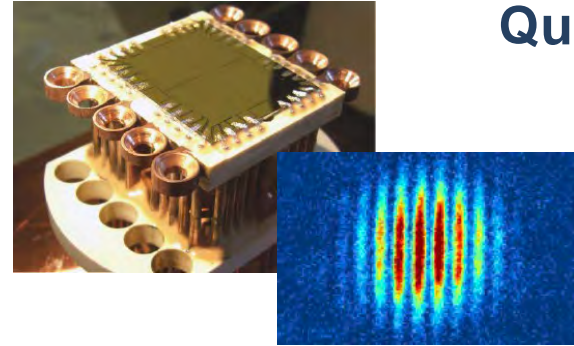
Neutronen-interferometrie



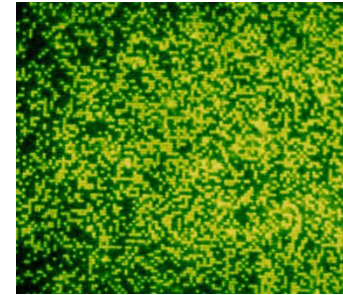
Strahlenphysik & Radiochemie



Ultrakalte Gase



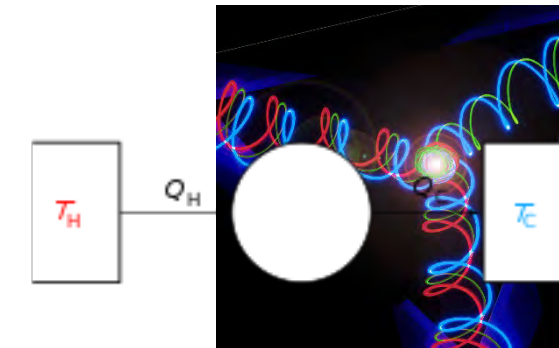
Quantensimulation



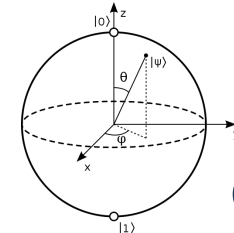
Dunkle Materie & Kosmologie



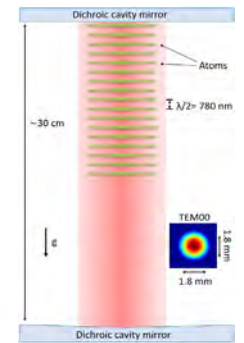
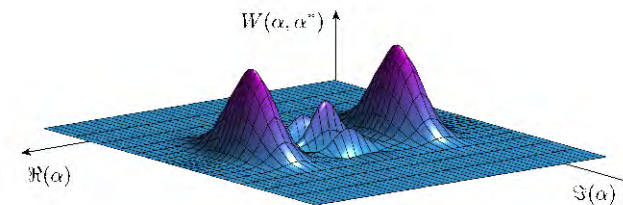
Tiefemperaturphysik & Supraleitung



Quanteninformation & Quantenthermodynamik



Quantenmetrologie



Quantenoptik & Cavity QED

Neutronen-
interferometrie

Strahlenphysik
& Radiochemie

Ultrakalte Gase

Quantensimulation

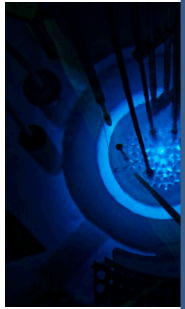
Reaktor-
physik

- **Vorlesungen**
- **Praktika, Seminare**
- **Projekt- und Masterarbeiten**

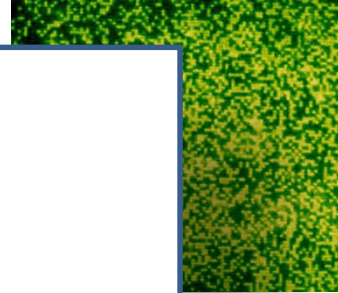
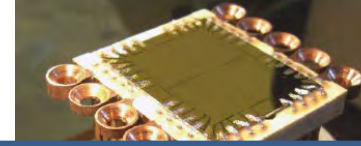
Tiefemperaturphysik
& Supraleitung

Quanteninformation
& Quantenthermodynamik

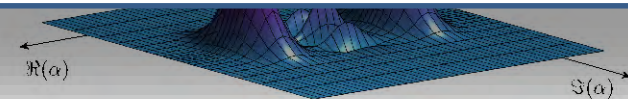
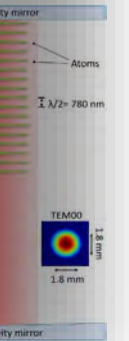
Quantenoptik & Cavity QED



Dunkle
& Kosm



en-
logie



Theoretische Quantenoptik

“Manipulation & Kontrolle von makroskopischen Quantensystemen“



- **Theorie** offener Quantensysteme & Anwendungen (Laserkühlen, Quanten-Messprozesse, ...)
- **Quantentechnologien** mit Diamant-Störstellen, supraleitenden Qubits & Hybridsystemen

Vorlesungen: Quantenoptik II (P. Rabl, J. Leonard)

contact:
peter.rabl@ati.ac.at

Nach der Vorbesprechung ...



Fragen und Antworten bei Kaffee & Kuchen !

Fachgruppe TRIGA Forschungsreaktor

Mario Villa
Helmuth Böck



Der TRIGA Mark II Forschungsreaktor

141.658 (VO – 2.0)	Nuclear Engineering 2	VILLA
141. 114 (SE – 2.0)	Reaktortechnik I – Nuclear Engineering I	VILLA, BÖCK
141.A79 (PR – 4.0)	Praktische Übungen aus Reaktorinstrumentierung	VILLA, BÖCK
141.080 (PA – 8.0)	Projektarbeit Reaktortechnik	VILLA, BÖCK

**Nuclear Engineering 2 - Grundlagen des Brennstoffkreislauf
Anreicherung-Wiederaufbereitung-Endlagerung
Vorbereitung, 17. März 10:00, ATI - Hörsaal**

**Seminar aus Reaktorsicherheit
Aktuelle Themen zur Kernenergie
Abhaltung über Zoom, bei Interesse bitte Kontakt per mail**

**Praktische Übungen aus Reaktorinstrumentierung
Signalverarbeitung am einzigen Forschungsreaktor Österreichs
Vorbereitung 15. März 14:00, ATI-Hörsaal**

**Projektarbeit Reaktorsicherheit
Nach individueller Planung**

Neutronen- und Quantenphysik

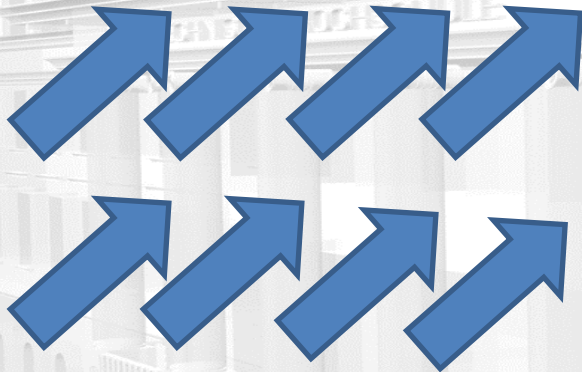
H. Abele, G. Badurek, Y. Hasegawa, E. Jericha,
M. Pitschmann, R. Sedmik, S. Sponar,
M. Suda, J. Summhammer, M. Zawisky

Ziel:

- Aufstellen der grundlegenden physikalischen Gesetze, die auf einfachen Symmetrieargumenten beruhen
- Beispiel: Entropische Kraft

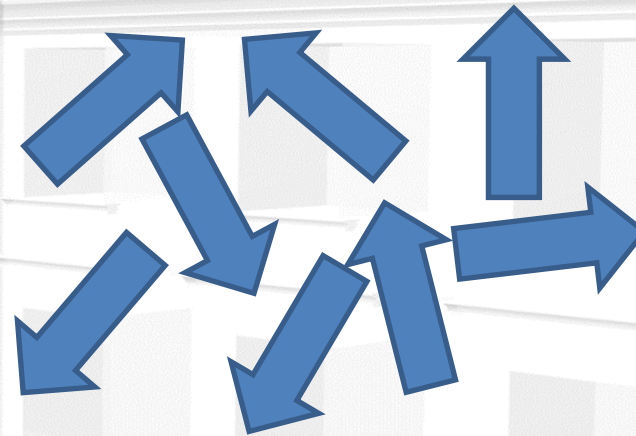
Beispiel

- Hohe Ordnung



- Niedere Symmetrie
- geringere Entropie

- Niedere Ordnung



- Hohe Symmetrie
- Hohe Entropie

Entropische Kraft

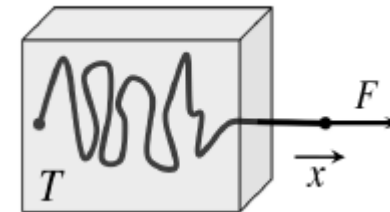
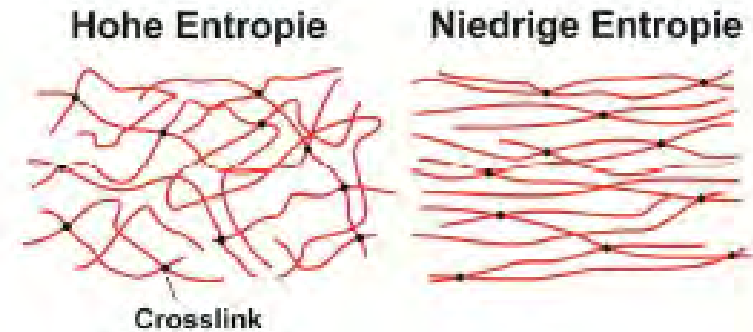
- Erster Hauptsatz $\delta Q = dU + \delta W$
 - Falls $\delta S = \delta Q / T$ ohne Änderung von U, dann wird Arbeit verrichtet $\delta W = T dS$
- Die entsprechende Kraft F macht die Arbeit

$$F dx = \delta W$$

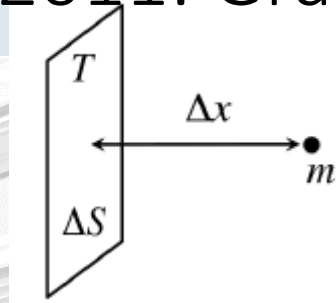
$$F = T dS / dx$$

über den Entropiegradienten

- Gummiband im Temperaturbad T wird mit Kraft F aus dem Gleichgewichtszustand gezogen, die entropische Kraft zieht in die andere Richtung



- **Schwarze Löcher**



$$\Delta S = 2\pi k_B, \quad \Delta x = \frac{\hbar}{mc}$$

$$\Delta S = 2\pi k_B \cdot \frac{mc}{\hbar} \Delta x, \quad F \Delta x = T \Delta S$$

- Beziehung zwischen Temperatur und Beschleunigung

$$k_B T = \frac{1}{2\pi} \frac{\hbar a}{c} \Rightarrow F = m \cdot a$$

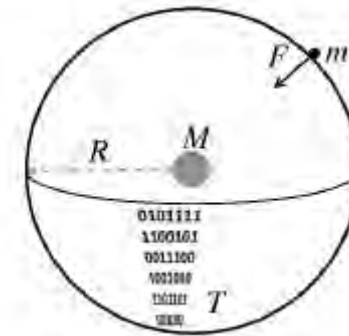
- Entropie ist mit Information N (Bits) verbunden

$$N \propto A, \quad N = \frac{Ac^3}{G\hbar}$$

- Energie E ist gleichmäßig über Bits N verteilt:

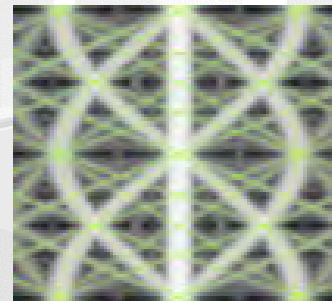
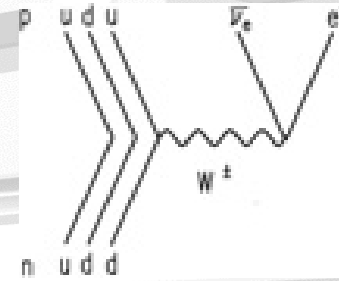
$$E = \frac{1}{2} N k_B T, \quad E = Mc^2, \quad A = 4\pi R^2$$

$$F = G \frac{Mm}{R^2}$$

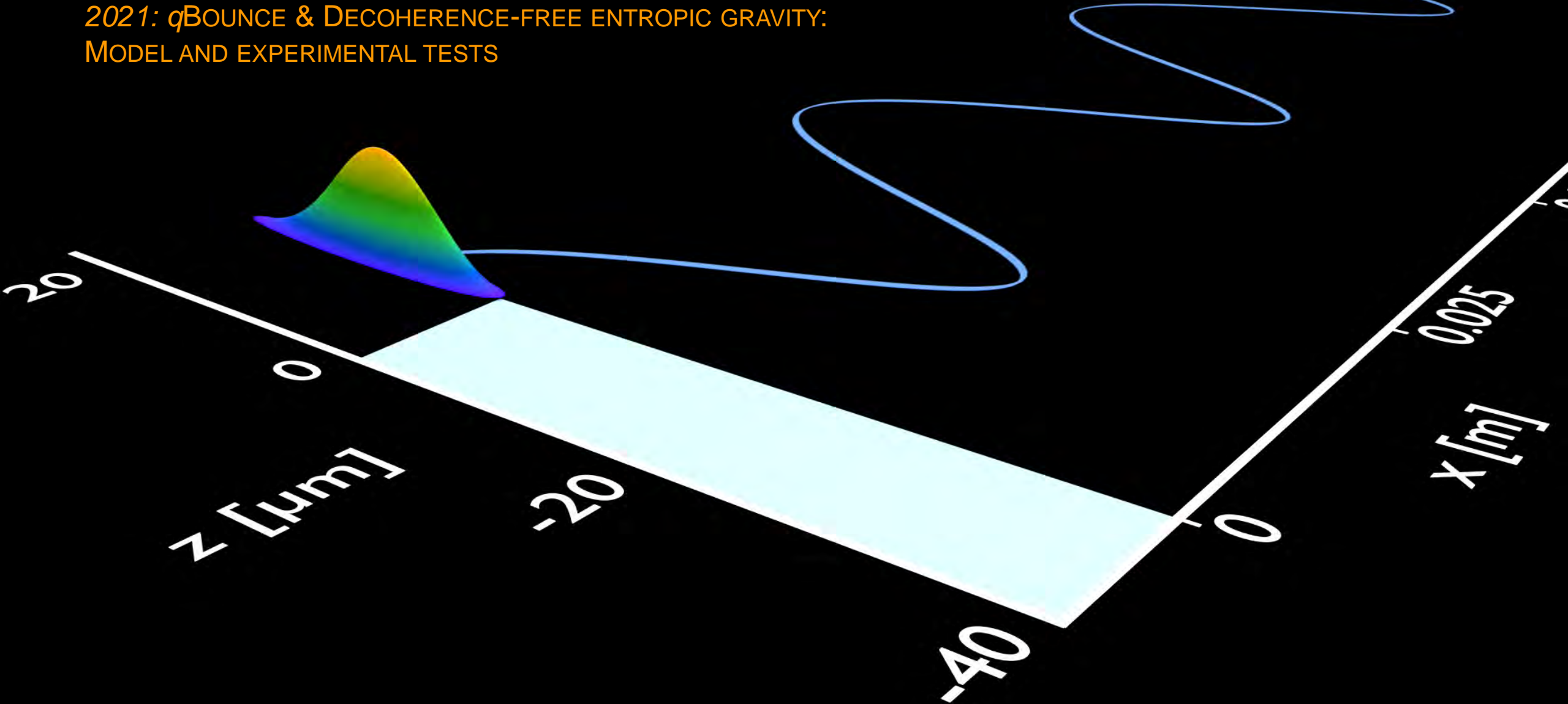


Forschungsschwerpunkte:

- Präzisionsexperimente zur Teilchenphysik
- Gravitationstests durch Quanteninterferenz
- Grundlegende Tests der Quantenmechanik
- Interferenzexperimente mit Neutronen
- Neutronenradiographie und 3D-Computertomographie
- Polarisierete Neutronen, Entwicklung neutronenoptischer Methoden
- UltraSANS, magnetische Mikrostrukturen
- Stellare Nukleosynthese, neue Konzepte in der Kerntechnik



2021: qBOUNCE & DECOHERENCE-FREE ENTROPIC GRAVITY:
MODEL AND EXPERIMENTAL TESTS



Vorlesungen I:

142.086 **Atom-, Kern- und Teilchenphysik I + Ü**

FH HS 6 / Mo 09:00 - 11:00 / Beginn 07.03

M. Pitschmann,

S. Manz

M. Scheucher



142.089 **Übung**

FH HS 6 / Fr 09:00 - 10:30

142.092 **Atom-, Kern- und Teilchenphysik II + Ü**

FH HS 6 / Di, Mi 14:00 - 16:00 / Beginn 01.03.

Abele, Schieck



142.093 **Übung**

SEM. R. DA grün 02 A / Mi 11:00 - 12:00

Zawisky, Abele

Schieck, Sedmik



141.243 **Selected Experiments of Atomic,
Nuclear and Particle Physics**

ATI HS / Mo 14:00 - 17:00 / Beginn 14.03.

Abele, Schieck

142.440 **Gravitation and Cosmology II**

ATI SEM / Do 11:00 - 13:00

Abele, Pitschmann

142.440 **Biological and Medical Applications of
Nuclear Physics II**

ATI HS / Beginn 21.03. 11:00 - 13:00 / siehe TISS

Badurek



Vorlesungen II:

141.236 **Fundamental Physics with Polarized Neutrons**

Hasegawa



ATI SEM / Mi 10:00 - 12:00 / Beginn 09.03.

141.242 **Neutronen- und Röntgendiffraktometrie**

Jericha



Vorbesprechung Do 10.03., 12:00, Zoom

141.B20 **Rydberg-Materie und kondensiertes Plasma** Summhammer
siehe TISS



141.158 **Neutronenoptik und Tomographie**

Zawisky



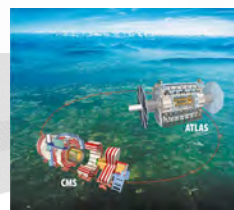
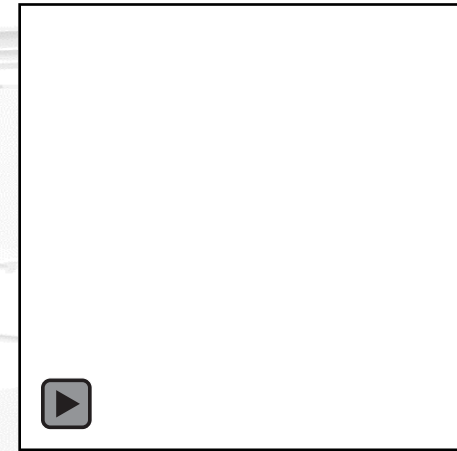
Vorbesprechung Fr 06.05., 12:00, Zoom

Praktika:

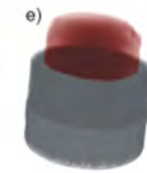
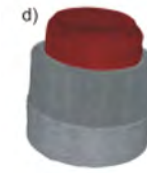
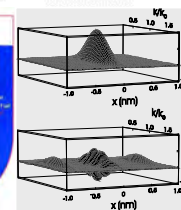
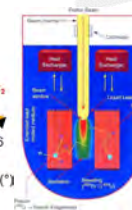
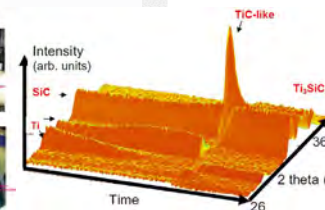
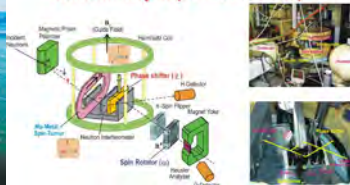
141.A78 Praktikum aus Neutronenphysik

Vorbesprechung Do 04.03., 12:00, Zoom
Praktikum 23.05. - 03.06.

Abele, Hasegawa,
Jericha, Sponar,
Zawisky



Contextuality Experimental Setup



Praktika:

141.A78 Praktikum aus Neutronenphysik

Vorbesprechung Do 04.03., 12:00, Zoom
Praktikum 23.05.-03.06. 09:30 - 16:30

Abele, Hasegawa,
Jericha, Sponar,
Zawisky

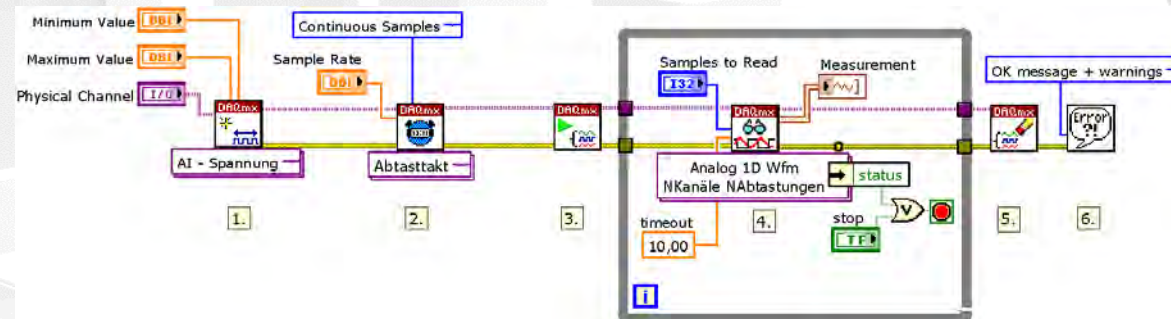
141.A76 Graphical Programming and Experiment Control

Vorbesprechung Do 04.03., 12:30, Zoom
Praktikum 18.03.-08.04. & 02.-13.05. 10:00 - 17:00

Jericha

141.A86 Quantum Physics

Schumm *et al.*



Projektarbeiten / Bachelorarbeiten:

141.A95 **Projektarbeit Gravitation und Quantenmechanik**

Abele, Sedmik
Pitschmann

141.A96 **Projektarbeit Schwacher Wechselwirkung**
Physik jenseits des Standardmodells

Abele, Jericha

142.025 **Projektarbeit Nukleare Festkörperphysik**

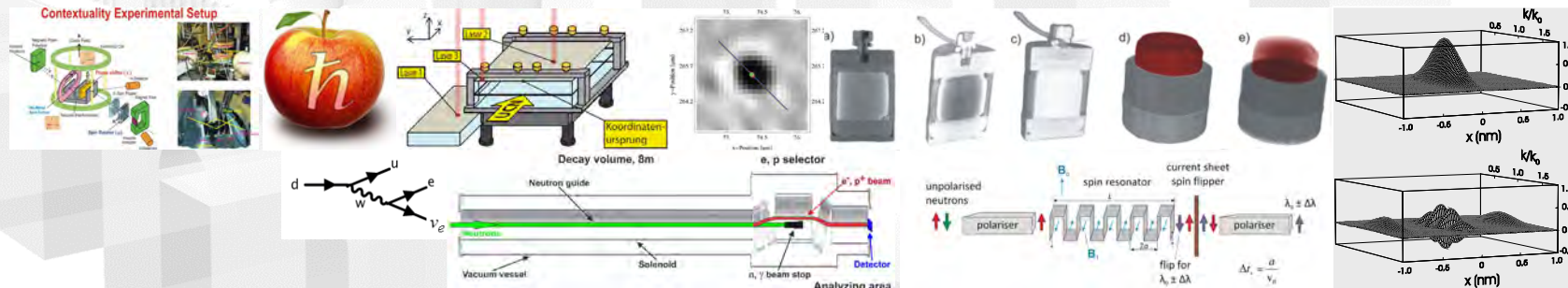
Jericha, Badurek

142.026 **Projektarbeit Experimentelle Hadronenphysik**

Jericha, Abele,
Zawisky

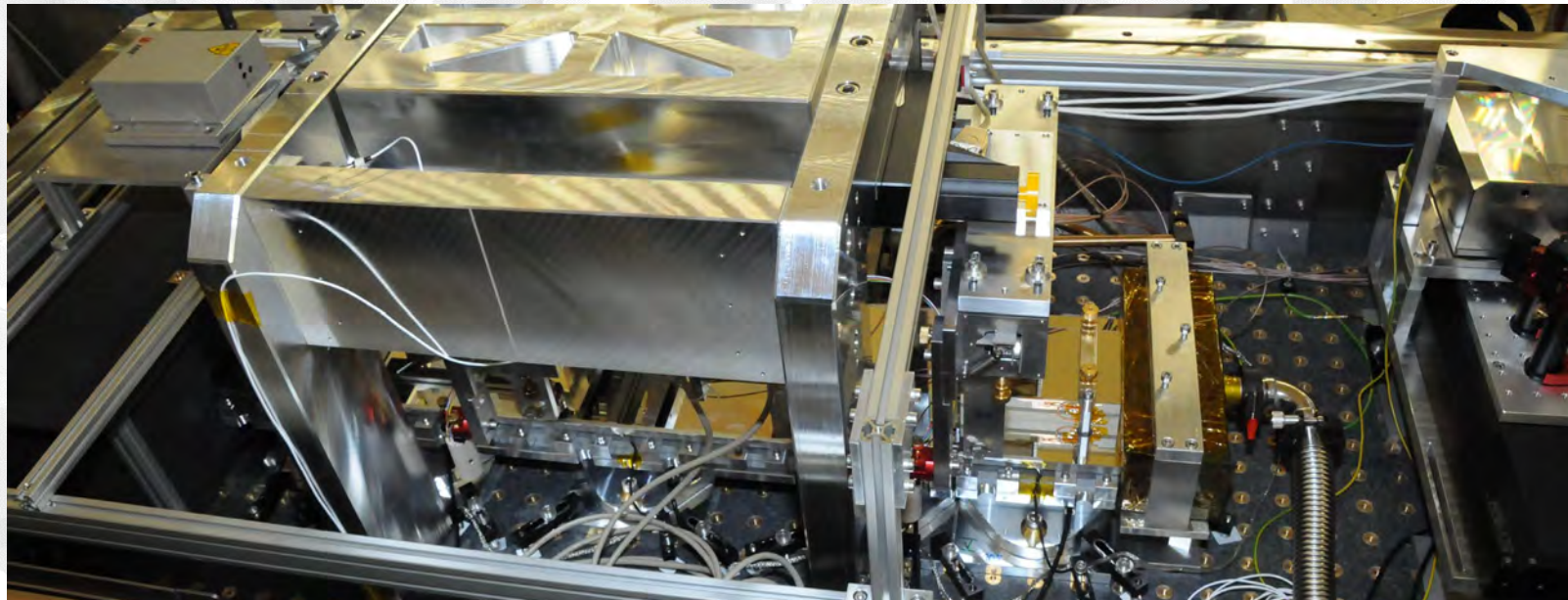
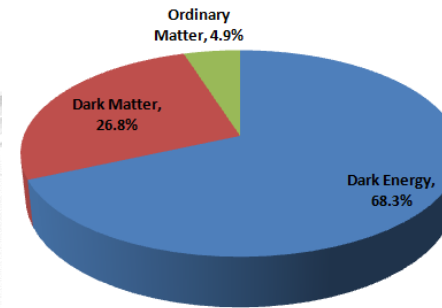
141.102 **Projektarbeit Neutronenphysik**

Summhammer,
Abele, Hasegawa,
Zawisky, Suda



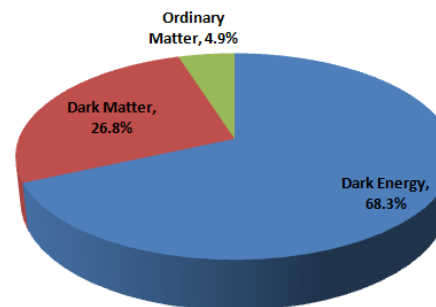
PA / BA Gravitation & Quantenmechanik

- Quantum states in the gravity
- Potential to probe Dark Energy theories with *q*BOUNCE
- Preparation of a neutron's charge measurement
- Instrument control in the submicron regime

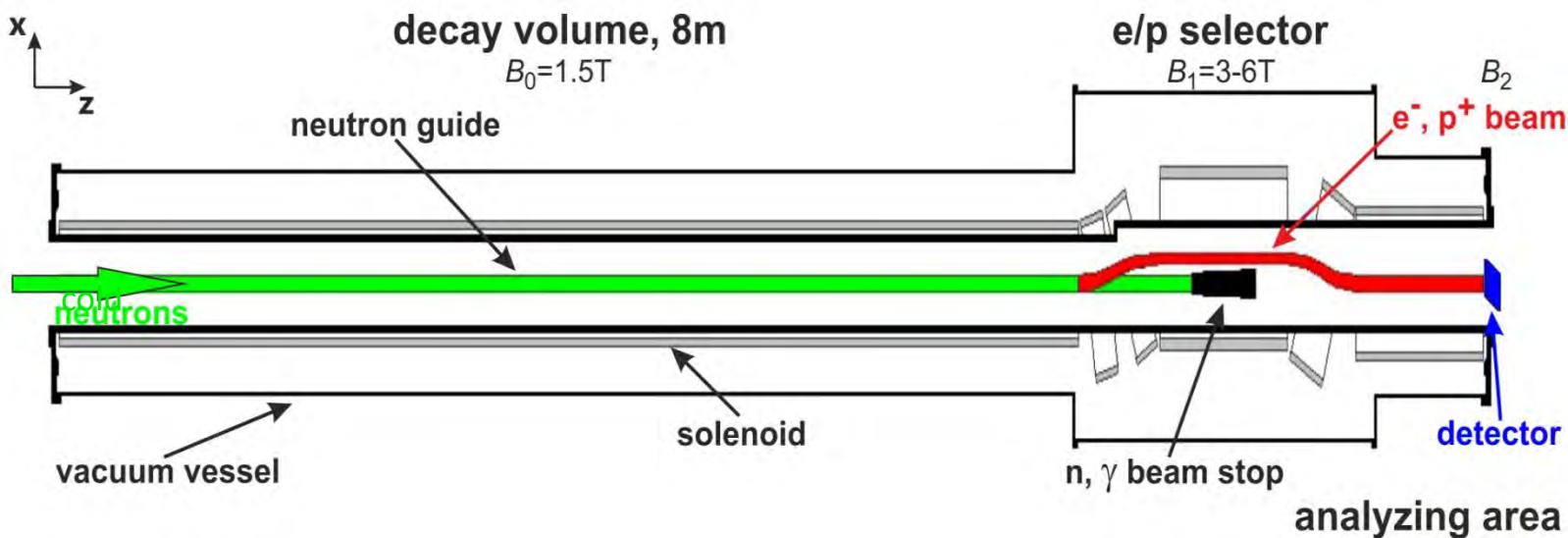




PA / BA Schwache Wechselwirkung Betazerfall der Neutronen



- Experiment searches for Grand Unified Theories
- Beam tailoring
- Electron detector
- Proton detector



Neutron Beta Decay & High Precision Experiments with PERC





- Cyclotron Radiation Spectroscopy:
 - up to 220 GHz @ 6T
 - Comparison: 5G frequencies
 - **5G** will use spectrum in the existing LTE **frequency** range (600 MHz to 6 GHz) and also in millimeter wave bands (24–86 GHz).
 - 2 Projects
 - 24 GHz – 86 GHz Spectroscopy
 - THz Spectroscopy

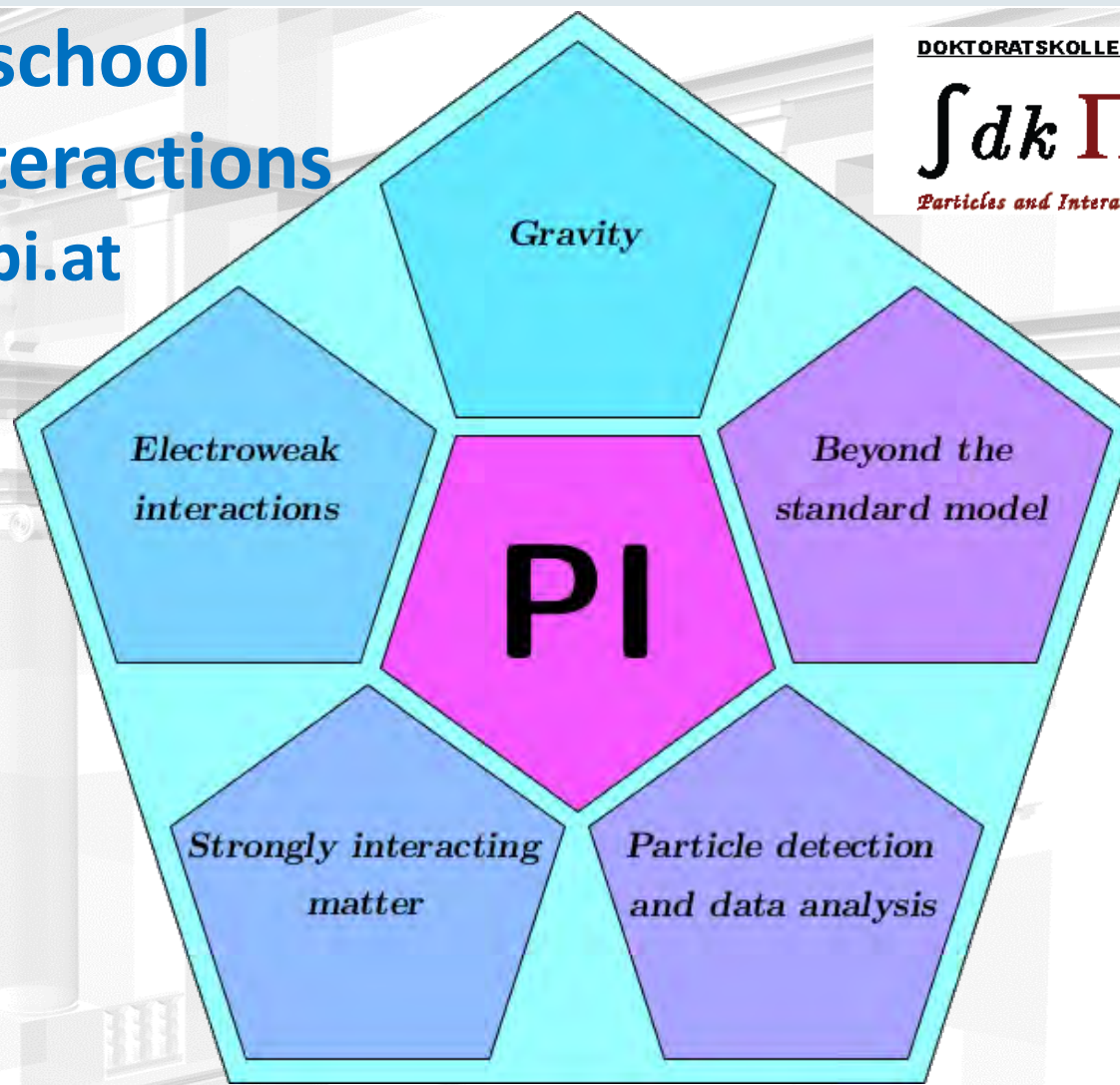
Graduate school Particles & Interactions

www.dkpi.at

DOKTORATSKOLLEG **PI**

$\int dk \Pi$

Particles and Interactions



Hartmut Abele
Manfred Jeitler
Jochen Schieck
Claudia-E. Wulz

$\int dk \Pi$ Doktoratskolleg
Particles and Interactions

Vienna Particle Physics Lectures 2021/22

Basic lectures

- Advanced Particle Physics
- Seminar on Experimental Particle Physics I
- Seminar on Experimental Particle Physics II
- Experimental Particle Physics I
- Experimental Particle Physics II

(University of Vienna)

- Atomic, Nuclear and Particle Physics I
- Atomic, Nuclear and Particle Physics II

(TU Wien)

Advanced lectures

- Introduction to Quantum Field Theory I & II (4 semester cycle)
- Statistical methods in data analysis
- Astro-Particle Physics
- Physics at the LHC: Measurement of the Higgs and Searches for Supersymmetry

Specialised directions

- Atomic Physics and Miscellaneous Topics
- Gravitation and String Theory
- Mathematical Topics
- Detectors and Experimental Methods
- Field Theory and Phenomenology

A faded, light-colored image of a classical building with many windows and columns, serving as the background for the text.

Kern- und Teilchenphysik

Lehrveranstaltungen im Sommersemester 2022

Vortragende aus drei Instituten

Atominstitut

- M. Faber , A. Hirtl, H. Leeb und J. Schieck
- M. Benedikt (CERN)

Institut für Hochenergiephysik (HEPHY) der ÖAW

- T. Bergauer, H. Eberl, Ch. Fabjan, M. Friedl, M. Jeitler, M. Krammer, R. Schöfbeck, Ch. Schwanda, J. Schieck, W. Waltenberger, C. Wulz

Stefan-Meyer-Institut (SMI) der ÖAW

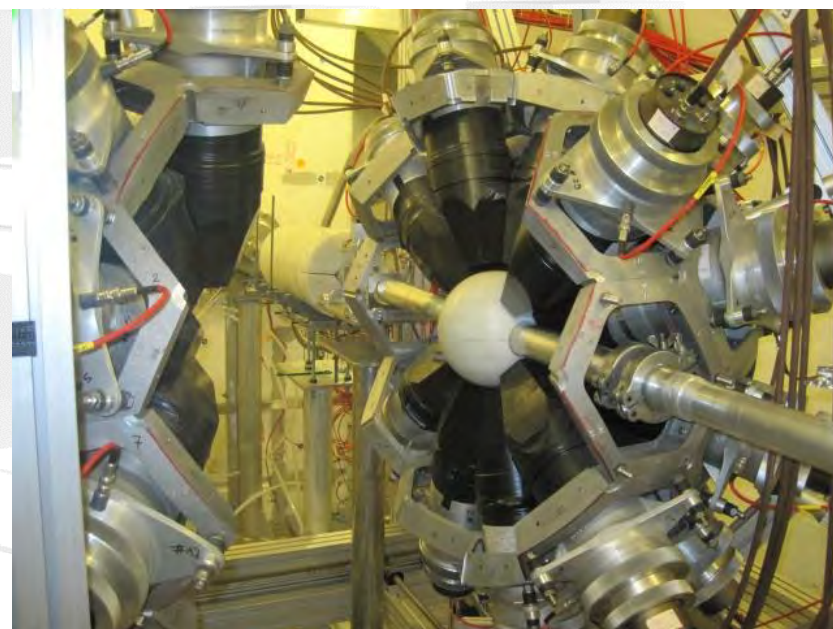
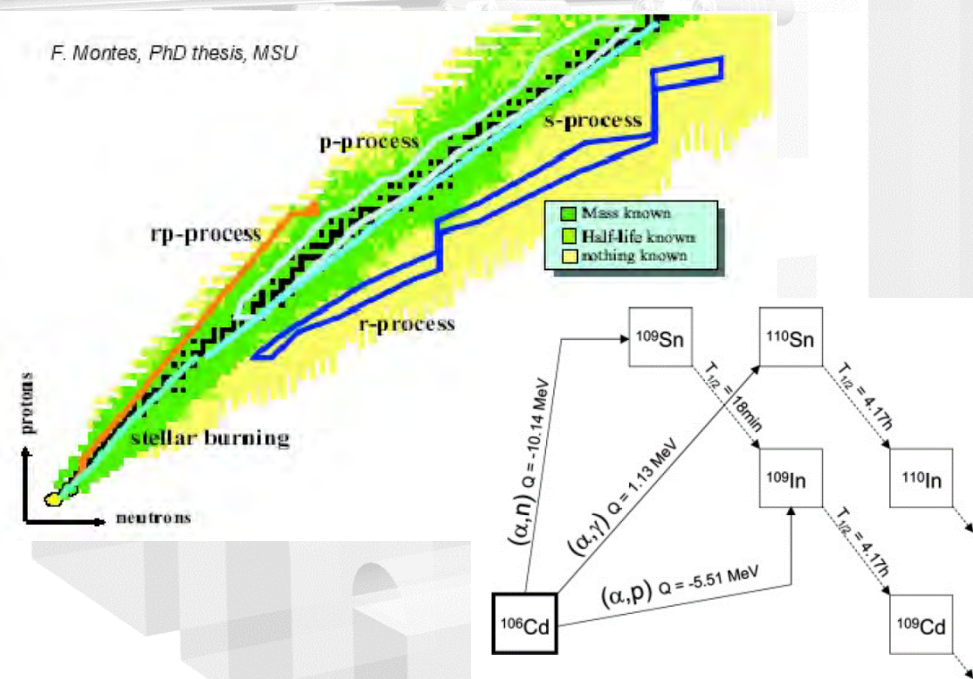
- J. Marton

Vier Forschungsbereiche

- Kernphysik und nukleare Astrophysik
- Feldtheorien und Hadronenphysik
- Experimentelle Teilchenphysik
- Medizinische Strahlenphysik

Kernphysik und nukleare Astrophysik (Leeb)

- Beschreibung von Kernreaktionen an den Grenzen der Stabilität, relevant für Astrophysik und nukleare Technologien
- Verbindung von Reaktionstheorie mit modernen Kernstrukturtheorien



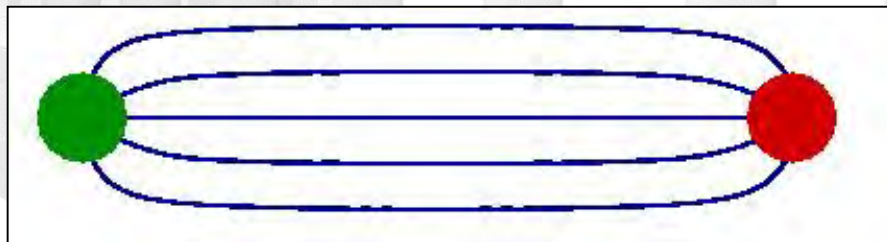
Feldtheorien und Hadronenphysik (Faber)

Hadronenphysik

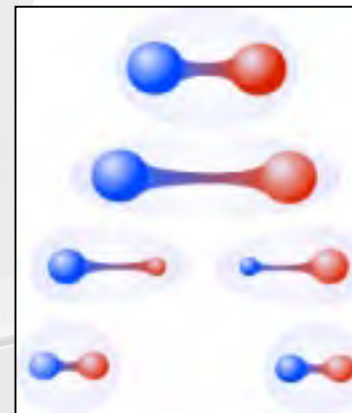
- Beschreibung exotischer Atome und Verständnis der Annihilation
- chirale Feldtheorie

Feldtheorien

- Verständnis der QCD bei niedrigen q -Werten (z.B. Confinement)
- Gittereichtheorien, Solitonmodell



Flußschlauch zwischen Quark-
Antiquark aus QCD
Gittereichrechnungen



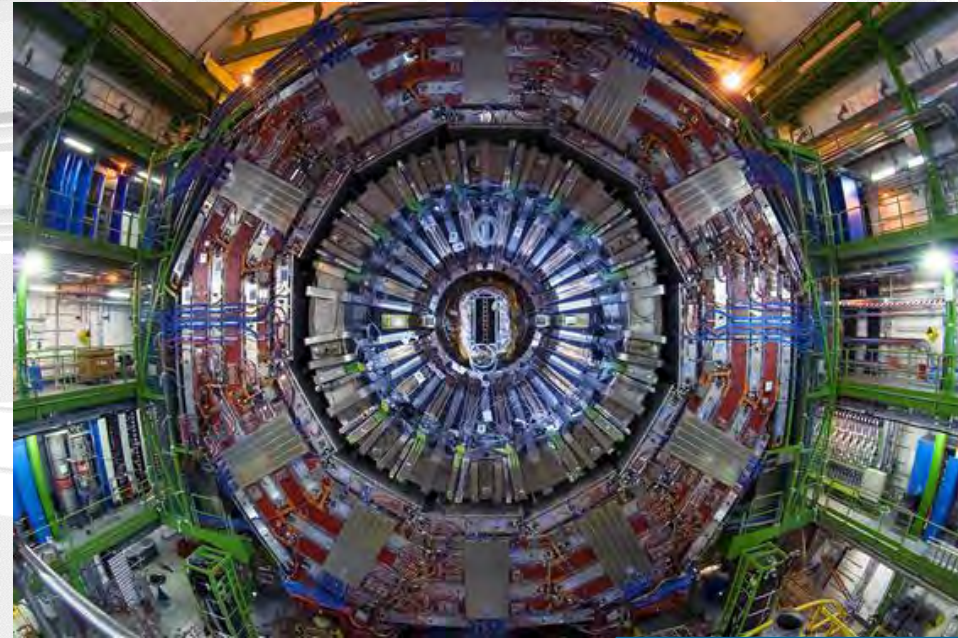
Quark-Antiquark
Wechselwirkung

Experimentelle Teilchenphysik – HEPHY (Schieck u.v.a.)

- Verständnis des Standardmodells, Higgs-Teilchen, CP-Verletzung, Suche nach neuer Physik
- Suche nach Dunkler Materie
- Neutrino-physik
- Entwicklung von Detektoren

Experimente

- LHC@CERN, BELLE@KEK
- Suche nach dunkler Materie
CRESST und COSINUS @LNGS
- Neutrino-physik NUCLEUS@CHOOZ
- Theoretische Teilchenphysik



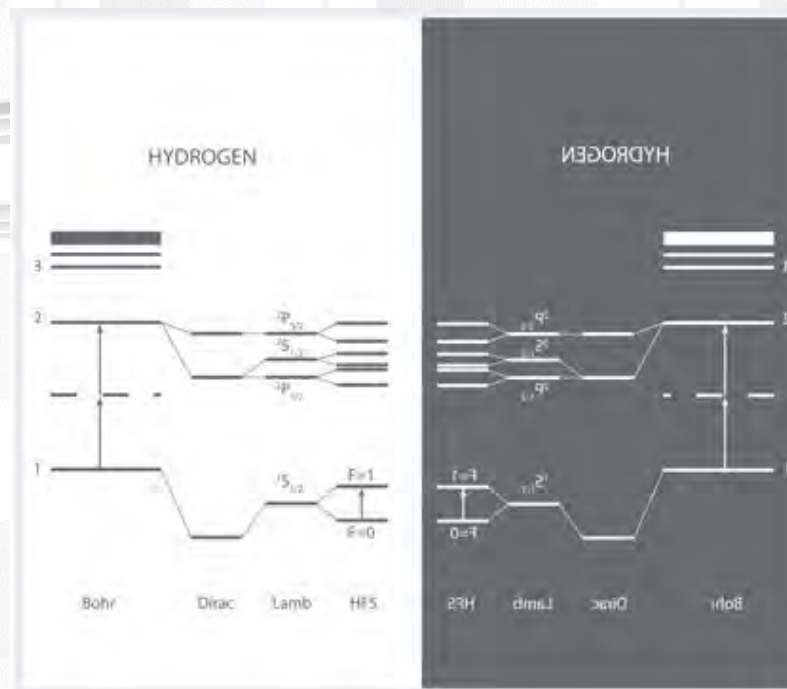
CMS Detektor

Experimentelle Teilchenphysik – SMI (Marton u.v.a.)

- Antimaterie-Materie-Symmetrie
- Hadronenphysik – Untersuchung der starken Wechselwirkung mit Strangeness
- exotische Atome

Experimente

- ASACUSA@CERN
- ALICE@CERN
- DAPHNE@LNF
- VIP2@LNGS



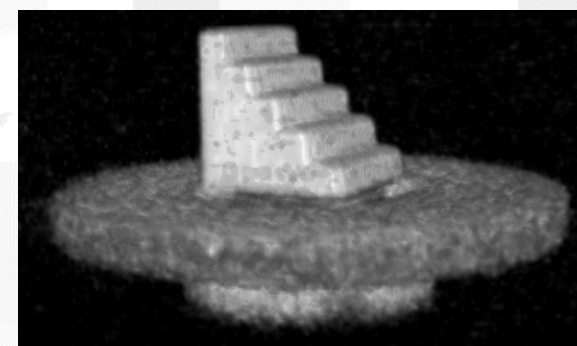
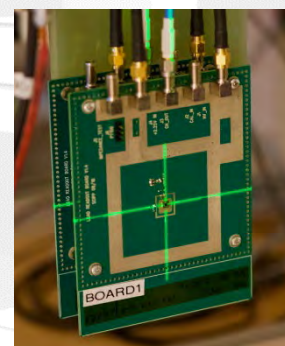
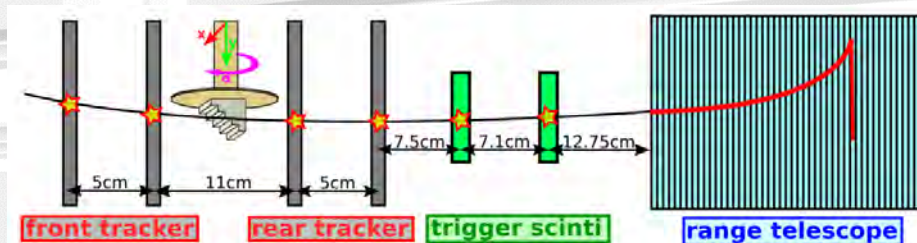
Medizinische Strahlenphysik (Bergauer & Hirtl u.v.a.)

Experimente am Forschungs- & Therapiezentrum MedAustron

- Ionenbildgebung – pCT
- Anwendungen der Teilchenphysik in der Medizin
- Entwicklung von Teilchendetektoren



pCT set-up am MedAustron



Übersicht der LVA (VO, UE, SE)

LVA Name & Vortragende	LVA Nummer
Atom-, Kern- und Teilchenphysik II (VO, UE), Abele, Schieck, u.a.	142.092, 142.093
Einführung in die Modelle der Elementarteilchenphysik II (VO, UE), Eberl	141.B02, 141.B03
Einführung in die medizinphysikalischen Grundlagen der Ionentherapie (VO), Hirtl u.a.	141.B07
Energy Supply Today and Tomorrow (VO), Leeb	142.084
Quantenchromodynamik II (VO), Faber	142.923
Physik am LHC: Vermessung des Higgs-Bosons und Suche nach Physik jenseits des Standardmodells (VO), Jeitler	141.A52
Präsentationstechniken in der Physik (SE), Jeitler	141.A33
Seminar über Atomare und Subatomare Physik (SE), Faber	142.069

Übersicht der LVA (VO, UE, SE)

LVA Name & Vortragende	LVA Nummer
Seminar über medizinische Strahlenphysik und Ionentherapie (SE), Hirtl	141.B19
Solitonen, Differentialgeometrie und Topologie (VO), Faber	142.064
Techniken der Signalerfassung und Auswertung (VO, UE), Bergauer, Hirtl, Friedl	141.A88, 141.A89
Teilchenbeschleuniger (VO), Benedikt	141.944

Projektarbeiten (PA) & Bachelorarbeiten

LVA Name & Vortragende	LVA Nummer
Projektarbeiten Angewandte Strahlenphysik , Hirtl u.a.	141.079
Projektarbeit Experimentelle Teilchenphysik , Krammer u.a.	142.039
Projektarbeit Kernphysik , Benedikt, Leeb	141.A22
Projektarbeit Methoden der Teilchenphysik , Schieck u.a.	141.A45
Projektarbeit Nukleare Astrophysik , Benedikt, Leeb	141.A21
Projektarbeit Starke Wechselwirkung , Faber	142.045
Projektarbeit Strahlenschutz und Dosimetrie , Hirtl u.a.	141.018
Projektarbeit Subatomare Physik , Faber, Marton	142.088

Unter Anleitung durchgeführte wissenschaftliche Arbeiten an aktuellen Forschungsprojekten;
 Dauer: 4 – 6 Wochen Vollzeit;
 Abschluss: wissenschaftliches Ergebnis sowie schriftliche Dokumentation (Protokoll);
 Beginn: nach Vereinbarung, Kontakt mit Betreuer bzw. Betreuerin der Projektarbeit.

Kontakt

Kernphysik und nukleare Astrophysik

- H. Leeb: helmut.leeb@tuwien.ac.at

Feldtheorien und Hadronenphysik

- M. Faber: manfried.faber@tuwien.ac.at

Experimentelle Teilchenphysik

- J. Marton: johann.marton@oeaw.ac.at
- J. Schieck: jochen.schieck@tuwien.ac.at

Medizinische Strahlenphysik

- A. Hirtl: albert.hirtl@tuwien.ac.at

Strahlenphysik / TRIGA

Strahlenphysik: Leitung Christina Strelt
TRIGA Center: Leitung Andreas Musilek



- **Materialcharakterisierung**

- Charakterisierung von Implantaten in Silizium-Wafern
- Charakterisierung ultradünner Schichten im Nanometer-bereich auf Silizium-Wafern
- Spurenelemente im menschlichen Gewebe
- Waferoberflächenanalytik



- **Umweltanalytik**

- Chemisches Fingerprinting von geologischem Material
- Nachweis von Blei im Trinkwasser
- Spurenelementanalyse von Aerosolen in Luft

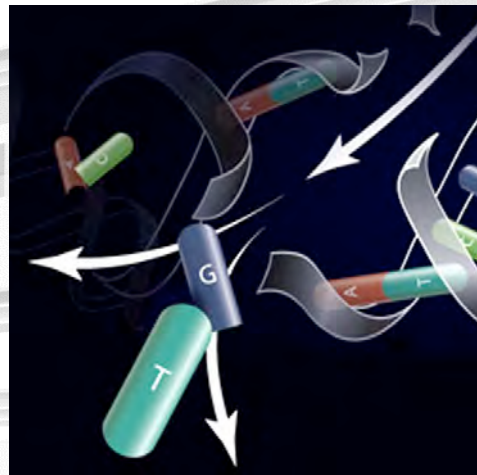


- **Strahleneffekte und Strahlenschutz**

- Biologische Strahlenwirkung
- Dosimetrie
- Strahlenschutzausbildung

- **Nukleare Sicherheit**

- Radiologische Folgenabschätzung
- Strahlenunfälle
- Umweltradioaktivität



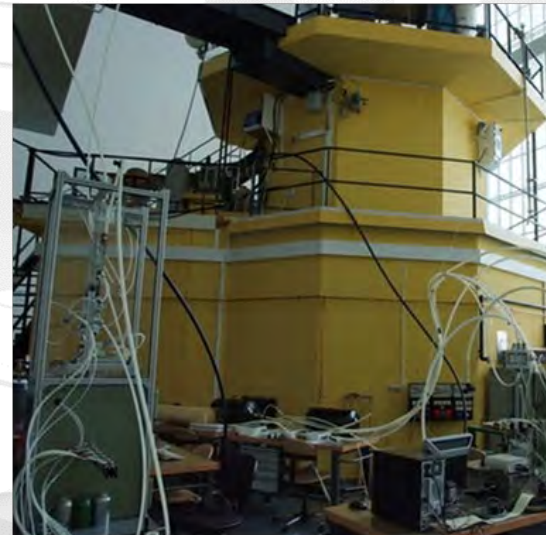
- Archäometrie

- Herkunftsbestimmung
- Lumineszenzdatierung
- Neutronenaktivierungsanalyse
- Zerstörungsfreie Röntgenfluoreszenzanalyse
- ICP-Massenspektrometrie (*inductively coupled plasma mass spectrometry*)



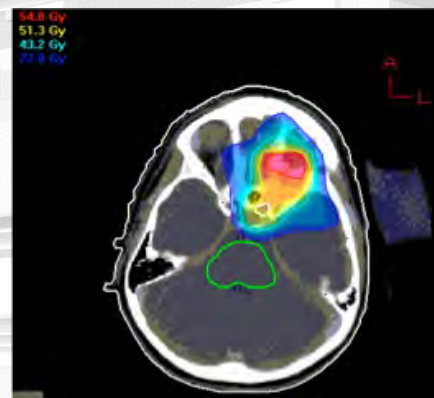
- Methodenentwicklung

- 3D Imaging für forensische Anwendungen
- Mikrodosimetrische Modellierung
- Multivariate Datenanalyse in der Provenienzforschung (Herkunftsgeschichte von Kunstwerken und Kulturgütern)
- Tiefenprofilanalytik im Nanometerbereich



- **Medizinische Strahlenphysik**

- Diagnostik
- Nuklearmedizin
- Strahlentherapie



- **MedAustron**

Internationales Tumorthherapie- und Forschungszentrum mit Protonen und Kohlenstoffionen

- Experimentelles Programm zur
 - Dosismessung und zum Linearen Energietransfer (LET) in menschenähnlichen Phantomen
 - Bildgebung mittels Ionen – Protonen CT



Strahlung vielseitig nutzen,
den verantwortungsvollen Umgang lehren!



C. Strelí K. Poljanc A. Musilek J.H. Sterba J. Welch D. Ingerle A. Hirtl Ch. Denk

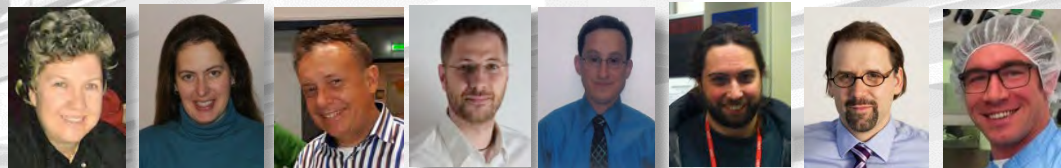
VORLESUNGEN IM SOMMERSEMESTER 2022

- 141.044 VO Methods of quantitative x-ray fluorescence analysis (Wobrauschek)
- 141.295 VO Radiochemie I (Bichler, Sterba, Welch, Denk)
- 141.405 VO Strahlenphysik (Strelí, Poljanc, Hirtl)
- 141.721 VO Strahlenschutz nichtionisierender Strahlung (Vana)
- 141.724 VO Isotopentechnik (Bichler, Sterba, Welch)
- 224.312 VO Umweltschutz und Technik (Maringer et al.)
- 141.A40 VO Strahlenphysikalische Methoden in der Medizin (Poljanc)
- 141.A41 VU Metrologie (Maringer)
- 141.211 VO X-ray analytical methods (Strelí)
- 141.A73 VO mitdenken.erlaubt@tuwien.ac.at (Poljanc, Maringer, Gebeshuber)
- 141.B07 VO Einführung in die medizinphysikalischen Grundlagen der Ionentherapie (Hirtl)

LABOR- UND PRAKTISCHE ÜBUNGEN IM SOMMERSEMESTER 2022

- 141.A82 PR Strahlenschutzpraktikum (Musilek)
- 141.115 PR Practical Course in X-Ray Analytical Methods (Strelí, Wobrauschek)
- 141.A81 LU Radiochemisches Praktikum (Bichler, Sterba, Welch)

Strahlung vielseitig nutzen,
den verantwortungsvollen Umgang lehren!



C. Strelí K. Poljanc A. Musilek J.H. Sterba J. Welch D. Ingerle A. Hirtl Ch. Denk

SEMINARE IM SOMMERSEMESTER 2022

- 141.905 SE Strahlenphys. Anwendungen in Technik und Medizin
(Strelí, Aiginger, Poljanc, Hirtl)
- 141.A54 SP Science TU You – Wissenschaftskommunikation in der Praxis
(Poljanc, et al.)

PROJEKT- UND BACHELORARBEITEN IM SOMMERSEMESTER 2022

- 134.191 PA Wahlpflicht-Projekt: Medizinische Physik und Bildgebung
- 141.018 PA Projektarbeit Strahlenschutz und Dosimetrie
- 141.079 PA Projektarbeit Angewandte Strahlenphysik
- 141.110 PA Projektarbeit Elektronen- und Röntgenphysik
- 141.153 PA Projektarbeit Röntgenanalytik
- 141.167 PA Projektarbeit Radiochemie

Tieftemperaturphysik

Supraleitung



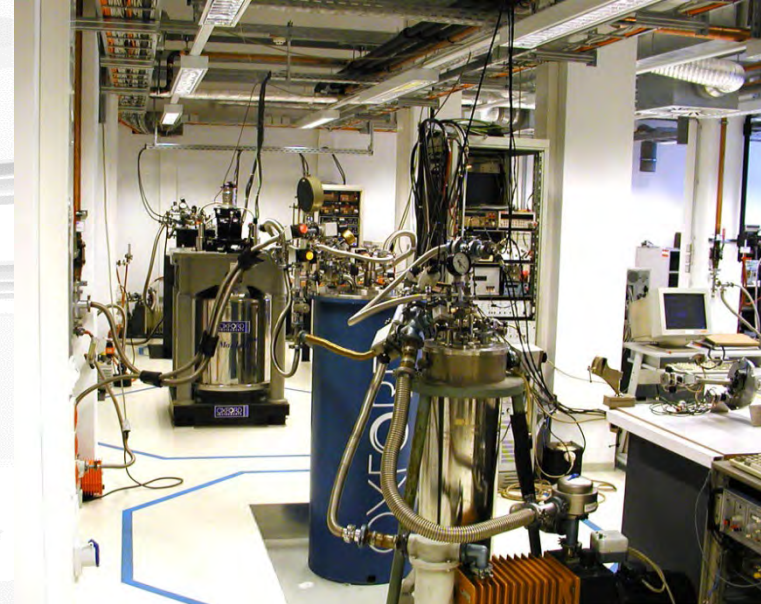
M. Eisterer, F. Sauerzopf, H.W. Weber
D. Bader, S. Holleis, F. Semper
M. Ortino, R. Unterrainer

• Unsere Themenschwerpunkte

- **Magnetische Eigenschaften und Stromtransport in Supraleitern**
- Neue Materialien, Hochtemperatursupraleiter
- Flusslinienverankerung, Granularität
- Anwendungsorientierte Materialforschung
- **Fusionsrelevante Materialien, Strahlungsresistenz**
- Supraleiter für Magnetspulen

• Unsere Geräte

- **Magnetsysteme mit Transport- und Magnetisierungsmessungen**
- **Hallsonden-Scanner**
- **Tiefemperatur-Tunnelmikroskop**



- **Hochtemperatursupraleiter**

Michael Eisterer, 141.457

Beginn: 9. März 2022, 16:00

- **SQUIDs - Grundlagen und Anwendungen**

Franz Sauerzopf, 141.222

Beginn: nach Vereinbarung

- **Superconductivity Seminar**

Michael Eisterer, 141.388 (in Englisch)

Vorbesprechung: 7. März 2022



- **Praktikum aus Tiefemperaturphysik**
Michael Eisterer und Franz Sauerzopf, 141.823
Blockveranstaltung **nach Vereinbarung**

- **Diplom- und Projektarbeiten**
Eisterer, Sauerzopf, Weber
Nach Vereinbarung

HOT:
wir bieten eine Diss-Stelle,
auch in Verbindung mit
vorheriger Diplomarbeit
→ Michael Eisterer



Quantum Science & Quantum Technology

- Atominterferometrie Ph. Haslinger
- Atom- und Quantenphysik J. Schmiedmayer
- Experimentelle Quanteninformation J. Leonard
- Quanteninformation & Thermodynamik M. Huber
- Quantenmetrologie T. Schumm
- Theoretische Quantenoptik P. Rabl



Series of lectures in a 4-semester curriculum

<ul style="list-style-type: none"> • Quantum Optics I & II S. Manz, J. Leonard, P. Rabl 	141.A10 141.A11	WS 2021 SS 2022
<ul style="list-style-type: none"> • Quantum Technology I & II P. Rabl, T. Schumm, Ph. Haslinger, J. Schmiedmayer 	141.A16 141.A17	WS 2022 SS 2023
<ul style="list-style-type: none"> • Atoms - Light - Matter Waves J. Schmiedmayer, P. Haslinger 	141.212	SS 2022
<ul style="list-style-type: none"> • Macroscopic Quantum Systems J. Schmiedmayer, Ph. Haslinger, I. Mazets 	141.231	SS 2022
<ul style="list-style-type: none"> • Quantum Information Theory I & II M. Huber 	141.B09 141.A11	WS 2021 SS 2022

Seminars (every semester):

- **Advances in Quantum Science and Quantum Technology** (141.B11, Wednesdays 16:15, Atominstitut, Stadionallee 2) **students & postdocs**
- **Neutron, Solid-State and Quantum Physics** (141.543, Fridays 10:00, Atominstitut, Stadionallee 2)
- **Colloquium: Complex Quantum Systems** (141.271, Mondays 17:30, announced at www.vcq.at) **external speakers**

Hands-on Lab experience:

- **Praktikum: Quantum Physics** 4 ECTS **141.A86**
Sponar, Haslinger, Manz, Schumm, Schmiedmayer, Abele, Schneider

Lab course where you can experience first hand the basic phenomena of Quantum Physics.
Brand-new setups, one afternoon each, small teams (1-3)
Sign up for labs by mail to: barbara.stros@tuwien.ac.at

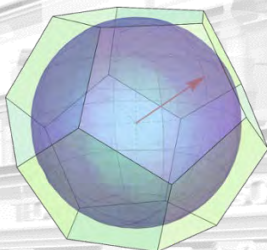
- **Projektarbeiten (also bachelor projects)** 10 ECTS
Experience real lab research, about 6 weeks full time, small teams (1-3)
Contact the supervisor for planning (at least 1 month in advance)
 - **Quantum Optics** (Bayer-Skoff, Haslinger, Leonard) **141.095**
 - **Nanophotonics** (Bayer-Skoff, Schumm) **141.A13**
 - **Atomuhren und Quantenmetrologie** (Schumm) **141.A27**
 - **Ultracold Atoms and Spectroscopy** (Schmiedmayer, Schumm, Haslinger) **141.214**
 - **Quantum Technology** (Schmiedmayer, Rabl, Leonard) **141.A15**

QUantum Information & Thermodynamics

Marcus Huber & the
QUIT Physics group



Quantum information in high dimensions



- Bloch representation & entropy characterisation
- Entanglement in high-dimensional systems
- Multipartite and beyond LOCC entanglement
- Device independent characterisation

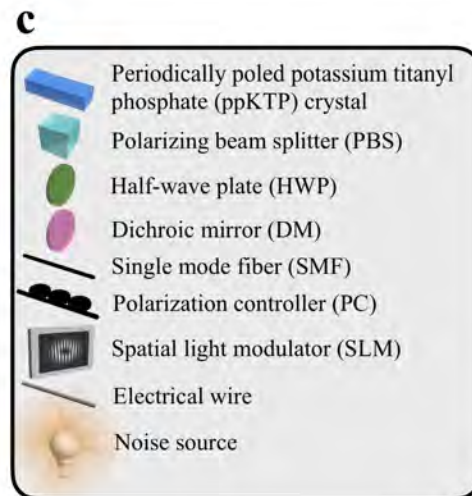
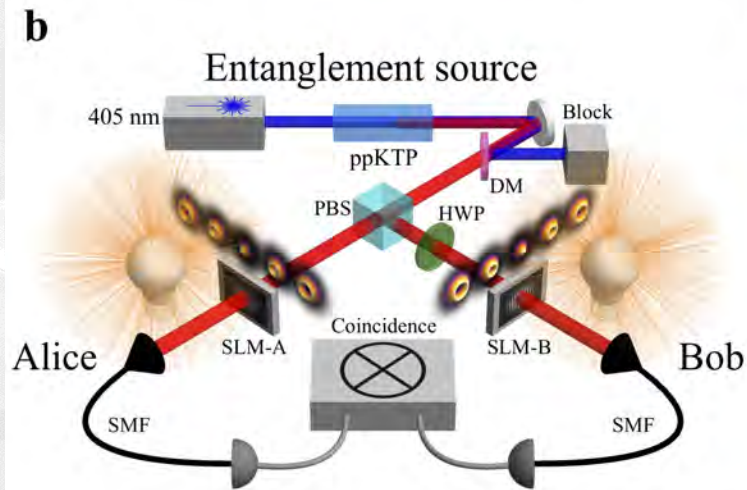
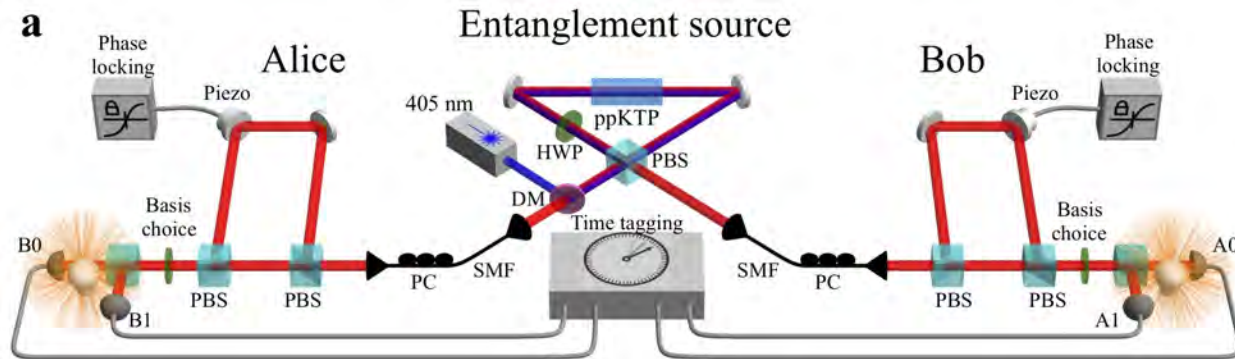
- High-dimensional protocols
- Quantum communication beyond QKD
- Modeling realistic channels
- Multipartite key distribution

Quantum cryptography



High-dimensions: how many bits per photon?

- Energy-time entangled photons



Channels

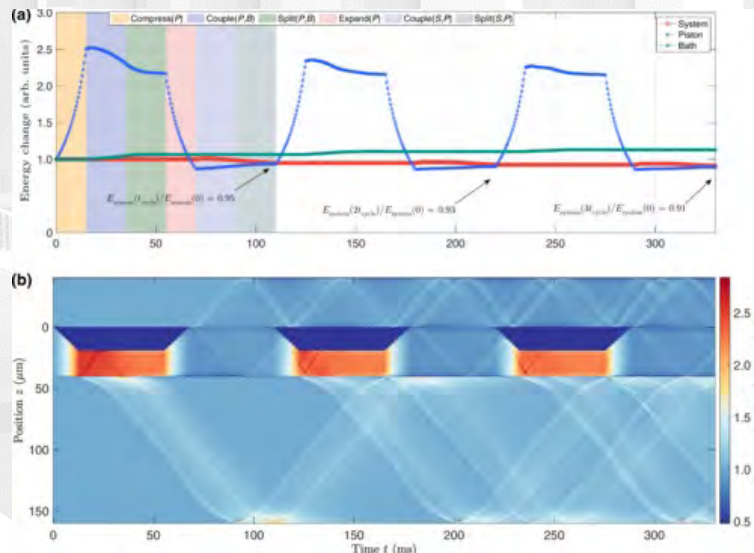
- Free space
- Multicore fibres

- Spatial modes of light: entanglement and measurements



Fundamental Thermodynamics

- Foundation of physics: Ultimate limits to knowledge & acquisition of information
- Thermodynamic protocols: Cooling on a quantum computer & limits to correlations
- Entropy and the arrow of time
- Thermodynamics & Complexity



Applied Thermodynamics

- Modeling realistic thermal machines (open quantum systems & many-body theory)
- Quantum Field Thermal Machine (with Jörg Schmiedmayer)

Emergence of Physics at different scales and philosophy of science

Micro-state

$$\alpha_0 = 01110001001100001 \dots$$



Program: $P(\alpha_0, t) = \alpha_t$

$$\alpha_t = 01010011001000001 \dots$$

Macro-state

$$A_0 = 011110011001 \dots$$



Program: $E(A_0, t) = A_t$

$$A_t = 011110011001 \dots$$

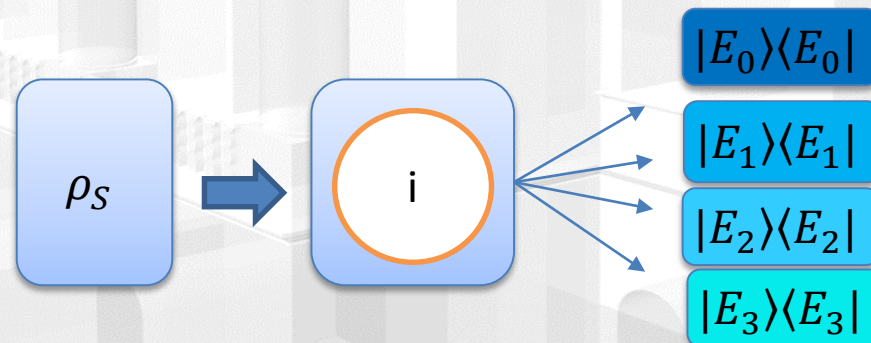
Coarse graining $C(\alpha_0) = A_0$



Coarse graining $C(\alpha_t) = A_t$



The quantum measurement problem: thermodynamic foundation?



Experimental Quantum Information

Julian Léonard

www.quantuminfo.com

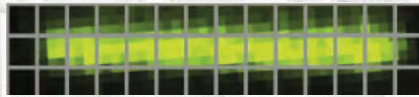
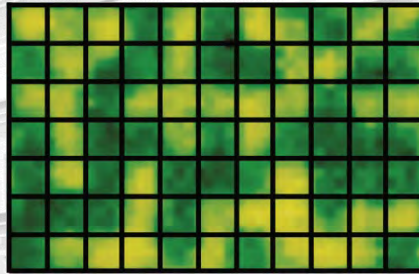
 FWF

Der Wissenschaftsfonds.



Vienna Center for Quantum
Science and Technology

Building quantum systems atom by atom

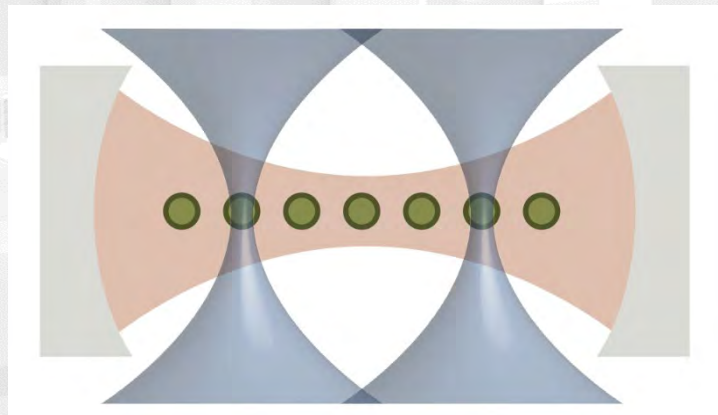


Neutral atoms: a leading platform for quantum simulation/computation

- Perfect isolation
- Unmatched size & scalability
- Accessible length- and time scales
- Single-qubit control & readout

Build a next-generation quantum processor:

- Quantum gas microscopy
- Optical tweezers
- Strong light-matter coupling
- Non-local entanglement



Lecture: 141.A11 Quantum Optics II (Leonard, Rabl)

Mi. 10:00-12:00 seminar room DB yellow 07 (first lecture on March 9th)

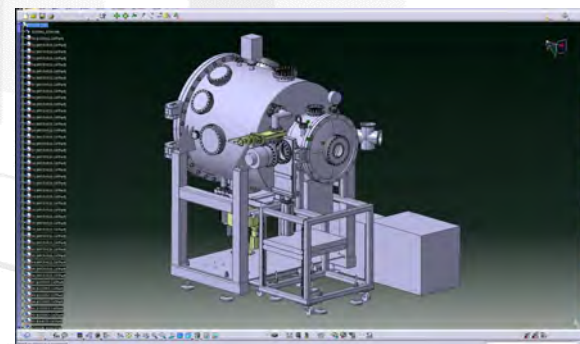
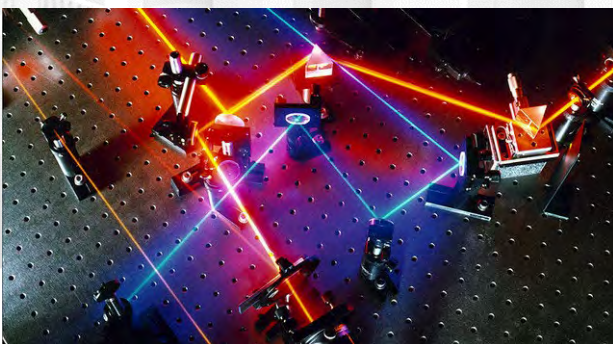
- Cooling, trapping and manipulating neutral atoms
- Quantum simulation and computation techniques
- Entangled states of light and matter
- Superradiance and other collective effects

Student projects: Projekt-/Masterarbeiten

Various topics, e.g.:

- build new laser setup
- develop software/hardware to control a quantum processor
- construct an ultra-high vacuum system

Contact: julian.leonard@tuwien.ac.at



AQUnet

Austrian Quantum in Flight Network

AQUclock

Austrian Quantum Clock

Quanten-Metrologie

Thorsten Schumm

Kjeld Beeks, Georgy. Kazakov,

Stephanie Manz, Martin Pimon,

Enikoe Seres, Josef Seres,

Tomas Sikorsky



VQC

Vienna Center for Quantum
Science and Technology



Funded by the Austria
Research Promotion Agency

Forschungsschwerpunkte

Präzisionsmessungen auf Basis von Quanteneffekten:

- „superposition-based“ Quantensensoren

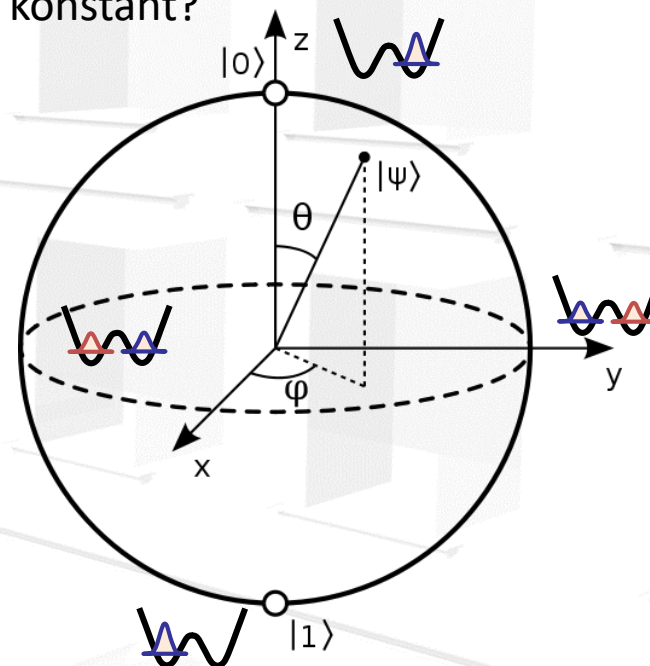
„Interne“ Superpositionen

- Atomuhren (MW, optisch, UV...?)
- Anwendungen in Navigation, Kommunikation, Geodäsie...
- Grundlegende Fragestellungen: EM-Wechselwirkung konstant?
- **Projekt:** Eine Kernuhr mit Thorium-229

„Externe“ Superpositionen

- Delokalisierte Materiewellen-Funktionen
- Materiewellen-Interferometer
- Messung von Gravitation, Tilt, Rotation...
- Grundlegende Fragestellung:
Grenzen des Superpositionsprinzips?
- **Projekt:** Cäsium-BEC-Interferometer

$$\frac{1}{\sqrt{2}}|\text{cat}\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|\text{dog}\rangle$$



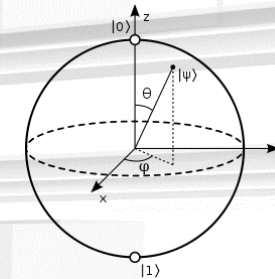
Vorlesungen

Teaching

141.A35 Atom-Molekülphysik, Quantenmetrologie Mi. 12:00-14:00 Sem. DB gelb 07

- Grundlagen der Atom- und Molekülphysik
- Atomuhren, GPS, Laserspektroskopie,...
- Pflicht für Master Energie + Messtechnik, everybody welcome!

start 6.3.2022

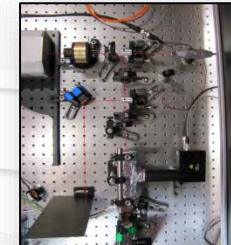


Projektarbeiten (auch geeignet für Bachelorarbeiten)

141.A27 Atomuhren und Quantenmetrologie

- Praktische Mitarbeit an Forschungsprojekten in den Labors
- Themen: Frequenzkammspektroskopie, Laserspektroskopie...

contact: Thorsten.Schumm@tuwien.ac.at



Praktikum

141.A12 Grundlegende Experimente zur Quantenphysik

- Kernspinnresonanz (NMR)
- Interferenz eines einzelnen / zweier Photonen
- Einstein-Podolski-Rosen / Bell Experiment
- Neutronen-interferenz am ATI Reaktor

contact: Barbara.Stros@ati.ac.at



frühzeitig anmelden!

frühzeitig anmelden!

Atom- und Quantenphysik

I. Mazets, A. Angerer, M. Prüfer, S. Erne
J. Schmiedmayer



CoQuS

ComplexQuantumSystems

FWF

Der Wissenschaftsfonds.



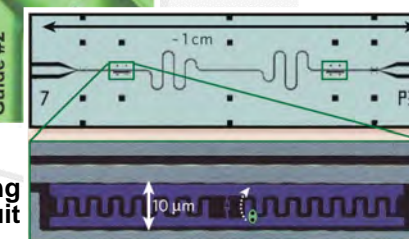
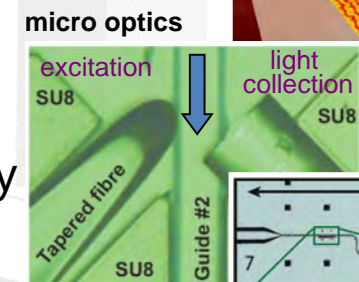
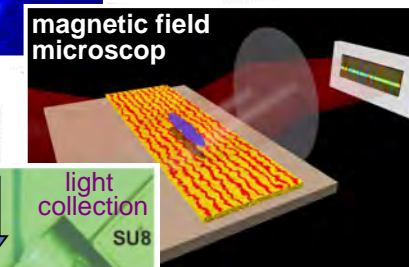
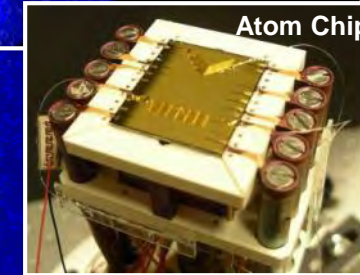
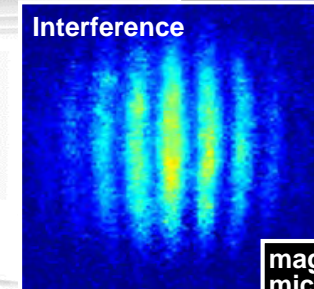
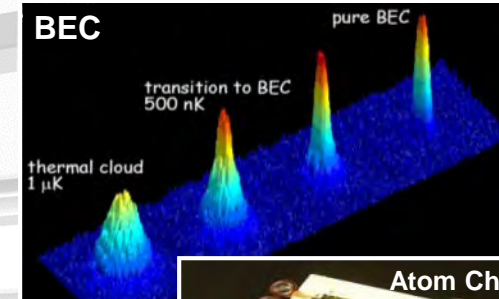
Vienna Center for Quantum
Science and Technology

Understanding and Implementing Quantum Physics

- fundamental research
 - quantum degenerate Bose and Fermi gases
 - coherence and de-coherence
 - quantum simulations
 - quantum interconnect

- applications in devices
 - magnetic field microscope

- technologies
 - lasers, optics
 - imaging and image processing
 - super conductivity and cryogenic technology
 - experimental control and active feedback
 - nano fabrication and micro optics



Projektarbeit 141.214: 10 ECTS points, located at ATI

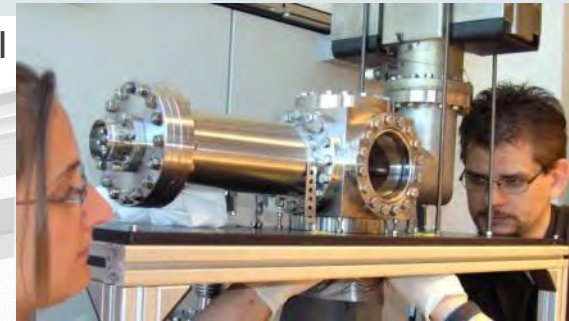
Ultracold Atoms and Spectroscopy

A laser cooling setup built up exclusively by students gain hands-on experience on...

laser physics, high-resolution spectroscopy, feedback and frequency stabilisation, acousto-optics, polarization vacuum technology, laser cooling and trapping, digital imaging and image analysis

format: teams of 1-2, successive bottom-up segments, 4 weeks full time, fully WIKI based documentation (see homepage for info),

contact: schmiedmayer@atomchip.org



Projektarbeit 141.A15: 10 ECTS points, located at ATI

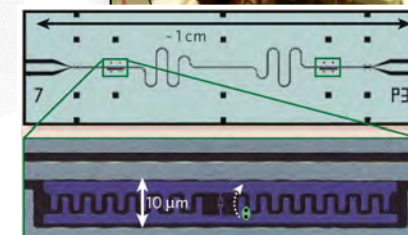
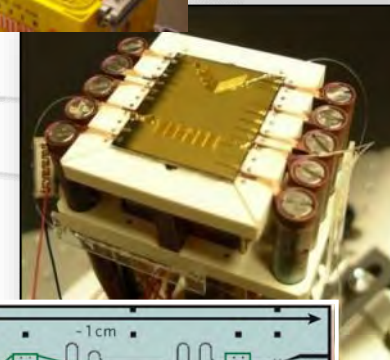
Quantum Technology

merging microfabrication with optics and superconducting quantum circuits

gain hands-on experience on...

Nano fabrication, micro optics, single photon optics and detectors, micro wave engineering, micro wave resonators, cryogenics, superconductivity, quantum electronics

contact: schmiedmayer@atomchip.org



Können auch als Bachelorarbeit angerechnet werden !

Lecture:

• **Macroscopic Quantum Systems**

J. Schmiedmayer, Ph. Haslinger

141.231 SS 2022

This lecture course will give a detailed overview macroscopic quantum systems with a special focus on ultra cold quantum gases (Bose Einstein condensation and degenerate fermi gas).

location: Atominstitut (Stadionallee 2),

language: English

format: **3 blocks (each 2 afternoons of lectures + 1 afternoon of student presentations)**

content:

- Fundamentals of manipulating ultra cold atoms
- Methods to create degenerate quantum gases (Bosons and Fermions)
- Low dimensional systems
- Optical lattices
- Quantum simulation

exam: Student presentation + short report on a recent scientific paper from the field

Atom- Interferometrie

Philipp Haslinger
www.haslingerlab.com

 FWF

Der Wissenschaftsfonds.

ESQ
Discovery



4-Semester Curriculum

Hands-on Lab experience

- **Praktikum: Quantenphysik** 4 ECTS **141.A86**
Sponar, Haslinger, Manz, Schumm, Schmiedmayer, Abele, Schneider

Lab course where you can experience first hand the basic phenomena of Quantum Physics.

Brand-new setups, one afternoon each, small teams

Sign up for labs by mail to: barbara.stros@tuwien.ac.at

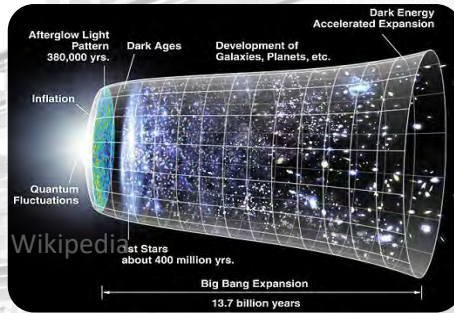
Please sign up before 21.3.2022

- Verschränkte Photonen / Bell-Ungleichung
- HeNe-Laser
- Kernspinresonanz (NMR)
- Laserspektroskopie von Rubidium
- Topological phases with neutrons (am Reaktor)



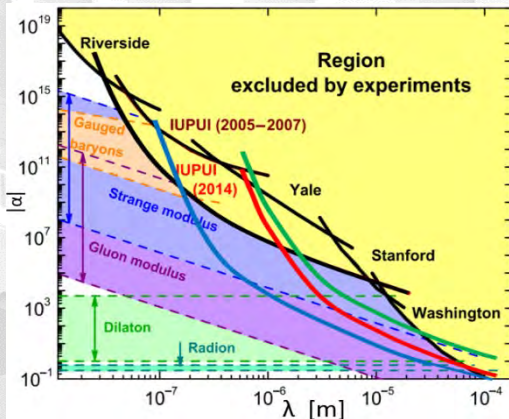
Lattice Atom Interferometry

The Dark Universe



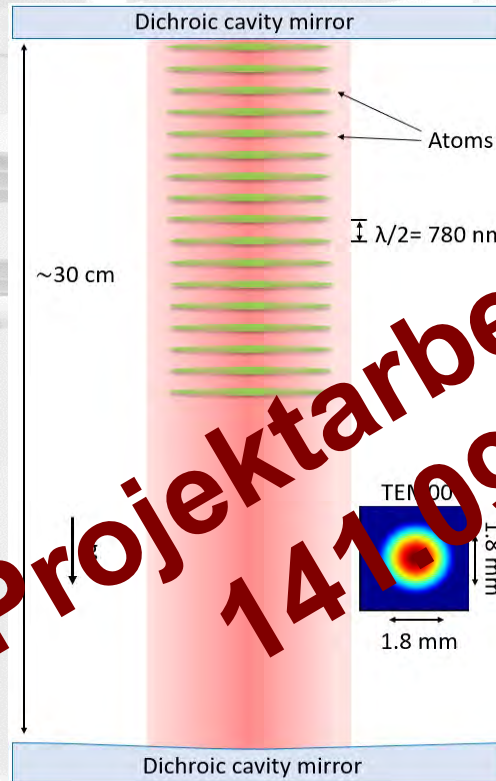
- Discover or rule out many models

Short Range Forces



- At 10 μm, forces >10⁴ x gravity possible
- Sense effects beyond the standard model: string theory...

Philipp Haslinger



Projektarbeiten
141095

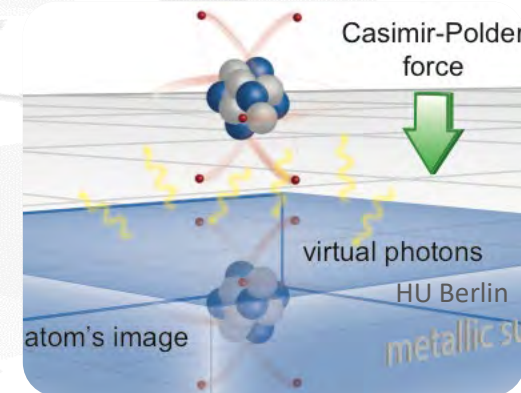
- Atoms: perfect test-particles
- Ultra long interaction times
- Map pot. energy landscape
- Miniaturized quantum sensor

Light-Induced Interaction



- Mechanical effects of thermal light
- BEC, Ultracold gasses, astrophysics,...

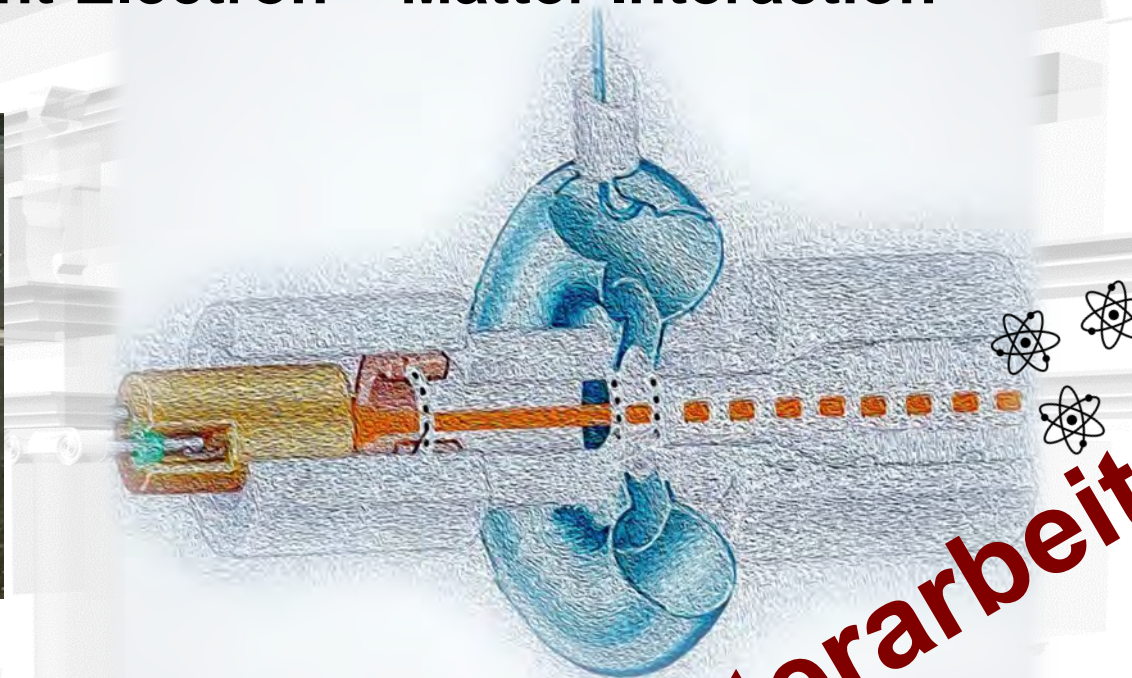
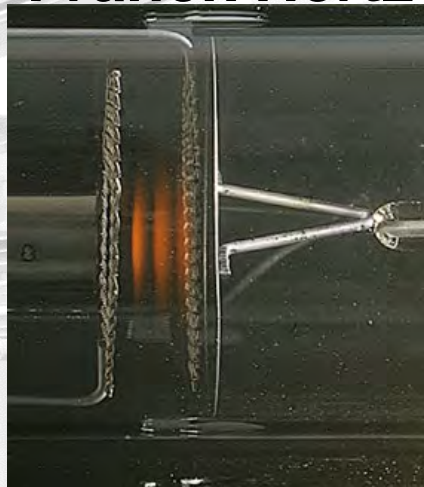
Casimir-Polder Interaction



- Interaction from quantum fluctuations
- Temperature & spatial dependence

Coherent Electron – Matter Interaction

Franck Hertz



Controlling Quantum Systems with Modulated Electron Beams

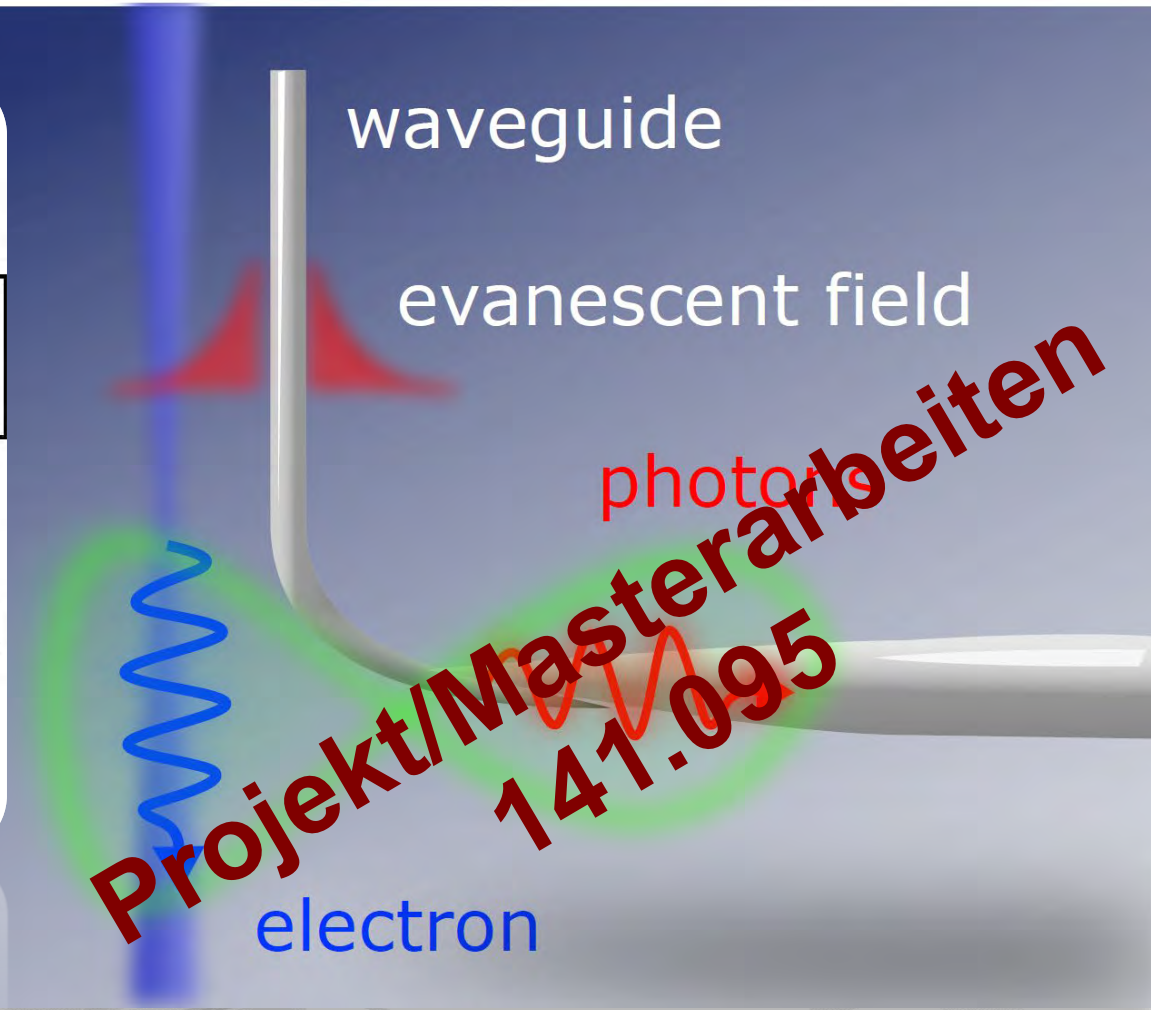
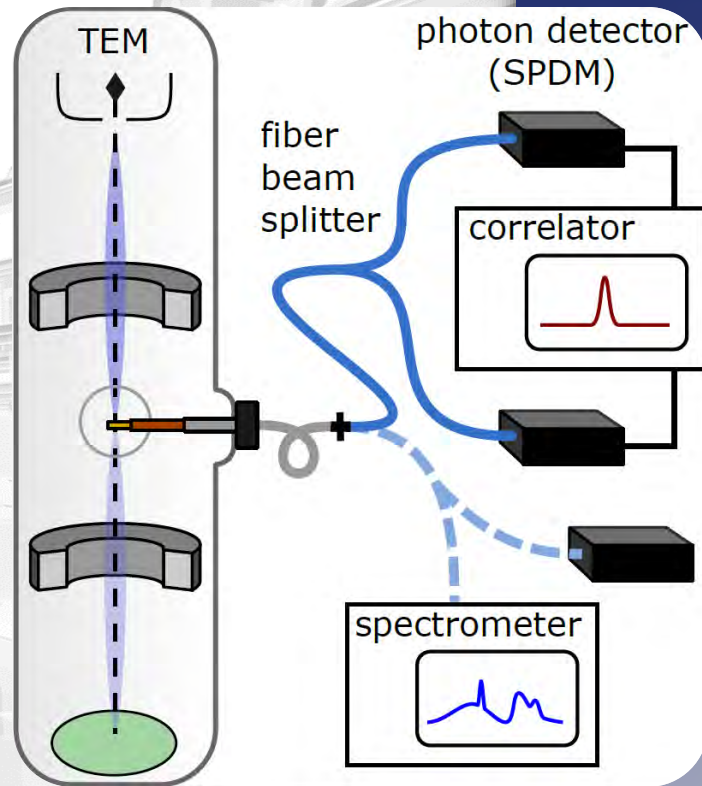
D. Rätzel, D. Hartley, O. Schwartz, P. Haslinger

Physical Review Research 3, (2), 023247 (2021)

Projekt/Masterarbeiten
141.095

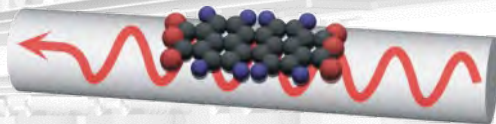
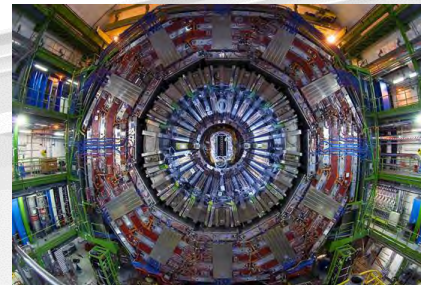
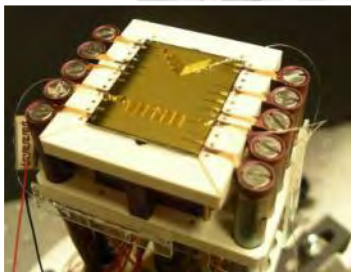
ESQ
Discovery

Correlated Electron – Photon Pairs Electron Microscopy

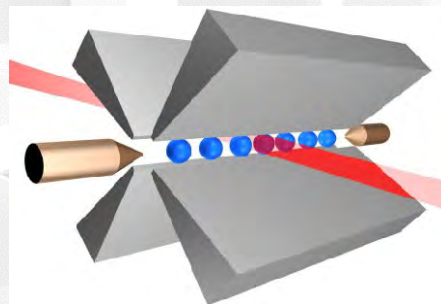
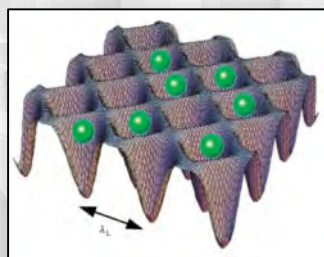


www.haslingerlab.com
philipp.haslinger@tuwien.ac.at

ESQ
Discovery



zum Abschluss



Beyond Physics @ ATI









es folgt:

